

تأثیر صمغ فارسی و پودر تفاله هویج بر روند بیاتی دونات پیش‌فرایند شده توسط مایکروویو

مهران نوری^{۱*}، بهزاد ناصحی^۲، وحید سماواتی^۳، سامان آبدانان مهدی‌زاده^۴

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
* نویسنده مسئول (mnouri1366@gmail.com)

۲- دانشیار، گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۳- استادیار، گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین

۴- استادیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

چکیده

طی چند دهه اخیر، استفاده صنعتی و خانگی از مایکروویوها به دلیل صرفه‌جویی در هزینه و زمان و همچنین حفظ کیفیت تغذیه ماده غذایی، توجه چشم‌گیری پیدا کرده است. با این وجود، یکی از محدودیت‌های استفاده از مایکروویو در پخت فراورده‌های غلات، سرعت بالای بیاتی در این فراورده‌ها است. یکی از راهکارهای برطرف کردن این محدودیت، بهبود فرمولاسیون با افزودن فیبرهای خوراکی است. بنابراین، هدف این پژوهش بررسی تأثیر جایگزینی منابع فیبر خوراکی صمغ فارسی (۱/۲۰ درصد) و پودر تفاله هویج (۶/۴۵ درصد) بر نرخ بیاتی دونات پیش‌فرایند شده توسط مایکروویو (در توان ۴۰۰ وات و به مدت ۶۰ ثانیه) بود. همچنین محتوی چربی دونات پس از پخت، تحت تأثیر افزودن منابع فیبر خوراکی و پیش‌فرایند مایکروویو اندازه‌گیری شد. پس از پخت، شاخص‌های بیاتی دونات شامل سفتی مغز، ارتجاعیت، محتوی رطوبت و عدم پذیرش مصرف‌کننده طی پنج روز نگهداری با استفاده از طرح آماری کاملاً تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفت (در سطح آماری ۵ درصد). نتایج نشان داد که منابع فیبر خوراکی و پیش‌فرایند مایکروویو تأثیر قابل‌توجهی بر کاهش جذب روغن داشت. همچنین مطالعه ارزیابی بیاتی نشان داد که طی مدت زمان نگهداری سفتی مغز و عدم پذیرش مصرف‌کننده افزایش و ارتجاعیت و محتوی رطوبت دونات کاهش قابل‌توجهی یافت. همان طوری که انتظار می‌رفت نتایج نشان داد که پیش‌فرایند مایکروویو تأثیر معنی‌داری بر افزایش نرخ بیاتی نمونه‌های دونات طی مدت زمان نگهداری داشت. در مقابل، نرخ بیاتی نمونه‌های دونات به‌طور قابل‌توجهی با افزودن منابع فیبر خوراکی کاهش یافت.

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۵/۱۹

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۱۱

واژه‌های کلیدی:

بیاتی

پودر تفاله هویج

پیش‌فرایند مایکروویو

دونات

صمغ فارسی

مقدمه

محبوبیت بالایی پیدا نموده است. با این وجود این فراورده به دلیل نوع فرایند تولید (سرخ کردن عمیق^۲) چربی بالایی دارد (Shih et al., 2001). طی سالهای

دونات^۱، فراورده‌ای سرخ شده می‌باشد که به دلیل داشتن ویژگی‌های حسی مطلوب نزد مصرف‌کنندگان

² Deep fat frying

¹ Donut (Doughnut)

کاهش افت رطوبت طی نگهداری و در نتیجه کاهش نرخ بیاتی در کیک‌های پخته شده توسط مایکروویو می‌شود. همچنین در پژوهشی Ozkoc و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند افزودن صمغ‌های گزانتان و گوار با کاهش افت رطوبت، سبب به تعویق افتادن بیاتی در نان‌های پخته شده توسط مایکروویو می‌شود.

بادام کوهی^۱ درخت یا درختچه‌ای از خانواده گلسرخیان^۲ است که از تنه و شاخه‌های این درخت نوعی صمغ تراوش می‌شود که آن را صمغ فارسی^۳ (PG) می‌نامند. این صمغ، زیست‌پلیمری شفاف تا نیمه شفاف است که دارای بویی شبیه محصولات قنادی است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۰). طی سالهای اخیر پژوهش‌هایی با هدف استفاده از صمغ فارسی در فراورده‌های غذایی از جمله در مخلوط شیر-پرتقال (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹) و در پاستیل میوه‌ای (عباسی و همکاران، ۱۳۹۰) انجام شده است.

هویج، محصول باغبانی مهمی است که دارای مقادیر بالایی از ترکیبات مفید تغذیه‌ای از جمله کاروتنوئیدها و فیبرهای خوراکی است. پس عملیات آمیوه‌گیری مقادیر قابل توجهی از این ترکیبات مفید به همراه تفاله هدر می‌رود. از این رو استفاده از تفاله هویج به‌عنوان یک محصول جانبی^۴ صنایع آمیوه‌گیری می‌تواند کمک شایانی به افزایش ارزش افزوده و حفظ محیط‌زیست نماید. طی سالهای اخیر از پودر تفاله هویج^۵ (CPP) به‌منظور غنی‌سازی فراورده‌های غلات از جمله در نان (Tanska et al., 2007) و در بیسکویت (Kumari et al., 2007) به‌خوبی استفاده شده است.

بنابراین در این پژوهش باتوجه‌به نبود گزارشی مبنی بر کاربرد صمغ فارسی و پودر تفاله هویج در دونات، امکان استفاده از صمغ فارسی و پودر تفاله هویج به‌عنوان منابع باارزش و ارزان قیمت فیبر خوراکی با هدف بهبود ویژگی‌های تغذیه‌ای و کاهش نرخ بیاتی دونات پیش‌فرایند شده توسط مایکروویو مورد بررسی قرار گرفت.

اخیر، پیش‌فرایندها و پس‌فرایندهای شیمیایی و فیزیکی مختلفی در کاهش جذب روغن فراورده‌های سرخ شده به‌کار گرفته شده است. به‌طور مثال، Melito و Farkas (۲۰۱۲) کاهش جذب روغن در دونات را با اعمال پس‌فرایندهای فرورسرخ گزارش کردند. در پژوهش مذکور کاهش جذب روغن ناشی از کاهش مدت زمان فرایند سرخ کردن بود. در نتیجه کاهش مدت زمان سرخ کردن با استفاده از پس‌فرایند و پیش‌فرایند می‌تواند راهکار مناسبی برای کاهش محتوی روغن فراورده باشد.

آون مایکروویو، وسیله‌خانگی رایجی برای پخت‌وپز است که در مقایسه با سایر روش‌های گرمادهی از مزیت‌های زیادی از جمله صرفه‌جویی در انرژی و کوتاه نمودن مدت زمان پخت برخوردار است (Ngadi et al., 2009). از این رو در این پژوهش از پیش‌فرایند مایکروویو برای تولید دونات استفاده شد که در نتیجه مدت زمان سرخ کردن کمتر از شرایط معمول بود. با این وجود، یکی از محدودیت‌های عمده استفاده از مایکروویو در پخت فراورده‌های غلات، روند سریع بیاتی در این فراورده‌ها است (Ozkoc et al., 2009).

به‌طور کلی راهکارهای به‌کار گرفته شده به‌منظور به تعویق انداختن بیاتی می‌توانند در اصلاح فرمولاسیون و بهبود فرایندهای تولید خلاصه شوند. رایج‌ترین این روش‌ها اصلاح فرمولاسیون‌ها با افزودن منابع فیبری مختلف توسط تولیدکنندگان فراورده‌های غلات بوده است (Parimala & Sudha, 2012).

فیبرهای خوراکی دسته‌ای از ترکیبات مفید تغذیه‌ای شامل مخلوطی از پلیمرهای کربوهیدراتی گیاهی اولیگوساکاریدی و پلی‌ساکاریدی از جمله سلولز، همی‌سلولز، مواد پکتیکی، صمغ‌ها، نشاسته مقاوم و اینولین می‌باشند. فیبرهای خوراکی نه‌تنها در روده کوچک انسان هیدرولیز، هضم و جذب نمی‌شوند، بلکه حجم مدفوع را افزایش، تخمیر در کولون را تحریک، گلوکز و سطح کلسترول خون را کاهش می‌دهند (Elleuch et al., 2011). فیبرهای خوراکی به‌طور گسترده در فراورده‌های غلات به‌منظور بهبود ویژگی‌های کیفی و همچنین به تعویق انداختن بیاتی به‌کاررفته‌اند. Seyhun و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند افزودن صمغ‌های گزانتان، گوار و متیل سلولز سبب

¹ *Amygdalus scoparia*

² Rosaceae

³ Persian gum

⁴ Byproduct

⁵ Carrot pomace powder

مواد و روش‌ها

مواد

مواد مورد استفاده در فرمولاسیون دونات که بر اساس فرمولاسیون Melito و Farkas (۲۰۱۲) با اندکی تغییرات بود، شامل آرد گندم (۱۳/۵ درصد رطوبت، ۹ درصد پروتئین، ۱/۶۵ درصد چربی و ۰/۴ درصد خاکستر) (شرکت آرد جنوب، خوزستان، ایران) (۱۰۰ درصد)، آب (۳۸ درصد)، تخم‌مرغ (۱۳ درصد)، آب برای تهیه سوسپانسیون مخمر (۱۳ درصد)، شورتنینگ (بهشهر، تهران، ایران) (۱۰ درصد)، شکر (۶/۳ درصد) پودر شیر خشک بدون چربی (شرکت پگاه، خوزستان، ایران) (۶/۳ درصد)، مخمر خشک فعال (شرکت ناب مایه، خوزستان، ایران) (۳ درصد)، عصاره وانیل (شرکت رنگ و اسانس آبیاز شیمی، تهران، ایران) (۱/۶ درصد)، بیکنینگ‌پودر (سهیل پودر، تهران، ایران) (۱/۶ درصد) و نمک (۱/۶ درصد) بود. درصدها بر اساس نسبت وزنی-وزنی آرد بود.

روش‌ها

تهیه صمغ فارسی و پودر تفاله هویج

صمغ فارسی از درختان بادام کوهی واقع در شهرستان نورآباد لرستان در شهریور ۱۳۹۳ جمع‌آوری شد. فراکسیون‌های یک‌رنگ (سفید شفاف) پس از جداسازی، توسط اتانول (۹۶ درصد) شسته شد. این فراکسیون‌ها توسط آون (Heraeus, model UT 5042، ساخت کشور آلمان) در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد. سپس صمغ‌ها توسط آسیاب آشپزخانه‌ای (Moulinex, model 320، ساخت کشور اسپانیا) پودر و الک (۵۰۰ میکرومتر) شد. پودر الک شده در بسته‌های پلی‌اتیلن بسته‌بندی و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (نوری، ۱۳۹۴). به‌منظور تهیه پودر تفاله هویج، پس از فرایند آبمیوه‌گیری توسط یک دستگاه آبمیوه‌گیر (پارس خزر، مدل JC-700P، ساخت کشور ایران) تفاله هویج توسط آون (Heraeus, model UT 5042، ساخت کشور آلمان) (۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت) خشک شد. تفاله خشک شده توسط دستگاه آسیاب آشپزخانه‌ای (Moulinex, model 320، ساخت کشور اسپانیا) پودر و با الک با مش ۳۵ (۵۰۰ میکرومتر) الک شد. سپس

پودر تفاله هویج در بسته‌های پلی‌اتیلن بسته‌بندی و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (نوری، ۱۳۹۴).

تهیه دونات

تیمارهای دونات مورد بررسی در این پژوهش شامل دونات کنترل، دونات حاوی فیبر خوراکی، دونات کنترل پیش‌فرایند شده توسط مایکروویو و دونات حاوی فیبر خوراکی پیش‌فرایند شده توسط مایکروویو بود. برای تهیه دونات کنترل شکر، پودر شیر خشک بدون چربی، نمک و شورتنینگ در یک کاسه جدا با هم مخلوط و سپس تخم‌مرغ به این مخلوط اضافه شد. سپس آب و پس از آن عصاره وانیل به مخلوط اضافه شد. با مخلوط مخمر و آب مخصوص آن (۳۵ درجه سانتی‌گراد) در یک ظرف جداگانه، سوسپانسیون مخمر تهیه و به مدت ۵ دقیقه نگاهداشته شد. آرد گندم در یک کاسه جداگانه با بیکنینگ‌پودر مخلوط و به سایر اجزاء اضافه شد. سپس سوسپانسیون مخمر به مخلوط افزوده و این مخلوط تا تشکیل یک خمیر مناسب ورز داده شد. در انتها، خمیر به قطعات یک‌شکل به وزن تقریباً ۵۰ گرم بریده شد. قطعات خمیر پس از طی فرایند تخمیر (۲۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه) در یک سرخ‌کن (Moulinex, model F18-RA، ساخت کشور فرانسه) حاوی روغن مخصوص سرخ‌کردنی (مخلوطی از روغن‌های آفتاب-گردان، پالم و سویا) (بهار، شرکت صنعتی بهشهر، تهران، ایران) سرخ شد (۲۰۰ ثانیه، 2 ± 180 درجه سانتی‌گراد). دونات‌ها پس از خنک شدن در دمای اتاق و بر روی دستمال‌های کاغذی در بسته‌های پلی‌اتیلنی کدگذاری شده بسته‌بندی و در دمای محیط به مدت ۵ روز نگهداری شدند (Melito & Farkas, 2012).

به‌منظور تهیه دونات‌های حاوی فیبر، ۷/۶۵ درصد از آرد با صمغ فارسی (۱/۲۰ درصد) و پودر تفاله هویج (۶/۴۵ درصد) جایگزین شد و آب فرمولاسیون به ۴۸/۱۶ درصد افزایش پیدا کرد. تعیین سطوح بهینه منابع فیبری و آب طی آزمایش‌های اولیه و با استفاده از روش سطح پاسخ تعیین شد (نوری، ۱۳۹۴). همچنین به‌منظور تهیه دونات‌های پیش‌فرایند شده، دونات کنترل و دونات حاوی فیبر خوراکی توسط آون

برحسب درصد، از تقسیم نیروی فشرده‌سازی پس از ۳۰ ثانیه نگهداری پروب در موقعیت، بر بیشینه نیروی فشرده‌سازی ضرب در ۱۰۰ به دست آمد (Purhagen *et al.*, 2011). اندازه‌گیری‌ها در ۶ تکرار انجام شد.

ارزیابی حسی

طی مدت زمان نگهداری، به‌منظور بررسی میزان تمایل به مصرف نمونه‌ها که معیاری از میزان بیاتی فراورده بود، آزمون عدم پذیرش مصرف‌کننده^۵ انجام شد. در این آزمون از ارزیاب‌ها (۱۰ نفر از دانشجویان رشته صنایع غذایی) خواسته شد که پذیرش یا عدم پذیرش خود را نسبت به نمونه‌ها با توجه به سطح بیاتی نمونه‌ها، با پاسخ آری (پذیرش) و خیر (عدم پذیرش) ثبت نمایند (Baixauli *et al.*, 2008). پس از دوره نگهداری نمودار عدم پذیرش مصرف‌کننده در مقابل مدت زمان نگهداری ترسیم شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

به‌منظور بررسی آماری داده‌ها از یک طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. همچنین برای مقایسه میانگین‌ها، آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P < 0.05$) به‌کار گرفته شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹.۱ (SAS Institute Inc. Cary, NC, USA) انجام شد.

نتایج و بحث

محتوی چربی

مقادیر محتوی چربی نمونه‌های دونات کنترل، دونات حاوی فیبر خوراکی، دونات کنترل پیش‌فرایند شده و دونات حاوی فیبر خوراکی پیش‌فرایند شده پس از پخت، در جدول ۱ گزارش شده است. همان‌طوری که قابل‌مشاهده است، جایگزینی منابع فیبر خوراکی در فرمولاسیون دونات و پیش‌فرایند مایکروویو تأثیر قابل‌توجهی ($P < 0.05$) بر کاهش جذب روغن نمونه‌ها داشت. حفظ آب طی فرایند سرخ کردن با کاهش جذب روغن همراه است، زیرا با کاهش تبخیر رطوبت مقدار روغن جذب‌شده برای جایگزینی با آن کاهش می‌یابد (نوری، ۱۳۹۴). Lee و همکاران (۲۰۰۳) نیز

مایکروویو پاناسونیک (مدل NN-ST757W، ساخت کشور ژاپن) در توان ۴۰۰ وات و به مدت ۶۰ ثانیه تحت پیش‌فرایند قرار گرفتند و فرایند سرخ کردن نهایی به ۱۰۸ ثانیه کاهش یافت. شرایط بهینه پیش‌فرایند و سرخ کردن نهایی نیز توسط آزمایش‌های اولیه و روش سطح پاسخ تعیین شد (نوری، ۱۳۹۴).

محتوی چربی

محتوی چربی نمونه‌های دونات، پس از رطوبت‌زدایی با استفاده از روش استخراج سوکسله توسط پترولیوم اتر به مدت استخراج ۵ ساعت تعیین شد (Melito & Farkas, 2012). اندازه‌گیری‌ها در ۳ تکرار انجام شد.

محتوی رطوبت

محتوی رطوبت نمونه‌های دونات با استفاده از خشک کردن توسط آون (Heraeus, model UT 5042، ساخت کشور آلمان) در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۳/۵ ساعت تعیین شد (Kim *et al.*, 2015). اندازه‌گیری‌ها در ۳ تکرار انجام شد.

ویژگی‌های بافتی

سفتی^۱ و ارتجاعیت^۲ بافت مغز نمونه‌ها با استفاده از دستگاه بافت سنج (TA.XT2i Stable Micro Systems, Goldalming، ساخت کشور انگلیس) تجهیز شده با یک سلول بار^۳ پنج کیلوگرمی و پروب استوانه‌ای (قطر ۳۶ میلی‌متری) اندازه‌گیری شد. از مغز هر نمونه قطعه به ضخامت ۲۰ میلی‌متر برای این آزمون انتخاب شد. طی اندازه‌گیری، پروب دستگاه نمونه را با سرعت آزمون ۱/۷ میلی‌متر بر ثانیه تا ۴۰ درصد می‌فشرده و سپس ۳۲ ثانیه در این موقعیت باقی می‌ماند. سپس سفتی و ارتجاعیت نمونه‌ها با استفاده از نرم‌افزار تکسچر اکسپوننت^۴ نسخه ۵.۱.۱.۰ (Stable Micro Systems, Goldalming، ساخت کشور انگلیس) محاسبه شد. سفتی تحت عنوان بیشینه نیروی موردنیاز برحسب نیوتن برای فشرده‌سازی نمونه تا ۴۰ درصد تغییر شکل تعریف شد. ارتجاعیت

¹ Firmness

² Springiness

³ Load cell

⁴ Texture Exponent

⁵ Consumer rejection

کربوهیدراتی و دنا توره شدن پروتئین‌ها در ماده غذایی می‌شود (Kassama & Ngadi, 2004). این تغییرات می‌توانند سبب گسترش تخلخل‌ها در ماده غذایی شوند که در مرحله سرخ کردن منجر به افزایش جذب روغن در فراورده می‌شود (Soorgi *et al.*, 2012). نتایج برخی از پژوهش‌های پیشین نیز، مشابه نتایج حاضر حاکی از تأثیر قابل توجه پیش‌فرایند میکروویو در افزایش جذب روغن فراورده‌های غذایی سرخ شده بود (Adedeji *et al.*, 2009; Soorgi *et al.*, 2012).

طی پژوهشی نشان دادند افزودن پودر هویج به خمیر، سبب کاهش افت رطوبت و کاهش جذب روغن فراورده طی سرخ کردن می‌شود. همچنین Kim و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند افزودن هیدروکسی پروپیل متیل سلولز به فرمولاسیون دونات بدون گلوتن سویا، از افت رطوبت ممانعت و جذب روغن را طی سرخ کردن کاهش می‌دهد. پیش‌پخت مواد غذایی قبل از سرخ کردن توسط آون میکروویو سبب افت رطوبت و تغییر بافت سطحی و تغییرات ساختاری از جمله ژلاتینه شدن ترکیبات

جدول ۱- تأثیر افزودن فیبرهای خوراکی و پیش‌فرایند میکروویو بر محتوی چربی دونات

دونات حاوی فیبر	دونات کنترل	دونات حاوی فیبر	دونات کنترل
پیش‌فرایند شده	پیش‌فرایند شده	دونات حاوی فیبر	دونات کنترل
۱۵/۶۳ ± ۰/۹۰ ^d	۲۱/۵۰ ± ۰/۸۹ ^b	۱۷/۶۰ ± ۱/۲۴ ^c	۲۵/۲۳ ± ۰/۹۹ ^a

حروف غیر یکسان در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌داری در سطح $P < 0.05$ است.

(Gallagher, 2012). از این رو تأثیر مثبت صمغ فارسی و پودر تفاله هویج بر محتوی رطوبت می‌تواند ناشی از توانایی این ترکیبات در نگهداری آب در فراورده طی پخت و نگهداری باشد. Almeida و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند افزودن منابع فیبر خوراکی سبوس گندم و صمغ لوبیایی لوکاست سبب افزایش محتوی رطوبت فراورده نان می‌شود. همچنین در یک مطالعه Lee و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند افزودن پودر هویج به خمیر سبب کاهش افت رطوبت طی سرخ کردن می‌شود.

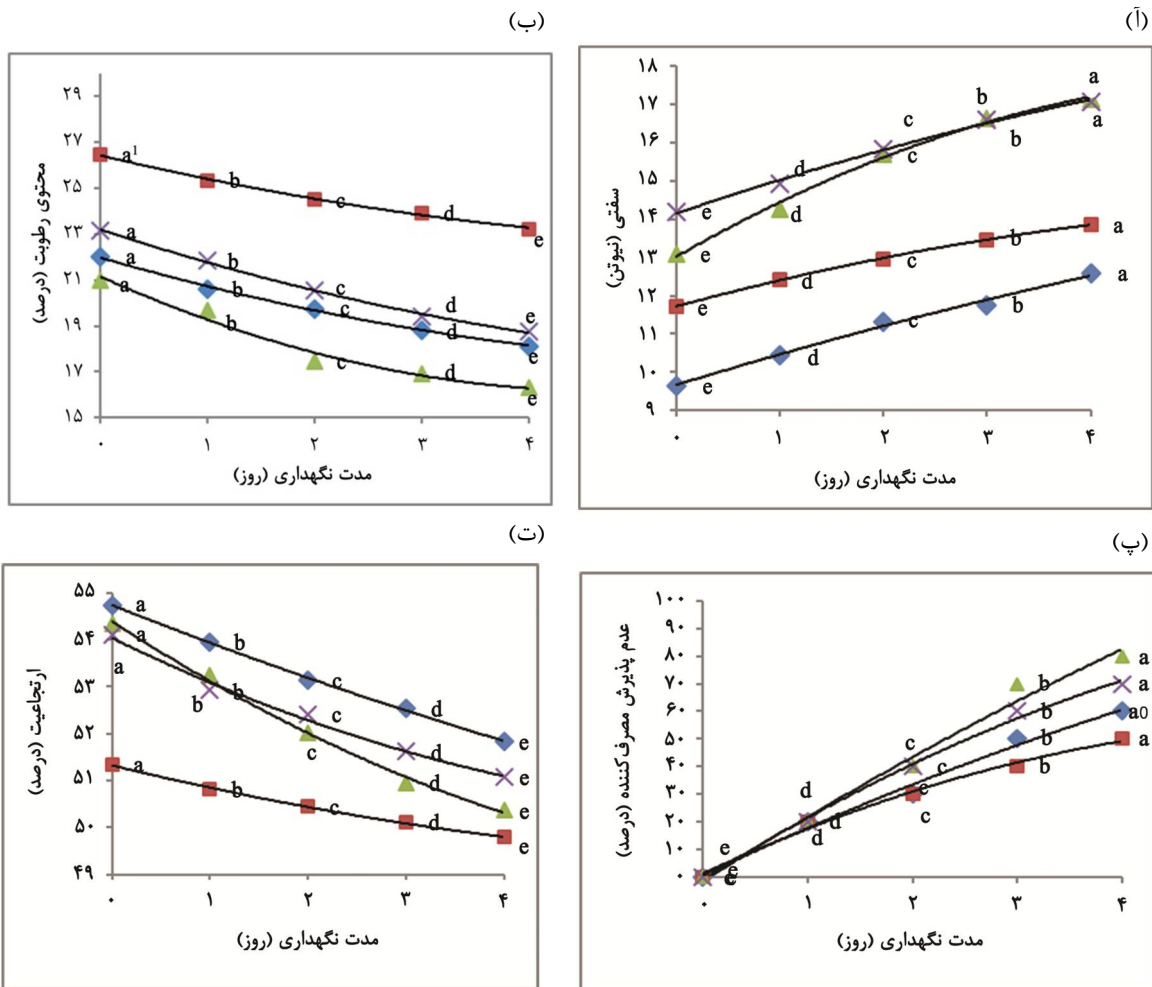
فرایند پخت نیز تأثیر معنی‌داری ($P < 0.05$) بر افت رطوبت نمونه‌های دونات طی پخت و نگهداری داشت. نتایج نشان داد دونات‌های پیش‌فرایند شده توسط انرژی میکروویو دارای محتوی رطوبت پایین‌تری نسبت به سایر نمونه‌ها بودند. طی پخت میکروویو در مقایسه با سایر روش‌های رایج، گرمای نسبتاً زیادی درون ماده به وجود می‌آید که سبب ایجاد گرادیان‌های قابل توجه غلظت و فشار در داخل فراورده و افزایش نرخ تبخیر رطوبت می‌شود (Datta, 1990). مطالعه‌های پیشین نیز نشان داد که فراورده‌های پخته شده توسط میکروویو نسبت به روش‌های رایج، رطوبت بیشتری از دست می‌دهند (Sumnu *et al.*, 1999).

محتوی رطوبت

روند تغییرات محتوی رطوبت تیمارهای مختلف طی مدت زمان نگهداری در شکل ۱ (آ) نشان داده شده است. همان‌طور که قابل مشاهده است محتوی رطوبت نمونه‌ها تابع مدت زمان نگهداری، فرمولاسیون و فرایند پخت فراورده بود.

مدت زمان نگهداری تأثیر معنی‌داری ($P < 0.05$) بر محتوی رطوبت فراورده‌های دونات داشت. یکی از بدیهی‌ترین تغییرات به وجود آمده در فراورده‌های غلات طی مدت زمان نگهداری، تغییر در محتوی رطوبت آنها است. مهاجرت رطوبت از مغز فراورده به پوسته و توزیع مجدد رطوبت بین اجزای تشکیل‌دهنده فراورده، تأثیر زیادی در فرایند بیاتی دارد. امروزه، مشخص شده است که آب در فازهای درونی فراورده متحرک‌تر از فازهای بیرونی آن است، در نتیجه فرایند مهاجرت رطوبت طی نگهداری از مغز به پوسته تسهیل و سپس منجر به تبخیر آن به فضای بسته‌بندی می‌شود (Schiraldi & Fessas, 2001).

همچنین افزودن منابع فیبر خوراکی سبب کاهش معنی‌دار ($P < 0.05$) افت رطوبت طی پخت و طی نگهداری دونات شد. شمار زیاد گروه‌های هیدروکسیل موجود در ساختار فیبرهای خوراکی می‌تواند سبب جذب و حفظ مولکول‌های آب شود (Ktenioudaki &



شکل ۱- تأثیر افزودن فیبرهای خوراکی و پیش‌فرایند مایکروویو بر سفتی مغز (آ)، محتوی رطوبت (ب)، عدم پذیرش مصرف کننده (پ) و ارتجاعیت (ت) دونات طی مدت زمان نگهداری. (♦) دونات کنترل، (■) دونات حاوی فیبر خوراکی، (▲) دونات کنترل پیش‌فرایند شده توسط مایکروویو، (×) دونات حاوی فیبر خوراکی پیش‌فرایند شده توسط مایکروویو. حروف غیر یکسان در هر منحنی نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار ($P < 0.05$) است.

ویژگی‌های بافتی

روند تغییرات سفتی مغز و ارتجاعیت نمونه‌های مختلف دونات طی مدت زمان نگهداری در شکل ۱ (ب) و (پ) نشان داده شده است. نتایج نشان داد مدت زمان نگهداری، فرمولاسیون و فرایند پخت دونات بر تغییرات ویژگی‌های بافتی این فراورده تأثیر قابل‌توجهی دارند.

همان‌طور که قابل‌مشاهده است با گذشت زمان سفتی مغز نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) افزایش و ارتجاعیت آنها به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) کاهش یافت. سفت شدن بافت مغز، فرایند پیچیده‌ای است که می‌توان آن را ناشی از عواملی همچون مهاجرت آب از بخش درونی به پوسته، انتقال آب بین

ترکیبات آب‌دوست (گلوتن، نشاسته)، رتروگراداسیون نشاسته و برهم‌کنش‌های بین نشاسته و گلوتن دانست. در این میان، رتروگراداسیون نشاسته اغلب مهم‌ترین فاکتور مؤثر در سفتی بافت مغز در نظر گرفته می‌شود (Gray & Bemiller, 2003). ارتجاعیت، یکی از خصوصیات مهم بافتی است که می‌توان آن را به‌وسیله یک آزمون حسی نیز ارزیابی نمود. بدین‌صورت که با فشار دادن آرام قطعه‌ای از ماده غذایی با دست و بررسی نحوه بازگشت آن به موقعیت اولیه ارتجاعیت آن برآورد می‌شود (Gomez et al., 2007). نتایج حاصل از پژوهش‌های پیشین نیز مشابه نتایج حاضر نشان داد مدت زمان نگهداری تأثیر بسزایی بر افزایش

ساختاری کریستالی تر نسبت به روش‌های دیگر می‌شود (Sumnu, 2001). علاوه بر نظم مولکولی نشاسته و اثر هیگو، محتوی رطوبت نیز نقش مهمی در سفتی مغز فراورده‌های غلات به دلیل اثر پلاستیسیزری^۲ بر شبکه مغز این فراورده‌ها ایفا می‌کند (Hug-Iten et al., 2003). تأثیر انرژی میکروویو بر سفت شدن مغز فراورده‌های غلات به‌خوبی در مطالعات پیشین نیز گزارش شده است. Keskin و همکاران (۲۰۰۴) افزایش سفتی مغز نان پخته شده توسط انرژی میکروویو را گزارش کردند. همچنین در پژوهشی Megahey و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند افزایش توان میکروویو به‌طور قابل توجهی سبب افزایش سفتی مغز فرآورده کیک می‌شود.

ارزیابی حسی

پدیده بیاتی علاوه بر تغییر در بافت توأم با افت عطر و طعم است؛ که سبب کاهش پذیرش فرآورده از جانب مصرف‌کننده می‌شوند. افت ویژگی‌های حسی با کاهش آلدئیدها و افزایش کتون‌ها همراه است (Baixauli et al., 2008). درصد عدم پذیرش مصرف‌کننده در شکل ۱ (ت) نشان داده شده است. با افزایش مدت زمان نگهداری، درصد عدم پذیرش نمونه‌ها به‌طور قابل توجهی افزایش یافت. افت ویژگی‌های حسی و افزایش در عدم پذیرش مصرف‌کننده ناشی از افت محسوس در ویژگی‌های حسی است که شاخصی از بیاتی می‌باشد. همان‌طور که در شکل ۱ (ت) قابل مشاهده است فیرهای خوراکی دارای تأثیر منفی و پیش‌فرایند میکروویو دارای تأثیر مثبتی بر افت ویژگی‌های حسی نمونه‌ها طی مدت زمان نگهداری بودند.

نرخ تغییرات شاخص‌های بیاتی

طی نگهداری نمونه‌های دونات، شاخص‌های بیاتی سفتی مغز و عدم پذیرش مصرف‌کننده دارای یک روند افزایشی و شاخص‌های بیاتی محتوی رطوبت و ارتجاعیت دارای یک روند کاهشی درجه دوم بودند. بنابراین مدل‌های رگرسیونی درجه دوم به‌منظور

سفتی مغز و کاهش ارتجاعیت فرآورده‌های غلات دارد (Purhagen et al., 2011).

افزودن منابع فیبری پودر تفاله هویج و صمغ فارسی به فرمولاسیون دونات نیز تأثیر معنی‌داری ($P < 0.05$) بر افزایش سفتی و کاهش ارتجاعیت نمونه‌ها داشت. آزمایش‌های مقدماتی نشان داد افزودن صمغ فارسی سبب افزایش سفتی مغز و کاهش ارتجاعیت نمی‌شود. همچنین اثر متقابل قابل توجهی بین صمغ فارسی و پودر تفاله هویج بر ویژگی‌های بافتی وجود نداشت. از این رو دلیل عمده افزایش سفتی مغز و کاهش ارتجاعیت نمونه‌های دونات افزودن پودر تفاله هویج به فرمولاسیون فرآورده بود. افزایش سفتی فرآورده‌های غلات در نتیجه افزودن فیبرهای خوراکی در سایر پژوهش‌ها نیز گزارش شده است (Ktenioudaki & Gallagher, 2012). به نظر می‌رسد افزودن پودر تفاله هویج به فرمولاسیون دونات سبب ضخیم‌تر شدن دیواره سلول‌های گاز و کاهش مقدار هوای محبوس شده در خمیر و متعاقب آن کاهش حجم و افزایش سفتی مغز در فرآورده نهایی می‌شود (Rosell et al., 2001).

همچنین فرایند پخت اثر شایان ذکری بر ویژگی‌های بافتی نمونه‌های دونات داشت. پیش‌فرایند میکروویو سبب افزایش معنی‌دار ($P < 0.05$) سفتی مغز و کاهش معنی‌دار ($P < 0.05$) ارتجاعیت در فرآورده دونات شد. از اساسی‌ترین مشکلات پخت فرآورده‌های غلات توسط انرژی میکروویو سفتی مغز محصول نهایی است. یکی از دلایل این سفتی را می‌توان به خروج حجم زیاد آمیلوز از شبکه نشاسته نسبت داد (Seyhun et al, 2003). خروج زیاد آمیلوز از گرانول‌های نشاسته طی پخت به اثر هیگو^۱ معروف است (Higo et al., 1983). آمیلوز خارج شده از گرانول‌های نشاسته در نان‌های پخته شده توسط میکروویو دارای بی‌نظمی بیشتر و آب پیوندی کمتری نسبت به نان‌های تهیه شده به روش‌های مرسوم است. پس از خنک شدن مولکول‌های آمیلوز در یک ردیف قرار گرفته و سبب سفت شدن مغز فرآورده می‌شوند. از این رو توانایی آمیلوز در آرایش مجدد در محصولات پخته شده توسط روش میکروویو سبب ایجاد

² Plasticizing effect

¹ Higo effect

نگهداری (روز) و همچنین β_0 ، β_1 و β_2 ترتیب عرض از مبدأ، ضرایب خطی و درجه دوم مدل می‌باشند. معادلات درجه دوم برازش شده برای هر یک از شاخص‌های بیاتی در جدول ۲ نشان داده شده است.

بررسی روند تغییرات شاخص‌های بیاتی به هر یک از شاخص‌های بیاتی برازش شد (رابطه ۱).

رابطه (۱)

$$Y = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2x^2$$

در این رابطه Y شاخص بیاتی، x مدت زمان

جدول ۲- تأثیر افزودن فیبرهای خوراکی و پیش‌فرایند مایکروویو بر ضرایب رگرسیون معادلات درجه دوم شاخص‌های بیاتی

دونات حاوی فیبر پیش‌فرایند شده	دونات کنترل پیش‌فرایند شده	دونات حاوی فیبر	دونات کنترل	منبع	شاخص بیاتی
۲۳/۱۹	۲۱/۱۶	۲۶/۴۲	۲۳/۱۹	β_0	محتوی رطوبت
-۱/۵۳	-۲/۱۰	-۱/۱۰	-۱/۵۳	β_1	
۰/۱۰	۰/۲۲	۰/۰۸	۰/۰۸	β_2	
۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۹	R^2	
۱۴/۱۵	۱۳/۰۲	۱۱/۷۲	۹/۶۷	β_0	سفتی مغز
۰/۹۲	۱/۵۵	۰/۷۳	۰/۸۳	β_1	
-۰/۰۴	-۰/۱۲	-۰/۰۵	-۰/۰۳	β_2	
۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	R^2	
۵۴/۰۴	۵۴/۴۰	۵۱/۳۲	۵۴/۷۴	β_0	ارتجاعیت
-۱/۰۲	-۱/۳۷	-۰/۵۰	-۰/۸۳	β_1	
۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۳	β_2	
۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	R^2	
-۰/۸۶	۱/۴۳	۱/۱۴	۰/۵۷	β_0	عدم پذیرش مصرف‌کننده
۲۳/۷۱	۲۳/۸۶	۱۷/۷۱	۱۷/۸۶	β_1	
-۱/۴۳	-۰/۷۱	-۱/۴۳	-۰/۷۱	β_2	
۰/۹۵	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۹	R^2	

فایده منابع فیبر خوراکی می‌تواند تأثیر قابل توجه پودر تفاله هویج و صمغ فارسی را در به تعویق انداختن بیاتی در دونات مشاهده کرد. طی پژوهش‌های پیشین نیز تأثیر فیبرهای خوراکی در به تعویق انداختن بیاتی فراورده‌های غلات به‌خوبی نشان داده شده است (Gomez et al., 2007; Sharma & Gujral, 2014).

مدل‌های رگرسیون درجه دوم با ضرایب درجه دوم منفی برای سفتی مغز و عدم پذیرش نشان داد شیب تغییرات شاخص‌های سفتی مغز و عدم پذیرش در روزهای اولیه بیشتر از روزهای آخر نگهداری بود. همچنین مدل‌های رگرسیون درجه دوم برازش شده با ضرایب درجه دوم مثبت برای محتوی رطوبت و ارتجاعیت نشان داد شیب تغییرات شاخص‌های محتوی رطوبت و ارتجاعیت در روزهای اولیه بیشتر از روزهای آخر نگهداری بود. این نتایج نشان‌دهنده سرعت بیشتر بیاتی در روزهای اولیه نگهداری نسبت به روزهای آخر

نتایج نشان داد روند افزایشی و شیب تغییرات سفتی مغز و عدم پذیرش مصرف‌کننده به ترتیب در دونات کنترل پیش‌فرایند شده، دونات حاوی فیبر خوراکی پیش‌فرایند شده، دونات کنترل و دونات حاوی فیبر خوراکی به ترتیب بالاتر بود. همچنین روند کاهش ارتجاعیت و محتوی رطوبت در نمونه‌های ذکر شده به ترتیب دارای شیب تغییرات بالاتری بود (شکل ۱). این نتایج حاکی از تأثیر قابل توجه پیش‌فرایند مایکروویو و فیبرهای خوراکی بر نرخ بیاتی فراورده دونات بود. بیشتر بودن شیب تغییرات در نمونه‌های پیش‌فرایند شده به‌خوبی مبین تأثیر قابل توجه پیش‌فرایند مایکروویو در تسریع بیاتی دونات بود.

نرخ بالای بیاتی فراورده‌های غلات پخته شده توسط مایکروویو در سایر پژوهش‌ها نیز به‌خوبی گزارش شده است (Ozkoc et al., 2009; Seyhun et al., 2003). همچنین با مقایسه فراورده‌های حاوی و

مغز، ارتجاعیت، محتوی رطوبت و عدم پذیرش مصرف‌کننده) چهار تیمار دونات کنترل، دونات حاوی فیبر خوراکی، دونات کنترل پیش‌فرایند شده توسط مایکروویو و دونات حاوی فیبر پیش‌فرایند شده توسط مایکروویو مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد پیش‌فرایند مایکروویو سبب تسریع بیاتی می‌شود. در مقابل منابع فیبر خوراکی تأثیر قابل توجهی بر به تعویق انداختن بیاتی فرآورده‌های دونات کنترل و دونات پیش‌فرایند شده با مایکروویو داشتند.

نگهداری بود. طی پژوهش‌های پیشین نیز بالاتر بودن نرخ تغییرات شاخص‌های بیاتی در روزهای اولیه نگهداری مشابه نتایج حاضر، گزارش شده است (Gomez *et al.*, 2007; Seyhun *et al.*, 2003).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه تأثیر افزودن منابع فیبر خوراکی صمغ فارسی و پودر تفاله هویج بر روند بیاتی دونات پیش‌فرایند شده توسط مایکروویو مورد ارزیابی قرار گرفت. طی پنج‌روز نگهداری، شاخص‌های بیاتی (سفتی

منابع

- ۱- عباسی، س.، محمدی، س. و رحیمی، س. ۱۳۹۰. جایگزینی بخشی از ژلاتین با صمغ فارسی و استفاده از کندر برای تولید پاستیل فراسودمند. مجله مهندسی بیوسیستم ایران، ۱۲۱(۱):۴۲-۱۳۱.
- ۲- محمدی، س.، عباسی، س. و حمیدی، ز. ۱۳۸۹. تأثیر برخی هیدروکلوئیدها بر پایداری فیزیکی، ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی مخلوط شیر-آب‌پرتقال. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۱۲(۴):۱-۱۲.
- ۳- نوری، م. ۱۳۹۴. بررسی اثر پیش‌فرایند مایکروویو بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و روند بیاتی دونات حاوی پودر تفاله هویج و صمغ فارسی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان.
- 4- Adedeji, A.A., Ngadi, M.O., & Raghavan, G.S.V., 2009. Kinetics of mass transfer in microwave precooked and deep-fat fried chicken nuggets. *Journal of Food Engineering*, 91(1):146-153.
- 5- Almeida, E.L., Chang, Y.K., & Steel, C.J. 2013. Dietary fibre sources in bread: influence on technological quality. *LWT-Food Science and Technology*, 50(2):545-553.
- 6- Baixauli, R., Sanz, T., Salvador, A., & Fiszman, S.M. 2008. Muffins with resistant starch: baking performance in relation to the rheological properties of the batter. *Journal of Cereal Science*, 47(3):502-509.
- 7- Datta, A.K., & Ananteswaran, R.C. 2000. *Handbook of microwave technology for food applications*. New York: Marcel Dekker Inc.
- 8- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. 2011. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: characterisation, technological functionality and commercial applications: a review. *Food Chemistry*, 124(2):411-421.
- 9- Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P.A., Blanco, C.A., & Rosell, C.M. 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*, 21(2):167-173.
- 10- Gray, J.A., & Bemiller, J.N. 2003. Bread staling: molecular basis and control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2(1):1-21.
- 11- Higo, A., Shimzaki, M., Noguchi, S., & Nazakawa, F. 1983. Hardening of food texture induced by microwave radiation (part 10): changes in bound water content of breads accompanied by hardening. *Journal of Home Economics Japan*, 34(8):474-479.
- 12- Hug-Iten, S., Escher, F., & Conde-Petit, B. 2003. Staling of bread: role of amylose and amylopectin and influence of starch-degrading enzymes. *Cereal Chemistry*, 80(6):654-661.

- 13- Kassama, L.S., & Ngadi, M.O. 2004. Pore development in chicken meat during deep-fat frying. *LWT-Food Science and Technology*, 37(8):841-847.
- 14- Keskin, S.O., Sumnu, G., & Sahin, S. 2004. Bread baking in halogen lamp-microwave combination oven. *Food Research International*, 37(5):489-495.
- 15- Kim, J., Choi, I., Shin, W.-K., & Kim, Y. 2015. Effects of HPMC (hydroxypropyl methylcellulose) on oil uptake and texture of gluten-free soy donut. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1):620-627.
- 16- Ktenioudaki, A., & Gallagher, E. 2012. Recent advances in the development of high-fibre baked products. *Trends in Food Science & Technology*, 28(1):4-14.
- 17- Kumari, S., & Grewal, R.B. 2007. Nutritional evaluation and utilization of carrot pomace powder for preparation of high fiber biscuits. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 44(1):56-58.
- 18- Lee, J., Kim, M., Park, K., & Choe, E. 2003. Lipid oxidation and carotenoids content in frying oil and fried dough containing carrot powder. *Journal of Food Science*, 68(4):1248-1253.
- 19- Megahey, E.K., McMinn, W.A.M., & Magee, T.R.A. 2005. Experimental study of microwave baking of Madeira cake batter. *Food and Bioproducts Processing*, 83(4):277-287.
- 20- Melito, H.S., & Farkas, B.E. 2012. Impact of infrared finishing on the mechanical and sensorial properties of wheat donuts. *Journal of Food Science*, 77(9):224-230.
- 21- Ngadi, M.O., Wang, Y., Adedeji, A.A., & Raghavan, G.S.V. 2009. Effect of microwave pretreatment on mass transfer during deep-fat frying of chicken nugget. *LWT-Food Science and Technology*, 42(1):438-440.
- 22- Ozkoc, S.O., Sumnu, G., Sahin, S., & Turabi, E. 2009. Investigation of physicochemical properties of breads baked in microwave and infrared-microwave combination ovens during storage. *European Food Research and Technology*, 228(6):883-893.
- 23- Parimala, K.R., & Sudha, M.L. 2012. Effect of hydrocolloids on the rheological, microscopic, mass transfer characteristics during frying and quality characteristics of *puri*. *Food Hydrocolloids*, 27(1):191-200.
- 24- Purhagen, J.K., Sjö, M.E., & Eliasson, A.-C. 2011. Starch affecting anti-staling agents and their function in freestanding and pan-baked bread. *Food Hydrocolloids*, 25(7):1656-1666.
- 25- Rosell, C.M., Rojas, J.A., & De Barber, C.B. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15(1):75-81.
- 26- Schiraldi, A., & Fessas, D. 2001. Mechanism of staling: an overview. P. 1-17 in P. Chinachoti, & Vodovotz, Y (ed.) *Bread Staling*. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press.
- 27- Seyhun, N., Sumnu, G., & Sahin, S. 2003. Effects of different emulsifier types, fat contents, and gum types on retardation of staling of microwave-baked cakes. *Molecular Nutrition & Food Research*, 47(4):248-251.
- 28- Sharma, P., & Gujral, H.S. 2014. Anti-staling effects of β -glucan and barley flour in wheat flour chapatti. *Food Chemistry*, 145:102-108.
- 29- Shih, F.F., Daigle, K.W., & Clawson, E.L. 2001. Development of low oil-uptake donuts. *Journal of Food Science*, 66(1):141-144.
- 30- Soorgi, M., Mohebbi, M., Mousavi, S.M., & Shahidi, F. 2012. The effect of methylcellulose, temperature, and microwave pretreatment on kinetic of mass transfer during deep fat frying of chicken nuggets. *Food and Bioprocess Technology*, 5(5):1521-1530.
- 31- Sumnu, G., Ndif, M.K., & Bayindirli, L. 1999. Temperature and weight loss profiles of model cakes baked in the microwave oven. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 34(4):221-226.

- 32- Sumnu, G. 2001. A review on microwave baking of foods. *International Journal of Food Science & Technology*, 36(2):117-127.
- 33- Tanska, M., Zadernowski, R., & Konopka, I. 2007. The quality of wheat bread supplemented with dried carrot pomace. *Polish Journal of Natural Science*, 22(1):126–136.

The Effect of Persian Gum and Carrot Pomace Powder on Staling Rate of Microwave Pretreated Donut

Mehran Nouri^{1*}, Behzad Nasehi², Vahid Samavati³, Saman Abdanan Mehdizadeh⁴

1- MSc, Food Science and Technology, Ramin University of Agriculture and Natural Resources of Khuzestan, Ahvaz, Iran

* Corresponding author (mnouri1366@gmail.com)

2- Associate professor, Food Science and Technology, Ramin University of Agriculture and Natural Resources of Khuzestan, Ahvaz, Iran

3- Assistant Professor, Food Science and Technology, Ramin University of Agriculture and Natural Resources of Khuzestan, Ahvaz, Iran

4- Assistant Professor, Bio system of Agricultural Engineering, Ramin University of Agriculture and Natural Resources of Khuzestan, Ahvaz, Iran

Abstract

The industrial and domestic use of microwaves has increased noticeably owing to the advantage of saving energy and time, as well as improving nutritional quality of foods over the past few decades. However, rapid staling rate is one of the drawbacks of microwave baked products. Formulation improvement by adding dietary fibers is one of the ways to solve this problem. Therefore, the aim of this work was to investigate the effect of adding Persian gum (1.20%) and carrot pomace powder (6.45%) as sources of dietary fiber on staling rate of microwave pretreated (400 W for 60s) donut using a completely randomized design (statistical significance was determined at $P < 0.05$). In addition, fat content of samples were determined after deep fat frying of donuts. After baking, the crumb firmness, springiness, moisture content and consumer rejection (as staling parameters of donut) were monitored over 5 days of storage. Results showed that adding dietary fiber sources on formulation significantly decreased the fat content of donuts. During storage, it was seen that crumb firmness and consumer rejection of donut samples significantly increased, whereas springiness, moisture content of samples significantly decreased with time. As expected, results showed that the microwave pretreatment significantly increased the staling rate of donut samples during storage. In contrast, the staling rate of donuts considerably decreased upon incorporation of dietary fiber sources.

Keywords: Carrot pomace powder, Donut, Microwave pretreatment, Persian gum, Staling