

بررسی اثر جایگزینی آرد سویا و عدس بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی دونات تخمیری

ماندانا خورسند^۱، مجید علی آبادی^{۲*}، جلیل جراحی فریز^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بیرجند، بیرجند، ایران

۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بیرجند، بیرجند، ایران

* نویسنده مسئول (m.aliabadi@iaubir.ac.ir)

۳- استادیار، گروه آمار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بیرجند، بیرجند، ایران

چکیده

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۲۵

واژه‌های کلیدی

آرد سویا

آرد عدس

خصوصیات فیزیکوشیمیایی

دونات

سرخ کردن عمیق

دونات یک نوع اسنک سرخ‌شده شیرین است که به‌عنوان میان‌وعده از آن استفاده می‌شود. کیفیت دونات سرخ‌شده به ظاهر (رنگ، شکل و درخشندگی)، عطر و طعم، بافت و ارزش تغذیه‌ای آن بستگی دارد. در این پژوهش مقدار صفر، ۱۵ و ۳۰ درصد آرد سویا و آرد عدس جایگزین آرد گندم در نمونه‌های دونات شد و تأثیر آن بر عوامل مؤثر بر کیفیت دونات مثل رنگ، بافت، تخلخل، حجم، میزان رطوبت و میزان روغن طی زمان سرخ کردن (۰، ۲، ۴، ۶ و ۸ دقیقه) مورد بررسی قرار گرفت. در پایان نیز ارزیابی حسی به‌منظور تعیین تأثیر آرد سویا و آرد عدس بر پذیرش دونات از نظر مصرف‌کنندگان، انجام شد. نتایج نشان داد جایگزینی آرد سویا و آرد عدس موجب کاهش از دست‌دادن رطوبت و جذب روغن و همچنین کاهش حجم، تخلخل و روشنایی در نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد گردید. ۳۰ درصد آرد سویا در فرمولاسیون دونات توانست ۲۰ درصد حفظ رطوبت را افزایش و ۱۰ درصد جذب روغن را کاهش دهد. در طی مدت زمان سرخ‌کردن نیز a^* افزایش یافت که در نمونه‌های حاوی آرد سویا این پارامتر به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر نمونه‌ها بود. نتایج آزمون حسی نشان داد که نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد سویا امتیاز پذیرش کلی بیشتری از نظر ارزیابان حسی داشت.

مقدمه

قهوه‌ای است. بخش داخلی نیز همانند فراورده‌های مشابه در طول سرخ‌شدن ژلاتینه می‌شود و رنگ آن سفید است (Tan & Mittal, 2006؛ ذوالفقاری، ۱۳۸۹). سرخ‌کردن عمیق^۱ در دنیا به‌صورت گسترده‌ای به‌عنوان یک فرایند مهم فراوری مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد و در سال‌های اخیر سرخ‌کردن به یکی از پر رشدترین فرایندهای مورد استفاده در صنعت غذاهای آماده تبدیل شده است که سالانه میلیاردها دلار سود اقتصادی دارد

دونات یکی از محصولات شیرین صنعت پخت می‌باشد که از طریق سرخ‌کردن عمیق تهیه می‌شود که به‌عنوان میان‌وعده مورد استفاده قرار می‌گیرد. خوشمزگی و پراورزی بودن این محصول باعث شده در بین محصولات شیرین حاصل از آرد گندم بسیار مورد توجه باشد. این شیرینی سرخ‌شده دارای دو قسمت اصلی پوسته و بخش داخلی می‌باشد. پوسته در تماس مستقیم با روغن داغ قرار می‌گیرد بنابراین دارای بیشترین جذب روغن و دفع رطوبت می‌باشد. رنگ پوسته، طلایی تا

¹ Deep-Fat Frying

کاهش جذب روغن تغییر در فرمولاسیون ماده غذایی است. حبوبات یکی از ترکیباتی می‌باشند که به دلیل خصوصیات چندگانه و متنوع کاهش جذب روغن در محصولات سرخ‌شده مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکرالهی یانچشمه و همکاران، ۱۳۹۲). حبوبات حاوی پروتئین بالایی هستند (۳۲-۱۸ درصد). خصوصیات عملکردی پروتئین‌های حبوبات مثل نگهداری آب، اتصال به چربی و ایجاد ژل، می‌تواند استفاده بالقوه از آنها را در پیشبرد انواع مختلفی از مواد غذایی گسترش دهد (Bamdad et al., 2009).

سویا یکی از اعضای خانواده حبوبات می‌باشد. دانه سویا پروتئین^۱ و لیزین^۲ فراوانی دارد. مصرف سویا به‌عنوان یک منبع پروتئینی در آسیا تاریخچه‌ای طولانی دارد. FAO^۳ سویا را در دسته دانه‌های روغنی قرار داده است. سویا پس از چربی‌گیری به ۳ نوع فرآورده دارای پروتئین بالا تبدیل می‌گردد که شامل آرد سویا، کنسانتره و ایزوله پروتئین سویا می‌باشد. سویا یکی از حبوباتی است که خواص تغذیه‌ای و حتی درمانی شگفت‌انگیزی دارد. پروتئین‌های موجود در سویا شامل اسیدهای آمینه ضروری می‌باشند (موسوی‌نسب و همکاران، ۱۳۸۷). به دلیل محدودیت پروتئین گندم از نظر اسیدهای آمینه لیزین و متیونین^۴، آرد سویا مکمل مناسبی برای آرد گندم بشمار می‌رود. سویا حاوی مقادیر قابل توجهی از املاح معدنی شامل کلسیم، آهن، سدیم، پتاسیم، روی و فسفر است (موسوی‌نسب و همکاران، ۱۳۸۷). استفاده از پروتئین سویا در فرآورده‌های حاصل از آرد گندم علاوه بر خواص تغذیه‌ای، بر کیفیت آنها نیز تأثیر می‌گذارد.

عدس نیز با نام علمی *لنس کولیناریس*^۵، از قدیمی‌ترین منابع غذایی است و مثل سایر حبوبات، بسیار مغذی بوده و غنی از املاح است. عدس با دارا بودن ۲۵ درصد پروتئین، ۵۶ درصد کربوهیدرات و ۱ درصد چربی به‌عنوان یک منبع باارزش و ارزان قیمت پروتئین است و برخلاف سایر حبوبات،

(Sahin & Sumnu, 2010). در این فرایند ماده غذایی در روغن داغ غوطه‌ور شده و به‌علت دمای بالای روغن و هدایت حرارتی آن به سرعت پخته می‌شود (Dogan et al., 2005).

در فرایند سرخ‌شدن و در اثر خروج رطوبت فضاهای خالی ماده غذایی و تخلخل آن افزایش یافته و روغن از راه همین فضاهای خالی وارد ماده غذایی می‌شود (علی‌پور و همکاران، ۱۳۸۸؛ Sahin & Sumnu, 2010). تبخیر شدید رطوبت از سطح ماده غذایی منجر به تشکیل لایه آب‌گیری شده می‌گردد که به تدریج به سمت مرکز حرکت کرده و پوسته را به وجود می‌آورد. دمای درونی محصول کمتر از ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد است اما همین دما برای واسرشته شدن اغلب پروتئین‌ها و ژلاتینه شدن نشاسته کفایت می‌کند و در اثر تغییرات ذکر شده ساختار ماده غذایی پس از سرخ‌شدن شکل جدیدی می‌یابد. واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی نیز در هنگام سرخ‌شدن توسعه می‌یابند و باعث گسترش رنگ قهوه‌ای و تجمع ترکیبات مولد عطر و طعم می‌گردند (Pedreschi et al., 2006).

دونات در آمریکا بزرگ‌ترین صنعت صبحانه در بین محصولات شیرین حاصل از گندم، به‌خود اختصاص داده است و پس از محصولات سیب‌زمینی، بیشترین مصرف را در بین اسنک‌ها دارد. باین حال میزان روغن در مواد غذایی سرخ‌شده ممکن است به ۵۰ درصد وزن کل ماده غذایی برسد (Dogan et al., 2005). از نظر تغذیه‌ای مصرف این مقدار چربی ممکن است باعث ایجاد بیماری‌هایی مثل افزایش فشارخون، کلسترول خون، چاقی و بیماری‌های قلبی-عروقی شود و از طرف دیگر، چربی بیشتر در ماده غذایی سرخ‌شده، قیمت محصول را نیز افزایش می‌دهد (ذوالفقاری، ۱۳۸۹؛ امیریوسفی، ۱۳۸۹).

مطالعه‌های زیادی در زمینه کاهش جذب روغن طی فرایند سرخ‌کردن انجام شده است. برخی از روش‌های کاهش جذب روغن شامل: تغییر روش‌های سرخ‌کردن، اصلاح محیط سرخ‌کردن، استفاده از روش‌های خارج‌کردن روغن پس از سرخ‌کردن (Ziaifar et al., 2008) و استفاده از پیش‌فرایندهای سرخ‌کردن، خمیرها و پوشش‌هاست. از دیگر روش‌های

¹ Soybean Seed

² Lysine

³ Food And Agricultural Organization

⁴ Methionine

⁵ *Lens Culinaris*

تولید دونات

ابتدا مواد خشک مورد استفاده شامل آرد (۵۰۰ گرم)، شیر خشک (۲۰ گرم)، نمک، زانتان، وانیل پس از ۱ ساعت نگهداری در دمای اتاق با هم مخلوط شده و سپس با استفاده از الک با مش ۱۰ الک شدند. سایر افزودنی‌ها (خمیرمایه (۱۲ گرم)، کره (۸۰ گرم)، تخم‌مرغ (۱۰۰ گرم) و شکر (۸۰ گرم) به آب (۱۰۰ میلی‌لیتر) اضافه و به مدت ۱ دقیقه با استفاده از همزن خانگی (کاتامو ۹۷۶۴۵۵۲، ساخت ژاپن) هم‌زده شد. مواد خشک پس از الک‌شدن به مواد مایع اضافه شد و سپس به مدت ۵ دقیقه با خمیرگیر (Huger مدل HG550TMEM، ساخت ایران) ورز داده شد تا خمیری یکنواخت و نرم به دست آید (قیطران‌پور، ۱۳۹۲).

به منظور بررسی تأثیر افزودن آرد سویا و آرد عدس (جدول ۱) بر ویژگی‌های دونات، نمونه‌های مورد آزمایش با استفاده از مخلوط این آردها با صفر، ۱۵ و ۳۰ درصد جایگزینی با آرد گندم تولید شد. خمیر تهیه شده با استفاده از وردنه به ضخامت تقریبی ۱ سانتی‌متر پهن شد. برای اطمینان از یکنواختی ضخامت خمیر، قسمت‌های مختلف آن با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد. خمیر دونات با استفاده از قالب‌هایی با قطر خارجی ۷/۵ سانتی‌متر و قطر داخلی ۱ سانتی‌متر قالب‌زنی شد.

در ادامه کاغذ روغنی روی سینی‌های آون قرار گرفت سپس روی آنها مقداری آرد پاشیده شد. برش‌های خمیر پس از قالب‌زنی روی این کاغذها گذاشته شدند و سطح بالایی آنها به منظور جلوگیری از خشک‌شدن در مدت گرم‌خانه‌گذاری، با آب‌پاش مرطوب شد. نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند.

در انتها، سرخ‌کردن دونات در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و در بازه‌های زمانی صفر، ۲، ۴، ۶ و ۸ دقیقه صورت گرفت. فرایند سرخ‌شدن به روش امیریوسفی (۱۳۸۹) انجام گرفت.

عوامل سمی و ضدتغذیه‌ای کمی در آن گزارش شده است (Bamdad *et al.*, 2009). خصوصیات عملکردی پروتئین‌های آن مثل نگهداری آب، اتصال به چربی و ایجاد ژل، موجب افزایش استفاده بالقوه آن در انواع مختلفی از مواد غذایی شده است (Bamdad *et al.*, 2009). مصرف منظم عدس به کاهش کلسترول، سرطان روده و دیابت نوع ۲ کمک می‌کند.

ذوالفقاری (۱۳۸۹) تأثیر نوع پوشش هیدروکلوئیدی و افزودن آرد سویا بر ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی دونات را مورد مطالعه قرار داد. نتایج به دست آمده نشان داد که استفاده از آرد سویا در فرمولاسیون دونات میزان رطوبت و روغن آن را تغییر نداد ولی حجم محصول را کاهش داد.

قیطران‌پور (۱۳۹۲) اثر ایزوله پروتئین سویا بر نمونه‌های دونات و تأثیر آن بر عوامل مؤثر در کیفیت دونات مثل رنگ، بافت، تخلخل، حجم و میزان روغن طی زمان سرخ‌کردن و نگهداری مورد بررسی قرار داد. باتوجه به مضرات بالابودن درصد روغن در فرآورده‌های سرخ‌شده و غنی‌سازی محصولات آردی با حبوبات به منظور بهبود میزان پروتئین و املاح معدنی، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر افزودن آرد سویا و عدس در سطوح صفر، ۱۵ و ۳۰ درصد بر میزان جذب روغن، دفع رطوبت، ویژگی‌های فیزیکی و حسی دونات انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

مواد مورد نیاز برای تولید خمیر دونات شامل آرد گندم (صنایع آرد گلبرگ)، شیر خشک، نمک (شرکت دردانه)، صمغ زانتان (سیگما)، وانیل، شکر (شرکت لادن)، خمیرمایه (شرکت خمیرمایه رضوی)، بیکنینگ‌پودر (ضامن، شرکت اطمینان هدف طوس)، کره (شرکت لبنیات پاستوریزه پاک)، تخم‌مرغ (تلاونگ)، شکر (لادن، شرکت صنعتی بهشهر)، وانیل و آبلیمو (یکویک) تهیه شد. حلال هگزان (شرکت مجللی) و آرد سویا و عدس (شرکت کاهر) خریداری گردید. از روغن گیاهی بدون موم نینا برای سرخ‌کردن نمونه‌های دونات استفاده شد.

جدول ۱ - درصد ترکیبات شیمیایی (برمبنای وزن خشک)
آرد گندم، سویا و عدس

نوع آرد	رطوبت (درصد)	پروتئین (درصد)	چربی (درصد)	خاکستر (درصد)
آرد گندم	۱۱	۱۱/۶	۱/۷۵	۰/۸۵
آرد عدس	۷	۲۶	۲	۲
آرد سویا	۶	۴۱	۴/۵	۵/۵۰

اندازه‌گیری محتوای رطوبتی

جهت اندازه‌گیری محتوای رطوبتی نمونه‌های دونات مطابق با استاندارد AACC (۱۹۸۶) انجام گرفت. میزان آفت رطوبت دونات طی سرخ‌شدن نیز با استفاده از رابطه (۱) و (۲) تعیین شد (امیریوسفی، ۱۳۸۹).

رابطه (۱)

$$\text{میزان رطوبت} = \frac{\text{وزن نمونه بعد از آون گذاری} - \text{وزن نمونه قبل از آون گذاری}}{\text{وزن نمونه قبل از آون گذاری}}$$

رابطه (۲)

$$\text{آفت رطوبت} = \frac{\text{درصد رطوبت بعد از سرخ شدن} - \text{درصد رطوبت قبل از سرخ شدن}}{\text{درصد رطوبت قبل از سرخ شدن}}$$

اندازه‌گیری محتوای چربی

اندازه‌گیری چربی دونات با استفاده از روش علی‌پور و همکاران (۱۳۸۸) و با سوکسله صورت گرفت. محتوای روغن و میزان جذب روغن به ترتیب با استفاده از رابطه‌های (۳) و (۴) اندازه‌گیری شد (ذوالفقاری، ۱۳۸۹؛ امیریوسفی، ۱۳۸۹).

رابطه (۳)

$$\text{میزان روغن} = \frac{\text{وزن نمونه بعد از سوکسله} - \text{وزن نمونه قبل از سوکسله}}{\text{وزن نمونه قبل از سوکسله}}$$

رابطه (۴)

$$\text{جذب روغن} = \frac{\text{درصد روغن بعد از سوکسله} - \text{درصد روغن قبل از سوکسله}}{\text{درصد روغن قبل از سوکسله}}$$

اندازه‌گیری حجم

روش استفاده از جایجایی دانه‌های ریز برای تعیین حجم دونات به کار رفت (Garimella Purna et al., 2011). حجم دونات با استفاده از رابطه (۵) به دست آمد.

رابطه (۵)

حجم ارزن باقی‌مانده - حجم ظرف = حجم دونات

بافت

بررسی بافت نمونه‌های دونات با استفاده از دستگاه بافت‌سنج^۱ (مدل بروکفیلد، QTS، ساخت انگلستان) و توسط آزمون TPA صورت گرفت. در این آزمایش ابتدا تیمارهای مختلف دونات که به صورت برش‌های یکسان با ابعاد ۲×۲×۲ سانتی‌متر توسط تیغ بریده شده بود روی صفحه نگهدارنده قرار داده شد. 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 آن را فشرده کرد. این آزمایش بدون زمان تأخیر بین آزمون اول و دوم انجام شد و داده‌های مربوط به سختی^۲، صمغیت^۳، قابلیت جویدن^۴ و پیوستگی^۵ ثبت گردید (Caballero et al., 2007).

تصویرگیری و پردازش تصاویر

استخراج پارامترهای رنگ

جهت استخراج پارامترهای رنگی از تصاویر دونات، تغییر فضای رنگی از RGB به L*a*b* با استفاده از نرم‌افزار ImageJ مطابق روش امیریوسفی (۱۳۸۹) انجام شد.

استخراج پارامتر تخلخل

تصاویر تهیه شده، توسط نرم‌افزار فتوشاپ نسخه ۸ پیش‌پردازش شدند. به طوری که تصاویر برحسب اندازه واقعی مقیاس گذاری شده، بخشی از آن با ابعاد یکسان جدا شد. سپس تصاویر را تبدیل به فرم باینری نموده و آستانه‌گیری توسط یک برنامه توسعه یافته متلب و آستانه‌گیری توسط یک برنامه توسعه یافته متلب (Mathworks, v7. 5.0, USA) مطابق روش قیطان‌پور (۱۳۹۲) انجام شد.

¹ Texture Analyzer

² Hardness

³ Gumminess

⁴ Chewiness

⁵ Cohesivness

ارزیابی حسی

به منظور بررسی میزان تأثیر متغیرهای درصد آرد سویا و آرد عدس بر پذیرش این محصول توسط مصرف کننده مطابق روش ذوالفقاری (۱۳۸۹) انجام شد.

طرح آماری

تیمارها، نوع و درصد آرد جایگزین آرد گندم و زمان سرخ کردن بود. نتایج هر یک از آزمون‌ها براساس طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل و در سطح احتمال ۵ درصد تجزیه و تحلیل شد برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن و نرم افزار SPSS در ۳ تکرار استفاده شد.

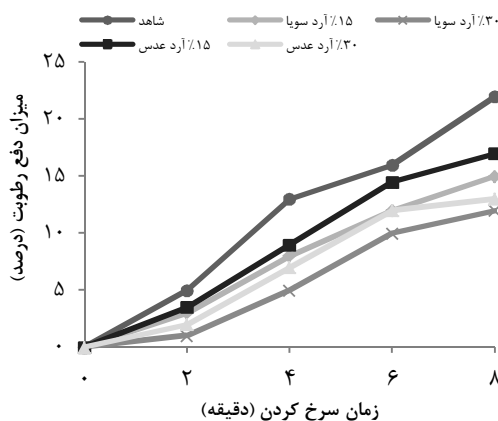
نتایج و بحث

دفع رطوبت

مطابق نتایج آنالیز واریانس اثر زمان سرخ کردن، فرمولاسیون با درصدهای مختلف آرد و اثر متقابل این دو فاکتور بر دفع رطوبت در سطح ۹۵ درصد معنی دار بود. همان‌طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود با افزایش زمان سرخ کردن، ازدست‌دادن رطوبت در تمامی نمونه‌های دونات افزایش یافت. در نمونه شاهد ازدست‌دادن رطوبت بعد از گذشت ۸ دقیقه ۲۲/۴۵ درصد رسید. در سایر نمونه‌ها با افزودن آرد سویا و عدس به‌طور قابل ملاحظه‌ای این پارامتر کاهش یافت. این نتیجه با گزارش سایر محققین مطابقت دارد (Tan & Mittal, 2006; Vélez-Ruiz & Sosa-Morales, 2003).

همان‌طور که در شکل‌های (۱) و (۲) مشخص است حضور آرد سویا و عدس در فرمولاسیون دونات در میزان دفع رطوبت و محتوای رطوبت نمونه‌های دونات بعد از طی فرایند سرخ کردن، اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) ایجاد کرد. کمترین میزان رطوبت در نمونه شاهد و بیشترین در نمونه حاوی ۳۰ درصد آرد سویا بود. محتوای رطوبتی دونات وابسته به ظرفیت نگهداری آب ترکیبات آن است و تحقیقات متعددی بیانگر بالاتر بودن ظرفیت نگهداری آب، آرد سویا نسبت به آرد گندم بوده‌اند. Singh و همکاران (۲۰۰۸) در این مورد گزارش داده‌اند که ایزوله پروتئین سویا قادر است از ۱۵۰ تا ۴۰۰ درصد وزن خود آب جذب کند. به همین خاطر با افزایش درصد ایزوله پروتئین سویا و پیوندهای آب‌دوست آن، ظرفیت جذب آب خمیر دونات نیز افزایش می‌یابد. Lee و Brenand (۲۰۰۵) گزارش دادند که آب جذب شده توسط ایزوله پروتئین سویا، به صورت فیزیکی در شبکه پروتئینی به دام می‌افتد و جدا کردن آن از پروتئین مشکل است. به همین خاطر می‌توان رطوبت بالا و آفت رطوبت پایین دونات حاوی ایزوله پروتئین سویا را به حضور این ماده نسبت داد. Dogan و همکاران (۲۰۰۵) افزایش نسبی محتوی رطوبت در نمونه‌های سرخ شده را می‌توان ناشی از ظرفیت بالای پروتئین‌های سویا برای اتصال با آب و قابلیت تشکیل فیلم این پروتئین‌ها در طی فرایند حرارت‌دادن، دانست. همچنین افزایش ویسکوزیته ظاهری نسبت به خمیرابه شاهد مانع از خروج رطوبت از نمونه می‌شود که می‌توان به بالا بودن میزان جذب آب و حلالیت بیشتر پروتئین‌های سویا نسبت داد.

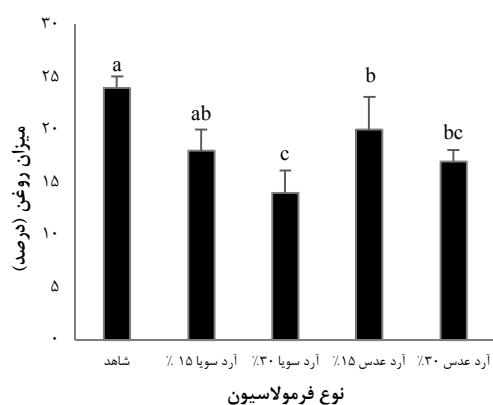
Kilincceker و همکاران (۲۰۱۳) و Kilincceker و Hepsag (۲۰۱۱) اثر آرد عدس و نخود بر کوفته مرغ و فیله ماهی سرخ شده به ترتیب بررسی کردند و گزارش نمودند که محتوای رطوبت نمونه‌های پوشیده شده با آرد عدس و نخود به‌طور معنی‌داری بیشتر از نمونه شاهد می‌باشد که در مورد آرد عدس می‌توان به اندازه ذرات کوچک‌تر و محتوی پروتئین بیشتر آن نسبت داد.



شکل ۱ - تأثیر جایگزینی آرد سویا و عدس بر درصد دفع رطوبت از دونات طی سرخ شدن

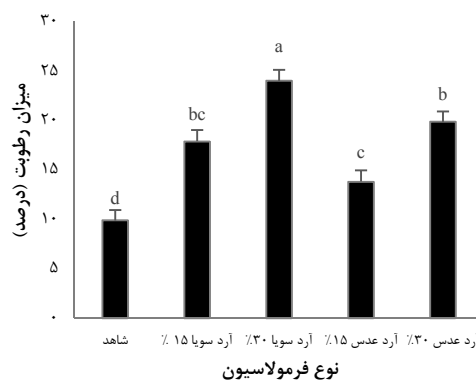
همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود، بالاترین سرعت افزایش محتوای روغن دونات در ۲ دقیقه آغازین سرخ کردن صورت می‌گیرد و بعد از آن نمودار با شیب ملایمی رشد می‌یابد، که احتمالاً به دلیل حذف سریع رطوبت سطحی در ابتدای سرخ کردن و جایگزینی روغن می‌باشد. Debnath و همکاران (۲۰۰۳) و Pedreschi و همکاران (۲۰۰۶) به نتایج مشابهی اشاره کردند.

افزودن آرد سویا و عدس موجب کاهش درصد جذب روغن پس از ۸ دقیقه سرخ کردن نسبت به نمونه شاهد شد. شکل (۴) نشان داد که با افزودن ۳۰ درصد آرد سویا به فرمولاسیون دونات پس از پایان فرایند سرخ کردن، میزان روغن تقریباً ۱۳ درصد که این میزان برای نمونه شاهد تقریباً ۲ برابر بود. این امر می‌تواند از طرفی به دلیل کاهش رطوبت تبخیر شده از دونات هنگام سرخ شدن باشد و از طرف دیگر به علت انعقاد پروتئین سویا و عدس در سطح و ممانعت از ورود روغن به داخل بافت دونات باشد که با نتایج سایر محققین همخوانی داشت (Singh *et al.*, 2008; Lee & Brennan, 2005). اما آرد عدس نتوانست مانند آرد سویا در زمینه کاهش از دست دادن رطوبت و جذب روغن عمل کند که احتمالاً به خصوصیات عملکردی ضعیف و ویسکوزیته پایین تر آن نسبت به آرد سویا مرتبط می‌شود.



شکل ۴ - تأثیر جایگزینی آرد سویا و عدس بر میزان روغن دونات طی سرخ شدن

عجم و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند با افزایش درصد جایگزینی ایزوله پروتئین سویا با آرد گندم

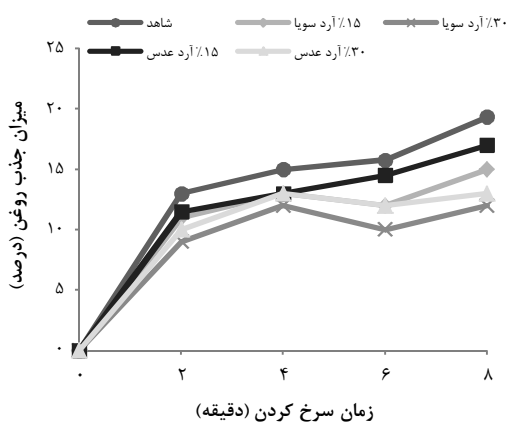


شکل ۲ - تأثیر جایگزینی آرد سویا و عدس بر میزان رطوبت دونات طی سرخ شدن

جذب روغن

مقدار روغن از جمله عوامل کیفی مهم در محصولات سرخ شده است. عوامل متعددی مثل سطح فرآورده، نوع ارتباط ماده سرخ کردنی با روغن و ویژگی‌های روغن و محصول بر آن تأثیر می‌گذارد (Mallarjunan *et al.*, 2010). بر طبق نتایج آنالیز واریانس اثر زمان سرخ کردن، نوع فرمولاسیون دونات، اثر متقابل این دو فاکتور بر میزان جذب روغن دونات در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بود.

همان‌طور که انتظار می‌رفت افزایش زمان سرخ کردن به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) جذب روغن دونات سرخ شده را افزایش داده است (شکل ۳). هنگامی که ماده غذایی وارد روغن می‌شود، رطوبت به سرعت از ماده غذایی خارج شده و این پدیده با ورود روغن به ماده غذایی همراه است (Tan & Mittel, 2006).



شکل ۳ - تأثیر جایگزینی آرد سویا و عدس بر درصد جذب روغن از دونات طی سرخ شدن

فرایند سرخ کردن، شرح داده شود. مرحله ورا آمدن خمیر، در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه انجام می شود در این مرحله مخمر شروع به فعالیت کرده و با تخمیر قندها، دی اکسید کربن و الکل آزاد می کند. هم زمان شبکه گلوتهی نیز تشکیل و توسعه می یابد. در نتیجه مقداری از دی اکسید کربن تولیدی از بافت خارج و قسمتی از آن در شبکه گلوتهن توزیع می گردد. تغییرات یاد شده باعث می شوند که در پایان این فرایند خمیر دونات متخلخل و منبسط شده، پر از حباب های حاصل از گاز گردد و از ساختار کف مانند با سلول های گازی مجزا به ساختار اسفنجی با حفره های مرتبط به هم تبدیل شود (پایان، ۱۳۸۷؛ ذوالفقاری، ۱۳۸۹).

در دونات عمل آوری شده توسط مخمر، از لحظه آغاز فرایند سرخ کردن تا زمانی که مخمر غیر فعال شود، تولید گاز دی اکسید کربن ادامه می یابد. با افزایش دما حلالیت دی اکسید کربن کاهش می یابد و باعث افزایش حجم می شود. تبخیر آب و سایر گازهای فرار هم باعث حجم سلول های گاز می شود (Zhang *et al.*, 2007). به همین دلیل در دقایق اولیه سرخ کردن، افزایش حجم قابل ملاحظه ای در نمونه ها مشاهده شد. با ادامه فرایند سرخ کردن، روند افزایش حجم متوقف می شود که به دلیل ایجاد مقاومت در دیواره سلول های گاز نسبت به انبساط می باشد. نشاسته موجود در دیواره سلول های گاز در دمای ۶۵ درجه سانتی گراد ژلاتینه شده و ویسکوزیته و قابلیت انبساط خمیر را تغییر می دهد و انعطاف پذیری دیواره سلول ها کاهش می یابد تا جایی که افزایش گاز منجر به پاره شدن دیواره سلول می شود (Zhang *et al.*, 2007). در دقایق انتهایی سرخ شدن، ممکن است به خاطر ایجاد پوسته و کاهش انعطاف پذیری و ضخامت دیواره حباب های هوا، خروج بخار آب از آنها اتفاق افتاده و جمع شدگی محصول و کاهش حجم به وجود آید (Kim *et al.*, 2011). مشابه نتایج به دست آمده توسط Vélez-Ruiz و Sosa-Morales (۲۰۰۳) در ۲ دقیقه اول سرخ کردن به دلیل انبساط گازهای درون شبکه خمیر و گسترش خمیر، حجم به سرعت افزایش یافته، سپس تا پایان

موجب افزایش محتوی رطوبت و کاهش محتوی روغن در نمونه های دونات شد. دونات های تهیه شده با ۷ درصد ایزوله پروتئین سویا 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 می شود. به همین دلیل جدا شدن مولکول های آب سخت تر شده که به کاهش تبخیر آب طی سرخ کردن منجر می شود. این امر با کاهش جایگزینی روغن با آب در دونات های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا طی سرخ کردن همراه است. Lee و Brennan (۲۰۰۵) بیان کردند که در کلوچه های یاکوا^۱ تهیه شده از آرد گندم با ۱۵ درصد جایگزینی ایزوله پروتئین سویا و سرخ شده، محتوی رطوبت و پروتئین افزایش و محتوی چربی کاهش یافت بدون اینکه مقبولیت پذیرش آنها کاهش یابد. Shih و همکاران (۲۰۰۱) نیز دریافتند که با جایگزین کردن بخشی از آرد گندم با آرد برنج اصلاح شده (دانه بلند ژلاتینه یا پیش پخت شده، نشاسته برنج استیله شده) در دونات ها نه تنها ویژگی های مطلوب دونات سنتی حفظ شد بلکه میزان جذب روغن نمونه ها تا ۶۴ درصد کاهش یافت. همچنین استحکام و قوام خمیر و میزان رطوبت آنها نسبت به نمونه های تهیه شده از آرد برنج اصلاح نشده بالاتر بود.

حجم

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر متغیرهای مستقل در سطح ۹۹ درصد بر حجم دونات معنی دار بوده است. جدول (۲) تغییرات حجم نمونه های دونات را طی فرایند سرخ کردن، نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود با شروع سرخ کردن تمام تیمارهای دونات افزایش حجم داشتند و بیشترین درصد افزایش حجم در نمونه شاهد مشاهده شد. در ادامه فرایند، تغییرات حجم روند کاهشی داشت.

برای توجیه این روند ابتدا باید تغییرات به وجود آمده در حین عمل آوری خمیر دونات قبل از

¹ Yackwa Cookie

دونات تا دقیقه ۴ افزایش و سپس کاهش یافت. براساس نتایج به دست آمده، تخلخل ارتباط مستقیمی با حجم دارد و هرچه تخلخل افزایش یابد حجم نیز بیشتر می شود.

از طرف دیگر با افزودن آرد سویا و عدس روند تغییرات تخلخل در حین سرخ شدن نیز دچار تغییراتی می شود. همان طور که در جدول (۲) نشان داده شده است، با افزودن جایگزینی آرد سویا و عدس به فرمولاسیون دونات، تخلخل دونات به صورت معنی داری کاهش یافت ($P < 0.05$). کاهش تخلخل به وجود آمده می تواند به آن دلیل باشد که با افزودن آرد سویا و عدس به خمیر، گلو تن به اندازه کافی گسترش نیافته و ظرفیت نگهداری گاز در آن کاهش می یابد (Ribota et al., 2005) و همین امر باعث می شود که تغییرات تخلخل به اندازه نمونه شاهد افزایش نیابد. این نتیجه با نتایج اندازه گیری حجم مطابقت داشت و افزایش درصد آرد سویا و عدس، حجم را کاهش داد.

Shih و همکاران (۲۰۰۱) نیز گزارش کردند که با جایگزین کردن بخشی از آرد گندم با آرد برنج اصلاح شده در فرمولاسیون دونات ها، حجم و تخلخل مغز دونات نسبت به نمونه شاهد کاهش قابل ملاحظه ای می یابد. Bojaj و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که آرد سویا در مقایسه با آرد گندم در نان های حجیم، ظرفیت نگهداری گاز را کاهش می دهد، بنابراین تخلخل به اندازه کافی افزایش نمی یابد.

ذوالفقاری (۱۳۸۹) دریافت که با افزایش درصد ایزوله پروتئین سویا به دونات، علاوه بر افزایش جذب آب و انعقاد این پروتئین در سطح دونات، چگالی نیز افزایش می یابد که به معنی کاهش تخلخل در دونات است. این عامل نیز به کمک سایر تغییرات ناشی از افزودن ایزوله پروتئین سویا باعث کاهش جذب روغن دونات می گردد.

سرخ کردن با روند پایدار، اندکی کاهش می یابد. کاهش حجم ممکن است تشکیل پوسته و خروج بخار آب و جمع شدگی خفیف محصول ایجاد شده باشد.

همان گونه که در جدول (۲) مشاهده می شود، با جایگزینی آرد سویا و عدس در فرمولاسیون دونات به طور معنی داری ($P < 0.05$) حجم دونات کاهش می یابد. آرد گندم با خصوصیات منحصربه فرد از جمله تشکیل شبکه گلو تنی قدرت نگهداری گاز و افزایش حجم دارد، با توجه به اینکه عوامل تولید گاز در شبکه خمیر، مخمر و بیکنگ پودر می باشند و با جایگزینی آرد سویا و عدس، گسترش شبکه گلو تنی خمیر محدود شده و نگهداری گاز کاهش می یابد. Funami و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند، افزودن ۵ درصد پروتئین سویا به نان حجم مخصوص آن را کاهش داد. در تحقیق دیگر، Ribota و همکاران (۲۰۰۵) دریافتند افزودن آرد سویا و ایزوله پروتئین سویا به خمیر به طور معنی داری ظرفیت نگهداری گاز را در خمیر کاهش می دهد. همچنین طی زمان تخمیر تمام محصولات سویا حجم خمیر را کاهش دادند و افزایش درصد سویا میزان کاهش حجم را افزایش داد. آنها بیان کردند آرد سویا و سایر آرد حبوبات، باعث می شوند شبکه گلو تنی تشکیل شده نفوذ پذیری بیشتری به گاز دی اکسید کربن داشته باشد و فراریت آن را افزایش می دهد.

تخلخل

در طی فرایند سرخ کردن با ادامه حرارت دهی، گاز دی اکسید کربن تولید می شود تا زمانی که مخمر غیرفعال شود. با افزایش دما، حلالیت گاز دی اکسید کربن کاهش یافته، فراریت مولکول های گازهای فرار افزایش می یابد. در نهایت، ساختار کف مانند خمیر با سلول های گاز جدا از هم به یک ساختار اسفنجی با سلول های گاز مرتبط با یکدیگر تبدیل می شود. نتایج به دست آمده نشان داد (جدول ۲)، که با افزایش زمان سرخ کردن میانگین تخلخل نمونه های

جدول ۲ - تأثیر جایگزینی آرد سویا و عدس بر حجم و تخلخل دونات طی سرخ شدن

آرد عدس		آرد سویا		شاهد	زمان سرخ کردن	
۳۰ درصد	۱۵ درصد	۳۰ درصد	۱۵ درصد			
۱۳۴±۳۴ ⁱ	۱۲۸±۷۳ ^j	۱۴۵±۵۴ ^{gh}	۱۳۲±۲۶ ^{ij}	۱۵۰±۳۲ ^f	۰	حجم (مترمکعب)
۱۶۳±۱۸ ^{cd}	۱۵۴±۱۲ ^e	۱۶۵±۱۸ ^c	۱۶۰±۴۲ ^d	۱۷۵±۱۳ ^a	۲	
۱۵۴±۱۹ ^e	۱۴۷±۲۶ ^g	۱۶۳±۲۱ ^{cd}	۱۵۷±۴۳ ^{cd}	۱۶۹±۴۳ ^b	۴	
۱۵۰±۵۴ ^f	۱۴۵±۲۹ ^{gh}	۱۶۲±۸۱ ^{cd}	۱۵۵±۲۵ ^{de}	۱۶۴±۲۱ ^c	۶	
۱۴۸±۳۳ ^f	۱۴۱±۴۵ ^h	۱۵۵±۳۳ ^{de}	۱۵۲±۷۲ ^e	۱۶۲±۵۱ ^{cd}	۸	
۱۳/۴۲±۸/۴ ^{ef}	۱۲/۸۹±۹/۳ ^f	۱۴/۵۵±۳/۵ ^{ef}	۱۳/۲۴±۵/۳ ^f	۱۵/۲۱±۴/۳ ^e	۰	تخلخل (درصد)
۱۸/۳۶±۹/۶ ^{cd}	۱۷/۴۷±۶/۴ ^d	۱۸/۵۶±۸/۳ ^{cd}	۱۸/۰۸±۱۱/۴ ^d	۱۹/۵۰±۳/۶ ^c	۲	
۱۹/۸۴±۱۱/۳ ^c	۲۰/۱۱±۷/۶ ^c	۲۱/۵۱±۱۱/۲ ^b	۲۱/۳۴±۱۲/۳ ^b	۲۳/۲۰±۲/۹ ^a	۴	
۱۵/۹۶±۱۲/۳ ^d	۱۶/۵۳±۲/۶ ^d	۱۸/۲۷±۶/۴ ^{cd}	۱۹/۵۱±۷/۴ ^c	۲۱/۴۱±۱۳/۱ ^b	۶	
۱۵/۴۲±۹/۸ ^e	۱۵/۷۲±۱۲/۱ ^{de}	۱۸/۳۵±۷/۴ ^{cd}	۱۷/۷۲±۸/۴ ^{cd}	۱۹/۹۳±۸/۸ ^c	۸	

اعداد میانگین سه تکرار می باشد و به صورت میانگین \pm انحراف معیار گزارش شده است. حروف کوچک متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) می باشد.

بافت

که موجب نرم تر شدن بافت می گردد. برآیند این دو اثر، سختی بافت نهایی دونات را تعیین می کند. با افزایش درصد جایگزینی آرد سویا به فرمولاسیون دونات، به دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب سختی کاهش، قابلیت جویدن و پیوستگی افزایش می یابد. نتایج به دست آمده با یافته های Lee و Brenand (۲۰۰۵) همخوانی نداشت. آنها گزارش دادند که نیروی مورد نیاز برای فشردن یاکوا با افزایش درصد ایزوله پروتئین سویا تا ۱۵ درصد، بیشتر می شود.

با افزودن آرد عدس به دلیل ایجاد پیوندهای کووالانسی قوی باعث ایجاد یک شبکه سبب بعدی شده که موجب افزایش سختی، کاهش قابلیت جویدن و پیوستگی می شود. Kilinceker و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که آرد عدس و آرد نخود سختی و تردی را در کوفته های مرغ افزایش دادند.

آنالیز واریانس داده های بافت دونات نشان داد که جایگزینی آرد سویا و عدس بر پارامترهای سختی، صمغی بودن و قابلیت ارتجاعی بافت، تأثیر معنی داری ($P < 0.05$) داشته و بر پارامترهای پیوستگی و قابلیت جویدن تأثیر معنی داری ($P > 0.05$) نداشتند. جدول (۳) تأثیر افزودن غلظت های مختلف آرد سویا و عدس بر بافت دونات سرخ شده را نشان می دهند.

سختی یکی از مهم ترین پارامترهای بافت دونات است زیرا می تواند بر پذیرش نهایی محصول توسط مصرف کننده تأثیر داشته باشد. افزودن پروتئین بر فرمولاسیون دونات دو تأثیر می گذارد، از یک سو با افزودن پروتئین، تعداد پیوندهای پروتئین-پروتئین افزایش می یابد که باعث افزایش سختی بافت شده و از سوی دیگر پروتئین، ظرفیت جذب آب را افزایش داده

جدول ۳ - تأثیر جایگزینی آرد سویا و عدس بر پارامترهای بافتی دونات سرخ شده

آرد عدس		آرد سویا		شاهد	پارامترهای بافت / فرمولاسیون
۳۰ درصد	۱۵ درصد	۳۰ درصد	۱۵ درصد		
۱۳/۴۱±۶/۳ ^a	۱۱/۲۳±۵/۱ ^b	۶/۲۴±۲/۳ ^d	۸/۳۴±۱/۲ ^{cd}	۹/۱۲±۳/۴ ^c	سختی (N)
۷/۱۲±۲/۴ ^{cd}	۸/۲۵±۳/۳ ^c	۱۱/۱۶±۳/۵ ^a	۱۰/۱۱±۴/۷ ^b	۹/۴۲±۴/۵ ^{bc}	ارتجاعی (میلی متر)
۵/۳۴±۱/۴ ^b	۴/۲۱±۱/۷ ^c	۷/۰۹±۲/۵ ^a	۵/۱۲±۲/۳ ^b	۴/۰۳±۱/۲ ^c	صمغی (N)
۰/۰۴±۰/۰۳ ^a	۰/۰۴±۰/۰۳ ^a	۰/۰۵±۰/۰۱ ^a	۰/۰۵±۰/۰۲ ^a	۰/۰۵±۰/۰۱ ^a	پیوستگی (Nm)
۰/۴۱±۰/۲ ^a	۰/۴۲±۰/۱ ^a	۰/۴۲±۰/۲ ^a	۰/۴۳±۰/۳ ^a	۰/۴۴±۰/۲ ^a	قابلیت جویدن

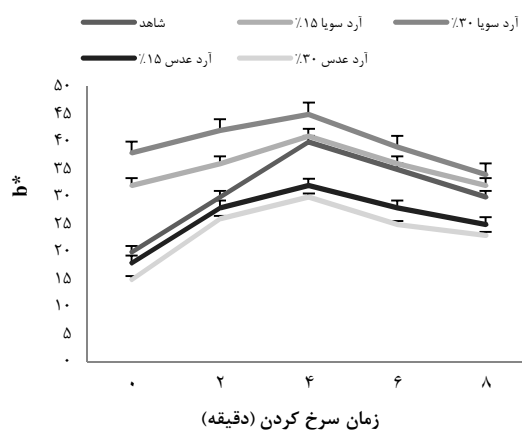
اعداد میانگین سه تکرار می باشد و به صورت میانگین \pm انحراف معیار گزارش شده است. حروف کوچک متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) بین سطرها می باشد.

رنگ

درجه سانتی‌گراد، ۲-۳ برابر افزایش می‌یابد (Mallarjuna *et al.*, 2010).

علاوه بر این در شکل (۵) نشان داده شده است که با جایگزینی آرد سویا و آرد عدس به فرمولاسیون دونات، به ترتیب پارامتر زردی نمونه‌ها افزایش و کاهش می‌یابد. که این مورد به رنگ آردهای جایگزین شده مرتبط می‌شود. رنگ آرد عدس در محور آبی-زرد در محدوده آبی و آرد سویا در محدوده زرد قرار دارد.

قیطران‌پور (۱۳۹۲) گزارش داد که زمان سرخ کردن تأثیر معنی‌داری بر پارامتر b^* در مغز دونات نداشت و میزان آن به‌طور متوسط ۴/۵ بود. اما ایزوله پروتئین سویا باعث افزایش معنی‌دار این فاکتور در مغز دونات شد به‌طوری‌که پارامتر b^* دونات سرخ‌شده حاوی ۵ درصد ایزوله پروتئین سویا حدود ۳ واحد بیشتر از نمونه شاهد بود. Lee و Brennard (۲۰۰۵) نیز در تحقیقی مشابه دریافتند که با افزودن ۵ درصد ایزوله پروتئین سویا به کلوچه یاکوا، پارامتر b^* مغز این کلوچه افزایش می‌یابد.



شکل ۵ - تأثیر جایگزینی آرد سویا و عدس بر فاکتور زردی دونات طی سرخ شدن

فاکتور قرمزی (a^*)

تغییرات پارامتر a^* (قرمز-سبز) در هنگام سرخ شدن نمونه‌های دونات در شکل (۶) نشان داده شده است. باتوجه به شکل (۶) در آغاز فرایند سرخ کردن رنگ تمام نمونه‌ها در محدوده سبز قرار داشته و با ادامه فرایند سرخ کردن رنگ تیمارهای مختلف دونات به

رنگ اولین فاکتوری است که مصرف‌کننده مشاهده می‌کند و بر پذیرش مصرف‌کننده تأثیر بسزایی دارد بنابراین تعیین تغییرات رنگ طی فرایند تولید و تشخیص اثر فاکتورهای مختلف بر آن از نقطه نظر تجاری قابل توجه می‌باشد. طی زمان سرخ کردن رنگ دونات در اثر واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی مانند میلارد و کاراملیزاسیون^۱ تغییر می‌کند. واکنش‌های میلارد بین قندهای احیاکننده و آمینواسیدها، پروتئین‌ها و سایر ترکیبات نیتروژن رخ می‌دهند. واکنش‌های کاراملیزاسیون در اثر حرارت‌دهی کربوهیدرات‌ها، بخصوص ساکارز و قندهای احیاکننده رخ می‌دهد.

در صنایع غذایی رنگ معمولاً در فضای $L^*a^*b^*$ بیان می‌گردد که یک استاندارد بین‌المللی جهت اندازه‌گیری رنگ بوده و در سال ۱۹۷۶ تدوین گردیده است. محور L^* از صفر تا ۱۰۰ و محورهای a^* و b^* از ۱۲۰+ تا ۱۲۰- متغیر هستند (Wu & Sun, 2013). تغییرات فاکتورهای رنگ (L^*, a^*, b^*) و تغییرات کلی رنگ ΔE تحت تأثیر جایگزینی آرد سویا و آرد عدس بررسی شد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر زمان سرخ کردن، نوع فرمولاسیون دونات با آردهای مختلف و اثر متقابل آنها بر پارامترهای رنگ معنی‌دار بود.

فاکتور زردی (b^*)

شکل (۵) تغییرات فاکتور زردی (b^*) در هنگام سرخ شدن را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد (شکل ۵) زمان سرخ کردن تأثیر معنی‌داری ($P < 0.05$) بر این پارامتر دارد. فاکتور زردی تا دقیقه ۴ فرایند سرخ کردن، افزایش و پس از آن کاهش یافت. برای همین می‌توان نتیجه گرفت که ممکن است با گذشت زمان حرارت‌دادن، نوع ترکیبات رنگی و واکنش‌های ایجادکننده آنها تغییر یافته باشد (Dogan *et al.*, 2005). طی سرخ کردن، افزایش درجه حرارت به شکل مشخصی سبب تسریع واکنش میلارد می‌شود. به‌طور کلی میزان قهوه‌ای شدن به‌ازای هر ۱۰

¹ Caremelization

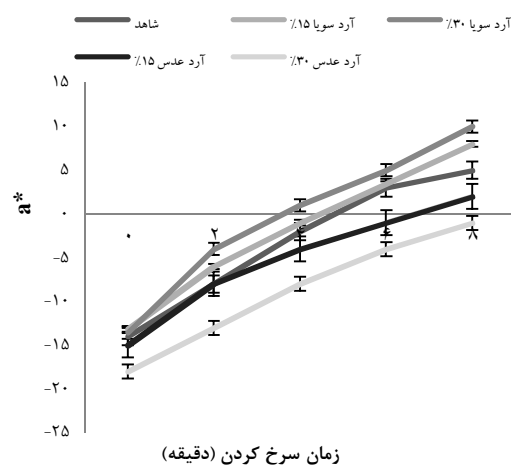
فاکتور روشنی (L^*)

همان‌طور که در شکل (۷) مشاهده می‌شود با افزایش زمان سرخ کردن از روشنایی (L^*) نمونه‌های دونات کاسته شده است. این تغییرات بیانگر تشکیل تدریجی پوسته هستند. علت کاهش روشنایی دونات طی سرخ شدن به تشکیل رنگ‌دانه‌های ناشی از قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی نسبت داده می‌شود. طبق گزارش‌های داده‌شده واکنش میلارد و کاراملیزاسیون از جمله مهم‌ترین عوامل کاهش روشنایی پوسته هستند که با گذشت زمان سرخ کردن، تعداد رنگ‌دانه‌های تولیدشده در اثر آنها افزایش می‌یابد (ذوالفقاری، ۱۳۸۹) مشابه نتایج Sosa و Vélez-Ruiz (۲۰۰۳) و Tan و Mittel (۲۰۰۶)، با افزایش زمان سرخ کردن فاکتور روشنی محصولات سرخ‌شده کاهش یافت.

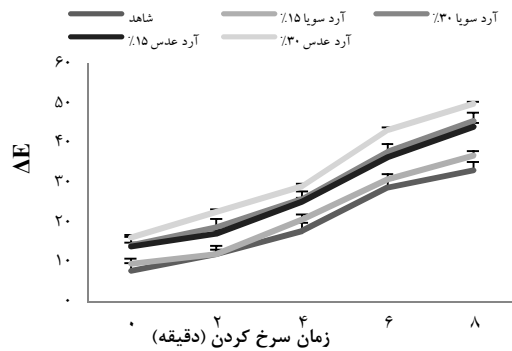
شکل (۷) به‌خوبی نشان‌دهنده آن می‌باشد که در ابتدای سرخ کردن، تفاوت معنی‌داری ($P < 0.05$) بین روشنایی نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی آرد سویا وجود ندارد اما روشنایی نمونه‌های حاوی آرد عدس به‌طور معنی‌داری کمتر بود. که این به‌دلیل رنگ تیره آرد عدس نسبت به آرد سویا و گندم می‌باشد. با ادامه فرایند سرخ کردن تا انتها، روشنایی نمونه شاهد نسبت به سایر نمونه‌ها بیشتر باقی‌ماند. مشابه نتایج Alpaslan و Haytam (۲۰۰۶) برای برخی محصولات آردی، افزودن آرد سویا نیز کاهش‌دهنده روشنایی بود و دونات‌های غنی‌شده با آرد سویا رنگ تیره‌تری داشتند. افزایش پروتئین دونات در اثر جایگزینی آرد سویا و عدس ممکن است عامل ایجاد این تغییرات باشد زیرا سویا و عدس دارای مقدار زیادی لیزین است که به‌عنوان ماده اولیه واکنش میلارد می‌تواند باعث افزایش رنگ تولیدشده در اثر این واکنش باشد. Lee و Brennard (۲۰۰۵) نیز در تحقیقی روی یاکوا به نتایج مشابهی دست یافتند. Bajaj و همکاران (۲۰۰۷) نیز اعلام کردند که افزودن آرد سویا باعث تیره‌تر شدن رنگ نان گردید. Kilinceker و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که آرد عدس و آرد نخود روشنایی کوفته‌های مرغ سرخ‌شده به روش عمیق را کاهش دادند.

سمت رنگ قرمز حرکت می‌کند به‌گونه‌ای که پس از ۶ دقیقه سرخ‌شدن، رنگ برخی از تیمارها از محدوده رنگ سبز (مقادیر منفی a^*) خارج شده و وارد محدوده رنگ قرمز (مقادیر مثبت a^*) می‌شود. Vélez-Ruiz و Sosa-Morales (۲۰۰۳) و قیطان‌پور (۱۳۹۲) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. آنها اعلام کردند که در هنگام سرخ کردن خمیر دونات، رنگ آن از محدوده سبز به سمت محدوده قرمز تغییر می‌یابد. که این امر به تشکیل تدریجی رنگ‌دانه‌های قرمز حاصل از واکنش میلارد نسبت داده شد. آنها همچنین اعلام کردند که این تغییرات تابعی از دمای روغن نیز می‌باشند به‌صورتی که با افزایش دما، مقدار پارامتر a^* نیز افزایش می‌یابد.

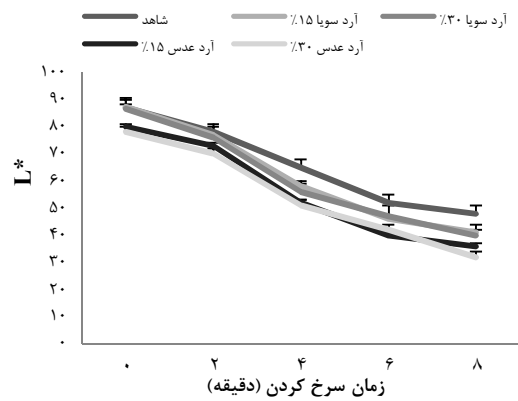
جایگزینی آرد سویا و عدس در فرمولاسیون دونات تأثیر معنی‌داری ($P < 0.05$) بر پارامتر a^* گذاشت. به‌نحوی که پس از پایان ۶ دقیقه از شروع سرخ کردن این پارامتر در نمونه ۳۰ درصد آرد سویا بیشترین و نمونه ۳۰ درصد آرد عدس کمترین مقدار را دارا بود. این نتیجه با نتایج Ribota و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت داشت و افزودن آرد سویا به نان فاکتور قرمزی را افزایش داد. Lee و همکاران (۲۰۰۵) نیز به افزایش این فاکتور در اثر افزودن ایزوله پروتئین سویا به کلوچه سرخ‌کردنی (یاکوا) اشاره کرده‌اند. منفی بودن پارامتر قرمزی در نمونه‌های آرد عدس به ماهیت و رنگ آرد عدس مرتبط می‌شود.



شکل ۶ - تأثیر جایگزینی آرد سویا و عدس بر فاکتور قرمزی دونات طی سرخ‌شدن



شکل ۸ - تأثیر جایگزینی آرد سویا و عدس بر تغییرات کلی رنگ دونات طی سرخ شدن



شکل ۷ - تأثیر جایگزینی آرد سویا و عدس بر فاکتور روشنایی دونات طی سرخ شدن

همان‌طور که در شکل (۹) مشاهده می‌شود، افزودن آرد سویا و عدس تأثیر معنی‌داری بر تغییرات کلی رنگ دونات داشته است. بیشترین تغییرات رنگ بعد از ۸ دقیقه سرخ کردن در نمونه حاوی ۳۰ درصد آرد عدس مشاهده شد و کمترین مربوط به نمونه شاهد بود. ذوالفقاری (۱۳۸۹) گزارش کرد که با افزایش ایزوله پروتئین سویا به فرمولاسیون دونات، تغییرات کلی رنگ افزایش می‌یابد.

تغییرات کلی رنگ (ΔE)

شکل (۸) تغییرات کلی رنگ پوسته دونات طی زمان سرخ کردن را نشان می‌دهد. مشابه تعدادی از مطالعه‌های دیگر که تغییرات رنگ دونات را طی زمان سرخ کردن بررسی کردند (Tan & Mittal, 2006; Véllez-Ruiz & Sosa-Morales, 2003).



شکل ۹ - تأثیر جایگزینی آرد سویا و عدس بر تغییرات رنگ دونات سرخ شده

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی رایج‌ترین روشی است که به‌منظور ارزیابی تردی، طعم و مزه و سایر ویژگی‌های ظاهری در فرآورده‌های غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد (ذوالفقاری، ۱۳۸۹). براساس نتایج آنالیز واریانس، تمامی شاخص‌های حسی دونات با جایگزینی آرد سویا و آرد عدس از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار بودند ($P < 0.05$). نتایج حاصل از آزمون حسی نمونه‌های دونات در جدول (۴) آورده شده است. باتوجه به میانگین امتیازهای آزمون حسی، با جایگزینی آرد سویا و آرد عدس در فرمولاسیون دونات نسبت به نمونه شاهد، میزان رنگ و سفتی افزایش، حجم و

طعم کاهش یافتند.

ظاهر و رنگ از جمله ویژگی‌های مهم و مؤثر در انتخاب مشتری هستند. با افزایش آرد سویا و آرد عدس از نظر ارزیابی حسی رنگ تیره‌تر شده و پذیرش کمتری داشت که می‌توان به تشدید واکنش میلارد در نتیجه افزودن مقدار پروتئین بیشتر نسبت داد. این نتایج با نتایج تغییرات کلی رنگ حاصل از آزمون دستگاهی مطابقت داشت. Awasthi و همکاران (۲۰۱۲) نیز در بررسی تغییرات بیسکویت غنی‌شده با آرد سویا به این نتیجه رسیدند که آرد سویا رنگ را افزایش می‌دهد.

دونات حاوی گندم و عدم آشنایی آن با دونات‌های حاوی سایر آردها نسبت داد.

این نتایج با یافته‌های Lee و Brennd (۲۰۰۵)، که به بررسی اثر جایگزینی ایزوله پروتئین سویا با آرد گندم بر ویژگی‌های حسی کلچه سرخ‌شده یاکوا پرداختند، مطابقت داشت. این محققین اظهار داشتند که با افزایش ایزوله پروتئین سویا به یاکوا، سختی، بوی مخصوص سویا و رنگ پوسته و مغز افزایش می‌یابد که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی داشت، همچنین میانگین پذیرش کلی یاکوا با افزایش ایزوله پروتئین سویا تا سطح ۱۰ درصد افزایش یافته بود. در مطالعه حاضر پذیرش کلی نمونه‌های حاوی آرد سویا از نمونه شاهد بیشتر بود و بهترین نمونه از نظر ارزیابی حسی نمونه ۱۵ درصد آرد سویا بود.

از آنجایی که با جایگزینی آرد سویا و عدس گسترش گلوتن و حفظ گاز دی‌اکسیدکربن در نمونه‌ها کاهش یافته در نتیجه حجم به مقدار قابل‌ملاحظه‌ای در ارزیابی‌های حسی کاهش یافت. هرچه افزایش حجم کمتر باشد میزان سفتی هم افزایش می‌یابد که نمونه‌های حاوی آرد عدس بیشترین سفتی را از نظر ارزیابی‌های حسی داشت ولی در نمونه‌های حاوی آرد سویا سفتی کاهش داشت که می‌توان به خاصیت حفظ رطوبت آن نسبت داد.

ارزیابی طعم به میزان قابل‌ملاحظه‌ای بخصوص در نمونه‌های ۳۰ درصد جایگزینی کاهش داشت و از نظر ارزیابی‌ها طعم ناآشنا و نامفهومی بود که برخی از ارزیابی‌ها طعم دونات حاصل از آرد عدس را می‌پسندیدند ولی اکثراً خواستار طعم معمول دونات بودند. می‌توان به عادت ذائقه مصرف‌کنندگان به

جدول ۴ - تأثیر جایگزینی آرد سویا و عدس بر ارزیابی حسی دونات سرخ‌شده

فرمولاسیون	رنگ	حجم	سفتی	طعم	پذیرش کلی
شاهد	۶/۰۳ ^b	۶/۱۲ ^a	۳/۸۶ ^d	۳/۵۱ ^c	۵/۶۲ ^b
آرد سویا ۱۵ درصد	۶/۴۵ ^a	۵/۸۴ ^b	۴/۳۴ ^c	۶/۷۸ ^a	۶/۷۵ ^a
آرد سویا ۳۰ درصد	۵/۴۴ ^c	۴/۳۴ ^c	۴/۵۵ ^c	۴/۴۳ ^b	۵/۷۸ ^b
آرد عدس ۱۵ درصد	۴/۲۳ ^d	۴/۲۳ ^c	۵/۰۴ ^b	۳/۲۵ ^c	۵/۲۲ ^{bc}
آرد عدس ۳۰ درصد	۴/۱۳ ^d	۴/۱۲ ^c	۵/۵۶ ^a	۲/۱۶ ^d	۴/۴۹ ^c

اعداد میانگین سه تکرار می‌باشد و به‌صورت میانگین \pm انحراف معیار گزارش شده است. حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($P < 0/05$) بین ستون‌ها می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش بخشی از آرد گندم مورد استفاده جهت تهیه دونات، در مقادیر مختلف (۰، ۱۵ و ۳۰ درصد) با آرد سویا و آرد عدس جایگزین شد و تأثیر آن بر پارامترهای مؤثر در کیفیت دونات مورد بررسی قرار گرفت. جایگزینی آرد سویا و عدس باعث کاهش خروج رطوبت دونات در حین سرخ‌کردن شد و به میزان قابل‌توجهی جذب روغن را کاهش دادند. با افزایش درصد آرد سویا، تغییرات رنگ افزایش یافته

ولی حجم و تخلخل کاهش یافت. طعم و رنگ دونات بر پذیرش کلی تأثیر زیادی داشت و بهترین نمونه از نظر ارزیابی‌های حسی، نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد سویا بود. آرد سویا و عدس از طرفی باعث کاهش جذب روغن شدند که بسیار مطلوب بوده و از طرف دیگر فاکتورهای کیفی مثل بافت، رنگ و طعم را کاهش داده‌اند که برای رفع این مشکل، استفاده هم‌زمان با صمغ‌ها در محصولات حاصل از آرد گندم پیشنهاد می‌شود.

منابع

- ۱- امیر یوسفی، م.ر. ۱۳۸۹. بررسی کینتیک انتقال جرم، خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بعد برخالی فیله گوشت شترمرغ سرخ‌شده به روش عمیق با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- ۲- پایان، رسول. ۱۳۸۷. مقدمه‌ای بر تکنولوژی فراورده‌های غلات. چاپ دوم، انتشارات آبیژ، تهران.

- ۳- ذوالفقاری، ز. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر فرمولاسیون و پیش‌تیمارهای سرخ کردن بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی دونات و کاربرد منطق فازی در ارزیابی ویژگی‌های حسی محصول. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۴- شکرالهی پانچشمه، ب.، محبی، م.، وریدی، م. و انصاری‌فر، ا. ۱۳۹۲. ارزیابی تأثیر دما، زمان سرخ کردن و افزودن آرد عدس به فرمولاسیون خمیرابه بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و کیفی پوسته سرخ‌شده به روش سیستم مدل (DFCM). نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۰(۳):۲۷۵-۲۶۶.
- ۵- عجم، م.، نیازمند، ر. و گوهری اردبیلی، ا. ۱۳۹۵. بررسی اثر جایگزینی ایزوله پروتئینی سویا و دمای سرخ کردن بر کاهش جذب روغن دونات. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ۱۳(۱۳):۱۴۵-۱۵۳.
- ۶- علی‌پور، م.، کاشانی‌نژاد، م.، مقصدلو، ی. و جعفری، م. ۱۳۸۸. بررسی اثر کاراگینان، دمای روغن و زمان سرخ کردن بر میزان جذب روغن در محصولات سرخ‌شده سبب‌زمینی. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی ایران، ۵(۱):۲۱-۲۷.
- ۷- قیطران‌پور، آ. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر افزودن ایزوله پروتئین سویا به دونات بر کینتیک انتقال جرم، ویژگی‌های فیزیکی و روند بیاتی آن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۸- موسوی‌نسب، س.س.، داراب‌زاده، ن.، امین‌لاری، م. و رضانی، ر. ۱۳۷۸. روند تغییرات حلالیت و آگوی الکتروفورتیکی پروتئین‌های شیر سویا طی نگهداری در دماهای مختلف. هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی، ۲۴-۲۶ مهر ماه، مشهد.
- 9- Alpaslan, M., & Haytam, M. 2010. Effect of Soy flour, rice flour and semolina supplementation on the textural and sensory properties of dough and deep-fried product. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34(s2):490-500.
- 10-AOAC. 1980. Official methods of analysis. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- 11-Awasthi, I., Siraj, P., Tripathi, M., & Tripathi, V. 2012. Development of soy fortified high protein and high calorie supplementary biscuits. *Indian Journal of Scientific Research*, 3(1):51-58.
- 12-Bajaj, I., & Singhal, R. 2007. Gellan gum for reducing oil uptake in sev, a legume based product during deep-fat frying. *Food Chemistry*, 104:1472-1477.
- 13-Bamdad, F., Dokhani, S., & Keramat, J. 2009. Functional assessment and subunit constitution of lentil (*lens culinaris*) proteins during germination. *International Journal of Agriculture & Biology*, 11(5):690-694.
- 14-Caballero, P.A., Gomez, M., & Rosell, C.M. 2007. Improvement of dough rheology, bread quality and bread shelf-life by enzymes combination. *Journal of Food Engineering*, 81(1):42-53.
- 15-Debnath, S., Bhat, K.K., & 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.
- 16-Dogan, S.F., Sahin, S., & 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.
- 17-Funami, T., Funami, M., Tawada, T., & Nakao, Y. 1999. Decreasing oil uptake of doughnuts during deep fat frying using curdlan. *Journal of Food Science*, 64 (5):883- 888.
- 18-Garimella Purna, S.K., Miller, R.A., Seib, P.A., Graybosch, R.A., & Shi, Y.S. 2011. Volume, texture, and molecular mechanism behind the collapse of bread made with different levels of hard waxy wheat flours. *Journal of Cereal Science*, 54(1):37-43.
- 19-Kilinceker, O., & Hepsag, F. 2011b. Performance of different coating batters and frying temperatures for fried fish balls. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(17):2256-2262.

- 20-Kilincceker, O., Hepsağ, F., & Kurt, Ş. 2013. The effects of lentil and chickpea flours as the bread ingredients on some properties of chicken meatballs during frozen storage. *Journal of Food Science and Technology*, 52(1):580-585.
- 21-Kim, D.N., Lim, J., Bae, I.Y., Lee, H.G., & Lee, S. 2011. Effect of hydrocolloid coatings on the heat transfer and oil uptake during frying of potato strips. *Journal of Food Engineering*, 102(4):317-320.
- 22-Lee, K.A., & 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.
- 23-Mallarjunan, P.K., Ngadi, M.O., & Chinnan, M.S. 2010. *Breaded fried foods*. CRC Press. New York.
- 24-Pedreschi, F., Leo'n, J., Mery, D., & Moyano, P. 2006. Development of a computer vision system to measure the color of potato chips. *Food Research International*, 39(10):1092-1098.
- 25-Ribota, P.D., Arnulphi, S.A., Leon, A.E, & Anon, M.C. 2005. Effect of soy bean addition on the rheological properties and bread making quality of wheat flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(11):1889-1896.
- 26-Sahin, S., & Sumnu, S.G. 2010. *Advances in deep-fat frying of foods*. CRC press, New York.
- 27-Shih, F.F., Daigle, K.W., & Clawson, E.L. 2001. Development of Low Oil-Uptake Donuts. *Journal of Food Science*, 66(1):141-144.
- 28-Singh, P., Kumar, R., Sabapathy, S.N., & Bawa, A.S. 2008 Functional and edible uses of soy protein products. *Food Science and Food Safety*, 7(1):14-28.
- 29-Tan, K.J., & Mittal, G.S. 2006. Physicochemical properties changes of donuts during vacuum frying. *International Journal of Food Properties*, 9(1):85-98.
- 30-Vélez-Ruiz, J.F., & Sosa-Morales, M.E. 2003. Evaluation of physical properties of dough of donuts during deep-fat frying at different temperatures. *International Journal of Food Properties*, 6(2):341-353.
- 31-Wu, D., & Sun, D.W. 2013. Colour measurements by computer vision for food quality control. *Trends in Food Science and Technology*, 29(1):5-20.
- 32-Zhang, L., Lucas, T., Doursat, C., Flick, D., & Wanger, M. 2007. Effect of crust constraints on bread expansion and CO₂ release. *Journal of Food Engineering*, 80(4):1302-1311.
- 33-Ziaifar, A.M., Achir, N., Courtois, F., Trezzani, I., & Trystram, G. 2008. Review of mechanisms, conditions, and factors involved in the oil uptake phenomenon during the deep-fat frying process. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(8):1410-1423.

The Effect of Adding Flour Soy and Lentil to Doughnut on its Physicochemical Properties

Mandana Khorsand¹, Majid Aliabadi^{2*}, Jalil Jarrahiferiz³

1- MSc Student, Department of Food Science and Technology, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran

2- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran

* Corresponding author (m.aliabadi@iaubir.ac.ir)

3- Assistant Professor, Department of Statistics, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran

Abstract

Doughnut is a sweet fried golden-brown snack with energy value that is served as a convenient food. Quality of fried doughnut depends on its appearance (color, shape and brightness), aroma, flavor and nutrition value. In this research the effect of wheat flour partial replacement with soy flour and lentil flour (0, 15 and 30%) on physicochemical characteristics of doughnut including oil uptake, moisture loss, volume, texture, color and porosity were evaluated. Finally, sensory evaluation to determine the effects of soy and lentil on consumer acceptance of donuts was performed. The results were showed that addition of soy and lentil flour caused a decrease in moisture loss, fat content, volume, porosity and lightness of doughnut. During frying (a^*) of doghnut shift to positive values and soy protein aggravate it. Crust color was darkened progressively with increasing frying time. The hardness of doughnuts decreased with increasing soy level but other rheological parameters did not change significantly. Increasing lentil flour, because of forming strong covalent bonds, increased this parameter. Sensory evaluation results showed that the sample contain 15% soy flour was the highest overall acceptability.

Keywords: Deep Fat Frying, Doughnut, Lentil Flour, Physicochemical Characteristics, Soy Flour