بررسی کاربرد آرد ارزن و صمغ شاهی بر ویژگی‌های کیفی و ماندگاری دونات حاوی اسانس سیاه‌دانه

شماره صفحات
۴۱-۲۵

زهرا شیخ الاسلامی[1]، بهاره صحرائیان[2]*، مهدی کریمی[3]

۱ و ۳) دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
۲) گروه پژوهشی کیفیت و ایمنی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی خراسان رضوی، مشهد، ایران.

*ایمیل نویسنده مسئول: **Baharehsahraiyan@yahoo.com**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۰۲

چکیده

این پژوهش با هدف جایگزینی بخشی از آرد گندم (صفر، ۱۵ و ۳۰ درصد) با آرد ارزن در دونات انجام شد. به‌منظور بهبود ویژگی‌های تکنولوژیک و کاهش محتوی روغن از صمغ شاهی (صفر، ۰/۵۰ و ۱ درصد) استفاده شد. اثر اسانس سیاه‌دانه (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام) بر ویژگی‌های میکروبی و حسی دونات نیز ارزیابی شد. نتایج نشان داد، نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد ارزن و ۰/۵۰ درصد صمغ شاهی دارای بیش‌ترین حجم و کم‌ترین محتوی روغن و سفتی بافت در بازه زمانی ۲ ساعت پس از تولید بود. این در حالی بود که نمونه حاوی ۱۵ و ۳۰ درصد آرد ارزن و ۱ درصد صمغ شاهی طی یک هفته کم‌ترین سفتی بافت را داشتند. افزایش صمغ شاهی و آرد ارزن در فرمولاسیون به‌ترتیب سبب افزایش و کاهش رطوبت دونات شدند. به‌طوری‌که نمونه فاقد آرد ارزن و ۱ درصد صمغ شاهی دارای بیش‌ترین میزان رطوبت طی یک هفته پس از تولید بود. نتایج افزودن اسانس سیاه‌دانه به فرمولاسیون نشان داد میزان رشد کپک و مخمر در نمونه‌های حاوی ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام اسانس به‌ترتیب ۱۷/۵۱، ۲۶/۲۷، ۶۱/۶۴ و ۱۰۰ درصد کم‌تر از شاهد (فاقد اسانس) طی یک هفته نگهداری بود. در ارزیابی حسی بیش‌ترین امتیاز بو و مزه به نمونه‌های حاوی ۱۰۰ و ۱۵۰ پی‌پی‌ام اسانس تعلق گرفت. بنابراین براساس ویژگی‌های تکنولوژیک، حسی و میکروبی نمونه حاوی ۱۵ آرد ارزن، ۰/۵ درصد صمغ شاهی و ۱۵۰ پی‌پی‌ام اسانس سیاه‌دانه به‌عنوان بهترین نمونه این پژوهش معرفی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آرد بدون گلوتن، جذب روغن، دونات و سیاه‌دانه.

مقدمه

دونات به‌دلیل تنوع مواد اولیه می‌تواند جهت تولید یک فراورده فراسودمند مناسب باشد. این فراورده پخت از میزان روغن بالایی برخوردارست که با استفاده از ترکیبات هیدروکلوئیدی می‌توان برای کاهش محتوی روغن آن اقدام نمود (Funami *et al*, 1999; Varela and Fiszman, 2011). همچنین بهترین زمان مصرف دونات تا ۳ روز پس از تولید است (Ghaitaranpour, 2013). که با کاربرد انواع مختلف صمغ‌ها در فرمولاسیون اولیه این محصول ضمن کاهش محتوی روغن، می‌توان مدت زمان ماندگاری آن را افزایش داد (Kim *et al*, 2015). لیپیدیوم ساتیوم (*Lepidum Sativum*) یا شاهی باغی، گیاهی علفی است که دانه‌های آن به‌علت وجود لایه‌های پلی‌ساکاریدی زمانی که در آب خیسانده می‌شود، آب جذب می‌کنند و یک لایه موسیلاژی چسبناک در اطراف آن تولید می‌شود. جزء ماکرومولکولی صمغ دانه شاهی کنفورماسیون زنجیری نیمه سخت با انعطاف‌پذیری بینابینی بین حلقه تصادفی و میله‌ای سخت دارد که این زنجیره سفت، قابل مقایسه با گزانتان است. همچنین این صمغ ویژگی‌های خود را در حین حرارت و انجماد حفظ می‌کند و در هر دو حالت پایدار می‌ماند (Karazhiyan *et al*, 2009). تا به حال تحقیقی در زمینه استفاده از تؤام آرد ارزن و صمغ شاهی در دونات انجام نشده است. اما کاربرد این صمغ بومی در انواعی از فراورده‌های نانوایی بررسی شده و اثرات مثبتی از آن گزارش شده است. Sahraiyan *et al*.(2021) از رومال‌های سنتی در مقایسه با رومال حاوی صمغ شاهی جهت بهبود ویژگی‌های نان بدون گلوتن استفاده کردند. نتایج این محققان حاکی از آن بود که نمونه‌های تیمار شده با رومال آب و صمغ شاهی دارای کم‌ترین میزان بیاتی و سفتی بافت بودند. Sahraiyan *et al*. (2013) با بررسی اثر صمغ شاهی و گوار بر خصوصیات رئولوژی خمیر و کیفیت نان مخلوط (گندم-برنج) به این نتیجه رسیدند که میزان جذب آب، زمان توسعه و مقاومت خمیر با افزایش میزان صمغ شاهی در فرمولاسیون اولیه نان افزایش یافت. از آردهای مختلف (انواع غلات، شبه غلات، حبوبات و غیره) و انواع ترکیبات هیدروکلوئیدی در دونات و فراورده‌های مشابه آن نیز استفاده شده است. Sabbaghi (2018) کاربرد ترکیبات هیدروکلوئیدی (زانتان و کربوکسی متیل سلولز) در فرمولاسیون دونات با هدف کاهش محتوی روغن بررسی نمود. نتایج این محقق نشان داد که، رطوبت نمونه‌ها با افزایش درصد ترکیبات هیدروکلوئیدی افزایش یافت. محتوی روغن با افزایش درصد صمغ کاهش یافت و کم‌ترین محتوی روغن در نمونه‌های حاوی صمغ زانتان مشاهده شد. Kwinda *et al*. (2018) تأثیر سبوس جو دوسر و فیبر غلاف بارهنگ کتانی روی کاهش روغن و خصوصیات فیزیکوشیمیایی ماگواینیا (خمیر سرخ‌شده بر پایه غلات) را بررسی نمودند. دو روش سنتی و اصلاح‌شده فرآوری این محصول با هم مقایسه شدند. استفاده از این افزودنی‌ها میزان محتوی روغن را در روش اصلاح‌شده نسبت به روش سنتی به طور معنی‌داری کاهش داد. سبوس جو دوسر و فیبر غلاف بارهنگ کتانی به ترتیب ۳ و ۲ درصد خصوصیات بافتی را بهبود بخشیدند. یکی از اصلی‌ترین راهکارهای غنی‌سازی آردها، اختلاط آرد گندم با سایر آردهاست. آرد ارزن از نظر ارزش غذایی در مقایسه با سایر دانه‌های غلات منبع غنی از پروتئین، اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین‌های

گروه B مخصوصا نیاسین، B6 و اسید فولیک و مواد معدنی مانند کلسیم، آهن، پتاسیم، منیزیم و روی است. علاوه‌بر آن سرشار از فیبرهای رژیمی، مواد فیتوشیمیایی و ریزمغذی‌ها است (Naas, 2012 ؛Chhavi and Sarita, 2012). هضم ارزن خیلی آسان است و با توجه به اینکه سرعت هضم آن کم است باعث ایجاد سیری می‌شود و از پرخوری و چاقی جلوگیری می‌کند (Chappalwar *et al*., 2013). به‌دلایل ذکر شده محققان زیادی تأثیر جایگزینی آرد ارزن به‌جای آرد گندم را در نان که قوت غالب بسیاری از جوامع بشری است را بررسی کردند (Taylor *et al*., ؛Iordachescu *et al*., 2013 ؛Houben *et al*., 2012 2006). همچنین این غله ضمن ارزش تغذیه‌ای بالا کم‌ترین مقدار مواد آلرژی‌زا و بیش‌ترین مقدار هضم‌پذیری را در بین غلات داراست (Singh *et al*., 2012). از دیگر اهداف تحقیق پیش رو بهره‌مندی از خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی اسانس سیاه‌دانه در دونات تخمیری حاوی آرد ارزن و صمغ دانه شاهی بود. سیاه‌دانه با نام علمی ***Negella Sativa***، گیاهی است علفی و یکساله به ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر که گاه از کرک‌های ظریف پوشیده شده است (Salehi Surmaghi, 2014). دانه‌های این گیاه حاوی روغن فرار (حدود ۱۶ درصد)، روغن ثابت (۴۱/۶-۳۵/۶ درصد)، پروتئین (حدود ۲۲/۷ درصد)، کربوهیدرات (۳۳/۲-۲۳/۵ درصد)، اسیدهای آمینه، فیبر خام، مواد معدنی نظیر فسفر، آهن، روی، پتاسیم، کلسیم، سدیم، ویتامین‌ها نظیر اسید آسکوربیک، تیامین، نیاسین، پیرودوکسین و اسید فولیک است. ترکیبات فعال موجود در روغن فرار این گیاه شامل تیموکینون (thymoquinoe)، دی‌تیموکینون (dithymoquinone)، نتیموهیدروکینون (thymohydroquinone) و تیمول (thymol) است. دانه این گیاه منبع غنی از اسیدهای چرب ضروری غیراشباع است (Abbas and Ahmed, 2010). عصاره سیاه‌دانه و ترکیبات آن، برای اثر ضدمیکروبی‌شان در برابر طیف گسترده‌ای از باکتری‌ها، قارچها و ارگانیسم‌های انگلی مورد مطالعات گسترده قرار گرفته‌اند (Salehi Surmaghi, 2014). سیاه‌دانه از سوی سازمان غذا و داروی آمریکا به‌عنوان GRAS طبقه‌بندی شده است. معمولا از گیاهان و ادویه‌ها برای بهبود عطر و طعم مواد غذایی استفاده می‌شود. ولی برخی پیشنهادات دیگر برای استفاده از گیاهان دارویی به‌دلیل محتوای بالای آنتی‌اکسیدانی و نگهدارندگی آن‌هاست به همین دلیل بسیاری از گیاهان و ادویه‌ها به‌طور گسترده در صنعت غذا از جمله صنایع گوشت، لبنیات، پخت و روغن‌های گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Saatchi *et al*, 2014 ؛Pawar *et al*, 2014). طی بررسی‌های انجام شده از روغن سیاه‌دانه جهت بهبود عملکرد تغذیه‌ای در کوکی و از پودر دانه‌های روغن‌گیری‌شده سیاه‌دانه به‌عنوان جایگزین بخشی از آرد گندم در فرمول نان با هدف افزایش دریافت روزانه روی، پتاسیم، فسفر، آهن استفاده شد (Osman *et al*, 2014 ؛Sultan *et al*, 2012). همچنین از پودر سیاه دانه در تولید کیک اسفنجی بدون گلوتن با هدف بهره‌مندی از اثرات سلامتی بخش این گیاه، ارتقاء ویژگی‌های حسی و تغذیه‌ای و افزایش مدت زمان ماندگاری محصول هدف استفاده شد (DalsndarKouhi *et al*., 2020).

بنابراین هدف از فاز اول این پژوهش غنی‌سازی دونات تخمیری سرخ‌شده و کاهش محتوی روغن با جایگزینی بخشی از آرد گندم با آرد ارزن (۱۵ و ۳۰ درصد) و استفاده از صمغ دانه شاهی (سطوح مصرفی ۰/۵ و ۱ درصد براساس وزن آرد) بود. در

فاز دوم این تحقیق به بررسی افزودن اسانس سیاه دانه (در سطوح صفر، ۳۰، ۶۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام) به بهترین نمونه دونات حاوی آرد ارزن و صمغ دانه شاهی (براساس کمترین سفتی بافت و محتوی روغن و بیشترین میزان حجم و تخلخل) پرداخته شد و عملکرد این اسانس بر ویژگی‌های حسی و خصوصیات آنتی‌اکسیدانی و میکروبی فراوده هدف بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

مواد

آرد نول (رطوبت: ۱۰/۳۹ درصد، خاکستر: ۰/۳۹۸ درصد، پروتئین: ۱۱/۵۴ درصد، گلوتن مرطوب: ۲۸/۵ درصد، گلوتن خشک: ۹/۸ درصد و شاخص گلوتن: ۴۲/۵ درصد) از کارخانه آرد رضا و آرد ارزن (رطوبت: ۱۰/۲ درصد، خاکستر: ۰/۹۵، پروتئین: ۱۲/۸ درصد و چربی ۲/۸۸ درصد) از یک عطاری معتبر در سطح شهرستان مشهد تهیه شد. تخم‌مرغ تازه نیز یک روز قبل از تولید تهیه و در یخچال نگهداری شد. همچنین مخمر خشک فعال (ساکارومایسس سروزیه[1]) از کارخانه رضوی (مشهد-ایران) و سایر مواد نظیر شکر، روغن مایع و شیرخشک از یک فروشگاه عرضه‌کننده مواد اولیه قنادی، وانیل از شرکت رودیا (فرانسه)، صمغ دانه شاهی از شرکت ریحان گام (گرگان-ایران) و اسانس سیاه‌دانه از شرکت باریج اسانس کاشان خریداری شد.

روش‌ها

تهیه دونات

به‌منظور تهیه دونات در فاز اول این تحقیق آرد گندم (۵۰۰، ۴۲۵ و ۳۵۰ گرم) و آرد ارزن (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ گرم) به همراه سایر مواد پودری شامل شیرخشک (۲۰ گرم)، نمک (۴ گرم)، وانیل (۱ گرم)، صمغ دانه شاهی (صفر، ۰/۵۰ و ۱ درصد براساس درصد ماده خشک خمیر) مخلوط و دوبار الک شدند. در ادامه روغن (۸۰ گرم) اضافه و مواد به‌مدت ۵ دقیقه با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه مخلوط گردیدند. سپس محلول مخمر اضافه شد و به‌مدت ۲ دقیقه مخلوط کردن ادامه یافت. محلول مخمر شامل مخمر (۱۲ گرم)، آرد (۵۰ گرم)، شکر (۸۰ گرم) و آب (۱۰۰ سی سی) بود. جهت فعال‌سازی مخمر، محلول تهیه شده به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط (۳۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت.

در ادامه تخم مرغ (۱۰۰ گرم) به مخلوط قبلی اضافه و به مدت ۲ دقیقه عمل مخلوط کردن انجام شد. در انتها آب و آب لیمو (۱۰ سی‌سی) اضافه و خمیر آماده شده به‌صورت دستی با ضخامت ۱ سانتی‌متر پهن شد و با قالب از جنس استیل که به ترتیب دارای قطر داخلی و خارجی ۲/۵ و ۶ سانتی‌متر بود، قالب‌زنی شد. همچنین مرحله تخمیر به مدت ۴۰ دقیقه در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰ درصد انجام شد و بعد از آن نمونه‌ها در سرخ کن 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

[1] *Saccharomyces cervisiae*

قبل از شروع سرخ کردن، روشن خواهد شد. نمونه‌های تولیدی پس از سرد شدن در دمای محیط (۳۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد) به‌مدت ۳۰ دقیقه در پوششی از جنس پلی‌اتیلن بسته‌بندی و نگهداری شد (Zolfaghari *et al*, 2013). لازم به ذکر است که روغن سطحی دونات پس از سرخ کردن و قبل از سرد شدن با استفاده از کاغذ جاذب جدا شد. در فاز دوم پژوهش پیش رو، به فرمول بهترین نمونه دونات (انتخابی از فاز اول) سطوح متفاوت اسانس سیاه دانه (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام) افزوده شد. بهترین نمونه دونات در فاز اول براساس کم‌ترین سفتی بافت و محتوی روغن و بیش‌ترین میزان تخلخل و حجم مخصوص انتخاب شد و به‌عنوان یکی از دو شاهد فاز دوم در نظر گرفته شد. شاهد یک در دومین بخش در واقع نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم بود.

رطوبت

جهت اندازه‌گیری رطوبت از استاندارد AACC (2000) شماره ۱۶-۴۴ استفاده گردید. برای این منظور نمونه‌ها در فاصله زمانی ۲ ساعت، ۳ روز و یک هفته پس از تولید در آون (مارک Jeto Tech، مدل OF-O2G، ساخت کشور کره جنوبی) با حرارت ۱۰۵-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند.

اندازه‌گیری محتوی روغن

نمونه‌های سرخ شده و خنک شده به قطعات کوچک‌تر (۱۶-۱۲ گرم) بریده شدند و در آن هوای داغ (مارک Jeto Tech مدل OF-O2G، ساخت کشور کره جنوبی) در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک گردیدند. نمونه خشک شده توسط آسیاب برقی خرد شد، جرم نسبی روغن برحسب ماده خشک بدون روغن مطابق رابطه (۱) محاسبه شد. در این رابطه W_1 وزن ثابت اولیه بالن، W_2 وزن نهایی بالن پس از استخراج و m وزن نمونه خشک شده بر حسب گرم است و O میزان روغن جذب شده برحسب ماده خشک (g/g, db) محاسبه شد. میانگین محتوی چربی موجود در خمیر اولیه نیز محاسبه گردید و از این مقدار کسر شد (Sabbaghi *et al*, 2018).

رابطه ۱:

$$O = \frac{W_1 - W_2}{m - O}$$

سفتی بافت

بررسی بافت نمونه‌ها در بازه زمانی ۲ ساعت، ۳ روز و یک هفته پس از تولید با استفاده از دستگاه بافت‌سنج QTS مدل Farnell, UK CNS ساخت انگلستان و توسط آزمون فشردن صورت گرفت. در این آزمایش ابتدا نمونه‌های دونات که به صورت برش‌های یکسان با ابعاد۲×۲×۲ سانتی‌متر توسط تیغ بریده شدند و روی صفحه نگهدارنده قرار گرفتند. سپس پروب دستگاه به اندازه ۴×۴ سانتی‌متر و با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه شروع به حرکت کرد و پس از تماس با سطح نمونه، به اندازه ۷۵ درصد از ارتفاع اولیه نمونه را فشرده نمود (Pourhaji & Sahraei., 2018).

حجم مخصوص

برای اندازه‌گیری حجم مخصوص از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا[2]مطابق با استاندارد AACC (2000) شماره ۱۰-۰۵ استفاده شد. ابتدا دونات از هر تیمار توزین و سپس حجم آن اندازه‌گیری شد. در نهایت از تقسیم حجم بر وزن نمونه، حجم مخصوص براساس سانتی‌متر مکعب بر گرم تعیین شد.

رنگ پوسته

جهت تعیین سه شاخص L^*، a^* و b^* ابتدا برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌متر از دونات تهیه گردید و به وسیله اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویر برداری شد. سپس تصاویر در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins، شاخص‌های فوق محاسبه شد (Sabbaghi *et al*, 2018).

کشت کپک و مخمر

جهت انجام این آزمایش از استاندارد AACC (2000) به شماره ۲-۱۰۸۹۹ استفاده گردید. برای این منظور ۱۰ گرم از نمونه به ۹۰ گرم محلول استریل رینگر اضافه شد . به مدت ۵ دقیقه زمان داده شد تا مواد به صورت محلول در آمد. از محیط کشت YGC Agar استفاده شد. به مقدار ۱ میلی لیتر از مواد اولیه که در محیط کشت رینگر حل شده بود در پلیت های استریل ریخته و بعد به محیط کشت اضاقه گردید و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. این آزمون یک، ۳ و ۷ روز پس از تولید انجام شد.

ویژگی‌های حسی

بدین منظور ۱۰ ارزیاب انتخاب شدند. خصوصیات حسی از نظر فرم و شکل (با ضریب رتبه‌ای ۴) ، پوسته (با ضریب رتبه‌ای ۲)، تخلخل (با ضریب رتبه‌ای ۲)، سفتی بافت (با ضریب رتبه‌ای ۲)، قابلیت جویدن (با ضریب رتبه‌ای ۳) و بو و مزه (با ضریب رتبه‌ای ۳) ارزیابی شدند (Jalali *et al*, 2019). ضریب ارزیابی صفات براساس روش هدونیک پنج نقطه‌ای (۱: بسیار بد، ۲: بد، ۳: متوسط، ۴: خوب و ۵: خیلی خوب) بود.

تجزیه و تحلیل آماری

طرح آماری مورد استفاده در هر دو فاز این پژوهش یک طرح ساده کاملا تصادفی بود. برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزار Mini-Tab17 و به‌منظور مقایسه میانگین از آزمون توکی با سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد ($P<0.05$). کلیه آزمایشات بجز ویژگی‌های حسی با سه تکرار انجام گرفت. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel بود.

[2] Rape seed displacement

نتایج و بحث

رطوبت

جدول ۱ نتایج رطوبت دونات‌های تولیدی را در سه بازه زمانی ۲ ساعت و ۳ و ۷ روز پس از تولید نشان می‌دهد. همانطور که نتایج نشان می‌دهد نمونه نمونه حاوی ۷۰ درصد آرد گندم و ۳۰ درصد آرد ارزن (فاقد صمغ دانه شاهی) از کمترین میزان رطوبت طی مدت زمان یک هفته نگهداری برخوردار بودند. این در حالی بود که نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم و ۱ درصد صمغ دانه شاهی دارای بیشترین میزان رطوبت در سه بازه زمانی ۲ ساعت و ۳ و ۷ روز پس از تولید بود. Goswami *et al*, (2015) گزارش کردند با افزایش میزان جایگزینی آرد گندم با آرد ارزن، میزان کاهش رطوبت در طول پخت افزایش یافت و بیشترین افت رطوبت مربوط به کیک فاقد آرد گندم بود. این در حالی بود که کم‌ترین کاهش رطوبت مربوط به کیک فاقد آرد ارزن بود. این محققان بیان داشتند ظرفیت اتصال آب بالاتر آرد گندم موجب می‌شود رطوبت کم‌تری در طول پخت تبخیر شود. آردهای بدون گلوتن ظرفیت اتصال آب کم‌تری دارند، بنابراین در فراورده‌های نانوایی حاوی آرد ارزن در مقایسه با نمونه-های حاوی آرد گندم از افت رطوبت بیش‌تری در طول پخت برخوردارند. Mohajerkhorasani *et al* (2021) کاهش میزان رطوبت کیک های بدون گلوتن را با افزایش آرد ارزن در فرمولاسیون این فراورده رژیمی گزارش کردند. این در حالی بود که این محققان حضور صمغ زانتان در کیک بدون گلوتن را عاملی بر جبران نقص افت رطوبت طی فرایند پخت و طول مدت نگهداری دانستند. بهترین نمونه این پژوهش نمونه حاوی ۵۰ درصد آرد ارزن در حضور ۰/۱۵ درصد صمغ زانتان بود. ترکیباتی هیدروکلوئیدی 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. همچنین لازم به ذکر است دمای تولید و سرخ کردن مواد غذایی می‌تواند سبب شکسته شدن پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های پلی ساکارید و قرار گرفتن آن‌ها در معرض گروه‌های OH آب باشد. به عبارتی دمای سرخ کردن منجر به کاهش برهمکنش بین زنجیره‌ای می‌شود و امکان ایجاد پیوند آب و زنجیره پلی‌ساکاریدی میسر می‌گردد (Sciarini *et al*, 2012). Kim *et al*, (2015) با کاربرد صمغ هیدروکسی پروپیل متیل سلولز در فرمولاسیون دونات بدون گلوتن افزایش رطوبت را گزارش کردند. Zolfaghari *et al*, (2013) تأثیر نوع پوشش هیدروکلوئیدی و افزودن آرد سویا بر ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی دونات را بررسی کردند. این محققان حضور صمغ و آرد سویا را عاملی بر کاهش جذب روغن و افزایش رطوبت دانستند. Salvador *et al*, (2008) به مطالعه اثر صمغ متیل سلولز به‌عنوان پوشش در محصولات خمیری سرخ شده نظیر دونات پرداختند. نتایج این پژوهشگران نشان داد، صمغ متیل سلولز به طور مؤثری میزان رطوبت نمونه‌ها را افزایش داد.

جدول شماره ۱: اثر آرد ارزن و صمغ دانه شاهی بر محتوای روغن و رطوبت دونات در سه بازه زمانی ۲ ساعت و ۳ و ۷ روز پس از تولید

تیمارها	رطوبت (درصد)			محتوای روغن (گرم در گرم ماده خشک)
	۲ ساعت	۳روز	یک هفته	
شاهد (۱۰۰ درصد آرد گندم-فاقد آرد ارزن و صمغ)	۱۹/۰±۲۶/۷۲^{c}	۱۵/۰±۶۷/۸۸^{e}	۱۰/۰±۷۹/۹۱^{e}	۰/۰±۲۴/۰۲^{bc}
۱۰۰ درصد آرد گندم+۰/۵۰ درصد صمغ	۲۳/۰±۰۳/۷۵^{b}	۱۹/۰±۷۴/۲۹^{c}	۱۶/۰±۴۵/۵۷^{c}	۰/۰±۲۰/۰۲^{c}
۱۰۰ درصد آرد گندم+ ۱ درصد صمغ	۲۶/۰±۹۷/۶۱^{a}	۲۴/۰±۸۱/۷۲^{a}	۲۲/۰±۹۲/۹۴^{a}	۰/۰±۲۸/۰۲^{b}
۸۵ درصد آرد گندم+۱۵ درصد آرد ارزن	۱۸/۰±۹۳/۷۷^{c}	۱۳/۰±۹۹/۵۹^{f}	۱۰/۱±۶۷/۱۲^{e}	۰/۰±۲۶/۰۱^{b}
۷۰ درصد آرد گندم+ ۳۰ درصد آرد ارزن	۱۵/۰±۶۶/۳۴^{d}	۱۴/۱±۰۱/۲۱^{f}	۷/۰±۴۴/۲۹^{f}	۰/۰±۳۸/۰۲^{a}
۸۵ درصد آرد گندم+ ۱۵ درصد آرد ارزن+ ۰/۵۰ صمغ	۲۱/۰±۴۴/۶۱^{b}	۱۷/۱±۸۲/۲۹^{d}	۱۷/۰±۰۱/۸۱^{b}	۰/۰±۱۷/۰۱^{d}
۸۵ درصد آرد گندم+ ۱۵ درصد آرد ارزن+ ۱ درصد صمغ	۲۳/۰±۸۵/۹۲^{a}	۲۱/۱±۵۱/۳۹^{b}	۲۰/۰±۱۹/۹۲^{b}	۰/۰±۲۰/۰۱^{c}
۷۰ درصد آرد گندم+ ۳۰ درصد آرد ارزن+ ۰/۵۰ صمغ	۱۹/۰±۰۶/۳۷^{c}	۱۳/۰±۸۷/۱۲^{f}	۱۳/۱±۳۷/۰۶^{d}	۰/۰±۲۶/۰۲^{bc}
۷۰ درصد آرد گندم+ ۳۰ درصد آرد ارزن+ ۱ درصد صمغ	۱۸/۰±۷۲/۵۹^{c}	۲۱/۰±۱۹/۹۴^{b}	۱۷/۰±۷۱/۲۱^{c}	۰/۰±۱۶/۰۲^{d}

حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح $P<0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند.

محتوی روغن

شکل ۱ نشان‌دهنده میزان محتوی روغن دونات‌های تولیدی است. نتایج حاکی از آن بود که نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد ارزن و ۰/۵۰ درصد صمغ دانه شاهی و نمونه حاوی ۳۰ درصد آرد ارزن و ۱ درصد صمغ دانه شاهی از کم‌ترین محتوی روغن در مقایسه با سایر نمونه‌ها برخوردار بودند. لازم به ذکر است که این انتظار وجود داشت که نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم و ۱ درصد صمغ دانه شاهی (فاقد آرد ارزن) از کم‌ترین محتوی روغن در مقایسه با سایر نمونه‌ها برخوردار باشد، اما چنین نتیجه‌ای مشاهده نشد که به احتمال زیاد این امر تحت تأثیر رقابت نشاسته و صمغ در جذب آب بوده است و از آنجا که ۱ درصد صمغ در نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم زیاد بوده و صرف اصلاح ساختار محصول هدف نشده است، آب را از دسترس نشاسته جهت ژلاتیناسیون طی فرایند سرخ‌کردن، خارج نموده و چون بافت دونات به خوبی ژلاتینه نشده است، روغن بیش-تری را در مقایسه با نمونه‌های حاوی ۱۵ و ۳۰ درصد آرد ارزن در همین سطح مصرفی روغن (۱ درصد) جذب نموده است. طبق یافته‌های Sakhale *et al*, (2011) نیز هرچه افت رطوبت ماده غذایی حین فرایند سرخ کردن بیشتر باشد، محتوی روغن بیشتر می‌شود. Salvador *et al*, (2008) به مطالعه اثر صمغ متیل سلولز به‌عنوان پوشش در محصولات خمیری سرخ شده نظیر دونات پرداختند. نتایج این پژوهشگران نشان داد، صمغ متیل سلولز به طور مؤثری محتوی روغن بسیاری از محصولات دارای پوشش خمیری را کاهش داد. بنابراین قابل پیش‌بینی بود در نمونه‌های حاوی صمغ در مقایسه با نمونه‌های فاقد آن به‌دلیل افزایش رطوبت محصول و کاهش افت رطوبت طی فرایند سرخ کردن، محتوی روغن نیز کاهش یابد و به‌طور کل نمونه‌هایی با رطوبت بیش‌تر از محتوی روغن کم‌تری برخوردار باشند. Kim *et al* (2015) اثرات صمغ هیدروکسی پروپیل متیل سلولز بر محتوی روغن و بافت دونات سویا فاقد گلوتن را بررسی کردند. نتایج نشان داد که دونات حاوی سویا در حدود دو برابر محتوی 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 محتوی روغن نمونه‌های تولیدی شد. Ziaiifar and Sabbaghi, (2018)

بیان کردند که با افزایش غلظت بقایای روغن در بستر سرخ‌کن، جذب روغن نیز بیشتر خواهد شد. ترکیبات هیدروکلوئیدی با کاهش خروج رطوبت موجب جلوگیری از واکنش‌های هیدرولیز می‌گردند و در نتیجه ساختار روغن کمتر دچار آلودگی پلیمری خواهد شد.

حجم مخصوص

جدول ۲ نشان‌دهنده حجم مخصوص نمونه دونات‌های تولیدی است. همان‌طورکه نتایج نشان می‌دهد نمونه شاهد (نمونه فاقد آرد ارزن و صمغ دانه شاهی)، نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد ارزن و ۰/۵۰ درصد صمغ دانه شاهی و نمونه حاوی ۳۰ درصد آرد تریتیکاله و ۱ درصد صمغ دانه شاهی به طور معنی‌داری ($P<0.05$) از بیش‌ترین میزان حجم مخصوص در مقایسه با سایر نمونه‌ها برخوردار بودند. حضور آرد ارزن به‌خصوص سطح ۱۵ درصد در افزایش حجم مخصوص مؤثر بود. این در حالی است که اثر مثبت صمغ دانه شاهی وابسته به سطح جایگزینی آرد گندم با آرد ارزن بود. بدین صورت که نمونه حاوی ۱۵ و ۳۰ درصد آرد ارزن جهت داشتن بیشترین حجم مخصوص به ترتیب به ۰/۵۰ و ۱ درصد صمغ احتیاج داشتند. میزان حجم مخصوص نمونه‌های حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم در حضور ۰/۵۰ و ۱ درصد صمغ دانه شاهی کمتر از نمونه شاهد نمونه فاقد آرد ارزن و صمغ دانه شاهی) بود.

حجم یکی از ویژگی‌های مهم کیفی محصولات نانوایی است که نشان‌دهنده ظرفیت خمیر برای نگهداری حباب‌های گاز و انعطاف پذیری آن است. Jyotsna *et al*, (2016) گزارش نمودند که جایگزینی آرد گندم با آرد ارزن در فرمولاسیون کیک سبب کاهش حجم نمونه های تولیدی شد. خمیر تهیه شده از ۱۰۰ درصد آرد ارزن قادربه نگهداری حباب های هوا (مؤثر در افرایش حجم و تخلخل) نبود. این محققان گزارش کردند استفاده از امولسیفایرها و هیدروکلوئیدهای مختلف سبب افزایش حجم کیک ارزن شد. Mohajerkhorasani *et al* (2021) بررسی فرمولاسیون کیک بدون گلوتن ارزن پرداختند. نتایج این محققان حاکی از کاهش حجم کیک با افزایش سطح آرد ارزن در فرمول اولیه بود. این محققان ارتباط مستقیمی بین کاهش حجم و افزایش سطح مصرف آرد ارزن گزارش کردند و تنها راهکار عملی بهبود حجم را حضور صمغ زانتان در فرمولاسیون دانستند. طبق یافته‌های این محققان کیک حاوی ۵۰ درصد آرد ارزن به ۰/۱۵ درصد صمغ زانتان و کیک حاوی ۷۵ و ۱۰۰ درصد از این آرد به ۰/۳ درصد صمغ زانتان جهت بهبود و کنترل حجم نیاز داشت. Mamata *et al*, (2015) در مطالعه‌ای به ارزیابی اثر آرد ارزن در سطوح متفاوت بر خصوصیات تغذیه‌ای و تکنولوژیکی نان بر پایه آرد گندم پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که با افزایش سطح آرد ارزن در فرمولاسیون حجم، وزن، حجم مخصوص و ارتفاع نان کاهش یافت. این محققان تنها راه حل جبران نقص ناشی از افزودن آرد ارزن به فرمولاسیون نان را حضور ترکیبات هیدروکلوئیدی معرفی کردند و پیشنهاد کردند، از سطوح بیشتر از ۳۰ درصد آرد ارزن در فرمولاسیون محصولات نانوایی نظیر نان استفاده نشود. همچنین نتایج ارزیابی حجم مخصوص نمونه‌های فاقد آرد ارزن و نمونه های حاوی ۱۵ درصد از این آرد نشان داد سطوح بالای صمغ دانه شاهی (۱

درصد) سبب کاهش حجم مخصوص نمونه‌های تولیدی شد. حضور مقدار بالای صمغ دانه شاهی در فرمولاسیون دونات و عدم نیاز به حضور آن سطح از صمغ جهت شرکت نمودن در تقویت شبکه گلوتنی و یا بهبود ساختار بافت دونات، مقدار زیادی صمغ در فرمولاسیون باقی مانده که این مسئله سبب می‌شود بین صمغ موجود در خمیر دونات و نشاسته موجود در فرمولاسیون (آرد) در جذب آب رقابت ایجاد شود و از آنجا که توانایی صمغ‌ها در جذب آب خمیر بیش از نشاسته است، در نتیجه آب کافی در دسترس نشاسته قرار نگرفته است. از این رو نشاسته طی فرایند سرخ کردن به خوبی ژلاتینه نشده و این امر باعث چروگیدگی و کاهش حجم مخصوص دونات شده است. این صمغ اضافی اثر منفی دیگری بر کاهش حجم نیز داشت و با جذب بیش از حد آب و ممانعت از تبخیر بخشی از آب طی فرایند سرخ کردن، مانع از افزایش حجم وابسته به تبخیر شده و حجم مخصوص دونات را کاهش داده است. از طرفی تبخیر شدید آب، طی انتقال حرارت در فرآیند سرخ‌کردن، موجب ایجاد حفرات و منافذ غیر عادی در ماده غذایی می‌شود و ترکیبات هیدروکلوئیدی با کاهش ضریب انتقال حرارت و قابلیت نگهداری آب، شدت تبخیر آب را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تبخیر شدید همچنین موجب چروکیدگی محصول و توسعه تخلخل و زبری[3] سطحی می‌گردد (افزایش جذب روغن). تبخیر خیلی شدید می‌تواند منجر به تشکیل حفرات بزرگ‌تری نیز در سطح محصول گردد. Sahraiyan *et al*, (2020) توسعه کاربرد پوشش خوراکی جدید حاوی صمغ شاهی و مقایسه اثرات آن با رومال‌های سنتی نان بدون گلوتن بر پایه آرد سورگوم را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد، نمونه‌های حاوی پودر پنیر و روغن کمترین میزان رطوبت و نمونه‌های حاوی صمغ شاهی و زانتان بیشترین میزان حجم مخصوص و تخلخل را داشتند.

جدول شماره ۲: اثر آرد ارزن و صمغ دانه شاهی بر حجم مخصوص و سفتی بافت دونات در سه بازه زمانی ۲ ساعت، ۳ روز و یک هفته پس از تولید

تیمارها	حجم مخصوص (سانتی متر مکعب بر گرم)	سفتی بافت دونات (نیوتن)		
		۲ ساعت	۳روز	یک هفته
شاهد (۱۰۰ درصد آرد گندم-فاقد آرد ارزن و صمغ)	۳/۰±۵/۲^{a}	۶/۰±۵۴/۲۷^{c}	۱۵/۱±۵۹/۷۹^{c}	۲۱/۲±۳۳/۷۱^{b}
۱۰۰ درصد آرد گندم+۰/۵۰ درصد صمغ	۲/۰±۹/۳^{b}	۸/۰±۹۱/۶۱^{b}	۱۲/۱±۲۴/۲۲^{d}	۱۷/۱±۶۱/۹۵^{c}
۱۰۰ درصد آرد گندم+ ۱ درصد صمغ	۱/۰±۹/۲^{c}	۱۲/۰±۵۸/۴۴^{a}	۱۸/۱±۱۱/۳۷^{b}	۲۱/۱±۸۱/۸۵۲^{b}
۸۵ درصد آرد گندم+۱۵ درصد آرد ارزن	۱/۰±۷/۵^{c}	۹/۰±۰۴/۵۹^{b}	۲۲/۱±۵۷/۸۴^{a}	۲۷/۱±۳۴/۳۶^{a}
۷۰ درصد آرد گندم+ ۳۰ درصد آرد ارزن	۱/۰±۹/۱^{c}	۱۳/۰±۶۳/۶۵^{a}	۲۳/۱±۱۳/۶۵^{a}	۲۵/۱±۹۱/۵۲^{a}
۸۵ درصد آرد گندم+ ۱۵ درصد آرد ارزن+ ۰/۵۰ صمغ	۳/۰±۶/۵^{a}	۶/۰±۹۱/۴۷^{c}	۱۵/۱±۷۱/۲۱^{c}	۲۰/۱±۱۹/۶۷^{b}
۸۵ درصد آرد گندم+ ۱۵ درصد آرد ارزن+ ۱ درصد صمغ	۳/۰±۰/۲^{b}	۸/۰±۸۷/۳۳^{b}	۱۲/۱±۶۷/۷۲^{d}	۱۷/۱±۴۴/۹۳^{c}
۷۰ درصد آرد گندم+ ۳۰ درصد آرد ارزن+ ۰/۵۰ صمغ	۲/۰±۹/۱^{b}	۱۲/۰±۹۰/۲۹^{a}	۱۵/۱±۲۷/۹۲^{b}	۲۱/۲±۷۸/۱۹^{b}
۷۰ درصد آرد گندم+ ۳۰ درصد آرد ارزن+ ۱ درصد صمغ	۳/۰±۵/۴^{a}	۸/۰±۹۴/۴۱^{b}	۱۲/۱±۵۱/۲۳^{d}	۱۷/۲±۳۹/۰۲^{c}

حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح $P<0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند.

بافت

جدول ۲ نتایج سفتی بافت دونات‌های تولیدی را در سه بازه زمانی بلافاصله پس از سرخ کردن و ۳ روز و یک هفته پس از تولید نشان می‌دهد. نتایج به وضوح نشان داد نمونه شاهد (نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم-فاقد صمغ دانه شاهی) و نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد ارزن ۰/۵۰ صمغ دانه شاهی از کم‌ترین سفتی بافت در بازه زمانی ۲ ساعت پس از سرخ کردن برخوردار

[3] Roughne

بودند. این در حالی بود که نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم در حضور ۰/۵۰ درصد صمغ دانه شاهی و نمونه حاوی ۱۵ و ۳۰ درصد آرد ارزن و ۱ درصد صمغ دانه شاهی طی یک هفته کمترین سفتی بافت را داشتند.

صمغ دانه شاهی از مهاجرت سریع رطوبت از بافت درونی به پوسته جلوگیری می‌کنند و به عبارتی خروج رطوبت و از دست دادن آب که عامل اصلی بیاتی و سفت شدن بافت درونی فراورده‌های نانوایی طی انبارمانی است، بسیار کند صورت گیرد. Beswa, (2008) به بررسی اثر آرد ارزن بر بافت نان پرداختند. نتایج این محققان حاکی از آن بود که بافت نان‌های ترکیبی (حاوی آرد گندم-ارزن) شکننده‌تر و خشک تر و از سفتی بیش‌تری برخوردار بود. همچنین سرعت بیاتی این نمونه‌ها (نمونه حاوی ترکیبی از آرد گندم و ارزن) بیش‌تر از نان حاوی آرد گندم بود. به گزارش این محققان از دست رفتن رطوبت و عدم حفظ آن در زمان پخت و طی مدت زمان نگهداری عامل افزایش سرعت بیاتی و افزایش سفتی بافت بود که با افزودن صمغ به فرمولاسیون اولیه نان تا حدود زیادی مشکلات ایجاد شده در بافت را جبران نمودند. Subedi *et al*, (2012) به بررسی سطوح متفاوت آرد ارزن در نان پرداختند. این محققان براساس نتایج خود گزارش نمودند با افزودن آرد ارزن به آرد، نان تولیدی سفت شد. این در حالی بود که افزایش سفتی بافت نان تا سطح ۳۰ درصد قابل قبول بود و نان حاوی ۵۰ تا ۶۰ درصد آرد ارزن از بافت سفت و غیرقابل مصرفی برخوردار بود. Chappalwar *et al*, (2013) استفاده از سطوح متفاوت آرد ارزن در تهیه شیرینی را مطالعه نمودند. به گزارش این محققان استفاده از آرد ارزن به‌عنوان جایگزین بخشی از آرد گندم موجود در فرمولاسیون شیرینی سبب افزایش سفتی بافت شد. این محققان حداکثر میزان مصرف آرد ارزن را ۴۰ درصد گزارش کردند. Shaabani *et al*, (2018) از ایزوله پروتئین در سطوح صفر تا ۷ درصد، آنزیم ترانس گلوتامیناز در سطوح صفر تا ۱/۵ درصد و صمغ زانتان در سطوح صفر تا ۰/۶ درصد در مافین حاوی آرد ارزن استفاده نمودند. نتایج این محققان نشان داد، افزایش سطح مصرفی صمغ زانتان در فرمولاسیون مافین بدون گلوتن سبب افزایش رطوبت، حجم مخصوص و تخلخل شد و به موجب آن کاهش فشردگی و سفتی بافت مافین مشاهده گردید. در نهایت این محققان بیان کردند با استفاده از سه ترکیب ذکر شده می‌توان شبه شبکه‌ای مشابه با شبکه گلوتنی در مافین بدون گلوتن بر پایه آرد ارزن ایجاد نمود و ویژگی عملکردی و بافتی محصول نهایی را بهبود بخشید. Sahraiyan *et al*, (2013) با بررسی اثر صمغ شاهی و گوار بر خصوصیات رئولوژی خمیر و کیفیت نان مخلوط (گندم-برنج) به این نتیجه رسیدند که میزان جذب آب، با افزایش میزان صمغ شاهی در فرمول اولیه نان افزایش یافت. هم‌چنین نتایج نشان داد که با افزودن صمغ شاهی به فرمول نان ترکیبی بر پایه آردگندم-برنج از سفتی بافت نمونه‌ها نسبت به نمونه فاقد صمغ کاسته شد و نمونه حاوی ۲۰ درصد آرد برنج و ۰/۳ درصد صمغ شاهی و ۰/۳ درصد صمغ گوار کمترین سفتی بافت و بیشترین حجم و تخلخل را در مقایسه با سایر نمونه‌ها داشت.

رنگ پوسته

جدول ۳ نشان‌دهنده شاخص‌های رنگی پوسته دونات است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد با افزایش آرد ارزن در

فرمولاسیون از میزان L^* نمونه‌های تولیدی کاسته شد. حضور صمغ دانه شاهی بخصوص در سطح ۰/۵ درصد بر افزایش روشنایی مؤثر بود. به طوری که علاوه بر نمونه شاهد، نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد ارزن و ۰/۵ درصد صمغ دانه شاهی به طور مشترک از بیشترین میزان روشنایی را در در مقایسه با سایر نمونه‌ها برخوردار بودند ($P<0.05$). همچنین نتایج نشان می‌دهد تغییرات مؤلفه رنگی a^* بیشتر تحت تأثیر صمغ دانه شاهی بود و آرد ارزن بر میزان قرمزی نمونه‌های تولیدی اثر قابل ملاحظه‌ای نداشت. در سطح ۱ درصد صمغ دانه شاهی بخصوص در نمونه فاقد آرد ارزن و نمونه حاوی ۱۵ درصد از این آرد کاهش شدید میزان قرمزی مشاهده شد. لازم به ذکر است تغییرات مؤلفه رنگی b^* برخلاف مؤلفه رنگی a^* بود. بدین معنا که حضور آرد ارزن و افزایش سطح مصرفی آن در فرمولاسیون میزان زردی نمونه های تولیدی را افزایش داد. این در حالی بود که صمغ دانه شاهی و افزایش غلظت آن تغییری در این مؤلفه ایجاد ننمود.

Chhavi and Sarita (2012) به بررسی ویژگی‌های نان ترکیبی حاوی آرد گندم و ارزن را بررسی نمودند. این محققان رنگ تیره‌تر نان‌های حاوی آرد ارزن را در مقایسه با نمونه‌های حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم گزارش کردند. Karuppasamy *et al*, (2013) در مطالعه‌ای به بررسی اثر آرد ارزن بر رنگ نان پرداختند. نتایج این محققان نشان داد ایجاد برخی از ترکیبات فعال در فرمولاسیون نان سبب انجام واکنش‌های قهوه‌ای شدن (مایلارد و کاراملیزاسیون) در حین پخت شد و به موجب آن رنگ بافت و سطح نان تیره گردید. این در حالی است که تیره شدن رنگ نان در نتیجه افزودن آرد ارزن به فرمولاسیون اولیه، به احتمال زیاد مجزا از واکنش مایلارد بود. این پژوهشگران تیره شدن رنگ فراورده‌های حاوی آرد ارزن به وجود پوسته و ترکیبات فنلی موجود در این آرد نسبت دادند و این مورد را نیز گزارش نمودند که در سطوح بالای مصرف آرد ارزن در فرمولاسیون مواد غذایی، رنگ چنان تیره شد که مطلوب مصرف‌کننده نبود. بنابراین باید در انتخاب سطح مصرف این آرد در محصولات نانوایی دقت نمود. همانطور که پیش تر گفته شد در سطح ۱ درصد صمغ دانه شاهی بخصوص در نمونه فاقد آرد ارزن و نمونه حاوی ۱۵ درصد از این آرد کاهش شدید میزان قرمزی مشاهده شد. کاهش قرمزی پوسته دونات‌های حاوی سطوح بالای صمغ دانه شاهی 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 ثابت در نظر گرفته شده بود، در زمان مقرر (۵ دقیقه) فرایند سرخ کردن دونات به خوبی اتفاق نیفتاده و همین امر باعث کاهش قرمزی مطلوب پوسته دونات شده است. لازم به ذکر است پودر پوست انار نیز تا حدودی منجر به افزایش قرمزی رنگ پوسته دونات شد. Sabbaghi, (2020) کاربرد ترکیبات هیدروکلوئیدی (زانتان و کربوکسی متیل سلولز) در فرمولاسیون دونات با هدف کاهش محتوی روغن بررسی نمود. نتایج این محقق نشان داد که، رطوبت نمونه‌ها با افزایش درصد ترکیبات هیدروکلوئیدی افزایش یافت. محتوی روغن با افزایش درصد صمغ کاهش یافت و کمترین محتوی روغن در

نمونه‌های حاوی صمغ زانتان مشاهده شد. حفظ رطوبت محصول و افزایش رطوبت نمونه ها با افزایش میزان صمغ در فرمولاسیون نیز یکی از دلایل افزایش روشنایی و عدم قرمزی مطلوب برای نمونه‌های تولیدی شد.

جدول شماره ۳- اثر آرد تریتیکاله و صمغ دانه ریحان بر مؤلفه‌های رنگی پوسته دونات (L^*a^*b)

تیمارها	مؤلفه‌های رنگی پوسته دونات		
	L*	a^*	b^*
شاهد (۱۰۰ درصد آرد گندم-فاقد آرد ارزن و صمغ)	۶۰/۵۲±۱/۲۴^{a}	۱۱/۲۶±۱/۷۱^{a}	۲۰/۷۱±۱/۷۲^{a}
۱۰۰ درصد آرد گندم+۰/۵۰ درصد صمغ	۵۷/۳۷±۱/۵۷^{b}	۷/۵۱±۰/۱۷^{b}	۲۰/۱±۵۹/۴۴^{a}
۱۰۰ درصد آرد گندم+ ۱ درصد صمغ	۵۶/۸۱±۲/۱۷^{b}	۲/۰۶±۲/۱۴^{c}	۲۱/۰۲±۰/۶۰^{a}
۸۵ درصد آرد گندم+۱۵ درصد آرد ارزن	۶۰/۲۹±۱/۶۳^{a}	۱۲/۰۹±۱/۶۵^{a}	۲۳/۱۲±۰/۵۹^{a}
۷۰ درصد آرد گندم+ ۳۰ درصد آرد ارزن	۵۰/۴۴±۳/۰۶^{c}	۱۲/۵۴±۲/۲۱^{a}	۲۳/۱۷±۰/۱۲^{a}
۸۵ درصد آرد گندم+ ۱۵ درصد آرد ارزن+ ۰/۵۰ صمغ	۵۷/۳۱±۱/۹۵^{b}	۷/۲۴±۱/۶۱^{b}	۲۲/۹۹±۲۴۱^{a}
۸۵ درصد آرد گندم+ ۱۵ درصد آرد ارزن+ ۱ درصد صمغ	۵۴/۷۲±۲/۷۳^{b}	۳/۸۷±۱/۵۴^{c}	۲۷/۰۱±۱/۷۳^{a}
۷۰ درصد آرد گندم+ ۳۰ درصد آرد ارزن+ ۰/۵۰ صمغ	۴۶/۶۲±۰/۹۱^{d}	۸/۰۱±۱/۴۱^{b}	۲۶/۶۹±۰/۸۹^{a}
۷۰ درصد آرد گندم+ ۳۰ درصد آرد ارزن+ ۱ درصد صمغ	۴۷/۵۴±۱/۶۷^{d}	۲/۰۸±۰/۶۷^{c}	۲۶/۸۴±۰/۹۲^{a}

حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح $P<0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند.

انتخاب بهترین نمونه

با توجه به نتایج بدست آمده از فاز اول، نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد ارزن و ۰/۵۰ درصد صمغ دانه شاهی به دلیل ساختار مطلوب (نظیر بیشترین حجم و تخلخل و کمترین سفتی بافت) و محتوی روغن کاهش یافته به عنوان بهترین نمونه انتخاب شد. در فاز دوم تغییرات کپک و مخمر و ویژگی‌های حسی بهترین نمونه (نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد ارزن و ۰/۵۰ درصد صمغ دانه شاهی) تحت تأثیر غلظت‌های متفاوت اسانس هل سبز (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ پی پی ام) بررسی شد.

تغییرات کپک و مخمر

جدول ۴ نشان‌دهنده اثر غلظت‌های متفاوت اسانس سیاه‌دانه (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام) در روز ۱، ۳ و ۷ بر میزان رشد کپک و مخمر است. نتایج نشان داد، اسانس سیاه دانه و افزایش غلظت آن بر تغییرات کپک و مخمر دونات‌های تولیدی در طول زمان اثر داشت. بدین صورت که غلظت ۲۰۰ پی‌پی ام اسانس سیاه‌دانه بیشترین خواص ضدمیکروبی را نسبت به سایر غلظت‌های اسانس (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ پی‌پی‌ام) داشت. ترکیبات فنولیک یا گروه هیدروکسیل آزاد به عنوان فعال‌ترین ترکیبات ضدمیکروبی شناخته شده‌اند. براساس پژوهش Gandomi *et al,* (2009) یک اسانس زمانی یک جلوگیری کننده از رشد مثبت تلقی می شود که شکل‌گیری عامل مورد نظر تا ۵۰ درصد کاهش پیدا کند. در غلظت‌های بیش از ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسانس سیاه دانه، کاهش رشد کپک و مخمر بیش از ۵۰ درصد بود. در مجموع میزان رشد کپک و مخمر در نمونه دونات‌های تولیدی در غلظت ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام در مقایسه با شاهد (فاقد اسانس) طی یک هفته نگهداری به ترتیب ۱۷/۵۱، ۲۶/۲۷، ۶۱/۶۴ و ۱۰۰ درصد کمتر بود. این امر نشان‌دهنده آنست که در غلظت‌های بیش از ۱۰۰ پی‌پی‌ام (۱۵۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام)، اسانس سیاه‌دانه می‌تواند به عنوان یک عامل ضدمیکروبی و جلوگیری کننده از رشد مثبت تلقی شود.

ترکیبات فنلی اسانس در لایه فسفولیپید غشای سلول گیاه ساخته شده و هرچقدر میزان این ترکیبات فنلی در اسانس بیشتر باشد، اثر ضدمیکروبی اسانس نیز بیشتر خواهد بود (Husain and Ali, 2014). نتایج حاصل از بررسی کپک و مخمر در پژوهش حاضر با یافته‌های دالاندار کوهی و همکاران (۱۳۹۹) مبتی بر اثرات ضدمیکروبی و ضدقارچی سیاه دانه بر کیک سازگاری دارد. Ramadan *et al*, (2012) در پژوهشی دیگر بر اثرات ضدمیکروبی و ضدقارچی روغن سیاه‌دانه تأکید داشتند.

جدول شماره ۴: اثر سطوح متفاوت اسانس سیاه دانه بر رشد کپک و مخمر دونات‌های تولیدی طی مدت زمان نگهداری بر حسب log cfu/g.

تیمارها	زمان نگهداری (روز)		
	۱	۳	۷
شاهد (۱۵ درصد آرد ارزن و ۰/۵۰ درصد صمغ شاهی)	۲/۱۲±۰/۰۶^{a}	۲/۳۹±۰/۲۹^{a}	۲/۹۷±۰/۶۶^{b}
۱۵ درصد آرد ارزن+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۵۰ پی پی ام اسانس	-	۱/۰۸±۰/۲۷^{bc}	۲/۴۵±۱/۲۴^{bc}
۱۵ درصد آرد ارزن+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۱۰۰ پی پی ام اسانس	-	-	۲/۱۹±۰/۱۱^{c}
۱۵ درصد آرد ارزن ه+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۱۵۰ پی پی ام اسانس	-	-	۱/۱۴±۰/۲۷^{bc}
۱۵ درصد آرد ارزن+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۲۰۰ پی پی ام اسانس	-	-	-

حروف مشابه در هر ستون (مربوط به زمان نگهداری) از نظر آماری در سطح P<0.05 تفاوت معنی‌داری ندارند.

ویژگی‌های حسی

جدول ۵ نشان‌دهنده ویژگی‌های حسی نمونه‌های دونات است. همانطور که نتایج نشان داد حضور اسانس سیاه‌دانه تنها بر امتیاز بو و مزه نمونه‌های دونات تأثیرگذار بود. بدین صورت که امتیاز بو و مزه دونات‌های تولیدی تا غلظت ۱۵۰ پی‌پی‌ام اسانس سیاه دانه روند صعودی و پس از آن روند نزولی را طی کرد و در نهایت بیشترین امتیاز بو و مزه به طور مشترک نمونه حاوی ۱۰۰ و ۱۵۰ پی‌پی‌ام اسانس سیاه‌دانه و کمترین امتیاز بو و مزه به نمونه حاوی ۲۰۰ پی‌پی‌ام اسانس تعلق گرفت.

جدول شماره ۵: اثر سطوح متفاوت اسانس سیاه‌دانه بر ویژگی‌های حسی دونات‌های تولیدی

تیمارها	ویژگی‌های حسی		
	فرم و شکل	پوسته	پوکی و تخلخل
شاهد (۱۵ درصد آرد ارزن و ۰/۵۰ درصد صمغ شاهی)	۴/۰±۳۰/۲۷^{a}	۴/۰±۴۰/۲۰^{a}	۴/۰±۶۰/۳۰^{a}
۱۵ درصد آرد ارزن+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۵۰ پی پی ام اسانس	۴/۰±۶۰/۳۴^{a}	۴/۰±۳۰/۵۹^{a}	۴/۰±۳۷/۲۹^{a}
۱۵ درصد آرد ارزن+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۱۰۰ پی پی ام اسانس	۴/۰±۴۴/۶۱^{a}	۴/۰±۴۷/۶۶^{a}	۴/۰±۳۷/۲۱^{a}
۱۵ درصد آرد ارزن ه+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۱۵۰ پی پی ام اسانس	۴/۰±۳۰/۷۲^{a}	۴/۰±۴۰/۴۱^{a}	۴/۰±۲۰/۲۰^{a}
۱۵ درصد آرد ارزن+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۲۰۰ پی پی ام اسانس	۴/۰±۳۷/۶۵^{a}	۴/۰±۶۷/۶۰^{a}	۴/۰±۲۰/۴۸^{a}
تیمارها	**ویژگی‌های حسی**		
	سفتی و نرمی بافت	قابلیت جویدن	بو و مزه
شاهد (۱۵ درصد آرد ارزن و ۰/۵۰ درصد صمغ شاهی)	۴/۰±۷۰/۲۰^{a}	۴/۰±۳۰/۷۵^{a}	۴/۰±۲۰/۳۰^{b}
۱۵ درصد آرد ارزن+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۵۰ پی پی ام اسانس	۴/۰±۸۰/۱۰^{a}	۴/۰±۶۰/۷۱^{a}	۴/۰±۳۰/۲۰^{b}
۱۵ درصد آرد ارزن+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۱۰۰ پی پی ام اسانس	۴/۰±۶۰/۳۰^{a}	۴/۰±۶۰/۳۰^{a}	۴/۰±۸۰/۲۰^{a}
۱۵ درصد آرد ارزن ه+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۱۵۰ پی پی ام اسانس	۴/۰±۴۰/۶۰^{a}	۴/۰±۴۰/۲۹۶^{a}	۴/۰±۸۰/۴۰^{a}
۱۵ درصد آرد ارزن+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۲۰۰ پی پی ام اسانس	۴/۰±۸۰/۳۰^{a}	۴/۰±۶۰/۷۰^{a}	۳/۰±۲۰/۳۰^{c}

حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح P<0.05 تفاوت معنی‌داری ندارند.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد با جایگزینی ۱۵ درصد آرد گندم با آرد ارزن در حضور ۰/۵۰ درصد صمغ دانه شاهی در فرمولاسیون دونات می‌توان نمونه‌ای با محتوی روغن و سفتی بافت کم‌تر و حجم و تخلخل بیش‌تر در مقایسه با نمونه حاوی

۱۰۰ درصد آرد گندم تولید نمود. همچنین نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که بهترین نمونه به لحاظ روند رشد کپک و مخمر طی یک هفته نگهداری مربوط به نمونه حاوی ۲۰۰ پی‌پی‌ام اسانس سیاه‌دانه بود. اما از آنجا که این نمونه به لحاظ امتیاز بو و مزه از طرف داوران چشایی رد شد، نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد ارزن، ۰/۵ درصد صمغ دانه شاهی و ۱۵۰ پی‌پی‌ام اسانس سیاه‌دانه به عنوان بهترین نمونه این پژوهش معرفی می‌گردد.

منابع

AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.

Abbas, T. E. and Ahmed, M. E. 2010. Effect of supplementation of Nigella sativa seeds to the broiler chicks diet on the performance and carcass quality.*International of Journal of AgriculturalScience*, 2(2):9.

Beswa, D. 2008. Assessment of the feasibility of using a wheat-finger millet composite flour for bread making, Submitted in fulfillment of requirement for the degree master technology in food technology in the faculty of science at the university of Johannesburg.

Chappalwar, V. M., Peter, D., Bobde, H. and John, S. M. 2013. Quality characteristics of cookies prepared from oats and finger millet based composite flour. IRACST-Engineering Science and Technology: *An International Journal (ESTIJ)*, 3: 677-683.

Chhavi, A. and Sarita, S. 2012. Evaluation of composite millet breads for sensory and nutritional qualities and gly-cemicresponse. *Malaysian journal of Nutrition*, 18 (1): 89-101.

Dalandar Kohi, M., Azadmard-Damirchi, S. and Gharekhani, M. 2020. Production of Sponge Cakes Incorporated with Black Cumin Seed Powder and Assessment of their Qualitative Properties During Storage. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 15(2): 83-93. (In Persian).

Funami, T., Funami, M., Tawada, T., and Nakao, Y. 1999. Decreasing oil uptake of doughnuts during deep-fat frying using curdlan. *Journal of Food Science*, 64(5), 883-888.

Gandomi, H., Misaghi, A., Akondzadeh, A., Bolaei, S., Khosravi, A., Abbasifar, A. and Jabelli, A. 2009. Effect of ZatariamultifloraBolss, Essential oil on growth and aflatoxin formation by *Aspergillus Flavus* in culture media and cheese. *Journal of Food and Chemical Toxicology*, 47: 2397-2400.

Goswami, D., Gupta, R. K., Mridula, D., Sharma, M., and Tyagi, S. K. 2015. Barnyard millet based muffins: Physical, textural and sensory properties. *LWT Food Science and Technology*, 64: 1. 374-380.

Houben, A., Hochstotter, A. and Becker, T. 2012. Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: an overview. *European Food Research and Technology*, 235: 195-208.

Husain, S. S. and Ali, M. 2014. Analysis of volatile oil of the fruits of Elettaria cardamomum (L.) Manto and its antimicrobial activity. *World Journal of Pharm Pharm Science*, 3(2): 1798-1808.

Iordachescu, G., Neagu, C. and Costea, T. 2013. Sensory evaluation of functional bread obtained rice and millet flour basis. Inside Food Symposium.

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. Carpathain *Journal of Food Science and Technology,* https://doi.org/10.34302/crpjfst/2019.11.2.6.

Jyotsna, R., Soumya, C., Swati, S. and Prabhasankar, P. 2016. Rheology, texture, quality characteristics and immunochemical validation of millet based gluten free muffins. *Journal. of Food Measurement and Characterization*. 10: 4. 762-772.

Karuppasamy, P., Malathi, D., Banumath, P., Varadharaju, N. and Seetharaman, K. 2013. Evaluation of quality characteristics of bread from kodolittle and foxtail millets. *International Journal of Food and Nutritional Sciences,* 2: 35-39.

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 doughnut. *LWT-food Science and Technology,* 62(1Part2), 620-627.

Karazhiyan, H., Razavi, S. M. A., Phillips, G. O., Fang, Y., Al- Assef, S., Nishinari, K. And Farhoosh, R. 2009. Rheological properties of Lipidium Sativum seed extract as function of concentration, temperature and time. *Food Hydrocolloids*, 23: 2062-2068.

Kwinda, O., Onipe, O. O., and Jideani, A. I. 2018. The effect of oat bran and psyllium husk fibre on oil reduction and some physicochemical properties of magwinya–a deep-fried dough. *CyTA-Journal of Food*, 16(1), 247-254.

Mamata, M., Nirmala, Y. and Valerie, O. 2015. Quality evaluation of little millet (Panicum miliare) incorporated functional bread. *Journal of Food Science and Technology*. 52(12): 8357-8363.

Mohajer Khorasani, S. Alami, M., Kashaninejad, M. and Shahiri Tabarestani, H. 2020. Effect of adding millet flour and Xanthan gum on the physicochemical and sensory properties of gluten-free batter and rice cake. *Ejfpp*, 13(1): 57-70. (In Persian).

Naas, 2012. Integration of millets in fortified foods, National Academy of Agricultural Sciences, New Delhi. Policy Paper NO. 54: 15P.

Osman, M. A., Alamri, M. S., Mohamed, A. A., Hussain, S., Gassem, M. A. and Rahman, I A. 2014. Black cumin-fortified flat bread: formulation, processing, and quality. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 7(2):233-8.

Pawar, N., Gandhi, K., Purohit, A., Arora, S. and Singh, R. R. 2014. Effect of added herb extracts on oxidative stability of ghee (butter oil) during accelerated oxidation condition. *Journal of Food Science and Technology*, 51(10):2727-33.

Pourhaji, F. and Sahraeiyan, B. 2018. Evaluating the Oxidative Stability of Doughnut Containing Ascorbic Acid and Green Tea Extract During Storage Using Principal Component Analysis (PCA). *Food Engineering Research*, 17(64): 41-56. (In Persian).

Ramadan, M. F., Asker, M. M. and Tadros, M. 2012. Antiradical and antimicrobial properties of cold-pressed black cumin and cumin oils. *European Food Research and Technology*, 234(5): 833-44.

Sabbaghi, H. 2020. Application of hydrocolloid compounds (xanthan and carboxymethylcellulose) in doughnut formulation for reducing oil uptake. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 18:1, -. doi: 10.22067/ifstrj.v18i1.87648.

Sabbaghi, H., Ziaiifar, A. and Kashaninejad, M. 2018. Fractional conversion modeling of color changes in apple during simultaneous dry-blanching and dehydration process using intermittent infrared irradiation. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 14(2), 383-397. doi: 10.22067/ifstrj.v0i0.62293.

Sahraiyan, B., Naghipour, F., Karimi, M. and Ghiafeh 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.

Sahraiyan, B., Sheikholeslami, Z. and Karimi, M. 2020. Development of novel edible surface coating made by Lepidium Sativum seed gum and comparison of its effect with traditional glazes of sorghum gluten-free bread. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, 8(4): 405-414.

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.

Salehi Surmaghi M. H. (2014). Medicinal plants and phytotheraphy.The World of Nutrition. 2: 216-19.

Salvador, A., Sanaz, T. and Fiszman, S. M. 2008. Performance of methyl cellulose in coating batter for fried products. *Food hydrocolloids*, 22: 1062-1067.

Saatchi, A., Kadivar, M., Soleimanian, Z. S. and Abaee, M. S. 2014. Application of some antifungal and antioxidant compounds extracted from some herbs to be used in cakes as biopreservatives. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16(3): 561-68.

Sciarini, L. S., Maldonado, F., Ribotta, P. D., Prez, G. T. and Leon, A. E. 2009. Chemical composition and functional properties of Gleditsia triacanthos gum. *Food Hydrocolloids*, 23: 306-313.

Shaabani, S., Yarmand, M. S., Kiani, H. and Emam-Djomeh, Z. 2018. Protein isolate in combination with transglutaminase and xanthan on the physical and rheological characteristics of gluten-free muffins and batter based on millet flour. *LWT*, 90: 362-372.

Singh, P., Singh, R. and Aghuvanshi, R. 2012. Finger millet for food and nutritional security, *African Journal of Food Science*, 6: 77-84.

Sultan, M. T., Butt, M. S., Ahmad, A. N., Ahmad, N., Amanullah, M. and Batool, R. 2012. Utilization of Nigella sativa L. Essential Oil to Improve the Nutritive Quality and Thymoquinone Contents of Baked Products. *Pakistan Journal of Nutrition*, 11(10):812.

Taylor, J.R.N., Schober, T.J. and Bean, S.R. 2006. Novel food and non-food uses for sorghum and millets. *Journal of Cereal Science*, 44: 252-271.

Varela, P. and Fiszman, S. M. 2011. Hydrocolloids in fried foods. A review. *Food Hydrocolloids*, 25(8), 1801-1812.

Ziaiifar, A. M. and Sabbaghi, H. 2018. Frying process engineering, chapter 7: oil uptake reduction in frying process. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Press.

Zolfaghari, Z., Mohebbi, M. and Haddad Khodaparast, M.H. 2013. Quality changes of doughnuts as influenced by leavening agent and hydrocolloid coating. *Journal of Food Process*. Pres. *37*, 34-45.