



## بررسی اثر پودر رازیانه و صمغ بذر شنبلیله بر خواص تکنولوژیکی و آنتی‌اکسیدانی پیراشکی سرخ

شده

غلامحسین حقایق<sup>۱\*</sup>، نفیسه زاوه زاد<sup>۲</sup>

۱-استادیار گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

۲-دانشجوی دکتری داروسازی دانشگاه علوم پزشکی زابل

چکیده	اطلاعات مقاله
<p>بسیاری از افراد محدودیت مصرف مواد غذایی سرخ کردنی از جمله دونات دارند. از طرفی امروزه مصرف‌کننده متقاضی مواد غذایی فراسودمند است. این پژوهش با هدف تولید دونات فراسودمند کم چرب انجام شد. بدین منظور از پودر رازیانه در سه سطح صفر، ۱/۵ و ۳ درصد و صمغ دانه شنبلیله در سه سطح صفر، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد براساس وزن آرد در تهیه دونات استفاده گردید و میزان فنول کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل، رنگ پوسته، بافت و ویژگی‌های حسی نمونه‌های تولیدی بررسی شد. نتایج نشان داد پودر رازیانه سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنولی دونات شد. همچنین نتایج حاکی از آن بود که افزودن صمغ دانه شنبلیله و افزایش سطح مصرفی آن در حفظ رطوبت نمونه‌ها طی ۳ روز نگهداری مؤثر بود. این در حالی بود که دونات‌های حاوی ۰/۲۵ درصد صمغ دانه شنبلیله از کمترین سفتی بافت بلافاصله پس از نگهداری و بیشترین حجم مخصوص، تخلخل و روشنایی (مؤلفه رنگی <math>L^*</math>) برخوردار بودند. سفتی بافت نمونه‌های حاوی ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد صمغ دانه شنبلیله طی ۷۲ ساعت مشابه بود و این نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد نرم‌تر بودند. علاوه بر این یافته‌ها نشان دادند، افزایش بیش از ۰/۲۵ درصد صمغ دانه شنبلیله سبب کاهش قرمزی (مؤلفه رنگی <math>a^*</math>) نمونه‌های تولیدی شد. در نهایت نمونه حاوی ۱/۵ درصد پودر رازیانه و ۰/۲۵ درصد صمغ دانه شنبلیله و نمونه حاوی ۳ درصد پودر رازیانه و ۰/۲۵ درصد صمغ دانه شنبلیله از بیشترین امتیاز پذیرش کلی برخوردار بودند و به عنوان نمونه‌های برتر معرفی می‌گردند.</p>	<p>تاریخ های مقاله :</p> <p>تاریخ دریافت: ۹۹/۰۶/۰۸</p> <p>تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۷/۲۰</p> <p>کلمات کلیدی:</p> <p>پیراشکی تخمیری، پودر رازیانه، پوسته، جذب روغن، صمغ دانه شنبلیله.</p> <p>DOI: 10.52547/fsct.18.02.03</p> <p>* مسئول مکاتبات: haghayegh@uoz.ac.ir</p>

## ۱- مقدمه

پیراشکی یا دونات نوعی شیرینی آردی است که از سرخ کردن خمیر تازه و یا تخمیر شده در روغن تهیه می‌شود. خوشمزه‌گی و پراثری بودن دونات باعث شده در میان محصولات شیرین حاصل از آرد گندم بسیار مورد توجه قرار گیرد [۱]. با این حال میزان روغن دونات ممکن است به ۵۰ درصد وزن کل آن برسد [۲]. دونات تازه باید نرم، قابل انعطاف و دارای مزه و عطر مطلوب و کافی و پوسته‌ای ترد با رنگ قهوه‌ای روشن باشد. نکته دیگر که امروزه باید به طور چشمگیری به آن توجه نمود غنی‌سازی مواد غذایی است. سوء تغذیه هزینه‌های بسیار زیاد اقتصادی و اجتماعی را به کشورهای در حال توسعه تحمیل می‌کند و کیفیت زندگی تمام افراد جامعه را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۳، ۴ و ۵]. دونات به دلیل تنوع مواد اولیه می‌تواند ماده غذایی مناسبی جهت غنی‌سازی و تولید یک محصول فراسودمند باشد.

رازیانه با نام علمی (*Foeniculum vulgare Mill.*) گیاهی دو یا چند ساله از جنس رازیانه (*Foeniculum*) تیره چتریان (*Apiaceae*) و راسته (*Apiales*) است. طعم دانه رازیانه معطر، کم و بیش شیرین بوده و بوی آن ملایم و در حالت تازه ناپسند است [۶]. دانه رازیانه یک منبع غنی از مس، آهن، پتاسیم، منیزیوم، سلنیوم و روی، تیامین، پیریدوکسین، ریوفلاوین، نیاسین، آنتول، کامفن و لیمونن است و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی دارد [۷ و ۸]. از این رو به نظر می‌رسد با توجه به اینکه دانه رازیانه با ذائقه ایرانی سازگاری دارد و در برخی از نان‌ها و شیرینی‌های سنتی ایرانی استفاده می‌شود، بتوان از فواید تغذیه‌ای و آنتی‌اکسیدانی آن به منظور تولید دونات فراسودمند استفاده نمود. در این زمینه افزایش رطوبت و فعالیت آنتی‌اکسیدانی (محتوای فنل کل و قدرت آنتی‌اکسیدانی فریک) نان تهیه شده از گندم با نسبت‌های مختلف پودر رازیانه گزارش شده است [۳ و ۵]. نتایج مطالعه داس و همکاران (۲۰۱۳) در زمینه افزودن پودر بذر رازیانه به فرمول نان سفید حاکی از افزایش رطوبت بود. همچنین نتایج حاکی بود که با کاربرد پودر بذر رازیانه در فرمول نان، فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها افزایش یافت و نمونه‌های حاوی حداکثر ۷ درصد از پذیرش کلی خوبی برخوردار بودند [۳]. نتایج حیدری و همکاران (۱۳۹۸) نیز حاکی از آن بود که با افزودن پودر رازیانه به فرمول نان، حجم و حجم مخصوص کاهش و سفتی بافت،

خواص آنتی‌اکسیدانی (آرد خالص: ۸/۹۶ و مخلوط ۵ درصد پودر رازیانه: ۱۴/۱۷)، میزان فنول آرد خالص: ۷۵/۷ و مخلوط ۵ درصد پودر رازیانه ۱۱۱/۸) و نظر مواد معدنی (منگنز آرد خالص: ۳۴/۱ و مخلوط ۵ درصد پودر رازیانه: ۱۰۶/۳) افزایش یافت [۹].

همچنین لازم به ذکر است به منظور کاهش جذب روغن دونات و همچنین حفظ تازگی آن طی مدت زمان نگهداری می‌توان از ویژگی‌های مثبت هیدروکلوئیدها بهره برد. صمغ دانه شنبلیله می‌تواند گزینه مناسبی جهت این منظور باشد. حدود ۷۵ درصد صمغ شنبلیله را گالاکتومانان تشکیل می‌دهد [۱۰ و ۱۱] که براین اساس میزان گالاکتومانان دانه شنبلیله را می‌توان حدود ۳۰ درصد برآورد نمود. به علاوه صمغ دانه شنبلیله دارای خصوصیات درمانی است. به عنوان مثال سطح گلوکز خون را کاهش می‌دهد و تولید کلسترول در کبد را تنظیم می‌کند. همچنین پائین آورنده قند خون در بیماران دیابتی نوع ۱ و ۲ است [۱۲]. نیاستی و همکاران (۱۳۹۹) از صمغ دانه شنبلیله به عنوان جایگزین چربی در کیک شیفون استفاده نمودند. این محققان ضمن گزارش موفقیت آمیز ناشی از جایگزینی چربی با صمغ دانه شنبلیله، بیان کردند حذف حداکثر ۵۰ درصد روغن موجود در فرمولاسیون کیک شیفون با صمغ دانه شنبلیله جهت حفظ حجم، تخلخل و نرمی بافت امکانپذیر بود [۱۳].

بنابراین با توجه به مطالب ذکر شده هدف از انجام این تحقیق بررسی کاهش جذب روغن دونات با استفاده از صمغ دانه شنبلیله و افزایش ارزش تغذیه‌ای آن و تولید محصولی فراسودمند با بهره‌مندی از مزایای ویژه پودر بذر رازیانه بود. لازم به ذکر است در این پژوهش از پودر رازیانه در سه سطح صفر، ۱/۵ و ۳ درصد و صمغ دانه شنبلیله در سه سطح صفر، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد براساس وزن آرد استفاده گردید.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد

آرد با درجه استخراج ۸۲ درصد، دانه رازیانه و شنبلیله از یک عطاری معتبر در سطح شهر تهیه شد. مخمر خشک فعال (ساکارومایسس سروزیه) از کارخانه رضوی (مشهد-ایران) و سایر مواد شامل مواد شیمیایی از شرکت مرک (آلمان)، شکر، روغن نباتی مایع و شیرخشک از یک فروشگاه عرضه‌کننده

قطر داخلی و خارجی ۲/۵ و ۶ سانتی متر بود، قالب‌زنی شد. همچنین مرحله تخمیر نهایی به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰ درصد انجام شد و بعد از آن نمونه‌ها در سرخ‌کن به مدت ۴ دقیقه با دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد سرخ شدند. مخزن سرخ‌کن با ۱/۵ لیتر روغن پر شد، به منظور تثبیت و پایدار شدن دمای روغن، ۱ ساعت قبل از شروع سرخ کردن، روشن شد. نمونه‌های تولیدی پس از سرد شدن در دمای محیط (۳۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۳۰ دقیقه در پوششی از جنس پلی‌اتیلن بسته‌بندی و نگهداری شد [۱۵]. لازم به ذکر است که روغن سطحی دونات پس از سرخ کردن و قبل از سرد شدن با استفاده از کاغذ جاذب جدا شد.

### ۲-۲-۳- فعالیت آنتی‌اکسیدانی

فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از روش DPPH اندازه‌گیری شد (Larrauri et al., 1998).

### ۲-۲-۴- فنول کل

مقدار کل ترکیبات فنولی بر حسب اسید تانیک به روش فولین شیکالتو اندازه‌گیری شد [۱۸ و ۱۹]. نتایج برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم بیان شد.

### ۲-۲-۵- رطوبت

جهت انجام این آزمایش از استاندارد AACC، شماره ۲۰۰۰، ۴۴-۱۶ استفاده گردید [۲۰]. برای این منظور نمونه‌ها در فاصله زمانی ۲ ساعت ۳ روز پس از نگهداری در آون با حرارت ۱۰۰-۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند.

### ۲-۲-۶- جذب روغن

نمونه‌های سرخ شده و خنک شده به قطعات کوچکتر (۱۶-۱۲ گرم) بریده شدند و در آن در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک گردیدند. نمونه خشک شده توسط آسیاب برقی خرد شد، سپس توسط استخراج سوکسله به مدت ۴ ساعت با استفاده از حلال پترولیوم اتر چربی آن استخراج گردید. اختلاف وزن نشان‌دهنده میزان چربی نمونه بود [۱۵].

### ۲-۲-۷- حجم مخصوص

برای اندازه‌گیری حجم مخصوص از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا<sup>۱</sup> مطابق با استاندارد AACC، شماره ۲۰۰۰، شماره ۷۲-۱۰ استفاده شد. برای این منظور در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از

مواد اولیه قنادی خریداری شد. وانیل از شرکت رودیا (فرانسه) تهیه گردید.

## ۲-۲- روش‌ها

### ۲-۲-۱- صمغ پذیر شنبلیله

جهت استخراج صمغ از دانه شنبلیله، دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد، زمان ۳ ساعت و ۴۵ میلی‌لیتر آب به ازای هر گرم دانه در pH ثابت ۷ اعمال شد. مخلوط آب و دانه با استفاده از همزن با سرعت ثابت ۱۵۰۰ دور در دقیقه مخلوط گردید. برای ثابت نگه داشتن دما طی زمان استخراج، ظرف آب و دانه درون بن ماری با دمای ثابت قرار گرفت. پس از طی زمان لازم دانه‌ها به کمک قیف بوختر متصل به پمپ خلأ از محلول هیدروکلوئیدی جدا شدند. محلول تهیه شده به مدت یک شبانه روز در یخچال نگهداری شد و پس از آن با افزودن استون به میزان ۳ برابر حجم، رسوب داده شد. صمغ حاصل به وسیله صافی جداسازی و به منظور حذف استون و رطوبت در آون با دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد خشک شد. عصاره خشک شده با آسیاب خشک و از الک با مش ۸۰ عبور داده شد و کیسه‌های پلی‌اتیلنی نگهداری شد [۱۳ و ۱۴].

### ۲-۲-۲- تهیه دونات

به منظور تهیه دونات ۱۰۰ درصد آرد گندم به همراه سایر مواد پودری شامل شیرخشک (۴ درصد)، نمک (۰/۸ درصد)، وانیل (۰/۲ درصد)، صمغ دانه شنبلیله (صفر، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد) و پودر رازیانه (صفر، ۱/۵ و ۳ درصد) مخلوط و دوبار الک شدند. لازم به ذکر است تمام مواد براساس درصد وزن آرد محاسبه شده است. در ادامه روغن (۱۶ درصد) اضافه و مواد به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه مخلوط گردیدند. سپس محلول مخمر اضافه شد و به مدت ۲ دقیقه مخلوط کردن ادامه یافت. محلول مخمر شامل مخمر (۲/۴ درصد)، شکر (۱۶ درصد) و آب (۱۰۰ سی سی) بود. جهت فعال‌سازی مخمر، محلول تهیه شده به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط (۳۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت.

سپس تخم مرغ (۲۰ درصد) به مخلوط قبلی اضافه و به مدت ۲ دقیقه عمل مخلوط کردن انجام شد. در انتها آب و آب لیمو (۱۰ سی سی) اضافه و خمیر آماده شده به مدت ۴۵ دقیقه در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰ درصد مرحله تخمیر اولیه را طی کرد، سپس به صورت دستی با ضخامت ۱ سانتی‌متر پهن شد و با قالب از جنس استیل که به ترتیب دارای

رابطه ۱

$$Q = \frac{\sum(P \times G)}{\sum P}$$

$Q$  = پذیرش کلی،  $P$  = ضریب رتبه صفات و  $G$  = ضریب ارزیابی صفات.

### ۲-۲-۱۲- تجزیه آماری

طرح آماری مورد استفاده یک طرح کاملاً تصادفی و نرم افزار استفاده شده Mini-Tab نسخه ۱۷ بود که جهت تجزیه و تحلیل آماری نتایج استفاده شد. بدین ترتیب میانگین تکرارها با استفاده از آزمون توکی در سطح ۵ درصد مقایسه گردید.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدانی

جدول ۱ نشان دهنده میزان فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه دونات های تولید شده در این پژوهش است. نتایج حاکی از آنست که حضور پودر رازیانه در فرمول دونات سبب افزایش فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدانی دونات های فراسودمند در مقایسه با نمونه شاهد (نمونه فاقد پودر رازیانه و صمغ دانه شنبلیله) شد. از آنجا که در یک سطح ثابت پودر رازیانه، با افزایش صمغ دانه شنبلیله بر میزان فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدانی افزوده نشد، می توان گفت که حضور صمغ در فرمول دونات تأثیری بر میزان فنول و فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه ها نداشته و تنها عامل مؤثر جهت تولید یک دونات فراسودمند، حضور پودر رازیانه به عنوان یک افزودنی در فرمول بوده است. بوچرا و همکاران (۲۰۱۷)، داس و همکاران (۲۰۱۳) و حیدری و همکاران (۱۳۹۸) با افزودن پودر رازیانه به فرمول نان افزایش فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه های تولیدی را گزارش کردند [۳، ۹ و ۲۶]. همچنین در برخی از منابع آمده است که نمونه های نان با نسبت های ۳ و ۵ درصد پودر دانه رازیانه، از فعالیت آنتی اکسیدانی مطلوب و قابل قبولی برخوردار بودند و افزودن حتی ۳ درصد پودر دانه رازیانه توانست خواص آنتی اکسیدانی آرد گندم را افزایش دهد و منجر به ختنی سازی بسیاری از رادیکال های آزاد و گونه های فعال اکسیژن شود [۲۷].

نگهداری، قطعه ای به ابعاد ۲×۲ سانتی متر تهیه گردید و حجم مخصوص آن از تقسیم حجم بر وزن اولیه تعیین شد [۲۰].

#### ۲-۲-۸- تخلخل

بررسی تخلخل بافت درونی دونات در بازه زمانی ۲ ساعت پس از نگهداری با استفاده از تکنیک پردازش تصویر انجام شد. بدین منظور برشی عرضی با استفاده از چاقوی اره ای از بافت درونی نمونه تهیه و تصویربرداری به وسیله اسکنر با وضوح ۳۰۰ پیکسل انجام شد. سپس تصویر تهیه شده در اختیار نرم افزار Image J قرار گرفت و پس از تهیه تصاویر سطح خاکستری<sup>۳</sup> و در ادامه تصاویر دودویی<sup>۴</sup>، با فعال کردن قسمت آنالیز نرم افزار، درصد تخلخل نمونه ها اندازه گیری شد [۲۱ و ۲۲].

#### ۲-۲-۹- رنگ پوسته

برای اندازه گیری سه شاخص  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  پوسته دونات به وسیله اسکنر با وضوح ۳۰۰ پیکسل از سطح نمونه تصویر برداری شد. سپس تصاویر در اختیار نرم افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins، شاخص های فوق محاسبه شد [۲۳].

#### ۲-۲-۱۰- بافت

بررسی بافت نمونه ها در بازه زمانی ۲ ساعت، ۳ روز پس از نگهداری با استفاده از دستگاه بافت سنج و توسط آزمون فشردن صورت گرفت. در این آزمایش ابتدا تیمارهای مختلف دونات که به صورت برش های یکسان با ابعاد ۲×۲×۲ سانتی متر توسط تیغ بریده شد و روی صفحه نگهدارنده قرار گرفت. سپس پروب دستگاه به اندازه ۴×۴ سانتی متر و با سرعت ۱ میلی متر بر ثانیه شروع به حرکت کرد و پس از تماس با سطح نمونه، به اندازه ۷۵ درصد از ارتفاع اولیه نمونه را فشرده نمود.

#### ۲-۲-۱۱- ویژگی های حسی

جهت ارزیابی ویژگی های حسی ۵ داور انتخاب گردیدند و ارزیابی صفات براساس هدونیک پنج نقطه ای از بسیار بد (۱) تا بسیار خوب (۵) بود. ویژگی های حسی کیک از نظر فرم و شکل، پوسته، تخلخل، سفتی بافت، قابلیت جویدن و بو و مزه ارزیابی شدند. ویژگی های بررسی شده به ترتیب دارای ضریب رتبه ای ۴، ۲، ۲، ۳، ۳ بودند. در نهایت، پذیرش کلی با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید. [۲۴ و ۲۵].

2. Image Processing and Analysis in Java  
3. Gray level images  
4. Binary Images

**Table 1** The effect of Fennel powder and Fenugreek gum on total phenol and antioxidant.

Number	Treatments		Total Phenol mg/kg	Antioxidant mg/kg
	Fennel powder	Fenugreek gum		
1	0	0	70.44±0.59c	7.92±0.61c
2	1.5	0.25	73.25±0.28b	10.24±0.53b
3	1.5	0.50	73.61±0.01b	10.47±0.40b
4	3.0	0.25	82.97±0.55a	13.19±0.55a
5	3.0	0.50	83.22±1.31a	12.97±0.28a

Different letters in each column show the statistically significant differences ( $P < 0.05$ ).

دارند و با این توانایی می‌تواند در حفظ رطوبت طی مدت زمان ماندگاری موفق عمل کنند. همچنین این محققان بیان نمودند ترکیباتی که توانایی تشکیل ژل دارند، با تشکیل یک سری از پیوندهای عرضی که زنجیره‌های پلیمری را بهم وصل می‌کنند، یک شبکه سه بعدی تولید کرده و در شکاف‌های خود، آب را به دام می‌اندازند و از این طریق سبب حفظ رطوبت محصول طی انبارداری می‌شوند [۲۸]. علیزاده و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند ترکیبات هیدروکلوئیدی موجود در دانه‌های بومی، قابلیت ژل شدن دارد و از این طریق می‌تواند آب آزاد موجود در محیط را به دام اندازد و سبب افزایش رطوبت نمونه شود [۲۹]. Jalali و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی اثر صمغ بالنگوی شیرازی بر کیفیت نان بدون گلوتن حاوی آرد ذرت پرداختند. در این پژوهش از آرد ذرت پیش تیمارشده با ماکروویو (پیش ژلاتینه) استفاده شده، بود. نتایج این محققان نشان داد، افزودن صمغ بالنگو شیرازی به نان بدون گلوتن سبب حفظ رطوبت در مقایسه با نمونه شاهد طی ۳ روز نگهداری شد [۳۰].

### ۳-۲- رطوبت

در جدول ۲ میزان رطوبت نمونه‌های دونات در بازه زمانی ۲ ساعت و ۳ روز پس از نگهداری ارائه شده است. همانطور که یافته‌ها نشان می‌دهد، صمغ دانه شنبلیله در حفظ رطوبت دونات طی فرایند سرخ کردن و ۳ روز پس از نگهداری مؤثر بوده است که افزایش صمغ در حفظ رطوبت طی مدت زمان نگهداری کارایی بیشتری داشته است. همچنین پودر رازیانه به دلیل حضور فیبر در حفظ رطوبت طی فرایند سرخ کردن اندکی مؤثر بوده است، اما اثر آن در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار نبود. ذکر این نکته ضروری است که با افزایش زمان نگهداری از میزان رطوبت نمونه‌های دونات کاسته شده که کمترین کاهش رطوبت در دونات‌های حاوی ۰/۵ درصد صمغ دانه شنبلیله مشاهده گردید. انواع هیدروکلوئیدها نظیر صمغ دانه شنبلیله به دلیل خاصیت آبدوستی و داشتن گروه‌های هیدروکسیلی در حفظ و نگهداری آب مؤثرند. است. صحرائیان و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند صمغ‌ها قابلیت تشکیل یک بافت ژل مانند پیوسته را

**Table 2** The effect of Fennel powder and Fenugreek gum on moisture.

Number	Treatments		Moisture (%)	
	Fennel powder	Fenugreek gum	2 hours	3 days
1	0	0	26.7±0.3c	23.3±1.1c
2	1.5	0.25	27.4±0.8b	25.3±0.9b
3	1.5	0.50	29.6±0.1a	28.6±0.5a
4	3.0	0.25	27.9±0.2b	25.9±1.4b
5	3.0	0.50	29.8±1.3a	29.1±1.2a

Different letters in each column show the statistically significant differences ( $P < 0.05$ ).

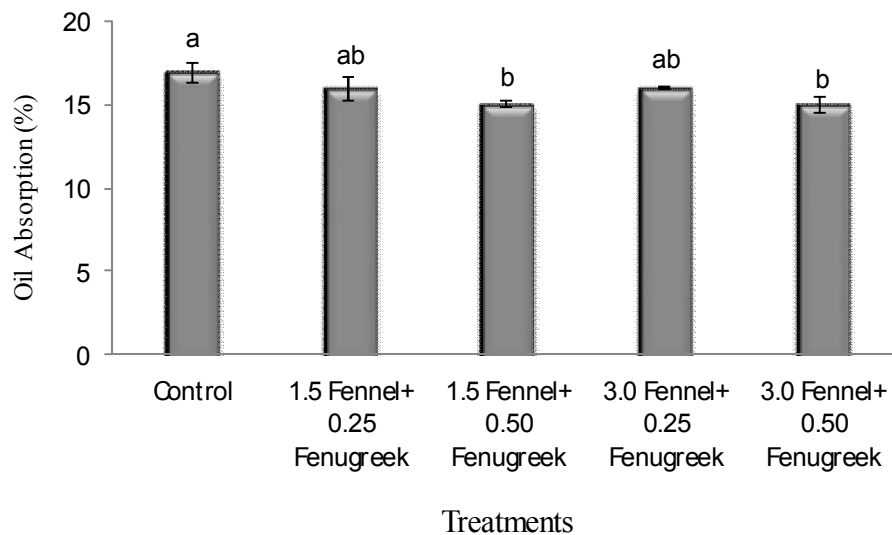
پودر رازیانه و ۰/۵ درصد پودر دانه شنبلیله از کمترین جذب روغن در مقایسه با سایر نمونه‌های دونات بویژه نمونه شاهد (نمونه فاقد پودر رازیانه و صمغ دانه شنبلیله) برخوردار بودند. هرچه میزان خروج رطوبت از دونات طی فرایند سرخ کردن بیشتر باشد، میزان جذب روغن بیشتر خواهد بود. به عبارتی نمونه دونات‌های تولیدی با محتوی رطوبت کمتر از میزان جذب روغن بیشتری برخوردارند [۳۱]. سخال و همکاران

### ۳-۳- جذب روغن

در شکل ۱ میزان جذب روغن نمونه‌های دونات ارائه شده است. نتایج حاکی از آن بود که حضور صمغ و افزایش سطح آن در فرمول دونات منجر به کاهش معنی‌دار جذب روغن ( $P < 0.05$ ) شد. به طوری که نمونه حاوی ۱/۵ درصد پودر رازیانه و ۰/۵ درصد صمغ دانه شنبلیله و نمونه حاوی ۳ درصد

تأثیر معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد بر میزان رطوبت و روغن نداشت. همچنین نتایج نشان داد تأثیر استفاده از پوشش هیدروکلوئیدی بر میزان رطوبت معنی‌دار نبود ولی سبب کاهش جذب روغن شد [۱۵]. کیم و همکاران (۲۰۱۵) اثرات صمغ هیدروکسی پروپیل متیل سلولز بر جذب روغن و بافت دونات سویا فاقد گلوتن را بررسی کردند. نتایج نشان داد که دونات حاوی سویا در حدود دو برابر جذب روغن و افت رطوبت بیشتر در مقایسه با نمونه شاهد داشتند. همچنین نتایج نشان داد که افزودن صمغ به فرمولاسیون دونات سبب افزایش جذب آب و کاهش جذب روغن نمونه‌های تولیدی شد [۳۴].

(۲۰۱۱) گزارش کردند هرچه افت رطوبت ماده غذایی حین فرایند سرخ کردن بیشتر باشد، جذب روغن بیشتر می‌شود [۳۲]. سالوادور و همکاران (۲۰۰۸) به مطالعه اثر صمغ متیل سلولز به عنوان پوشش در محصولات خمیری سرخ شده نظیر دونات پرداختند. نتایج این پژوهشگران نشان داد، صمغ متیل سلولز به طور مؤثری جذب روغن بسیاری از محصولات دارای پوشش خمیری را کاهش داد [۳۳]. ذوالفقاری و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر نوع پوشش هیدروکلوئیدی و افزودن آرد سویا بر ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی دونات را بررسی کردند. نتایج این محققان نشان داد جایگزینی آرد سویا با آرد گندم



**Fig 1** the effect of Fennel powder and Fenugreek gum on oil absorption. Different letters show the statistically significant differences ( $P < 0.05$ ).

نسبت به سطح ۰/۵ درصد در افزایش حجم مثبت تر بوده است.

همچنین لازم به ذکر است که با افزایش پودر رازیانه در فرمول دونات اندکی کاهش حجم مشاهده شد که البته این کاهش در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار نبود. اما پیش‌بینی می‌شود با افزایش سطح مصرفی پودر رازیانه تغییر چشمگیری در حجم نمونه‌های تولیدی مشاهده گردد. زیرا با روند مشاهده شده در این پژوهش به نظر می‌رسد در سطوح بالای مصرف پودر رازیانه یا هر منبع فیبری و گیاهی دیگر، در شبکه گلوتن اختلال ایجاد شود و به دلیل واکنشی که بین گلوتن و فیبر اتفاق می‌افتد، ظرفیت نگهداری گاز دی اکسید کربن در خمیر و محصول هدف کاهش یابد و در نهایت کاهش حجم نمونه‌ها

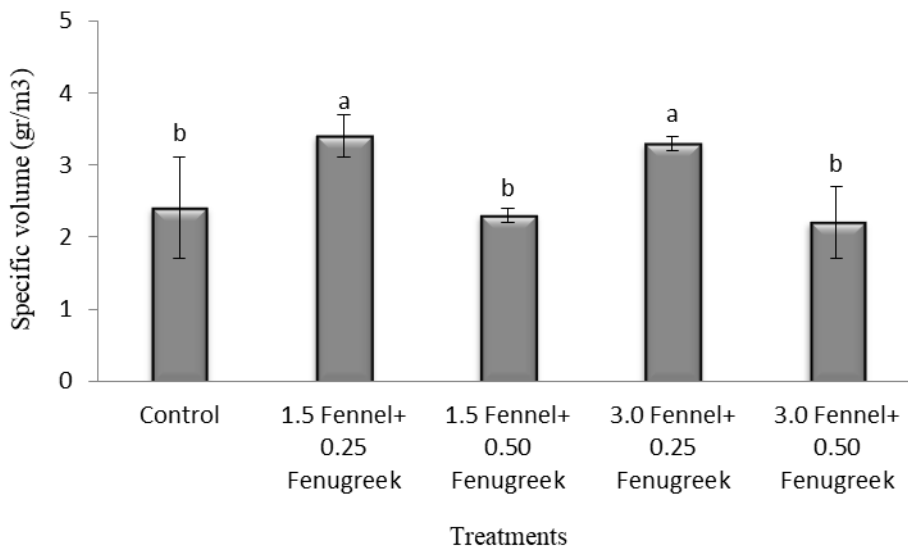
### ۳-۴-حجم مخصوص

شکل ۲ نشان‌دهنده نمونه‌های دونات حاوی پودر رازیانه و صمغ دانه شنبلیله است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد، دونات‌های حاوی صمغ و پودر رازیانه حجم بیشتری نسبت به نمونه شاهد (نمونه فاقد پودر رازیانه و صمغ دانه شنبلیله) داشتند. این در حالی بود که نمونه‌های حاوی ۰/۲۵ درصد صمغ (نمونه حاوی ۱/۵ درصد پودر رازیانه و ۰/۲۵ درصد صمغ دانه شنبلیله و نمونه حاوی ۰/۲۵ درصد پودر رازیانه و ۰/۲۵ درصد صمغ دانه شنبلیله) از بیشترین حجم مخصوص در مقایسه با سایر نمونه‌های دونات برخوردار بودند. این امر نشان دهنده آنست که عملکرد سطح ۰/۲۵ درصد صمغ دانه شنبلیله

افزایش ویسکوزیته پس از حرارت‌دهی نشانگر بازآرایی بین مولکولی برگشت‌پذیر در صمغ است [۳۷]. این رو می‌توان گفت برخی از صمغ‌ها از طریق افزایش ویسکوزیته بر اثر حرارت پخت (همچنین افزایش پایداری ویسکوزیته بر اثر حرارت‌دهی) در استحکام بخشیدن مطلوب حباب‌های هوا مؤثرند و موجب افزایش حجم مخصوص محصولات نانویی می‌شوند. اما ذکر این نکته ضروری است که چنانچه میزان صمغ از حد مورد نیاز فرمول بیشتر باشد شبکه گلوتهی و سلول‌های گازی چنان فشرده خواهند شد که در بسیار موارد نه تنها عملکرد مثبت از آن‌ها مشاهده نمی‌گردد، بلکه با رویکرد منفی (کاهش حجم) مشاهده خواهد شد. در پژوهش حاضر به نظر می‌رسد افزایش صمغ بیش از ۰/۵ درصد در فرمول دونات می‌تواند بر حجم اثر منفی داشته باشد و محصولی با حجم کم تولید شود [۳۸].

مشاهده شود. همچنین یکی از دلایل کاهش حجم در محصولات نانویی حاوی پودر رازیانه (سطح مصرفی بیش از ۵ درصد) می‌تواند به دلیل رقیق شدن گلوتهی و واکنش بین اجزای فیبر، آب و گلوتهی باشد [۳۵ و ۳۶].

در مورد عملکرد صمغ دانه شنبلیله و سطح مصرفی آن بر حجم مخصوص می‌توان گفت با انتخاب سطح مناسب هیدروکلوئیدها بویژه انواع صمغ‌ها در فرمولاسیون محصولات نانویی تخمیری نظیر دونات می‌توان شبکه گلوتهی را جهت حفظ سلول‌های هوا تقویت نمود و همچنین توسط صمغ به دیواره این سلول‌ها استحکام بخشید که در برابر انبساط طی فرایند سرخ کردن مقاومت نموده و دچار آسیب نشوند. در همین راستا ناچی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند، تجمعات و اتصالات قوی پلیمرهای برخی از صمغ‌ها منجر به ایجاد ویسکوزیته پایدار صمغ طی حرارت‌دهی می‌شوند و این



**Fig 2** The effect of Fennel powder and Fenugreek gum on specific volume. Different letters show the statistically significant differences ( $P < 0.05$ ).

داری در سطح آماری ۵ درصد مشاهده نگردید. نمونه های حاوی ۰/۵ درصد صمغ دانه شنبلیله (حاوی هر دو سطح ۱/۵ و ۳ درصد پودر رازیانه) از میزان تخلخل کمتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار بودند.

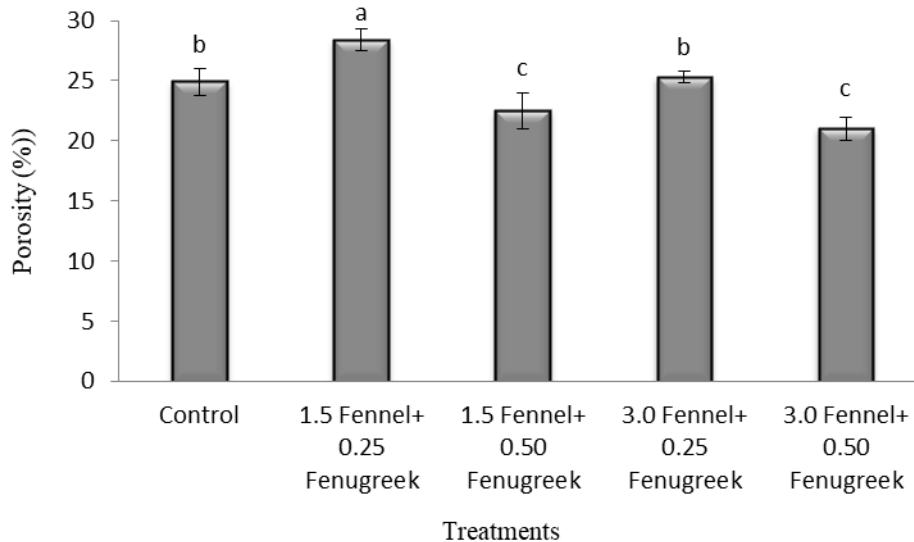
ذوالفقاری و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی تأثیر نوع پوشش هیدروکلوئیدی (صمغ کربوکسی متیل سلولز و کتیرا) و افزودن آرد سویا بر ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی پیراشکی پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد افزودن آرد سویا به فرمول پیراشکی سبب کاهش حجم و تخلخل نمونه تولیدی شد. همچنین این محققان گزارش کردند، پوشش‌های ضخیم هیدروکلوئیدی با

### ۳-۵-تخلخل

شکل ۳ نشان‌دهنده نمونه‌های دونات حاوی پودر رازیانه و صمغ دانه شنبلیله است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد، نمونه حاوی ۱/۵ درصد پودر رازیانه و ۰/۲۵ درصد صمغ دانه شنبلیله از بیشترین میزان تخلخل در مقایسه با سایر نمونه‌های دونات برخوردار بود. این در حالی بود که نمونه حاوی ۳ درصد پودر رازیانه و ۰/۲۵ درصد صمغ دانه شنبلیله به لحاظ میزان تخلخل با نمونه شاهد (نمونه فاقد صمغ دانه شنبلیله و پودر رازیانه) مشابهت داشت و بین این دو نمونه اختلاف معنی

شوند به طوری که در پخش حباب‌های هوای موجود در نمونه اختلالی ایجاد نکنند، از طریق کاهش بهم پیوستن سلول‌های گازی به دلیل ایجاد یک لایه ضخیم در سطح سلول‌ها، موجب پایداری سلول‌های گازی گشته، بنابراین هر سلول به طور مجزا و جداگانه باقی مانده و اندازه آن کوچکتر است که این موضوع خود بر افزایش تخلخل تأثیر چشمگیری دارد [۳۸].

تشکیل فیلم سبب کاهش تخلخل و حجم شدند که در استفاده از این ترکیبات که بیشتر با هدف کاهش جذب روغن و حفظ رطوبت دونات انجام می‌شود باید دقت کرد و سطح مصرفی مناسبی را انتخاب نمود [۱۵]. اوزاک و همکاران (۲۰۰۹) براساس نتایج مطالعه خود به این نتیجه دست یافتند که چنانچه هیدروکلوئیدها در سطوح مناسب در فرمول مواد غذایی استفاده



**Fig 2** The effect of Fennel powder and Fenugreek gum on specific volume. Different letters show the statistically significant differences ( $P < 0.05$ ).

### ۳-۶-بافت

نمونه‌ها افزایش یافت که این امر نشان‌دهنده بافت سفت و متراکم نان و پوسته غیرانعطاف‌پذیر آن می‌باشد. همچنین این محققان گزارش نمودند هرچه به خمیر نان، درصد بیشتری پودر رازیانه افزوده شود، بافت نامناسب‌تر و تخلخل کمتر خواهد شد [۳].

همچنین نتایج نشان داد هر چهار نمونه حاوی پودر رازیانه و صمغ دانه شنبلیله دارای میزان سفتی کمتری در مقایسه با نمونه شاهد پس از ۳ روز انبارمانی بودند. لازم به ذکر است بین این چهار نمونه اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد مشاهده نشد، هرچند که به ظاهر میزان سفتی بافت نمونه‌های حاوی ۰/۲۵ درصد صمغ دانه شنبلیله (نمونه حاوی ۱/۵ درصد پودر رازیانه و ۰/۲۵ درصد صمغ دانه شنبلیله و نمونه حاوی ۳ درصد پودر رازیانه و ۰/۲۵ درصد صمغ دانه شنبلیله) کمتر از نمونه دونات‌های حاوی ۰/۵ درصد از این صمغ پس از ۳ روز نگهداری بود. به طور کل صمغ دانه شنبلیله مهمترین عامل در حفظ کیفیت بافت نسبت به روز اول تولید بود و بیشترین تأثیر را بر ماندگاری دونات داشت. صمغ‌ها قابلیت تشکیل یک بافت ژل مانند پیوسته را دارند و با این توانایی می‌تواند در حفظ

در جدول ۳ میزان سفتی بافت دونات‌های حاوی پودر رازیانه و صمغ دانه شنبلیله در بازه زمانی ۲ ساعت و ۳ روز پس از نگهداری مشاهده می‌شود. همانطور که نتایج نشان می‌دهد نمونه‌های حاوی ۰/۲۵ درصد صمغ دانه شنبلیله از کمترین میزان سفتی بافت در مقایسه با سایر نمونه‌های تولیدی در بازه زمانی ۲ ساعت پس از نگهداری برخوردار بودند. ذکر این نکته ضروری است که افزایش پودر رازیانه تا حدودی منجر به افزایش سفتی بافت دونات شد، اما بین سطح مصرفی ۱/۵ و ۳ درصد پودر رازیانه اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ مشاهده نگردید. گزارشات مبنی بر اثر مخرب پودر رازیانه بر بافت محصولات نانویی موجود است. بوچرا و همکاران (۲۰۱۷) اثر سطوح متفاوت پودر رازیانه (۱ تا ۶ درصد) را بر ویژگی‌های نان بررسی نمودند. نتایج نشان داد وجود پودر رازیانه در فرمولاسیون سبب تیره شدن بافت درونی نان و سخت‌تر شدن بافت آن شد [۲۶]. همچنین یافته‌های داس و همکاران (۲۰۱۳) حاکی از آن بود که با افزایش درصد پودر رازیانه در فرمولاسیون نان، میزان نیروی لازم جهت نفوذ در



انبارداری و به تأخیر انداختن پدیده بیاتی می‌شوند [۲۸]. فاضلی و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی اثر صمغ‌های زانتان و گوار و آنزیم ترانس گلوتامیناز بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بافتی دونات فاقد گلوتن پرداختند. نتایج نشان داد آنزیم ترانس گلوتامیناز، کنساتره پروتئینی سویا و صمغ زانتان و گوار به صورت ترکیبی سبب کاهش سفتی بافت دونات‌ها شدند [۳۱].

رطوبت طی مدت زمان ماندگاری و کند کردن فرایند بیاتی نمونه‌های تولیدی موفق عمل کنند. از طرفی ترکیباتی که توانایی تشکیل ژل دارند، با تشکیل یک سری از پیوندهای عرضی که زنجیره‌های پلیمری را بهم وصل می‌کنند، یک شبکه سه بعدی تولید کرده و در شکاف‌های خود، آب را به دام می‌اندازند و از این طریق سبب حفظ رطوبت محصول طی

**Table 3** The effect of Fennel powder and Fenugreek gum on firmness.

Number	Treatments		Firmness (N)	
	Fennel powder	Fenugreek gum	2 hours	3 days
1	0	0	11.90±1.24a	20.41±2.08a
2	1.5	0.25	7.83±0.95b	12.25±1.37b
3	1.5	0.50	11.55±0.39a	11.92±1.03b
4	3.0	0.25	8.09±1.37b	12.20±0.88b
5	3.0	0.50	11.74±1.05a	12.31±1.29b

Different letters in each column show the statistically significant differences ( $P < 0.05$ ).

### ۳-۷-رنگ پوسته

معنی داری ( $P < 0.05$ ) مشاهده نگردید. این احتمال وجود دارد حتی با افزایش بیش از ۰/۵ درصد صمغ دانه شنبلیله در فرمول دونات با کاهش معنی‌دار روشنایی نمونه‌ها مواجه شویم. کاهش جدی قرمزی پوسته دونات‌های حاوی صمغ دانه شنبلیله در سطح ۰/۵ درصد را چنین می‌توان توجیه نمود که به دلیل رطوبت بیش از حد خمیر دونات و عدم ایجاد شرایط مناسب جهت خروج بخشی از رطوبت (صمغ‌ها به شدت آبدوست هستند) فرایند سرخ شدن دونات با مشکل مواجه می‌گردد و چون زمان سرخ کردن را ثابت در نظر گرفته شده بود، فرایند سرخ کردن دونات به خوبی اتفاق نیفتاده و همین امر باعث کاهش قرمزی مطلوب پوسته دونات شده است. همچنین افزایش روشنایی پوسته دونات بخصوص نمونه‌های حاوی ۰/۲۵ درصد را می‌توان انعکاس بیشتر نور به دلیل دارا بودن پوسته‌ای صاف و یکدست دانست. زیرا صمغ مانع از خروج سریع رطوبت (خروج رطوبت آهسته و یکنواخت اتفاق می‌افتد) طی فرایند سرخ کردن، می‌شود و از ایجاد پوسته‌ای خشک و ترک خورده و همچنین غیریکنواخت جلوگیری به عمل می‌آورد. اما همانگونه که مشاهده شد روشنایی پوسته نمونه‌های حاوی ۰/۵ درصد صمغ کمتر از نمونه‌های حاوی ۰/۲۵ درصد صمغ بود که این امر به احتمال زیاد به دلیل فشردگی بافت خمیر است و نشان‌دهنده آنست که جهت حصول بهترین عملکرد صمغ، باید در انتخاب سطح مصرفی صمغ دقت نمود.

از بین ویژگی‌های مواد غذایی، رنگ مهمترین ویژگی دیداری است که اغلب به کیفیت غذا نیز ربط داده می‌شود [۳۹]. مصرف‌کنندگان اغلب از روی رنگ در مورد ارزش غذایی، ایمنی، عطر و طعم، زمان نگهداری و سایر ویژگی‌های محصولات خوراکی قضاوت می‌کنند [۴۰، ۴۱ و ۴۲].

جدول ۴ نتایج مؤلفه‌های رنگی ( $L^*a^*b$ ) پوسته دونات را نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آنست که تنها صمغ دانه شنبلیله بر رنگ پوسته دونات مؤثر بوده است، هرچند تغییرات جزئی در مؤلفه‌های رنگی پوسته ناشی از حضور پودر رازیانه در فرمول اولیه دونات مشاهده شد، اما این تغییر در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار نبود، از این رو باید اثر پودر رازیانه در سطوح به کار رفته در پژوهش حاضر را نادیده گرفت و تغییر مؤلفه‌های رنگی پوسته دونات‌های حاوی پودر رازیانه و صمغ دانه شنبلیله را به حضور صمغ در فرمولاسیون نسبت داد. لازم به ذکر است با افزودن صمغ دانه شنبلیله به فرمول دونات بر میزان روشنایی (مؤلفه رنگی  $L^*$ ) پوسته افزوده و از میزان قرمزی (مؤلفه رنگی  $a^*$ ) آن کاسته شد. بنابراین نمونه شاهد (نمونه فاقد پودر رازیانه و صمغ دانه شنبلیله) کمترین میزان روشنایی یا درخشندگی و بیشترین میزان قرمزی را داشت. نکته قابل توجه آنست که میزان روشنایی نمونه‌های حاوی ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد صمغ دانه شنبلیله مشابه بودند و بین آن‌ها اختلاف

**Table 4** The effect of Fennel powder and Fenugreek gum on crust color.

Number	Treatments		Crust Color		
	Fennel powder	Fenugreek gum	L*	a*	b*
1	0	0	48.52±2.29b	12.84±0.71a	20.92±3.22a
2	1.5	0.25	55.30±1.97a	9.25±1.22b	21.85±1.09a
3	1.5	0.50	54.11±2.07a	7.09±0.37c	20.77±2.27a
4	3.0	0.25	56.01±3.49a	9.44±1.04b	20.59±1.24a
5	3.0	0.50	55.08±1.52a	6.95±1.17c	22.09±2.71a

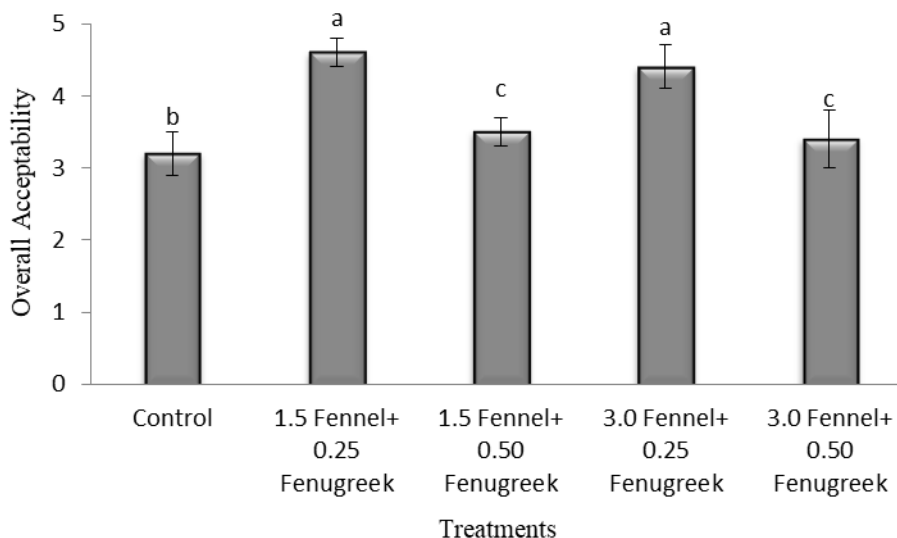
Different letters in each column show the statistically significant differences ( $P<0.05$ ).

### ۳-۸- پذیرش کلی

بودند و داوران از ترکیبات موجود در فرمولاسیون اطلاعی نداشتند، به راحتی و بدون اطلاع قبلی ۴ نمونه حاوی پودر رازیانه را در مقایسه با نمونه شاهد برتر دانستند. همچنین با توجه به نتایج حاصله نمونه‌های حاوی ۰/۲۵ درصد صمغ دانه شنبلیله از امتیاز فرم و شکل، پوکی و تخلخل، سفتی و نرمی بافت و قابلیت بیشتری برخوردار بودند که حصول چنین نتیجه‌ای با توجه به یافته‌های بدست آمده از بخش ارزیابی بافت، حجم و تخلخل دور از انتظار نبود. تنها نکته قابل ملاحظه در این پژوهش آن بود که داوران حسی به لحاظ ویژگی‌های پوسته دونات که رنگ مهمترین عامل مؤثر در امتیازدهی بود، نمونه‌های حاوی ۰/۵ درصد صمغ دانه شنبلیله را نامناسب گزارش کردند و به عبارتی ذکر شد که دو نمونه به خوبی سرخ نگردیده و ویژگی‌های بصری را از دید مصرف‌کننده ندارد.

شکل ۳ نشان‌دهنده امتیاز پذیرش کلی نمونه دونات‌های حاوی پودر رازیانه و صمغ دانه شنبلیله در مقایسه با نمونه شاهد (نمونه فاقد هر دو نوع افزودنی) است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد دو نمونه حاوی ۰/۲۵ درصد صمغ دانه شنبلیله (نمونه حاوی ۰/۲۵ درصد صمغ دانه شنبلیله و ۱/۵ درصد پودر رازیانه و نمونه حاوی ۰/۲۵ درصد صمغ دانه شنبلیله و ۳ درصد پودر رازیانه) دارای بیشترین امتیاز پذیرش کلی در مقایسه با سایر نمونه‌ها بودند. این در حالی است که امتیاز پذیرش کلی دو نمونه حاوی ۰/۵ درصد صمغ دانه شنبلیله در هر دو سطح مصرفی پودر رازیانه (۱/۵ و ۳ درصد) با امتیاز پذیرش کلی نمونه شاهد مشابه بود و بین این سه نمونه اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد مشاهده نگردید.

به گفته داوران چشایی ۴ نمونه از عطر و طعم خوشایندتری برخوردار بودند. با توجه به اینکه نمونه‌ها کدگذاری شده



**Fig 3** The effect of Fennel powder and Fenugreek gum on specific volume. Different letters show the statistically significant differences ( $P<0.05$ ).

- [8] Joel, N., Abdulraheem, L. O. and Zakaria, U. M. (2011). Evaluation of the nutritional and sensory quality of function bread produced from whole wheat and soybean flour blend. *African Journal of Food Science*, 5(8): 466-472.
- [9] Heydari, M., Yadegari, M., Saeedi, Z. and Molavi, H. (2018). Enrichment of wheat flour with different proportions of fennel medicinal plant powder to increase the nutritional value. *JFST*, 11(2): 53-68.
- [10] Brummer, Y., Cui, W. and Wang, Q. (2003). Extraction, purification and physicochemical characterization of fenugreek gum. *Food Hydrocolloids*, 17(3): 229-36.
- [11] Jiang, J.X., Zhu, L. W., Zhang, W. M. & Sun, R.C. (2007). Characteristics of galactomannan gum from fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) seeds and its rheological properties. *Int. J. Polym. Mater*, 56: 1145-1154.
- [12] Srinivasan, K. (2006). Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*): A review of health beneficial physicochemical effects. *Food Rev. Int*, 22: 203-224.
- [13] Niasti, S., Pourhaji, F. and Sahraiyani, B. (2020). Evaluation of replacement of oil by Fenugreek seed gum on quality properties of low-fat chiffon cake (wheat-millet). *Journal of Food Science and Technology*, 16(9): 23-37.
- [14] Singthong, J., Ningsanond, S. & Cui, S. W. (2009). Extraction and physicochemical characterization of polysaccharide gum from Yanang (*Tiliacora rtiandra*) leaves. *Food Chemistry*, 114: 1301-1307.
- [15] Zolfaghari, Z., Mohebbi, M. and Haddad Khodaparast, M.H. (2013). Quality changes of donuts as influenced by leavening agent and hydrocolloid coating. *J. Food Process. Pres.* 37, 34-45.
- [16] Larrauri, J. A. Sanchez-Moreno, C. and Saura-Calixto, F. (1998). Effect of temperature on the free radical scavenging capacity of extracts from red and white grape pomace peels. *Journal of Food Agriculture and Food Chemistry*, 46: 2694-2697.
- [17] Larrauri, J. A. Sanchez-Moreno, C. and Saura-Calixto, F. (1998). Effect of temperature on the free radical scavenging capacity of extracts from red and white grape pomace peels. *Journal of Food Agriculture and Food Chemistry*, 46: 2694-2697.
- [18] Ben, N. C., Ayed, N. and Metche, M. (1996). Quantitative determination of the polyphenolic content of pomegranate peel. *Z Lebensm Unters Forsch*, 203: 374-378.
- [19] Makkar, H. P. S., Bluemmel, M., Borowy, N. K. and Becker, K. (1993). Gravimetric

## ۴- نتیجه گیری

این تحقیق با هدف تولید دونات فراسودمند حاوی پودر رازیانه با طعمی متنوع و در عین حال کمترین میزان جذب روغن انجام شد که می‌توان گفت هدف این پژوهش با کاربرد حداکثر ۳ درصد پودر رازیانه و ۰/۲۵ درصد صمغ دانه شنبلیله محقق گردید و محصولی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی، جذب روغن کمتر، ماندگاری بالا و بافت، حجم، تخلخل و ویژگی‌های حسی مطلوب تولید گردید.

## ۵- سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه زابل به شماره گرنت UOZ-GR-9618-51 انجام شده است. بدینوسیله از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه زابل سپاسگزاری می‌گردد.

## ۶- منابع

- [1] Tan, K. J. and Mitral, G. S. (2006). Physicochemical properties changes of donut during vacuum frying. *International Journal of Food Properties*, 9(1):58-98.
- [2] Dogan, S. F., Sahin, S. and Sumnu, G. (2005). Effects of soy and rice flour addition on batter rheology and quality of deep-fat fried chicken nuggets. *Journal of Food Engineering*, 71(1): 127-132.
- [3] Das, L., Raychaudhuri, U. and Chakraborty, R. (2013). Role of hydrocolloids in improving the physical and textural characteristics of fennel bread. *International Food Research Journal*, 20(5): 2253-2259.
- [4] Welch, R. M. and Graham, R. D. (1999). A new paradigm for world agriculture: meeting human needs: productive, sustainable, nutritious. *Field Crops Research*, 60: 1-10.
- [5] Seleem, H. A. and Mohamaed, Z. E. (2014). Influence of some medicinal and aromatic plants addition on pan bread quality. *World Journal of Dairy Food Science*, 9(2): 299-307.
- [6] Kamaliya, M. K. and Kamaliya, K. B. (2001). *Baking Science and Industry Vol I and II*, M. K. Kamaliya (Ed), Anand Publishers, Cal cutta, India.
- [7] Khalaj, H., Shaghghi, J. and Labbafi, M. (2012). Study on the effect of different factors on secondary compounds of Iranian Poppy (*Papavar bracteatum L.*) in 2<sup>nd</sup> Scientific Research Conference on Agricultural, Genetics and Plant Protection in Iran. Kerman. Iran.

- [31] Fazeli, A., Mazaheri- Tehrani, M., Karimi, M., Sadeghniya, A. and Koochaki, A. 2019. The effect of Xanthan, Guar and Transglutaminas on the physicochemical and textural properties of gluten-free doughnut. *JRIFST*, 8(1): 1-14.
- [32] Sakhale, B. K., Badgujar, J. B., Pawar, V. D. and Sananse, S. L. (2011). Effect of hydrocolloids incorporation incasing of samosa on reduction of oil uptake. *Journal of Food Process Technology*, 3(2): 120-133.
- [33] Salvador, A., Sanaz, T. and Fiszman, S. M. (2008). Performance of methyl cellulose in coating batter for fried products. *Food hydrocolloids*, 22: 1062-1067.
- [34] Kim, J., Choi, I., Shin, W-K. and Kim, Y. (2015). Effect of HPMC (Hydroxypropyl methylcellulose) on oil uptake and texture of gluten-free soy donut. *LWT-food Science and Technology*, 62(1Part2), 620-627.
- [35] Gomez, A. V., Ferrer, E. G., Anon, M. C., & Puppo, M. C. (2013). Changes in secondary structure of gluten proteins due to emulsifiers. *Journal of Molecular Structure*, 1033, 51-58.
- [36] Gomes-Ruffi, C.R., Cunha R.H., Almeida, E.L., Chang, Y.K., Steel, C.J. (2012). Effect of the emulsifier sodium stearyl lactylate and of the enzyme maltogenic amylase on the quality of pan bread during storage. *Food Science and Technology*, 49, 96-101.
- [37] Naji-Tabasi, S. & Mohebbi, M. (2015). Evaluation of cress seed gum and xanthan gum effect on macrostructure properties of gluten-free bread by image processing. *Journal of Food Measurement and characterization*, 9: 110-119.
- [38] Ozkoc Ozge, S., Summe, G. and Sahin, S. (2009). The effect of gums on macro and micro-structure of breads baked in different ovens. *Food hydrocolloids*, 23: 2182-2189.
- [39] Leon, K., Mery, D., Pedreschi, F. and Leon, J. (2006). Color measurement in L\* a\* b\* units from RGB digital images. *Food Research International*, 39: 1084-1091.
- [40] Pisoschi, A.M., Pop, A (2015) "The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review". *European Journal of Medicinal Chemistry* vol.97, pp. 55-74.
- [41] Romani, S., Rocculi, P., Mendoza, F. and Rosa, M. D. (2009). Image characterization of potato chip appearance during frying. *Journal of Food Engineering*, 93: 487-494.
- [42] Sahin, S. and Sumnu, S. G. (2010). *Advances in deep-fat drying of foods*. CRC press, new York.
- determination of tannins and their correlation with chemical and protein precipitation methods. *Journal of Science Food Agriculture*, 61: 161-165.
- [20] AACC. 2000. *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists*, 10th Ed., Vol. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- [21] Sabanis, D., Tzia, C. and Papadakis, S. 2008. Effect of different raisin juice preparations on selected properties of gluten-free bread. *Food and Bioprocess Technology*, 1(4): 374-383.
- [22] Barcenas, M. E. and Rosell, M. 2003. Effect of freezing and frozen storage on the staling of part-baked bread. *Food Research International*, 36:863-869.
- [23] Sun, D. 2008. *Computer vision technology for food quality evaluation*. Academic Press, New York.
- [24] Gacula, J.R., and Singh. 1984. *Statistical methods in food and consumer research*. Academic press Inc. U.S.A. 360-366.
- [25] Yaseen, A.A., Shouk, A.H., and Ramadan, M.T. 2010. Corn-wheat pan bread quality as affected by hydrocolloids. *Journal of American Science*, 6(10): 684-690.
- [26] Bouchra, S. A., Evita, S., Martins, S., Zanda, K., Othmane, M., Zeinab, S., Akram, H. and Thierry, T. (2017). Effect of addition of fennel (*Foeniculum Vulgare L.*) on the quality of protein bread. *Proceeding of the Latvian Academy of Science*, 6(711): 509-514.
- [27] Nanditha, B. and Prabhasankar, P. (2009). Antioxidants in bakery products: a review. *Critical Rev Food Science and Nutrition*, 49(1): 1-27.
- [28] Sahraiyani, B., Naghipour, F., Karimi, M. and Ghiafe Davoodi, M. (2013). Evaluation of *Lepidium sativum* seed and guar gum to improve dough rheology and quality parameters in composite rice-wheat bread. *Food Hydrocolloid*. 30, 698-703.
- [29] Alizadeh Behbahani, B.A., Yazdi, F.T., Shahidi, F., Hesarinejad, M.A., Mortazavi, S.A., Mohebbi, M. 2017. Plantago major seed mucilage: Optimization of extraction and some physicochemical and rheological aspects. *Carbohydrate Polymers*, 155: 68-77.
- [30] Jalali, M., Sheikholeslami, Z., Elhamirad, A. H., Haddad Khodaparast, M. H. and Karimi, M. (2019). The effect of Balangu Shirazi (*Lallemantia Royleana*) gum on the quality of gluten-free pan bread containing pre-gelatinization simple corn flour with microeave. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, <https://doi.org/10.34302/crpjfst/2019.11.2.6>.



## Evaluation of effect of Fennel powder and Fenugreek gum on technologic and antioxidant properties of fried doughnut

Haghighy, Gh.<sup>1\*</sup>, Zavehzad, N.<sup>2</sup>

1. Department of Food Science and Technology, Agricultural Faculty, Zabol University, Zabol, Iran.
2. PhD Student in Pharmacy, Zabol Medical Science University, Zabol, Iran.

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Article History:

Received 29 August 2020  
Accepted 11 October 2020

#### Keywords:

Fermented Doughnut,  
Fennel powder,  
Crust,  
Oil absorption,  
Fenugreek gum.

**DOI:** 10.52547/fsct.18.02.03

\*Corresponding Author E-Mail:  
[haghighy@uoz.ac.ir](mailto:haghighy@uoz.ac.ir)

Many people limit their consumption of fried foods, including donuts. On the other hand, the consumers are looking for the functional food that contains natural resources. Also, the aim of this research was production of low-fat fictional of doughnut. Fennel powder (0, 1.5 and 3 %) and Fenugreek gum (0, 0.25 and 0.5%) were used in doughnut formula and total phenol, antioxidant, moisture, specific volume, porosity, texture (after 2 hours and 3 days) and sensory properties were examined. The result showed Fennel powder increased total phenol and antioxidant of doughnut. Fenugreek gum was more effective to protect of moisture during 3 days. The samples containing 0.25 gum were the lowest firmness and the highest specific volume, porosity and  $L^*$ . The samples containing 0.25 and 0.50 gum had the same texture after 3 days. These samples were more softness than control. The finding showed the samples containing more than 0.25 % gum had the lowest  $a^*$  value. Finally the sample containing 1.5 % Fennel powder and 0.25% Fenugreek gum and the sample containing 3 % Fennel powder and 0.25% Fenugreek gum had the highest overall acceptability.