

بررسی اثر جایگزینی ایزوله پروتئینی سویا و دمای سرخ کردن بر کاهش جذب روغن دونات

مریم عجم^۱، راضیه نیازمند^{۲*}، اشرف گوهری اردبیلی^۳

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دامغان، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دامغان، ایران

۲- استادیار گروه شیمی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران

۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی بهار، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۶ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۱۳)

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی اثر دمای سرخ کردن و جایگزینی ایزوله پروتئینی سویا با آرد گندم بر ویژگی های شیمیایی دونات بود. بدین منظور نمونه های دونات با جایگزینی ۳ و ۷ درصد SPI با آرد گندم نول فرموله و سپس در دماهای ۱۵۰، ۱۶۵ و ۱۸۰ درجه سانتیگراد سرخ شدند. پارامترهای محتوی رطوبت، محتوی روغن، عدد اسیدی و پراکسید دونات و آزمون حسی مورد بررسی قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از طرح فاکتوریل در قالب کاملاً تصادفی در نرم افزار Minitab 16 انجام شد. میانگین ها به کمک آزمون دانکن ($p < 0.05$) با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج نشان داد که افزایش درصد جایگزینی SPI با آرد گندم و افزایش درجه حرارت موجب افزایش محتوی رطوبت و کاهش محتوی روغن در نمونه های دونات شد ($p < 0.05$). افزایش دما از ۱۵۰ درجه سانتیگراد به ۱۸۰ درجه سانتیگراد در فرایند سرخ کردن نمونه های دونات تهیه شده با آرد گندم، ۳ درصد SPI و ۷ درصد SPI به ترتیب منجر به ۰/۶۶، ۰/۵۱ و ۰/۵۱ واحد افزایش در عدد اسیدی روغن جذب شده در آن ها گردید. نتایج تجزیه واریانس حاکی از اثر معنی دار نوع آرد بر میزان هیدروپراکسیدها در روغن جذب شده در نمونه های دونات بود ($p < 0.05$). اما نتایج مقایسه میانگین نشان داد که این اثر از روند مشخصی تبعیت نمی کند. از نظر ارزیابی ها نمونه های دونات هیچ گونه تفاوت معنی داری از لحاظ ارزیابی حسی با یکدیگر نداشتند ($p < 0.05$).

کلید واژگان: دونات، جذب روغن، دما، SPI

*مسئول مکاتبات: r.niazmand@rifst.ac.ir

۱- مقدمه

دونات از جمله فراورده‌های سرخ شده است که در بسیاری از کشورها مانند شمال آمریکا به عنوان صبحانه یا حتی یک میان وعده مصرف گسترده‌ای دارد. در ایالات متحده دونات به تنهایی ۳ تا ۴ میلیارد دلار درآمد بازار را به خود اختصاص داده است [۱].

دونات دارای پوسته ترد و هسته داخلی شبیه به یک محصول پخته شده بوده و در قسمت‌های سطحی به رنگ قهوه‌ای طلایی است. با این حال، دونات یک ماده غذایی سرخ‌شده محسوب می‌شود و طی سرخ‌کردن عمیق چرب^۱ مقدار قابل توجهی روغن جذب می‌کند [۲]. سرخ کردن عمیق چرب، در سراسر جهان به طور گسترده به عنوان یک فرایند اصلی فراوری مواد غذایی استفاده می‌شود [۳]. محتوی چربی دونات بسته به نوع فرمول و شرایط سرخ‌کردن آن بین ۱۰ تا ۲۶ درصد متفاوت است [۱]. جذب روغن از پارامترهای مهم کیفیت مواد غذایی سرخ‌شده است [۴] که نتیجه جایگزینی روغن با آب تبخیرشده طی فرایند DFF است. وقتی ماده غذایی در روغن که درجه حرارت بالاتر از نقطه جوش دارد غوطه‌ور شود، رطوبت سطح ماده غذایی تقریباً بلافاصله به بخار تبدیل می‌شود که با بزرگ شدن روزنه‌ها و زبر شدن سطح توام است. بنابراین امکان ورود روغن به ماده غذایی فراهم می‌شود [۵]. عوامل بسیاری جذب روغن را در غذاهای سرخ‌شده تحت تاثیر قرار می‌دهند که آن‌ها را می‌توان به دو دسته طبقه بندی کرد: دسته اول مربوط به خصوصیات ذاتی مواد غذایی سرخ‌شده مانند ترکیبات موجود در محصول، محتوی رطوبت، شکل، تخلخل، کشش سطحی اولیه و اندازه پوسته می‌باشند. دسته دوم مربوط به عوامل خارجی است که بخشی از فرایند سرخ‌کردن مانند ترکیب و کیفیت روغن، دما و زمان سرخ‌کردن و روش‌های سرخ‌کردن را شامل می‌شوند [۵]. یکی از مشکلات اصلی در ارتباط با مواد غذایی سرخ‌شده میزان روغن بالای آن‌ها است [۶]. چراکه با گرایش‌های اخیر مصرف‌کنندگان نسبت به مواد غذایی سالم و فراورده‌های کم چرب ناسازگار است [۴]. مصرف بیش از حد چربی منجر به افزایش کلسترول

خون، فشار خون، بیماری‌های قلبی و عروقی [۷]، چاقی و برهم خوردن تعادل وزنی می‌شود [۸]. اگرچه به دلیل ظاهر و بافت مطلوب [۹]، هنوز غذاهای سرخ‌شده با میزان چربی بالا محبوب باقی‌مانده‌اند [۷]؛ به هر حال به دلیل افزایش سطح آگاهی مصرف‌کنندگان، تقاضا برای مواد غذایی با بافت، طعم و مزه یکسان اما با کالری و محتوی چربی پایین‌تر افزایش یافته است. [۵ و ۸].

پژوهش‌های متعددی در جهت کاهش میزان جذب روغن و بررسی عوامل موثر بر آن در فراورده‌های مختلف انجام گرفته است. برای مثال در مطالعه روی سیب‌تیک جذب روغن در برش‌های سیب زمینی Moyano و Pedreschi (۲۰۰۵) مشاهده کردند که با کاهش درجه حرارت از ۱۸۰ به ۱۲۰ درجه سانتیگراد جذب روغن حدود ۳۲ درصد افزایش یافت. آن‌ها همچنین گزارش کردند که حتی در زمان‌های سرخ‌کردن کوتاه در دماهای مورد مطالعه جذب روغن بالا بود که مبین نقش عمده پدیده خیس شدن با روغن (oil wetting) در مکانیسم جذب روغن می‌باشد. محققان طی مطالعه‌ای دریافتند که چپس سیب‌زمینی سرخ‌شده در دمای ۱۷۷ درجه سانتیگراد نسبت به دمای ۱۴۹ درجه سانتیگراد جذب روغن کمتری به دلیل گرانیروی پایین روغن داشته است [۱۱]. Debnath و همکاران (۲۰۰۳) طی مطالعه‌ای روی یک میان وعده تهیه شده از مخلوط آرد نخود و نشاسته اصلاح‌شده، اثر درجه حرارت سرخ‌کردن و خشک‌کردن قبل سرخ‌کردن را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که افزایش درجه حرارت سرخ کردن (۱۵۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد) سبب افزایش انتقال جرم رطوبت (از ۰/۰۴۵ بر ثانیه به ۰/۰۹۶ بر ثانیه) و روغن (از ۰/۰۵۶ بر ثانیه به ۰/۰۸۲ بر ثانیه) شد. همچنین نتایج آن‌ها نشان داد که همانطور که زمان خشک‌کردن (صفر تا ۹۰ دقیقه) قبل از سرخ‌کردن در دمای ۱۷۵ درجه سانتیگراد افزایش یافت، انتقال جرم برای رطوبت (از ۰/۰۳۹ بر ثانیه به ۰/۰۵۹ بر ثانیه) و روغن (از ۰/۰۳۵ بر ثانیه به ۰/۰۶۳ بر ثانیه) کاهش یافت. تاثیر آردهای مختلف بر ویژگی‌های کیک دونات مورد مطالعه قرار گرفته است. جایگزین کردن ۳ درصد از آرد

1. Deep Fat Frying (DFF)

حاضر بررسی اثر نوع آرد و شرایط فرایند بر میزان جذب روغن دونات طی فرایند سرخ کردن عمیق می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد مورد نیاز جهت تهیه خمیر دونات

مواد اولیه شامل شکر، مارگارین، مخمر، بیکینگ پودر، وانیل، تخم مرغ از سوپرمارکت‌های محلی شاهرود تهیه شدند. آرد نول از کارخانه آرد سرچشمه شاهرود، نمک بدون ید از کارخانه نمک تابان، آرد ایزوله سویا از شرکت Yuwang چین و شیرخشک بدون چربی^۲ از کارخانه لینا نمکی تهیه گردید. کلیه مواد و محلول‌های شیمیایی مورد نیاز جهت آزمون‌ها از شرکت مرک خریداری گردیدند.

۲-۲- آماده‌سازی خمیر دونات

دونات‌های تهیه شده از آرد گندم طبق جدول ۱ فرموله شدند.

جدول ۱ مواد تشکیل دهنده فرمول دونات گندم

ترکیبات	وزن (گرم)	درصد وزن (برحسب آرد گندم)
آرد گندم	۳۰۲/۴	۱۰۰
آب	۵۰	۱۶/۵۳
مارگارین	۲۹/۹	۹/۸۹
شکر	۴۲/۳۴	۱۴
تخم مرغ	۶۰/۴۸	۲۰
آب ۳۷ درجه برای مخمر	۳۵	۱۱/۵۷
شیرخشک بدون چربی	۱۸/۹	۶/۲۵
مخمر	۹	۲/۹۸
وانیل	۱/۰۹	۰/۳۶
بیکینگ پودر	۶/۰۹	۲/۰۱
نمک بدون ید	۲/۴۲	۰/۸

ابتدا تمام مواد خشک پودری برای تهیه خمیر دونات گندم که شامل آرد نول، شکر، بیکینگ پودر، شیرخشک بدون چربی و

گندم با انواع آرد سویا به ۲۲ تا ۵۵ درصد کاهش در جذب روغن منجر شد [۸]. Lee و Brennd (۲۰۰۵) طی پژوهشی بر کلوچه Yackawa، بخشی از آرد گندم را با SPI جایگزین کردند. آن‌ها بیان نمودند که این جایگزینی با کاهش مقدار چربی و افزایش محتوی رطوبت و پروتئین نمونه‌ها همراه بود. آن‌ها همچنین ادعا کردند که امکان جایگزینی ۱۵ درصد از آرد گندم با SPI، بدون کاهش ویژگی‌های قابل پذیرش کلوچه وجود دارد. خمیرها سیستم‌های بسیار پیچیده‌ای هستند که از دامنه گسترده‌ای از مواد شامل آرد، آب، طعم‌دهنده‌ها، ادویه و چاشنی‌ها تشکیل می‌شوند [۱۴]. آرد گندم رایج‌ترین آرد مورد استفاده در خمیرها و نان‌ها می‌باشد [۱۴]. اما با این حال از آرد برنج، ذرت، سویا، جو مالت‌شده و سیب‌زمینی نیز در تهیه برخی از فراورده‌ها استفاده می‌شود. در حال حاضر انواع مختلف پروتئین سویا وجود دارند که هنوز هم در درجه اول به دلیل ویژگی‌های عملکردی مورد استفاده قرار می‌گیرند. سه شکل از فراورده‌های پروتئینی سویا به عنوان مکمل پروتئینی یا منبع پروتئین شامل آرد یا بلغور سویا^۱، کنسانتره پروتئینی سویا^۲ و SPI وجود دارند که محتوی پروتئینی آن‌ها بین ۵۰ تا بیش از ۹۰ درصد می‌باشد [۱۵]. در بین فراورده‌های پروتئینی سویا، SPI بیشترین میزان پروتئین را دارا می‌باشد [۱۳].

امروزه عرضه فراورده‌های سالم‌تر با جذب روغن کمتر از مهم‌ترین دغدغه‌های تولیدکنندگان می‌باشد. اگرچه تحقیقات گسترده‌ای در زمینه کاهش جذب روغن در فراورده‌هایی از قبیل قطعات مرغ سرخ‌شده، سیب‌زمینی سرخ‌شده یا اسنک مانند چیپس سیب‌زمینی صورت گرفته است، اما مطالعات بسیار اندکی در ایران و سایر کشورهای جهان در ارتباط با دونات انجام گرفته است. بنابراین با توجه به جذب قابل توجه روغن در این محصول پرتیرداد، بررسی عوامل موثر بر جذب روغن و کاهش آن در این محصول ضروری است. از این رو هدف از پژوهش

1. Soy flours/Grits
2. Soy protein concentrates

3. Nonfat dry milk powder

دمای روغن، یک ساعت قبل از شروع سرخ کردن دستگاه سرخ-کن روشن شد [۱۶]. در تمامی مراحل سرخ کردن دمای سرخ-کن توسط یک ترموستات دیجیتال کنترل شد. نوسانات دمایی در حدود ± 3 درجه سانتیگراد بود. دانات‌ها پس از سرخ شدن دو طرف، از روغن خارج شده، توسط کاغذ جاذب، روغن اضافی موجود روی سطح دانات‌ها گرفته شده و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق خنک شدند [۱۶].

۲-۴- اندازه‌گیری رطوبت

دونات‌های سرخ شده جهت اندازه‌گیری رطوبت به قطعات کوچک‌تری برش داده شدند. حدود ۵ گرم نمونه در پلیت شیشه-ای پخش شده و در آون هوای داغ (Memmert unb 500، ساخت آلمان) در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت جهت از دست دادن رطوبت قرار داده شد. سپس نمونه‌های خشک شده تا رسیدن به وزن ثابت توسط ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ توزین شده و میزان رطوبت به صورت درصدی از وزن نمونه اصلی بیان شد [۱].

۲-۵- اندازه‌گیری روغن

نمونه‌های خشک شده در ورقه‌های آلومینیوم و پلاستیک‌های زیپ‌دار تا زمان انجام آزمون اندازه‌گیری چربی در فریزر ۱۸- بسته‌بندی و نگهداری شدند. نمونه‌های خشک شده توسط آسیاب برقی خرد شده سپس بوسیله سوکسله با حلال اتر پترولیوم به مدت ۶ ساعت چربی نمونه استخراج شد. اختلاف وزن نشان دهنده میزان چربی نمونه بود [۱].

۲-۶- اندازه‌گیری عدد پراکسید^۲

یک دهم تا ۰/۲ گرم نمونه روغن (بسته به میزان پراکسایش) در لوله‌های آزمایش ۱۵ میلی‌لیتری وزن شد و با ۹/۸ میلی‌لیتر حلال کلروفرم متانول (به نسبت ۳:۷) مخلوط و به مدت ۲ تا ۴ ثانیه هم زده شد. سپس به ترتیب ۵۰ میکرولیتر محلول تیوسیونات آمونیوم و محلول آهن II اضافه و بعد از اضافه کردن هر کدام به مدت دو تا چهار ثانیه محلول هم زده شد. پس از پنج دقیقه گرمخانه‌گذاری در دمای اتاق، جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۰۰ نانومتر در برابر شاهد تعیین شد. تمامی مراحل این روش زیر نور ملایم و به

نمک بودند توسط الک با اندازه مش ۴۰ الک شدند، سپس توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ توزین گردیدند و بوسیله میکسر (مدل Kenwood KM-010 Chef، ساخت انگلستان) به مدت ۲ دقیقه و با سرعت ۲ مخلوط شدند. سپس مخلوط وانیل و مارگارین توزین شده که از قبل به کمک بن‌ماری در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد به طور کامل حل گردیده بود، به مواد خشک پودری اضافه شد و طی مدت ۵ دقیقه با سرعت ۲ به طور کامل مخلوط گردیدند. مایه خمیر (ترکیبی از شکر، آب ۳۷ درجه سانتیگراد و مخمر که به مدت ۳۰ دقیقه در ظرفی در بسته، در محیط نگهداری شده بود) به ظرف میکسر اضافه شد و به مدت ۲ دقیقه و با سرعت ۲ با مواد مخلوط شد. سپس تخم مرغ طی مدت ۲ دقیقه و با سرعت ۲ با مواد داخل ظرف میکسر مخلوط شد. در نهایت برای تشکیل خمیر مقدار آب مورد نیاز اضافه گردید و برای اینکه خمیر کاملاً یکدستی بدست آید به مدت ۱۱ دقیقه با سرعت ۳ به طور کامل مخلوط گردید. سپس از خمیر آماده شده چانه‌های ۵۰ گرمی تهیه شد. چانه‌های آماده شده مرحله ورآمدن اولیه را در گرمخانه سرد^۱ (مدل ID 53 ساخت شرکت ایران خودساز) با دمای ۳۵ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه طی کرده و پس از اتمام مرحله ورآمدن اولیه، چانه‌های خمیر با ضخامت ۱ سانتیمتر به صورت دستی پهن شد. سپس توسط قالب دونات با قطر داخلی ۲/۶۰ و قطر خارجی ۷/۸۵ قالب‌زنی شد. آن‌گاه قطعات خمیر دونات به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد دومین مرحله ورآمدن را طی کردند. دونات‌های مخلوط SPI با گندم به ترتیب با نسبت‌های ۹۷:۳ و ۹۳:۷ به روش مشابه با دونات‌های گندم تهیه شدند.

۲-۳- فرایند سرخ کردن دونات

عملیات سرخ کردن با استفاده از سرخ‌کن خانگی (Delonghi 18233، ساخت ایتالیا) مجهز به ترموستات و سبد توری استیل زنگ نزن انجام شد. دونات‌های تهیه شده از آرد گندم و مخلوط ۳ و ۷ درصدی SPI با گندم در سرخ‌کن در دماهای ۱۵۰، ۱۶۵ و ۱۸۰ درجه سانتیگراد سرخ شدند. مخزن سرخ‌کن با ۲ لیتر روغن مخصوص سرخ‌کردنی پر شده، به منظور تثبیت و پایدار شدن

2. Peroxide Value (PV)

1. Cold incubator

۳- نتایج و بحث

۳-۱- انتقال جرم (رطوبت و روغن)

نتایج مقایسه میانگین حاکی از اثر معنی‌دار دمای سرخ کردن و نوع آرد بر محتوای رطوبت نمونه‌های دونات بود ($p < 0.05$). همان‌طور که از جدول ۲ پیداست با افزایش درجه حرارت سرخ کردن از ۱۵۰ به ۱۸۰ درجه سانتیگراد میزان رطوبت از دست‌رفته به طور معنی‌داری کاهش یافت. به عبارت دیگر محتوای رطوبت نمونه‌های دونات افزایش یافت که این امر می‌تواند به کاهش زمان سرخ کردن در نتیجه افزایش دما مربوط باشد.

جدول ۲ اثر نوع آرد بر محتوای رطوبت نمونه‌های دونات در دماهای مختلف*

دما (درجه سانتیگراد)			نوع آرد
۱۸۰	۱۶۵	۱۵۰	
۲۲/۳±۰/۳۷Ca	۲۱/۵±۰/۹۴Cb	۱۹/۸±۰/۱۷Cc	آرد گندم
۲۴/۲±۰/۳۳Ba	۲۳/۵±۰/۳Bb	۲۲/۱±۰/۸۱Bc	جایگزینی ۳ درصدی با SPI
۳۷/۴±۰/۵۶Aa	۲۴/۶±۰/۸۸Ab	۲۲/۷±۰/۱۹Ac	جایگزینی ۷ درصدی با SPI

* میانگین ± انحراف معیار

حروف مشترک بزرگ و کوچک بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد به ترتیب در هر سطر و ستون است ($p < 0.05$).

صرف نظر از نوع آرد، میانگین احتباس رطوبت در دونات‌های سرخ‌شده در دماهای ۱۶۵ و ۱۸۰ درجه سانتیگراد در مقایسه با دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد به ترتیب ۷/۷۴ درصد و ۱۳/۲۶ درصد بالاتر بود. طی مدت سرخ کردن به دلیل مهاجرت رطوبت، روغن جایگزین رطوبت خارج‌شده از دونات می‌شود. نتایج جدول ۳ مؤید این مطلب است. همان‌طور که اشاره شد با افزایش دمای سرخ کردن نمونه‌های دونات میزان رطوبت کمتری از دست داده که با جایگزینی کمتر روغن نیز همراه بود. از این رو، بیشترین و کمترین میزان جذب روغن به ترتیب به دونات‌های سرخ‌شده در دماهای ۱۵۰ و ۱۸۰ درجه سانتیگراد مربوط بود. صرف نظر از نوع آرد، میانگین جذب روغن در دونات‌های سرخ‌شده در دماهای ۱۸۰ و ۱۶۵ درجه سانتیگراد به ترتیب ۳۰/۶۳ درصد و ۲۲/۷۸ درصد نسبت به دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد کاهش یافت که با نتایج بدست آمده توسط

مدت ۱۰ دقیقه صورت گرفت. عدد پراکسید از فرمول ۱ محاسبه شد:

$$PV = \frac{(Ax - Ab) \times m}{55.84 \times W \times 2} \quad (1)$$

که Ax میزان جذب نمونه، Ab میزان جذب شاهد در طول موج ۵۰۰ نانومتر، m شیب به دست آمده از منحنی کالیبراسیون (۳۶/۳۷) با ضریب تبیین (۰/۹۷۲) و W وزن نمونه روغن است. [۱۷]

۲-۷- اندازه‌گیری عدد اسیدی

ده گرم نمونه داخل ارلن مایر توزین شد و به آن ۵۰ میلی‌لیتر حلال اتانول‌کلروفرم اضافه گردید. نمونه در مجاورت معرف فنل‌فثالین با پتاس یک‌دهم نرمال تیترا شد. عدد اسیدی بر طبق فرمول ۲ محاسبه شد:

$$N \times V \times 56.2 = \frac{N \times V \times 56.2}{W} = \text{عدد اسیدی} \quad (2)$$

که N ، V و W به ترتیب نرمالیه، حجم پتاس مصرفی و وزن نمونه است. عدد اسیدی بر حسب گرم پتاس مصرف شده است. [۱۸]

۲-۸- ارزیابی خواص حسی

ویژگی‌های حسی تیمارهای دونات شامل رنگ، بافت، طعم و پذیرش کلی می‌باشد که توسط ۱۲ ارزیاب آزموده با آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. امتیازات بین ۱ (خیلی بد) و ۵ (خیلی خوب) در نظر گرفته شد.

۲-۹- تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمون‌ها در چهار تکرار انجام شد و نتایج با استفاده از طرح فاکتوریل در قالب کاملاً تصادفی بوسیله نرم افزار Minitab 16 تجزیه و تحلیل شدند. به منظور تعیین اثر هر یک از تیمارها بر فاکتورهای ارزیابی از تجزیه واریانس (ANOVA) استفاده گردید و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد ($p < 0.05$) انجام گرفت.

دونات‌های تهیه شده از آرد کامل گندم (سرخ شده در دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد) و دونات تهیه شده با ۷ درصد SPI (سرخ شده در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد) بود. میانگین میزان جذب روغن در دونات‌های با ۳ درصد جایگزینی SPI ۱۰/۶۷ درصد و در انواع تهیه شده با جایگزینی ۷ درصدی SPI ۱۳/۹۱ درصد نسبت به دونات‌های تهیه شده از آرد گندم کامل کاهش یافت. این نتیجه با نتایج Lee و Brennd (۲۰۰۵) همخوانی داشت. این محققین اذعان داشتند که در کلوچه‌های Yackwa تهیه شده از آرد گندم با ۱۵ درصد جایگزینی SPI و سرخ‌شده، محتوی رطوبت و پروتئین افزایش و محتوی چربی کاهش یافت بدون این که مقبولیت پذیرش آن‌ها کاهش یابد. Shih و همکاران (۲۰۰۱) نیز دریافتند که با جایگزین کردن بخشی از آرد گندم با آرد برنج اصلاح‌شده (دانه بلند ژلاتینه یا پیش پخت شده، نشاسته برنج استیل شده) در دونات‌ها نه تنها ویژگی‌های مطلوب دونات سستی حفظ شد بلکه میزان جذب روغن نمونه‌ها تا ۶۴ درصد کاهش یافت. همچنین استحکام و قوام خمیر و میزان رطوبت آن‌ها نسبت به نمونه‌های تهیه شده از آرد برنج اصلاح‌نشده بالاتر بود.

۳-۲- عدد اسیدی دونات

نتایج بیانگر اثر معنی‌دار دما و نوع آرد بر عدد اسیدی روغن جذب شده در نمونه‌های دونات (شکل ۱) بود ($p < 0.05$). همان طور که از شکل ۱ پیداست افزایش دمای سرخ کردن با افزایش معنی‌دار عدد اسیدی روغن جذب‌شده در نمونه‌های دونات نیز همراه بود ($p < 0.05$). این امر با توجه به نتایج بدست آمده برای عدد اسیدی روغن مورد استفاده در فرایند سرخ کردن بدیهی است. افزایش دما از ۱۵۰ درجه سانتیگراد به ۱۸۰ درجه سانتیگراد در فرایند سرخ کردن نمونه‌های دونات تهیه شده با آرد گندم، ۳ درصد SPI و ۷ درصد SPI به ترتیب منجر به ۰/۶۶، ۰/۶۴ و ۰/۵۱ واحد افزایش در عدد اسیدی روغن جذب شده در آن‌ها گردید.

Pedreschi و Moyano (۲۰۰۵)، Debnath و همکاران (۲۰۰۳) و Bouchon و همکاران (۲۰۰۳) همخوانی داشت. در این پژوهش اثر جایگزینی ۳ و ۷ درصدی SPI با آرد گندم در فرمول دونات مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۳ اثر نوع آرد بر محتوی روغن نمونه‌های دونات در

دماهای مختلف

نوع آرد	دما (درجه سانتیگراد)		
	۱۵۰	۱۶۵	۱۸۰
آرد گندم	۲۷/۳±۰/۵۶Aa	۱۹/۳±۰/۶۲Ab	۱۶/۰۳±۰/۸۷Ac
جایگزینی ۳ درصدی با SPI	۲۲/۰۵±۰/۴۸Ba	۱۷/۳±۰/۶۳Bb	۱۶/۹±۰/۵۹Bc
جایگزینی ۷ درصدی با SPI	۲۰/۹±۰/۳۴Ba	۱۷/۴±۰/۶۹Bb	۱۵/۸±۰/۵۱Bc

* میانگین ± انحراف معیار

حروف مشترک بزرگ و کوچک بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد به ترتیب در هر سطر و ستون است ($p < 0.05$).

به طور کلی نتایج مقایسه میانگین بیانگر اثر معنی‌دار نوع آرد بر محتوای رطوبت و روغن نمونه‌های دونات در تمامی دماهای مورد مطالعه بود ($p < 0.05$). افزایش درصد جایگزینی SPI با آرد گندم موجب افزایش محتوی رطوبت و کاهش محتوی روغن در نمونه‌های دونات شد ($p < 0.05$). دونات‌های تهیه شده با ۷ درصد SPI بالاترین محتوی رطوبت و کمترین محتوی چربی را در تمامی دماهای مورد مطالعه به خود اختصاص دادند. افزایش میزان پروتئین سویا باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب^۱ می‌شود [۱۱]. به همین دلیل جدا شدن مولکول‌های آب سخت‌تر شده که به کاهش تبخیر آب طی سرخ کردن منجر می‌شود. این امر با کاهش جایگزینی روغن با آب در دونات‌های تهیه شده از SPI طی سرخ کردن همراه است. صرف نظر از اثر دما، میانگین میزان احتباس رطوبت در دونات‌های تهیه شده با ۳ و ۷ درصد جایگزینی SPI به ترتیب حدود ۹/۴۷ و ۱۵/۳۴ درصد بیش از دونات‌های تهیه شده از آرد گندم کامل بود. بر طبق نتایج پژوهش حاضر کمترین میزان رطوبت و روغن به ترتیب مربوط به

1. Water Holding Capacity (WHC)

جدول ۴ اثر نوع آرد بر عدد پراکسید* (میلی اکسی والان گرم بر کیلوگرم) روغن جذب شده در دونات‌ها در دماهای مختلف

نوع آرد	دما (درجه سانتیگراد)		
	۱۵۰	۱۶۵	۱۸۰
آرد گندم	۲/۱۴±۰/۳۴Ba	۳/۴۸±۰/۷۴Ba	۲/۷۴±۰/۰۵Ba
جایگزینی ۳ درصدی با SPI	۳/۰۱±۰/۱۱Ba	۲/۸۷±۰/۳۳Ba	۲/۵۴±۰/۰۹Ba
جایگزینی ۷ درصدی با SPI	۳/۵۳±۰/۳۴Aa	۲/۵۲±۰/۱۷Aa	۴/۰۳±۰/۰۸Aa

* میانگین ± انحراف معیار

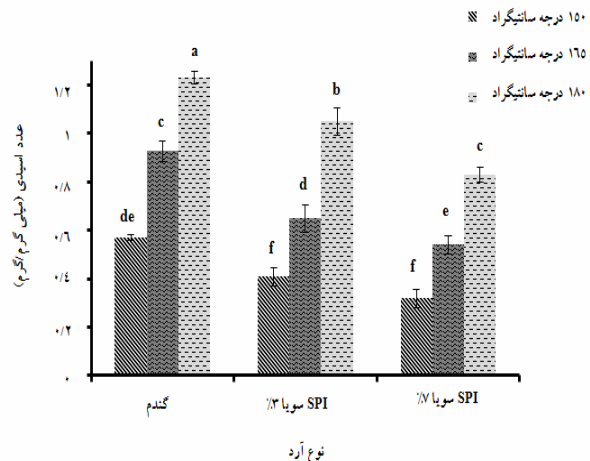
حروف مشترک بزرگ و کوچک بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد به ترتیب در هر سطر و ستون است ($p < 0.05$).

۳-۴- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی رایج‌ترین روشی است که به منظور ارزیابی تردی، طعم و مزه و سایر ویژگی‌های ظاهری در مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما این روش دارای کاستی‌هایی نیز می‌باشد. ممکن است سطح معینی از ابهام در ارتباط با شرایط مورد استفاده در ارزیابی حسی وجود داشته باشد. علاوه بر این، افراد شرکت کننده در آزمون حسی تفاوت‌های زیادی با یکدیگر دارند. با این وجود ارزیابی حسی تا به امروز قابل اعتمادترین روش برای اندازه‌گیری تردی بوده است [۲۰]. از نظر ارزیاب‌ها نمونه‌های دونات هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری از لحاظ طعم، بافت، رنگ و پذیرش کلی با یکدیگر نداشتند ($p < 0.05$). میانگین امتیاز داده شده برای بافت، طعم، رنگ و پذیرش کلی در نمونه‌های دونات به ترتیب ۳/۷۸، ۴/۴۴، ۴/۵، ۴/۰۶ بود.

۴- نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج پژوهش حاضر حاکی از این مطلب بود که افزایش درصد جایگزینی SPI با آرد گندم موجب افزایش محتوی رطوبت و کاهش محتوی روغن در نمونه‌های دونات شد. افزایش دمای فرایند سرخ کردن موجب افزایش عدد اسیدی روغن سرخ کردنی و روغن جذب شده در نمونه‌های دونات شد.



شکل ۱ اثر نوع آرد بر عدد اسیدی روغن جذب شده دونات در دماهای مختلف. تیرک‌های رسم شده در انتهای ستون‌ها نشان‌دهنده‌ی انحراف معیار داده‌های اندازه‌گیری شده است. حروف مشترک روی ستون‌ها بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است ($p < 0.05$).

نتایج مربوط به تاثیر نوع آرد بر عدد اسیدی روغن مورد استفاده در فرایند سرخ کردن نمونه‌های دونات، در مورد عدد اسیدی روغن جذب شده در این نمونه‌ها نیز صادق بود (شکل ۲). بر طبق نتایج، نمونه‌های دونات تهیه شده با ۷ درصد SPI در تمامی دماهای مورد مطالعه از کمترین میزان FFA برخوردار بودند. کمترین عددهای اسیدی بدست آمده در دونات‌ها مربوط به دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد و بیشترین کاهش عدد اسیدی در این دما (۴۳/۹ درصد) در نمونه دونات تهیه شده با SPI ۷ درصد بود.

۳-۳- عدد پراکسید دونات

نتایج مقایسه میانگین حاکی از اثر معنی‌دار دمای سرخ کردن و نوع آرد بر میزان هیدروپراکسیدها در روغن جذب شده در نمونه‌های دونات (جدول ۴) بود ($p < 0.05$). اما نتایج مقایسه میانگین نشان داد که این اثر از روند مشخصی تبعیت نمی‌کند. بیشترین عدد پراکسید مربوط به نمونه دونات تهیه شده با ۷ درصد SPI و سرخ شده در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد و کمترین آن مربوط به نمونه دونات تهیه شده با آرد گندم در دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد بود.

- frying. *Journal of Food Engineering*. 64 (2): 237-241.
- [10] Pedreschi, F. and Moyano, P. 2005. Oil uptake and texture development in fried potato slices. *Journal of Food Engineering*. 70 (4): 557-563.
- [11] Kassama, L.S., 2003. Pore development in food during deep-fat frying. PhD thesis. McGill University.
- [12] Debnath, S., Bhat, K.K. and Rastogi, N.K. 2003. Effect of pre-drying on kinetics of moisture loss and oil uptake during deep fat frying of chickpea flour-based snack food. *LWT - Food Science and Technology*. 36 (1): 91-98.
- [13] Lee, K.A., and Brennan, C.P. 2005. Physico-chemical, textural and sensory properties of a fried cookie system containing soy protein isolate. *International Journal of Food Science & Technology*. 40 (5): 501-508.
- [14] Xue, J. 2007. Thermal and rheological properties of batter systems. PhD thesis. McGill University
- [15] Singh, P., Kumar, R., Sabapathy, S. N. and Bawa, A. S. 2008. Functional and edible uses of soy protein products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 7 (1): 14-28.
- [16] 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.
- [17] Shantha, N.C. and Decker, E.A. 1994. Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. *Journal of AOAC International*. 77: 21-424.
- [18] AOCS. 1993. Official methods and recommended practices of the american oil chemists' society. AOCS Press. Champaign. IL.
- [19] Bouchon, P., Aguilera, J.M. and Pyle, D.L. 2003. Structure oil-absorption relationships during deep-fat frying. *Journal of Food Science*. 68 (9): 2711-2716.
- [20] Ballard, T. 2003. Application of edible coatings in maintaining crispness of breaded fried foods. MSc. Thesis. the Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements.
- از نظر ارزیاب‌ها نمونه‌های دونات تحت شرایط دمایی و آرد مختلف هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری از لحاظ طعم، بافت، رنگ و پذیرش کلی با یکدیگر نداشتند. با توجه به نتایج به دست آمده پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی اثر سایر اجزاء فرمول مانند آردهای مختلف، مخمر، شکر، تخم‌مرغ، مارگارین و غیره و بر میزان جذب روغن و سایر ویژگی‌های آن و اثر روش‌های نوین فراوری مانند سرخ کردن تحت خلأ، امواج فراصوت، مایکروویو و غیره همچنین مورد بررسی قرار گیرد.
- ### ۵- منابع
- [1] Tan, K. J. and Mittal, G. S. 2006. Physicochemical properties changes of donuts during vacuum frying. *International Journal of Food Properties*. 9 (1): 85-97.
- [2] Shih, F.F., Daigle, K.W. and Clawson, E.L. 2001. Development of low oil-uptake donuts. *Institute of Food Technologists*. 66 (1): 141-144.
- [3] Mallikarjunan, P., Ngadi, M. and Chinnan, M. 2010. Breaded fried foods. Taylor & Francis Group.
- [4] Dueik, V., Robert, P. and Bouchon, P. 2010. Vacuum frying reduces oil uptake and improves the quality parameters. *Food Chemistry*. 119 (3): 1143-1149..
- [5] Mah, E. 2008. optimization of a pretreatment to reduce oil absorption in fully fried, battered and breaded chicken using whey protein isolate as a postbreading dip. MSc Thesis. Ohio University
- [6] Varela, P. and Fiszman, S.M. 2011. Hydrocolloids in fried foods. A review. *Food Hydrocolloids*. 25 (8): 1801-1812.
- [7] Singthong, J. and Thongkaew, C. 2009. Using hydrocolloids to decrease oil absorption in banana chips. *LWT - Food Science and Technology*. 42 (7): 1199-1203.
- [8] Melito, H. 2009. An Alternative Frying Process for Wheat and Gluten-Free Donuts. PhD thesis. North Carolina State University.
- [9] Rimac-Brnčić, S., Lelas, V., Rade, D. and simundic, B. 2004. Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat

The effect of replacing the isolated soy protein and temperature frying on reduction of donuts oil absorption

Ajam, M.¹, Niazmand, R.^{2*}, Gohari Ardabili, A.³

1. Young Researcher and Elite Club, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran

2. Department of Food Chemistry, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran

3. Department of Food Science and Technology, Bahar Faculty of Food Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

(Received: 93/8/6 Accepted: 93/10/13)

The aim of this study was to investigate the effect of frying temperature and replacement of soybean protein isolate (SPI) with wheat flour on chemical characteristics doughnuts. For this purpose samples doughnuts formulated replacement 3 and 7 percent SPI with wheat flour null and then fried at temperatures 150, 165 and 180 °C. Parameters moisture content, fat content, acid value, peroxide value and sensory properties were investigated. Statistical analysis was performed using a completely randomized factorial design. Means were compared using Duncan's test ($p \geq 0.05$) with each other. The results shown that, with increasing temperature and percentage replacement of wheat flour with SPI led to increasing moisture content and the oil content decreased in samples were doughnuts. Temperature increases from 150 °C to 180 °C in the process frying doughnuts Samples prepared with wheat flour, 3% and 7% SPI led to Increasing acid value oil absorbed in their 0.66, 0.64, 0.51 unit, respectively. Results of variance analysis showed significant effect type flour on the amount of hydroperoxides on oil is absorbed on case of donuts ($p \geq 0.05$). The results of the comparison means showed not follow the effect of the specific. The raters doughnuts Samples no significant difference in terms of our sensory evaluation ($p \geq 0.05$).

Keywords: Doughnuts, Oil uptake, Temperature, SPI

* Corresponding Author E-Mail Address: : r.niazmand@rifst.ac.ir