

بهینه‌یابی ویژگی‌های دونات غنی‌شده با پودر پالپ پرتقال

عاطفه یوسفی^۱، بهزاد ناصحی^{۲*}، حسن برزگر^۴

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

۲- دانشیار، گروه مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران

۳- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

* نویسنده مسئول (Nasehi.b@pnum.ac.ir)

۴- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

چکیده

دونات نوعی میان‌وعده شیرین است که به‌طور معمول به‌صورت تخمیری تهیه و به روش غوطه‌وری سرخ می‌شود. بنابراین از جمله مشکلات آن جذب مقدار زیادی روغن می‌باشد که باید با ابداع روش‌هایی از مقدار آن کاست. در این راستا در این پژوهش اثر پودر پالپ پرتقال در دامنه صفر تا ۱۲/۵ درصد و هیدروکلئید زانتان در بازه صفر تا ۱/۵ درصد بر ویژگی‌های دونات به روش سطح پاسخ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش مقدار پودر پالپ پرتقال و صمغ زانتان، میزان رطوبت، خاکستر، فیبر خام، چگالی، شاخص زردی و قرمزی پوسته و مغز، تباین، همبستگی، آنتروپی، سفتی، صمغیت، قابلیت جویدن و پذیرش کلی افزایش و چربی، روشنایی پوسته و مغز، همگنی، نرمی بافت، پیوستگی، پوکی و تخلخل کاهش یافت. بررسی تیمارها حاکی از آن است که جایگزینی ۱۰/۷۳ درصد پودر پالپ پرتقال و ۰/۰۴ درصد صمغ زانتان سبب کاهش جذب روغن، افزایش فیبر و تولید دونات سلامتی بخش خواهد شد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۰۵

واژه‌های کلیدی

پالپ پرتقال

دونات تخمیری

صمغ

فیبر

مقدمه

دونات نوعی میان‌وعده شیرین است که به‌صورت شیمیایی یا تخمیری یا تلفیق این دو تهیه و به‌صورت عمیق سرخ می‌شود. این محصول برای اولین بار در آلمان و هلند تهیه شد. دونات از دو قسمت خارجی و بخش داخلی تشکیل شده است. بخش سرخ‌شده در سطح است که مستقیم در تماس با روغن قرار می‌گیرد. این قسمت بیشترین دفع رطوبت و بیشترین جذب روغن را دارد، بنابراین ترد و به رنگ قهوه‌ای طلایی است (دهقان تنها و همکاران، ۱۳۹۴). از آنجایی که این فراورده به روش غوطه‌وری سرخ می‌شود، مقدار زیادی روغن جذب می‌کند. به‌طوری‌که محتوی چربی دونات بسته به نوع فرمول و شرایط فراوری بین ۱۰ تا ۲۶ درصد است. مقدار جذب روغن

از شاخص‌های مهم تعیین کیفیت مواد غذایی سرخ‌شده است. در حال حاضر، یکی از مهم‌ترین مشکلات اصلی این گروه از فراورده‌ها میزان بالای چربی آنهاست که با تمایل مصرف مواد غذایی رژیمی و کم‌چرب ناسازگار است. بدیهی است که کم‌حرکی و مصرف بیش از حد چربی منجر به افزایش کلسترول خون، فشارخون، بیماری‌های قلبی عروقی، چاقی و برهم‌خوردن تعادل وزنی می‌شود (عجم و همکاران، ۱۳۹۵). از جمله راه‌های کاهش جذب روغن استفاده از هیدروکلئیدهاست. در این راستا از آنجایی که صمغ زانتان نسبت به سایر هیدروکلئیدها دارای ویسکوزیته بالا در غلظت و سرعت برش کم، مدول الاستیک بالا، رفتار رئولوژی سودوپلاستیک، عدم حساسیت به حرارت و سازگار با نمک می‌باشد، مورد توجه است

آماده‌سازی دونات

نمونه‌ها براساس فرمول جدول (۱)، تهیه شدند (Melito & Farkas, 2012).

جدول ۱ - مواد تشکیل‌دهنده فرمول دونات

وزن (گرم)	ترکیبات
۷۵/۶۰	آرد گندم
۲۸/۳۵	آب
۱۴/۱۸	شورتنینگ
۴/۷۳	شکر
۹/۴۵	تخم‌مرغ
۲/۲۵	مخمر خشک فعال
۴/۷۳	شیرخشک بدون چربی
۱/۱۸	بیکنینگ پودر
۰/۸۰	نمک بدون ید

جهت تهیه دونات ابتدا شکر، نمک، مخمر، شیرخشک بدون چربی و کره در داخل کاسه‌ای با همزن برقی با دور بسیار سریع به مدت ۱ دقیقه مخلوط شد. سپس تخم‌مرغ به مخلوط اضافه و به مدت ۱ دقیقه توسط همزن برقی با دور سریع مخلوط شد. در ادامه آب اضافه و با دور آهسته به مدت ۳۴ ثانیه مخلوط شد. در یک ظرف جداگانه آرد گندم، پودر خشک پالپ پرتقال، بیکنینگ پودر و صمغ زانتان مخلوط و آرام به کاسه همزن اضافه شدند تا خمیر مطلوبی حاصل شود. سپس سطح آن با کاغذ واکسی پوشیده شد تا به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد تخمیر شود. مرحله بعدی، خمیر در ظرفی به ضخامت ۱ سانتی‌متر با وردنه صاف شد تا با قالب مربعی به قطعه‌های مربع‌شکل تقسیم شود. سپس روی آن با سلوفان پوشیده شد و به مدت ۱۵ دقیقه برای طی مرحله دوم تخمیر در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. در ادامه دونات در مخزن سرخ‌کن با دمای 180 ± 2 درجه سانتی‌گراد غوطه‌ور شد تا هر طرف آن به مدت ۷۰ ثانیه سرخ شود. در پایان دونات روی کاغذهای جاذب به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفت تا علاوه بر حذف روغن سطحی، خنک شوند (Melito & Farkas, 2012).

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

رطوبت با استفاده از روش شماره ۱۶-۴۴، خاکستر از

(ماربینی و همکاران، ۱۳۹۵). پالپ پرتقال به‌عنوان یک پسماند صنعتی دارای ۷/۹ درصد رطوبت، ۸/۹۳ درصد پروتئین، ۱/۸۵ درصد لیپید، ۲/۹۴ درصد خاکستر، ۸۶/۳ درصد کربوهیدرات، فیبر کل ۶۳/۶ برحسب گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک است (de Moraes Crizel *et al.*, 2013). پالپ پرتقال یکی از منابع عالی فیبرهای رژیمی محلول و نامحلول است. همچنین پکتین آن ویژگی‌های عملکردی بسیار خوب مثل قابلیت اتصال به قسمت آب و روغن (خاصیت امولسیفایری) را دارا می‌باشد (Wallecan *et al.*, 2015). در طی سال‌های گذشته پژوهش‌های زیادی در جهت بهبود کیفیت دونات و غنی‌کردن آن با ترکیبات فیبری و یا سایر مواد مغذی انجام شده است. به‌عنوان مثال می‌توان به بررسی اثر موادی مانند پودر تفاله هویج (Nouri *et al.*, 2017)، پودر باگاس نیشکر (دارابور، ۱۳۹۶) بر ویژگی‌های دونات اشاره کرد. بنابراین هدف این مقاله بررسی اثر افزودن پودر پالپ پرتقال بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، تصویری، حسی و بافتی دونات تخمیری است.

مواد و روش‌ها

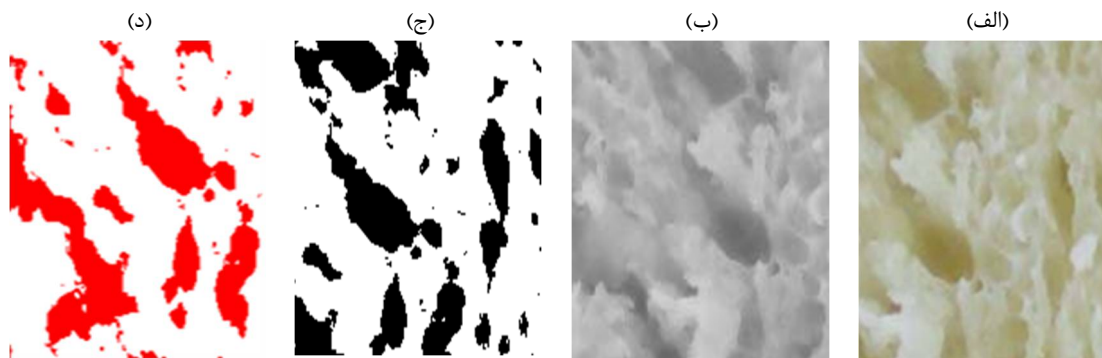
مواد مورد نیاز

مواد اولیه شامل آرد گندم با درجه استخراج ۷۲ درصد (کارخانه آرد جنوب، اهواز)، شکر (کشت و صنعت هفت تپه، شوش)، چربی قنادی (شرکت بهینه وزین، هشتگرد)، مخمر (شرکت خمیر مایه رضوی، مشهد)، بیکنینگ پودر (شرکت هرمین، شهریار) تخم‌مرغ کامل (شرکت تلاونگ، تهران)، نمک بدون ید (شرکت اسپیدان، فارس)، شیرخشک بدون چربی (شرکت پگاه، مشهد) تهیه گردید. تمام مواد و محلول‌های شیمیایی موردنیاز جهت آزمون‌ها از شرکت مرک آلمان خریداری شد.

برای تهیه پودر پالپ پرتقال، تفاله حاصل از آب‌گیری از پرتقال دزفول به سرعت و به‌منظور جلوگیری از تخمیر، در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲۴۰ دقیقه خشک شد. در مرحله بعدی آنها توسط آسیاب آشپزخانه با نام تجاری مولینکس به اندازه خیلی ریز و پودری (> 355 میکرومتر) آسیاب شد و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

گرفتند. تصاویر از یک فاصله ثابت ۳۰ سانتی‌متری از نمونه‌ها درون یک جعبه سیاه (با ابعاد تقریبی ۱۰۰×۱۰۰×۱۰۰ سانتی‌مترمکعب) و با نورپردازی با زاویه ۴۵ درجه سانتی‌گراد توسط لامپ‌های فلورسنتی گرفته شد.

بدین‌منظور از هر تیمار ۳ نمونه و از هر نمونه چندین تصویر از مغز نمونه‌ها تهیه و به فرم رنگی (۲۴ بیتی)^۵ ذخیره شد. تصاویر تهیه‌شده با نرم‌افزار ایمیج‌جی^۶ ارزیابی شدند. با فعال کردن قسمت ۸ بیت، تصاویر سطح خاکستری ایجاد شد (شکل ۱). جهت تبدیل تصاویر خاکستری به تصاویر دودویی^۷، پس از بهبود تباين، تصاویر آستانه‌گیری‌شده و عملیات بخش‌بندی براساس الگوریتم اتسو^۸ صورت پذیرفت (Nouri et al., 2017).



شکل ۱ - مراحل پردازش تصویر (الف) تصویر اولیه، (ب) تصویر ۸ بیتی با مقیاس خاکستری، (ج) تصویر باینری و (د) تصویر در مرحله آستانه‌گیری

ویژگی‌های حسی

آزمون حسی با استفاده از روش پیشنهادی رجب‌زاده (۱۳۷۱) انجام شد. خصوصیات حسی دونات از نظر نرمی بافت، قابلیت ارتجاعیت، قابلیت جویدن، پوکی، تخلخل و پذیرش کلی توسط ۱۶ داور آموزش‌دیده مرد و زن (۲۴ تا ۳۰ سال) مورد ارزیابی قرار گرفت. ضریب ارزیابی صفات نیز از بسیار بد (۱) تا بسیار خوب (۵) بود.

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار مینی‌تب^۹ نسخه ۱۶ بر پایه طرح مرکب مرکزی چرخش‌پذیر (CCRD)^{۱۰} مورد ارزیابی قرار گرفت. دو متغیر مورد آزمایش در این پژوهش شامل پودر پالپ پرتقال (۰-۱۲/۵ درصد) و صمغ زانتان (۰-۱/۵ درصد) در قالب ۱۳ تیمار بررسی شدند. به‌منظور یافتن نمونه بهینه از روش بهینه‌یابی هم‌زمان به کمک توابع

⁵ Bit

⁶ Image-J

⁷ Binary

⁸ Otsu

⁹ Minitab

¹⁰ Central Composite Rotatable Design

¹ Contrast

² Correlation

³ Homogeneity

⁴ Entropy

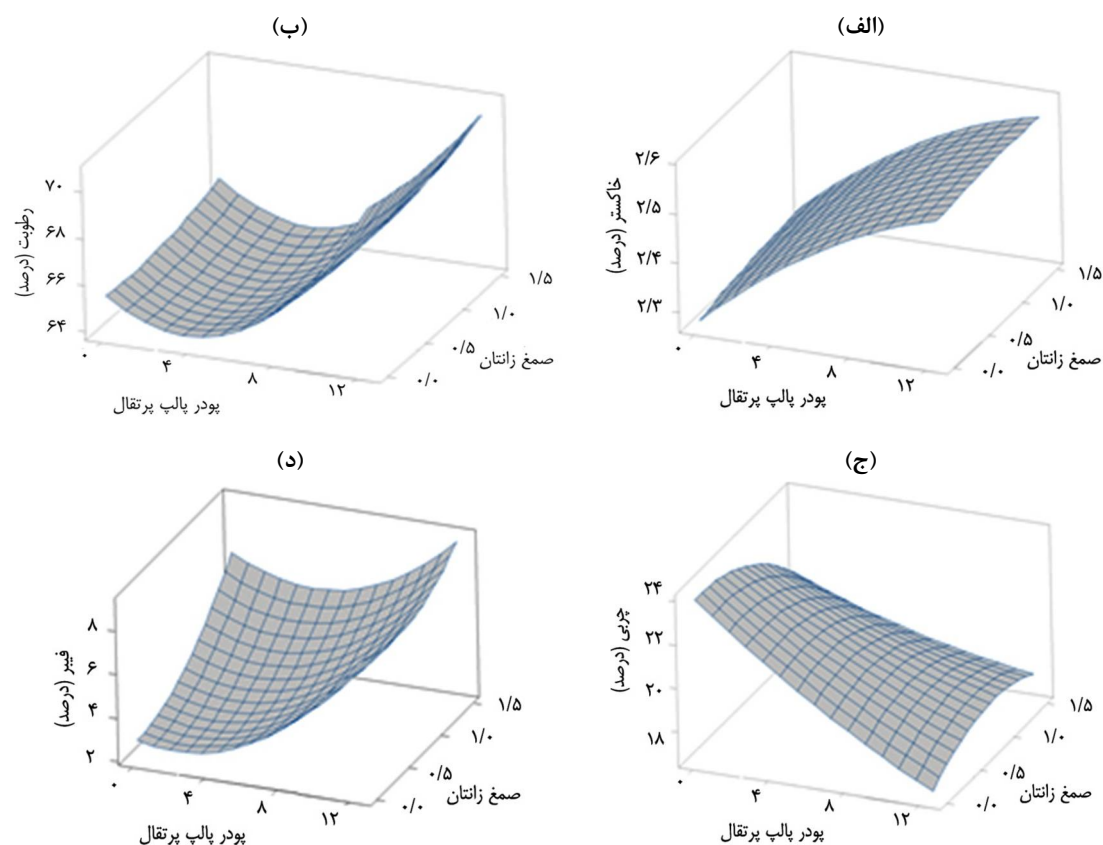
خاکستر داشت که این افزایش به دلیل وجود املاح معدنی مانند آهن، منیزیم، روی و مس در پودر پالپ پرتقال است (Ngadze *et al.*, 2017). همچنین مدل درجه دوم برازش شده برای پاسخ خاکستر معنی دار بود ($P < 0.05$). اثر خطی صمغ زانتان و اثر درجه دوم پودر پالپ پرتقال و صمغ زانتان معنی دار نبود Crizel و همکاران (۲۰۱۳) اثر فیبر رژیمی حاصل از محصولات جانبی پرتقال مثل پوست آن را به عنوان یک جایگزین کننده چربی مورد ارزیابی قرار دادند و در این مطالعه مشاهده شد که با افزودن پوست پرتقال به عنوان فیبر رژیمی در محصولات پخت میزان خاکستر تا ۳/۰۳ درصد افزایش پیدا می کند.

مطلوبیت^۱ استفاده شد. در ابتدا هر پاسخ Y_i تبدیل به یک تابع مطلوبیت اختصاصی d_i می شود که می تواند از صفر تا ۱ متغیر باشد ($0 \leq d_i \leq 1$) (Asfaram *et al.*, 2015). سپس مطلوبیت کل (D) از ترکیب مطلوبیت با استفاده از میانگین هندسی تک تک توابع اختصاصی مطلوبیت به دست می آید.

نتایج و بحث

ویژگی های فیزیکوشیمیایی خاکستر

بررسی تغییرات خاکستر نمونه ها با توجه به شکل (۲-الف)، نشان داد که میزان پودر پالپ پرتقال تأثیر خطی معنی داری ($P < 0.001$) در افزایش میزان



شکل ۲ - نمودارهای سطح پاسخ تأثیر متغیرهای فرمول بر ترکیبات شیمیایی

درجه دوم معنی داری ($P < 0.001$) بر میزان رطوبت دونات دارد، اما صمغ زانتان و اثر متقابل صمغ و پودر اثر معنی داری بر این شاخص نداشت. پژوهش Nouri

رطوبت

ارزیابی داده های مربوط به رطوبت در شکل (۲-ب)، نشان داد که میزان پودر پالپ پرتقال تأثیر خطی و

¹ Desirability Functions

تأثیرهای مثبت فیزیولوژیک مثل کاهش کلسترول خون و کاهش سطح جذب گلوکز در دستگاه گوارش می‌شود. فیبرهای پالپ پرتقال دارای ظرفیت بالایی نگهداری آب هستند که نه تنها ویسکوزیته غذا را افزایش می‌دهند، بلکه سبب بهبود و حفظ طعم، عطر و بوی محصولات می‌شود (de Moraes Crizel *et al.*, 2013).

دانسیته

افزودن پودر پالپ پرتقال دارای یک اثر خطی منفی و معنی‌داری ($P < 0.05$) بر دانسیته دونات‌ها داشت. اثر درجه دوم صمغ زانتان و اثرات متقابل این دو متغیر بر دانسیته دونات‌ها در هیچ سطحی معنی‌دار نبود. پژوهش Rubel و همکاران (۲۰۱۵) با عنوان تأثیر اینولین غده سیب‌زمینی بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر و کیفی نان نشان داد که با افزودن این فیبر رژیمی، حجم مخصوص نان کاهش می‌یابد. علت آن کاهش توانایی شبکه گلوتن، نشاسته و فیبر برای نگهداری گاز دی‌اکسید کربن و پایدار نگه‌داشتن ساختار سلول‌های گاز است (Rubel *et al.*, 2015). در واقع فیبرهای رژیمی به دلیل اتصال به شبکه گلوتنی، باعث آسیب سلول‌های نگهداری گاز دی‌اکسید کربن می‌شود که نتیجه آن کاهش حجم مخصوص فراورده است (Morris & Morris, 2012). افزودن فیبر باگاس نیشکر به فرمولاسیون دونات، سبب افزایش ضخیم دیواره سلول‌های گاز و کاهش هوای محبوس‌شده در خمیر می‌شود، بنابراین، حجم کاهش و سفتی مغز در فراورده نهایی افزایش می‌یابد (داراپور، ۱۳۹۶). افزودن پودر تفاله هویج به فرمولاسیون دونات یک اثر خطی منفی معنی‌داری روی حجم دونات داشت. با افزودن این فیبر به فرمولاسیون، ضخیم‌شدن دیواره سلول‌های نگهدارنده گاز دی‌اکسید کربن در خمیر حاصل گردید که در نتیجه سبب کاهش حجم مخصوص و افزایش سفتی مغز دونات می‌شود (Nouri *et al.*, 2017).

ویژگی‌های بینایی

بررسی جدول (۲)، درمورد پاسخ‌های رنگ‌سنجی (فاکتورهای L^* ، a^* ، b^*) پوسته و مغز دونات نشان می‌دهد که مدل‌ها برای شاخص L^* و a^* پوسته در سطح ($P < 0.05$) و برای فاکتور b^* در سطح ($P < 0.01$)

و همکاران (۲۰۱۷)، درخصوص اثر افزودن پودر تفاله هویج و صمغ فارسی بر خصوصیات دونات نشان داد که تأثیرهای مثبت خطی این دو متغیر روی رطوبت به توانایی بالای نگهداری آب توسط آنها نسبت داده شده است. همچنین در این پژوهش نشان داده شد که ویژگی‌های رطوبتی نظیر ظرفیت نگهداری آب و ظرفیت باندشدگی بالا به‌خاطر جذب آب بالا توسط این فیبر می‌باشد.

چربی

همان‌طوری که در شکل (۲-ج) ملاحظه می‌شود، همگام با افزایش پودر پالپ پرتقال از مقدار جذب روغن تیمارها کاسته شد. احمدی بلوطکی و ناصحی (۱۳۹۶) در پژوهشی با عنوان بررسی تأثیر افزودن پودر خشک پالپ پرتقال بر ویژگی‌های آرد، خمیر و نان بربری دریافتند که به‌طور کلی افزودن فیبر پالپ پرتقال باعث کاهش چربی در نان بربری شد. به‌طوری که نمونه شاهد بیشترین و تیمار دارای ۸ درصد پودر پالپ پرتقال کمترین میزان چربی را به خود اختصاص داد. مطالعه Zeng و همکاران (۲۰۱۶) درمورد کاهش چربی خمیر فیش‌بال^۱ طی سرخ‌کردن عمیق با استفاده از فیبر رژیمی جوانه بامبو حاکی از آن است که چربی پوسته و مغز نمونه به‌طور معنی‌داری در طول سرخ‌کردن کاهش یافت. صمغ زانتان در فرایند سرخ‌کردن در دمای بالا با ایجاد یک فیلم مسدودکننده سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب و مانع مهاجرت روغن به داخل پوسته می‌شود. بنابراین جذب روغن در طی سرخ‌کردن دونات کاهش می‌یابد (Shih *et al.*, 2001; 2005).

فیبر

باتوجه به اینکه پودر پالپ پرتقال محتوی فیبرهای رژیمی محلول شامل پکتین و نامحلول شامل سلولز است، بنابراین پودر پالپ پرتقال باتوجه به شکل (۲-د) اثر خطی و درجه دوم روی درصد فیبر در سطح ($P < 0.05$) مثبت و معنی‌دار شد. اثر درجه اول و دوم صمغ زانتان و اثر متقابل پودر و صمغ زانتان در هیچ سطحی معنی‌دار نشد. عمده فیبر موجود در پالپ پرتقال، فیبرهای رژیمی نامحلول هستند، البته مصرف هر دو نوع فیبر سبب

¹ Fish ball

واقع استفاده از دمای بالا سبب وقوع واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی و کاراملی شدن می‌شود (de Moraes Crizel *et al.*, 2013). علاوه بر این تفاوت رنگ‌های به وجود آمده در تیمارها به درجه اُزدست‌دادن رطوبت و جذب چربی نیز مربوط می‌شود. از آنجایی که محتوای رطوبت عامل کلیدی مؤثر در واکنش‌های مایلارد و کاراملی شدن است، اُزدست‌رفتن آن در طول سرخ کردن باعث انجام این واکنش‌ها می‌شود (Zeng *et al.*, 2013; Brennan *et al.*, 2016). صمغ زانتان باعث روشن تر شدن سطح بافت می‌شود که علت آن این است که افزودن هیدروکلوئیدها به فرمول باعث حفظ و توزیع آب در فرمول می‌شود که این موجب کنترل سرعت واکنش‌های کاراملی شدن و مایلارد و افزایش روشنایی سطح می‌شود (Hejrani *et al.*, 2017). در پژوهش Rubel و همکاران (۲۰۱۵) مقدار روشنایی پوسته کاهش و شاخص‌های قرمزی و زردی پوسته نان در اثر افزودن اینولین غده سیب زمینی افزایش یافت.

معنی دار شد. همچنین مدل درجه دوم برای فاکتور L^* و a^* مغز دونات در سطح ($P < 0.01$) و برای فاکتور b^* در سطح ($P < 0.05$) معنی دار شد. بررسی ضریب R^2 حاکی از آن است که مقدار آن بالا و معنی دار است. اما اثر درجه اول پودر پالپ پرتقال تأثیر معنی داری در فاکتور روشنایی پوسته نداشت و با افزایش میزان پودر، میزان روشنایی از ۵۵/۰۸ تا ۴۴/۱۶ کاهش یافت. صمغ زانتان بر شاخص روشنایی دارای یک اثر خطی مثبت و معنی دار در سطح ($P < 0.01$) بود. اثر درجه دوم پودر پالپ پرتقال و اثر متقابل صمغ و پودر معنی دار نشد. اما اثر درجه دوم صمغ در سطح ($P < 0.01$) معنی دار شد. اثر متغیرهای فرمول بر فاکتورهای a^* و b^* پوسته در هیچ سطحی معنی دار نشد. رنگ یکی از پارامترهای مهم در بررسی کیفیت مواد غذایی است. پالپ پرتقال در طول خشک شدن در آن به دلیل انجام واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی، تیره تر شده و باعث کاهش روشنایی محصول می‌شود، همچنین فرایند سرخ کردن سبب کاهش فاکتور L^* و افزایش فاکتور a^* می‌شود. در

جدول ۲ - ضرایب رگرسیون معادله‌های درجه دوم پاسخ‌های رنگ‌سنجی پوسته و مغز دونات

مغز		پوسته		منبع		
b^*	a^*	L^*	b^*		a^*	L^*
۴/۷۰*	۱۱/۴۴**	۴/۴۳ ^{ns}	۳/۳۹ ^{ns}	۱/۲۹ ^{ns}	۴/۸۳*	β_0
۸/۷۲*	۲۱/۰۵**	۱/۳۹ ^{ns}	۴/۹۶ ^{ns}	۱/۳۱ ^{ns}	۰/۲۴ ^{ns}	β_1
۰/۱۰ ^{ns}	۰/۱۸**	۱/۶۹ ^{ns}	۰/۱۹ ^{ns}	۰/۴۰ ^{ns}	۹/۲۳**	β_2
۳/۷۹ ^{ns}	۱۷/۹۵**	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۲۵ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۲/۲۳ ^{ns}	$\beta_1\beta_1$
۰/۱۱ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۷۶ ^{ns}	۰/۸۸ ^{ns}	۱/۰۴ ^{ns}	۱۳/۰۷**	$\beta_2\beta_2$
۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰ ^{ns}	۰/۰۰ ^{ns}	۰/۰۰ ^{ns}	$\beta_1\beta_2$
۵/۴۹*	۶/۷۲**	۷/۴۳**	۹/۹۵**	۵/۶۷*	۴/۳۲*	Model (P-value)
۱۲/۱۰*	۳۲/۵۰**	۸۰/۳۷*	۷۴/۵۰*	۱۷۱/۰۳**	۱۸/۵۵*	Lack of fit (P-value)
۷۹/۶۸	۸۲/۷۵	۸۴/۱۵	۸۷/۶۶	۸۰/۱۹	۷۵/۵۴	R^2
۵۶/۱۶	۷۰/۴۳	۷۲/۸۳	۷۸/۸۵	۶۶/۰۴	۵۸/۰۸	R^2 -Adj
۵/۲۰	-۳۳/۱۰	۵/۰۸	۷/۶۵	۱۹/۵۸	۷/۳۴	Cv (%)
۲۹/۵۸۴۹	۶۱/۵۳۲۷	۱۷۴/۰۵۶	۸۰/۸۴۶	۰/۱۵۲۵۶۷	۰/۲۵۹۹۱۰	PRESS

β_0 : مقدار ثابت؛ β_1 : پودر پالپ پرتقال؛ β_2 : صمغ زانتان

^{ns}، * و **، به ترتیب نشانه عدم معنی داری در ($P < 0.05$)، ($P < 0.01$) و ($P < 0.001$) می‌باشد.

کمترین مقدار شاخص a^* و b^* مربوط به تیمار ۱۰/۷ درصد پودر پالپ پرتقال و ۰/۲۲ درصد صمغ زانتان بود. بیشترین مقدار a^* و b^* مربوط به تیمار صفر درصد پودر پالپ پرتقال و ۰/۷۵ درصد صمغ زانتان بود. افزایش فیبر باگاس نیشکر باعث کاهش روشنایی و زردی مغز

نتایج بررسی پاسخ‌های رنگ‌سنجی مغز دونات نشان داد که کمترین مقدار فاکتور L^* مربوط به تیمار ۱۲/۵ درصد پودر پالپ پرتقال و ۰/۷۵ درصد صمغ زانتان و کمترین مقدار این ویژگی مربوط به تیمار صفر درصد پودر پالپ پرتقال و ۰/۷۵ درصد صمغ زانتان بود.

نمونه‌های دونات شد. مقدار قرمزی نمونه‌ها در طول فرایند سرخ‌کردن وابسته به شدت واکنش قهوه‌ای‌شدن غیرآزیمی میلارد دارد (داراپور، ۱۳۹۶).

ویژگی‌های بافت سطحی

بررسی نتایج این ویژگی در جدول (۳) بیان می‌کند که ضریب رگرسیون مدل درجه دوم برازش‌شده برای توصیف‌گر تباین در سطح ($P < 0.01$) معنی‌دار شد. اثرات

درجه دوم پودر پالپ پرتقال و صمغ زانتان، اثرات متقابل این دو متغیر و اثر خطی صمغ زانتان بر این ویژگی معنی‌دار نشد. شاخص عدم برازش مدل برای این توصیف‌گر تصویر، غیرمعنی‌دار شد. اما پودر پالپ پرتقال باعث افزایش معنی‌دار ($P < 0.05$) تباین شد. افزایش تباین به علت سخت و سفت‌شدن بافت به دلیل حضور فیبرهای رژیمی موجود در پودر پالپ پرتقال رخ می‌دهد (Karimi et al., 2012).

جدول ۳ - ضرایب رگرسیون معادله‌های درجه دوم پاسخ‌های ویژگی‌های بافت سطحی دونات

منبع	انرژی	تباین	همبستگی	همگنی	آنتروپی
β_0	۲/۵۰	۵/۳۶	۲۱/۹۷	۴/۱۵ ^{NS}	۶/۹۴
β_1	۰/۱۷ ^{NS}	۸/۷۰*	-۱۱/۸۳*	۸/۱۴*	۹/۷۷*
β_2	۳/۵۹ ^{NS}	۰/۰۶ ^{NS}	۱۶/۱۰**	۰/۴۶ ^{NS}	۰/۵۵ ^{NS}
$\beta_1\beta_1$	۱/۱۹ ^{NS}	۳/۴۸ ^{NS}	۱۲/۶۸**	۶/۸۱*	۰/۶۸ ^{NS}
$\beta_2\beta_2$	۶/۰۲*	۱/۱۷ ^{NS}	۲۴/۸۶**	۰/۴۹ ^{NS}	۶/۰۲*
$\beta_1\beta_2$	۱/۰۷ ^{NS}	۰/۱۷ ^{NS}	۰/۰۰ ^{NS}	۴/۰۹ ^{NS}	۸/۶۹*
Model (P-value)	۳/۷۲*	۱۱/۰۵**	۹/۵۱**	۵/۱۲*	۵/۸۱*
Lack of fit (p-value)	۰/۴۹ ^{NS}	۵/۸۶ ^{NS}	۰/۱۷ ^{NS}	۱۱/۳۸ ^{NS}	۲/۷۴ ^{NS}
R^2	۷۲/۶۸	۸۸/۷۶	۸۷/۱۷	۷۸/۵۳	۸۰/۵۹
R^2 -Adj	۵۳/۱۶	۸۰/۷۳	۷۸/۰۱	۶۳/۱۹	۶۶/۷۳
CV(%)	۳۵/۳۶	۵/۴۶	۲۵/۶	۸/۹۷	۳/۰۶
PRESS	۴/۹۹	۹۷/۶۶۸	۲/۶۶	۰/۰۲۱۶۱	۰/۵۴۲۴

β_0 : مقدار ثابت؛ β_1 : پودر پالپ پرتقال؛ β_2 : صمغ زانتان

NS، * و **، به ترتیب نشانه عدم معنی‌داری، در ($P < 0.05$)، ($P < 0.01$) و ($P < 0.001$) می‌باشد.

اثر خطی پودر پالپ پرتقال بر توصیف‌گر همبستگی در سطح ($P < 0.05$) منفی و معنی‌دار شد. همچنین اثر خطی و درجه دوم صمغ زانتان و درجه دوم پودر پالپ پرتقال بر توصیف‌گر همبستگی در سطح ($P < 0.01$) مثبت و معنی‌دار شد. اثرات متقابل متغیرهای فرمول بر توصیف‌گر همبستگی اثر معنی‌داری نداشت. بررسی شاخص همگنی نشان داد که پودر پالپ پرتقال اثر خطی منفی و معنی‌داری در سطح ($P < 0.05$) بر آن دارد. صمغ زانتان و اثر درجه دوم آن و اثر متقابل پودر پالپ پرتقال و صمغ زانتان بر این توصیف‌گر معنی‌دار نبود. درحالی‌که اثر درجه دوم پودر پالپ پرتقال بر هموزنیستی بافت، مثبت و معنی‌دار ($P < 0.05$) بود. پودر پالپ پرتقال اثر خطی مثبت و معنی‌داری در سطح ($P < 0.05$) بر آنتروپی داشت. همچنین اثر درجه دوم صمغ زانتان در سطح ($P < 0.05$) مثبت و معنی‌دار شد. اثر خطی صمغ زانتان، اثر درجه دوم پودر پالپ پرتقال بر

این توصیف‌گر معنی‌دار نشد. با افزایش فیبر باگاس نیشکر، انرژی کاهش و در مقابل تباین و آنتروپی افزایش یافت و این تغییرات نشان‌دهنده تأثیر افزودن این متغیر بر زبرشدن سطح نمونه‌ها بود (داراپور، ۱۳۹۶). اثر درجه دوم صمغ زانتان و مدل درجه دوم برازش‌شده بر توصیف‌گر انرژی در سطح ($P < 0.05$) معنی‌دار شد. افزودن فیبرهای غیرمحلول سبب کاهش غلظت پروتئین‌های گلوتن و تضعیف شبکه گلوتن و نشاسته می‌شود. با تضعیف ساختار خمیر، خروج هوا از طریق سطح تسهیل می‌شود (Nouri et al., 2017).

ویژگی‌های حسی

باتوجه به جدول (۴) اثر خطی پودر پالپ پرتقال بر شاخص نرمی بافت در سطح ($P < 0.01$) منفی و معنی‌دار بود. اما اثر خطی و درجه دوم زانتان دارای تأثیر مثبت معنی‌داری بود. بیشترین امتیاز ارزیاب‌ها به قابلیت

($P < 0.05$) بر پوکی و تخلخل بافت دونات داشت و سایر اثرات درجه اول و خطی صمغ زانتان، اثر درجه دوم پودر پالپ، اثر درجه دوم صمغ زانتان و اثر متقابل پودر پالپ و صمغ زانتان بر این ویژگی غیرمعنی دار گزارش شد. ارزیاب‌های حسی بیشترین امتیاز پذیرش کلی را به تیمار با ۱۲/۵ درصد پودر پالپ پرتقال و ۰/۷۵ درصد صمغ زانتان و کمترین امتیاز را به تیمار با ۶/۲۵ درصد پودر پالپ پرتقال و ۰/۷۵ درصد صمغ زانتان دادند. مدل درجه دوم برازش شده برای این ویژگی در سطح ($P < 0.01$) معنی دار بود. همچنین اثر خطی و درجه دوم افزودن پودر پالپ پرتقال و زانتان سبب افزایش معنی دار پذیرش کلی شد.

ارتجاعیت مربوط به تیمار با ۱۲/۵ درصد پودر پالپ و ۰/۷۵ درصد صمغ زانتان و بعد از آن تیمار با ۱۰/۷ درصد پودر پالپ و ۰/۲۲ درصد صمغ زانتان است. بررسی نتایج قابلیت جویدن حاکی از آن است که تنها پودر پالپ پرتقال دارای اثر مثبت معنی داری می‌باشد. به طوری که، ارزیاب‌ها بیشترین امتیاز را برای ویژگی قابلیت جویدن، به تیمار محتوی ۱۰/۷ درصد پودر پالپ پرتقال و ۱/۲۸ درصد صمغ زانتان و پس از آن به تیمار محتوی ۱۰/۷ درصد پودر پالپ و ۰/۲۲ درصد صمغ زانتان دادند. همچنین کمترین امتیاز به این ویژگی‌ها از نظر ارزیاب‌ها به تیمار محتوی صفر درصد پودر پالپ پرتقال و ۰/۷۵ درصد صمغ زانتان بود. پودر پالپ پرتقال از دید ارزیاب‌ها اثر خطی معنی دار و منفی در سطح

جدول ۴ - ضرایب رگرسیون خصوصیات حسی دونات محتوی پودر پالپ پرتقال

منبع	نرمی بافت	قابلیت ارتجاعیت	قابلیت جویدن	تخلخل	پذیرش کلی
β_0	۱۴/۱۸**	۵/۷۸*	۹/۹۹**	۳/۹۱*	۶/۷۰*
β_1	-۱۲/۱۷**	۲/۴۹ ^{ns}	۱۸/۴۳**	-۷/۸۱*	۱۰/۸۷*
β_2	۲۵/۲۲**	۴/۹۵ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۱/۳۴ ^{ns}	۷/۲۲*
$\beta_1\beta_1$	۱۰/۸۰**	۱/۵۸ ^{ns}	۸/۳۹*	۱/۵۱ ^{ns}	۲۶/۲۷***
$\beta_2\beta_2$	۲۶/۴۰***	۱۴/۶۳**	۰/۰ ^{ns}	۰/۵۸ ^{ns}	۲۰/۱۴**
$\beta_1\beta_2$	۰/۴۹	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۳۱ ^{ns}	۰/۰ ^{ns}	۰/۹۸ ^{ns}
Model (P-value)	۸/۱۵**	۲۱/۷۴***	۹/۷۱**	۱۰/۰۵**	۹/۱۳**
Lack of fit (P-value)	۷/۵۵*	۱۷۵/۹۰**	۵۶/۷۵**	۵۹/۵۴**	۲۶/۹۰**
R^2	۸۵/۳۴	۹۳/۹۵	۸۷/۳۹	۸۷/۷۷	۸۶/۷۱
R^2 -Adj	۷۴/۸۷	۸۹/۸۳	۷۸/۳۹	۷۹/۰۳	۷۷/۲۲
CV(%)	۱۱/۵۲	۹/۱۴	۶/۳۴	۴/۱۴	۶/۴۲
PRESS	۰/۰۲۰۰۶	۰/۰۱۱۷۴	۰/۰۱۴۹۲	۰/۰۰۵۴۸۸	۰/۰۱۳۳۰

β_0 : مقدار ثابت؛ β_1 : پودر پالپ پرتقال؛ β_2 : صمغ زانتان
^{ns}، *، **، ***، به ترتیب نشانه عدم معنی داری، در ($P < 0.05$)، ($P < 0.01$)، ($P < 0.001$) و ($P < 0.0001$) می‌باشد.

ویژگی‌های بافتی

نتایج ارزیابی آماری ویژگی‌های بافتی در جدول (۵) نشان می‌دهد که تمام مدل‌های پیشنهادی به طور معنی دار کفایت دارند. تمام متغیرها دارای اثر مثبت غیرمعنی داری بر سختی بافت دونات داشتند. در پژوهش Sirichokworakit و همکاران (۲۰۱۶) دریافتند که سختی بافت دونات با جایگزینی آرد برنج افزایش یافت. همچنین پژوهش مردانی قهفرخی و یارمند (۱۳۹۵) نشان داد که ویژگی‌های بافت مانند سختی بافت، قابلیت جویدن افزایش و پیوستگی و قابلیت ارتجاعیت کاهش یافت.

علت افزایش سختی بافت، جایگزین شدن بخشی از گلوتن آرد با مواد فیبری است و ایجاد شبکه گلوتهنی ضعیف در خمیر است. در نتیجه خمیر توانایی نگهداری گاز را نداشته و محصول تولیدشده سفت تر و کم حجم تر می‌گردد. از سوی دیگر، پودر پالپ پرتقال یک اثر خطی منفی معنی داری بر صمغیت بافت دونات داشت ($P < 0.01$) اما صمغ زانتان اثر معنی داری بر صمغیت بافت نداشت. همچنین اثرات متقابل و اثر درجه دوم صمغ زانتان و پودر پالپ پرتقال بر این فاکتور معنی دار نبود. مدل درجه دوم برازش شده هم در سطح Mildner-Szhudlarz معنی دار بود. ($P < 0.01$)

پودر پوست سیب‌زمینی (Jeddou *et al.*, 2017) نیز سبب کاهش ویژگی پیوستگی بافت شد. بررسی جدول (۵)، اثر خطی پودر پالپ پرتقال بر قابلیت جویدن بافت در سطح ($P < 0.01$) معنی‌دار شد. اما اثرات درجه دوم صمغ و پودر و اثرات متقابل این دو متغیر در هیچ سطحی معنی‌دار نشد. ضریب رگرسیون مدل درجه دوم برای قابلیت جویدن در سطح ($P < 0.001$) معنی‌دار شد. پژوهش Lee و همکاران (2008) درخصوص بررسی دونات پوشش‌دهی‌شده با سبوس سویا، نشان داد که با افزایش درصد سبوس سختی بافت افزایش یافت.

همکاران (2011) در پژوهشی که روی تولید نان رژیمی با استفاده از پودر تفاله انگور انجام دادند، دریافتند که با افزایش سطح تفاله از ۴ تا ۱۰ درصد سبب افزایش صمغیت بافت نان از ۱۵۴ تا ۲۱۱ نیوتن شد. نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها در جدول (۵)، ثابت کرد که مدل درجه دوم برازش‌شده برای پیوستگی در سطح ($P < 0.05$) معنی‌دار بود. اثر خطی پودر پالپ پرتقال، اثر خطی صمغ زانتان، اثر درجه دوم پودر پالپ پرتقال، اثر درجه دوم صمغ زانتان و اثر متقابل پودر پالپ پرتقال و صمغ زانتان در هیچ سطحی معنی‌دار نبود. غنی‌کردن دونات با آرد برنج (Sirichokworakit *et al.*, 2016) و

جدول ۵- آنالیز واریانس و ضرایب رگرسیون پاسخ‌های فیزیکی‌شیمیایی و بافتی نمونه‌های دونات محتوی پودر پالپ پرتقال

منبع	دانسیته	سختی (نیوتن)	قابلیت جویدن (نیوتن/میلی‌متر)	صمغیت (نیوتن)	پیوستگی (میلی‌متر)
β_0	۳/۳۵ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	۱۱/۰۶ ^{**}	۱۵/۳۱ ^{**}	۳/۵۲ [*]
β_1	۶/۶۹ [*]	۰/۰۰ ^{ns}	۱۶/۴۲ ^{**}	-۲۳/۸۴ ^{**}	۱/۶۲ ^{ns}
β_2	۰/۹۵ ^{ns}	۰/۵۳ ^{ns}	۰/۵۴ ^{ns}	۰/۴۰ ^{ns}	۰/۶۶ ^{ns}
$\beta_1\beta_1$	۲۳/۹۳ ^{**}	۲/۴۷ ^{ns}	۲/۹۸ ^{ns}	۳/۹۹ ^{ns}	۴/۲۲ ^{ns}
$\beta_2\beta_2$	۲/۴۲ ^{ns}	۰/۴۷ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۲۰ ^{ns}	۰/۴۹ ^{ns}
$\beta_1\beta_2$	۰/۰۰ ^{ns}	۰/۰۰ ^{ns}	۰/۴۱ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}
Model (P-value)	۱۰/۱۷ ^{**}	۴/۸۰ [*]	۲۷/۶۳ ^{***}	۳۵/۹۸ ^{***}	۳/۵۲ [*]
Lack of fit (P-value)	۱۰/۴۱ [*]	۰/۰۰ ^{***}	۱۳/۶۱ ^{ns}	۳۱/۰۸ ^{**}	۸۲/۷۴ ^{**}
R ²	۸۷/۹۰	۷۷/۴۰	۹۵/۱۸	۹۶/۳۵	۷۱/۵۶
R ² -Adj	۷۹/۲۶	۶۱/۲۶	۹۱/۷۳	۹۳/۵۸	۵۱/۲۵
CV (%)	۷/۴	۲۲/۷۷	۱۵/۰۵	۱۵/۳۲	۱۴/۷۷
PRESS	۰/۰۱۶۵۱۸	۰/۲۹۹۱۰۷	۰/۰۱۰۳۴۶۳	۰/۰۰۸۷۶۴۰۸	۰/۲۱۸۲۲۵

β_0 مقدار ثابت؛ β_1 : پودر پالپ پرتقال؛ β_2 : صمغ زانتان

ns، *، ** و *** به ترتیب نشانه عدم معنی‌داری، در ($P < 0.05$)، ($P < 0.01$)، ($P < 0.001$) و ($P < 0.0001$) می‌باشد.

نداشت که نشان‌دهنده کفایت مدل حاصله است.

جدول ۶- مقایسه مقادیر برآوردی و تجربی دونات بهینه

تجربی	برآورد	ویژگی
۱۷/۵۰	۱۷/۷۶	چربی
۰/۷۳	۰/۵۲	پیوستگی
۰/۵۷	۰/۲۳	قابلیت جویدن
۰/۴۴	۰/۵۷	دانسیته
۳/۶۹	۲/۴۹	خاکستر
۰/۱۲	۰/۲۶	سختی
۳۸/۱۶	۳۲/۷۹	زردی پوسته
۲۹/۰۶	۲۷/۳۶	زردی مغز
۰/۴۲	۰/۴۲	نرمی بافت
۰/۱۰	۰/۱۵	صمغیت
۰/۴۶	۰/۶۰	پذیرش کلی

بهینه‌یابی فرمول و اعتبارسنجی مدل

به‌منظور شناسایی فرمول تولید دونات کم‌چرب و پُرفیبر، بهینه‌یابی با استفاده از ابزارهای این بخش در نرم‌افزار مینی‌تب انجام شد. بررسی نشان داد که تیمار با سطح جایگزینی ۱۰/۷۳ درصد پودر پالپ پرتقال و ۰/۰۴ درصد صمغ زانتان و با مطلوبیت ۰/۷ بهترین نمونه است. در مرحله بعدی و به‌منظور تعیین اعتبار مدل ارائه‌شده توسط نرم‌افزار، دونات‌هایی با فرمول بهینه تهیه شدند. سپس ویژگی‌های آن ارزیابی و با مقادیر برآوردشده توسط مدل مقایسه شد. همان‌طور که در جدول (۶) ملاحظه می‌شود، بین مقادیر تجربی و مقادیر برآوردشده توسط مدل در بیشتر ویژگی‌ها تفاوت مهمی وجود

نتیجه‌گیری

نرمی، پوکی، تخلخل، افزایش قابلیت جویدن و پذیرش کلی همراه بود. ازسوی دیگر، دونات‌های غنی‌شده دارای بافت سفت‌تر حالت صمغی بیشتر و پیوستگی کمتری بودند. به‌طور کلی و براساس نتایج بهینه‌یابی مشخص شد که تیمار دارای ۱۰/۷۳ درصد پودر پالپ پرتقال و ۰/۰۴ درصد صمغ زانتان زمینه‌ کاهش جذب روغن و افزایش فیبر دونات و امکان تولید فراورده‌های فراسودمند را فراهم می‌کند.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد افزایش پودر پالپ پرتقال در فرمولاسیون دونات تخمیری باعث افزایش میزان خاکستر، فیبر، رطوبت، دانسیته و کاهش میزان چربی در مغز دونات شد. همچنین با افزودن این افزودنی سبب کاهش شاخص روشنایی و افزایش مقدار زردی و قرمزی پوسته و مغز دونات شد. درمورد ویژگی‌های بافت سطحی نیز کاهش انرژی و همبستگی و افزایش تباین، همگنی و آنتروپی رخ داد. ارزیابی حسی هم با کاهش

منابع

- احمدی بلوطکی، م. و ناصحی، ب. (۱۳۹۶). بررسی تأثیر افزودن پودر خشک پالپ پرتقال بر ویژگی‌های آرد، خمیر و نان بربری. *مجله علوم و صنایع غذایی*، ۳۳۴-۳۲۵، (۱۴)۶۶.
- داریپور، م. (۱۳۹۶). بررسی تأثیر افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز بر ویژگی‌های دونات غنی‌شده با باگلس نیشکر. (پایان‌نامه کارشناسی ارشد)، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان.
- دهقان تنها، ل.، کریمی، م. و صالحی‌فر، م. (۱۳۹۴). بررسی اثر دو نوع امولسیفایر و آنزیم لیپاز بر کاهش بیاتی دونات روغنی منجمد. *فصلنامه علوم و صنایع غذایی*، ۲۲۰-۲۰۷، (۱۲)۴۷.
- رجب‌زاده، ن. (۱۳۷۱). ارزشیابی نان‌های سنتی ایران. *پژوهشکده غله و نان ایران*، ۴۵۱، ۲۴-۱۸.
- عجم، م.، نیازمند، و. و گوهری اردبیلی، ا. (۱۳۹۵). بررسی اثر جایگزینی ایزوله پروتئینی سویا و دمای سرخ‌کردن بر کاهش جذب روغن دونات. *فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران*، ۱۵۳-۱۴۵، (۱۳)۵۴.
- ماربینی، و.، جوکار، م.، بلندی، م. و چقیورتی، ا. (۱۳۹۵). بررسی اثر صمغ گزانتان بر کیفیت پاستای بدون گلوتن. *نشریه نوآوری در علوم و فناوری غذایی*، ۵۵-۴۵، (۸)۳.
- مردانی قهفرخی، آ. و یارمند، م.س. (۱۳۹۵). بررسی اثر افزودن سیوس گندم بر خواص رئولوژیکی خمیر و کیفیت نان بربری. *فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران*، ۲۱-۱۱، (۱۳)۵۰.
- AACC. (1999). *Approved method of the American association of cereal chemists*, (9th end). American association of cereal chemists, Inc., Minnesota.
- Ahmadi Balutak, M., & Nasehi, B. (2017). The effect of adding dried orange pulp on the characteristics of flour, dough and bread. *Journal of Food Science and Technology*, 66(14), 325-334. (in Persian)
- Ajam, M., Niyazmand, W., & Gohari ardebili, A. (2016). Effect of soy protein isolates replacement and temperature to reduce the absorption of oil on the frying donuts. *Journal of Food Science & Technology*, 54(13), 145-153. (in Persian)
- AOAC. (2000). *Official Method of Analysis*, (17th end). Association of Official Analytical Chemists Inc, Maryland.
- Asfaram, A., Ghaedi, M., Goudarzi, A., & Rajabi, M. (2015). Response surface methodology approach for optimization of simultaneous dye metal ion ultrasound assisted adsorption onto mn doped fe₃o₄-nps laded on ac: kinetic and isothermal studies. *Dalton Transactions*, 44(33), 14707-14723. doi:<https://doi.org/10.1039/c5dt01504a>.
- Brennan, R.G., Myers, A.S., & Herick, C.S. (2013). Reduction of fat content during frying using dried egg and fiber solution. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 115(8), 946-955. doi:<https://doi.org/10.1002/ejlt.201200356>
- Darapour, M. (2017). *The effect of the addition of the enzyme transglutaminase features rich donuts with sugar cane bagasse*. (Unpublished master's thesis) Agriculture & Natural Resources University in Khuzestan. (in Persian)
- de Moraes Crizel, T., Jablonski, A., de Oliveira Rios, A., Rech, R., & Flores, S.H. (2013). Dietary fiber from orange byproducts as a potential fat replacer. *LWT-Food Science and Technology*, 53(1), 9-14. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.02.002>
- Dehghan tanha, L., Karimi, M., & Salehifar, M. (2015). The effect of the type of emulsifier and lipase to reduce staling of frozen donuts. *Journal of Food Science & Technology*, 47(2), 207-220. (in Persian)
- Hejrani, T., Sheijholeslami, Z., Mortazavi, A., & Ghiafe Davoodi, M. (2017). The propertie of part baked frozen bread with guar and zanthan gums. *Food Hydrocolloids*, 71, 252-257. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.04.012>

- Jeddou, K.B., Bouaziz, F., Zouari-Ellouzi, S., Chaari, F., Ellouz-Chaabouni, S., Ellouz-Ghorbel, R., & Nouri-Ellouz, O. (2017). Improvement of texture and sensory properties of cakes by addition of potato peel powder with high level of dietary fiber and protein. *Food Chemistry*, 217, 668-677. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.081>
- Karimi, M., Fathi, M., Sheykholeslam, Z., Shahraiyani, B., & Naghipoor, F. (2012). Effect of different processing parameters on quality factors and image texture features of bread. *Journal of Bioprocessing & Biotechniques*, 2(127), 2-7. doi:<https://doi.org/10.4172/2155-9821.1000127>
- 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. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.03.039>
- Lee, J.-S., Kim, B.-K., Kim, K.-H., & Park, D.-J. (2008). Preparation of low-fat uptake doughnut by dry particle coating technique. *Journal of Food Science*, 73(3), E137-E142. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00670.x>
- Marbini, W., Jokar, M., Bolandi, M., & Cheghiyorti, A. (2016). The effect of xanthan on the quality of gluten-free pasta. *Journal of Food & Technology innovation*, 3(8), 45-55. (in Persian)
- Mardani ghahfarokhi, A., & Yarmand, M. (2016). The effect of addition of wheat bran on the rheological properties of dough and barbari bread. *Journal of Food Science & Technology*, 50(13), 11-21. (in Persian)
- Melito, H.S., & Farkas, B.E. (2012). Impact of infrared finishing on the mechanical and sensoria properties of wheat donuts. *Journal of Food Science*, 77(9), E224-E230. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02847.x>
- Mildner-Szkudlarz, S., Zawirska-Wojtasiak, R., Szwengiel, A., & Pacynski, M. (2011). Use of grape by-product as a source of dietary fibre and phenolic compounds in sourdough mixed rye bread. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(7), 1485-1493. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02643.x>
- Morris, C., & Morris, G.A. (2012). The effect of inulin and fructo-oligosaccharide supplementation on the textural, rheological and sensory properties of bread and their role in weight management: A review. *Food Chemistry*, 133(2), 237-248. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.027>
- Ngadze, R.T., Linnermann, A.R., Nyanga, L.K., Fogliano, V., & Verkerk, R. (2017). Local processing and nutritional composition of indigenous fruits: The case of monkey orange (*Strychnos SPP.*) from Southern Africa. *Food Reviews International*, 33(2), 123-142. doi:<https://doi.org/10.1080/87559129.2016.1149862>
- Nouri, M., Nasehi, B., Samavati, V., & Abdanan Mehdizadeh, S. (2017). Optimization the effects of Persian gum and carrot pomace powder for development of low-fat donut with high fibre content. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 9, 39-45. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2017.01.001>
- Rajabzadeh, N. (1991). Iranian flat breads evaluation. *Iranian Cereal & Bread Research Institute*, 451, 24-18. (in Persian)
- Rubel, I.A., Perez, E.E., Manrique, G.D., & Genovese, D.B. (2015). Fibre enrichment of wheat bread with Jerusalem artichoke inulin: Effect on dough rheology and bread quality. *Food Structure*, 3, 21-29. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foostr.2014.11.001>
- Sahin, S., Sumnu, G., & Altunakar, B. (2005). Effects of batters containing different gum types on the quality of deep-fat fried chicken nuggets. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(14):2375-2379. doi:<https://doi.org/10.1002/jsfa.2258>
- Salem, Y. B., & Nasri, S. (2009, March). Texture classification of woven fabric based on a GLCM method and using multiclass support vector machine. In *2009 6th International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices* (pp. 1-8). IEEE. doi:<https://doi.org/10.1109/SSD.2009.4956737>
- Segundo, C., Roman, L., Gomez, M., & Martinez, M.M. (2017). Mechanically fractionate flour isolated from green bananas (*M. Cavendish* Var. *nanica*) as a tool to increase the dietary fiber and phytochemical bioactivity of layer and sponge cakes. *Food Chemistry*, 219, 240-248. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.143>
- Shih, F.F., Daigle, K.W., & Clawson, E.L. (2001). Development of low oil-uptake donuts. *Journal of Food Science*, 66(1), 141-144. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb15596.x>
- Sirichokworrakit, S., Intasen, P., & Angkawut, C. (2016). Quality of donut supplemented with Hom Nice Rice flour. *International Journal of Nutrition and Food Engineering*, 10(7), 443-446. doi:<https://doi.org/10.5281/zenodo.1125777>
- Tournier, C., Grass, M., Zope, D., Salles, Ch., Bertrand, D. (2012). Characterization of bread breakdown during mastication by image texture analysis. *Journal of Food Engineering*, 4(113), 615-622. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.07.015>
- Wallecan, J., McCrae, C., Debon, S.J.J., Dong, J., & Mazoyer, J. (2015). Emulsifying and stabilizing properties of functionalized orange pulp fibers. *Food Hydrocolloids*, 47, 115-123. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.01.009>
- Zeng, H., Chen, J., Zhai, J., Wang, H., Xia, W., & Xiong, Y.L. (2016). Reduction of the fat content of battered and breaded fish balls during deep-fat frying using fermented bamboo shoot dietary fiber. *LWT*, 73, 425-431. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.052>

The Optimization of Characteristics of Diet Donut Enriched with Orange Pulp Powder

Atefeh Yousefi¹, Behzad Nasehi^{2,3*}, Hassan Barzegar⁴

- 1- Graduate Masters, Department of Food Technology, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran
 - 2- Department of Agricultural Engineering and Technology, Payame Noor University (PNU), Iran
 - 3- Associate professor, Department of Food Technology, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran
- * Corresponding author (Nasehi.b@pnum.ac.ir)
- 4- Assistant Professor, Department of Food Technology, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran

Abstract

Donuts are a sweet snack that is typically fermented and dipped in fry. Therefore, its problems include absorbing a large amount of oil, which must decrease by inventing of some methods. In this study, the effect of orange pulp powder in the range of 0 to 12.5 percent and xanthan hydroquinone in the range of 0 to 1.5 percent on Donut characteristics were investigated using response surface method. The results represented that by increasing the amount of orange pulp powder as a source of soluble and insoluble dietary fiber, which contains pectin and cellulose and xanthan gum, the moisture content, ash, fiber, density, yellowness and redness of donuts crust and crumb of the product, contrast, correlation, entropy, hardness, gumminess, chewiness, total acceptance increased, however, fat absorption, lightness of donuts crust and crumb, homogeneity, softness, cohesiveness, porosity significantly decreased. The result indicated that replacing 10.73 percent of orange pulp powder and 0.04 percent of xanthan gum will reduce the absorption of oil, increase fiber and produce healthy donuts.

Keywords: Donut, Fiber, Hydrocolloid, Orange pulp