JRIFST
مقالهٔ کامل پژوهشی

www.journals.rifst.ac.ir
نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی
سال ۱۳۹۷، جلد ۷، شماره ۲، صفحات ۲۱۲-۱۹۷
Doi: 10.22101/JRIFST.2018.07.17.726

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

ماندانا خورسند[۱]، مجید علی‌آبادی[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
* نویسندهٔ مسئول (m.aliabadi@iaubir.ac.ir)
۳- استادیار، گروه آمار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بیرجند، بیرجند، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۲۵

واژه‌های کلیدی
آرد سویا
آرد عدس
خصوصیات فیزیکوشیمیایی
دونات
سرخ‌کردن عمیق

چکیده

دونات یک نوع اسنک سرخ‌شدهٔ شیرین است که به‌عنوان میان‌وعده از آن استفاده می‌شود. کیفیت دونات سرخ‌شده به ظاهر (رنگ، شکل و درخشندگی)، عطروطعم، 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 سرخ‌کردن (۰، ۲، ۴، ۶ و ۸ دقیقه) موردبررسی قرار گرفت. در پایان نیز ارزیابی حسی به‌منظور تعیین تأثیر آرد سویا و آرد عدس بر پذیرش دونات ازنظر مصرف‌کنندگان، انجام شد. نتایج نشان داد جایگزینی آرد سویا و آرد عدس موجب کاهش ازدست‌دادن رطوبت و جذب روغن و همچنین کاهش حجم، تخلخل و روشنایی در نمونه‌ها نسبت به نمونهٔ 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 نمونهٔ حاوی ۱۵ درصد آرد سویا امتیاز پذیرش کلی بیشتری ازنظر ارزیابان حسی داشت.

مقدمه

دونات یکی از محصولات شیرین صنعت پخت می‌باشد که ازطریق سرخ‌کردن عمیق تهیه می‌شود که به‌عنوان میان‌وعده مورداستفاده قرار می‌گیرد. خوشمزگی و پرانرژی‌بودن این محصول باعث‌شده در بین محصولات شیرین حاصل از آرد گندم بسیار موردتوجه 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 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 مورداستفاده قرار می‌گیرد و در سال‌های اخیر سرخ‌کردن به یکی از پر رشدترین فرایندهای مورداستفاده در صنعت غذاهای آماده تبدیل شده است که سالانه میلیاردها دلار سود اقتصادی دارد

[1] Deep-Fat Frying

(Sahin & Sumnu, 2010). در این فرایند مادۀ غذایی در روغن داغ غوطه‌ورشده 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 مادۀ غذایی و تخلخل آن افزایش‌یافته و روغن از راه همین فضاهای خالی وارد مادۀ غذایی می‌شود (علی‌پور و همکاران، ۱۳۸۸؛ Sahin & Sumnu, 2010). تبخیر شدید رطوبت از سطح مادۀ غذایی منجربه تشکیل لایۀ آب‌گیری‌شده می‌گردد که به‌تدریج به سمت مرکز حرکت کرده و پوسته را به‌وجود می‌آورد. دمای درونی محصول کمتر از ۱۰۰ درجۀ سانتی‌گراد است اما همین دما برای واسرشته‌شدن اغلب پروتئین‌ها و ژلاتینه‌شدن نشاسته کفایت می‌کند و در اثر تغییرات ذکرشده ساختار مادۀ غذایی پس از سرخ‌شدن شکل جدیدی می‌یابد. واکنش‌های قهوه‌ای‌شدن غیرآنزیمی نیز در هنگام سرخ‌شدن توسعه می‌یابند و باعث گسترش رنگ قهوه‌ای و تجمع ترکیبات مولد عطروطعم می‌گردند (Pedreschi *et al.*, 2006).

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

مطالعه‌های زیادی درزمینۀ 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 (Ziaiifar *et al.*, 2008) و استفاده از پیش‌فرایندهای سرخ‌کردن، خمیرها و پوشش‌هاست. از دیگر روش‌های کاهش جذب روغن تغییر در فرمولاسیون مادۀ غذایی است. حبوبات یکی از ترکیباتی می‌باشند که به‌دلیل خصوصیات چندگانه و متنوع کاهش جذب روغن در محصولات سرخ‌شده مورداستفاده 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 استفادۀ بالقوه از آنها را در پیشبرد انواع مختلفی از مواد غذایی گسترش دهد (Bamdad *et al.*, 2009).

سویا یکی از اعضای خانوادۀ حبوبات می‌باشد. دانۀ سویا پروتئین[1] و لیزین[2] فراوانی دارد. مصرف سویا به‌عنوان یک منبع پروتئینی در آسیا تاریخچه‌ای طولانی دارد. FAO[3] سویا را در دستۀ دانه‌های روغنی قرار داده است. سویا پس از چربی‌گیری به ۳ نوع فراوردۀ دارای پروتئین بالا تبدیل می‌گردد که شامل آرد سویا، کنسانتره و ایزولۀ پروتئین سویا می‌باشد. سویا یکی از حبوباتی است که خواص تغذیه‌ای و حتی درمانی شگفت‌انگیزی دارد. پروتئین‌های موجود در سویا شامل اسیدهای آمینۀ ضروری می‌باشند (موسوی‌نسب و همکاران، ۱۳۸۷). به‌دلیل محدودیت پروتئین گندم ازنظر اسیدهای آمینه لیزین و متیونین[4]، آرد سویا مکمل مناسبی برای آرد گندم بشمار می‌رود. سویا حاوی مقادیر قابل‌توجهی از املاح معدنی شامل کلسیم، آهن، سدیم، پتاسیم، روی و فسفر است (موسوی‌نسب و همکاران، ۱۳۸۷). استفاده از پروتئین سویا در فراورده‌های حاصل از آرد گندم علاوه‌بر خواص تغذیه‌ای، بر کیفیت آنها نیز تأثیر می‌گذارد.

عدس نیز با نام علمی *لنس کولیناریس*[5]، از قدیمی‌ترین منابع غذایی است و مثل سایر حبوبات، بسیار مغذی بوده و غنی از املاح است. عدس با دارابودن ۲۵ درصد پروتئین، ۵۶ درصد کربوهیدرات و ۱ درصد چربی به‌عنوان یک منبع باارزش و ارزان‌قیمت پروتئین است و برخلاف سایر حبوبات،

[1] Soybean Seed
[2] Lysine
[3] Food And Agricultural Organization
[4] Methionine
[5] *Lens Culinaris*

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 استفادهٔ بالقوهٔ 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 موردمطالعه قرار داد. نتایج به‌دست‌آمده 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 ایزولهٔ 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 موردبررسی قرار داد.

باتوجه‌به مضرات بالابودن درصد روغن در فراورده‌های سرخ‌شده و غنی‌سازی محصولات آردی با حبوبات به‌منظور بهبود میزان پروتئین و املاح معدنی، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر افزودن آرد سویا و عدس در سطوح صفر، ۱۵و ۳۰ درصد بر میزان جذب روغن، دفع رطوبت، ویژگی‌های فیزیکی و حسی دونات انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

مواد موردنیاز 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)، بیکینگ‌پودر (ضامن، شرکت اطمینان هدف طوس)، کره (شرکت لبنیات پاستوریزهٔ 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.

تولید دونات

ابتدا مواد خشک مورداستفاده شامل آرد (۵۰۰ گرم)، شیر خشک (۲۰ گرم)، نمک، زانتان، وانیل پس از ۱ ساعت نگهداری در دمای اتاق با هم مخلوط‌شده 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 به‌دست آید (قیطران‌پور، ۱۳۹۲).

به‌منظور 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 تهیه‌شده 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 به‌منظور جلوگیری از خشک‌شدن در مدت گرم‌خانه‌گذاری، با آب‌پاش مرطوب شد. نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در آون با دمای ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفتند.

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

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 اُفت رطوبت دونات طی سرخ‌شدن نیز با استفاده از رابطهٔ (۱) و (۲) تعیین شد (امیریوسفی، ۱۳۸۹).

رابطهٔ (۱)

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

رابطهٔ (۲)

$$\text{اُفت رطوبت} = \frac{(\text{درصد رطوبت بعد از سرخ شدن} - \text{درصد رطوبت قبل از سرخ شدن})}{\text{درصد رطوبت قبل از سرخ شدن}}$$

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 به‌ترتیب با استفاده از رابطه‌های (۳) و (۴) اندازه‌گیری شد (ذوالفقاری، ۱۳۸۹؛ امیر یوسفی، ۱۳۸۹).

رابطهٔ (۳)

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

رابطهٔ (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 جابجایی دانه‌های ریز برای تعیین حجم دونات به‌کار رفت (Garimella Purna *et al.*, 2011). حجم دونات با استفاده از رابطهٔ (۵) به‌دست آمد.

رابطهٔ (۵)

حجم ارزن باقی‌مانده - حجم ظرف = حجم دونات

بافت

بررسی بافت نمونه‌های دونات با استفاده از دستگاه بافت‌سنج[1] (مدل بروکفیلد، QTS، ساخت انگلستان) و توسط آزمون TPA صورت گرفت. در این آزمایش ابتدا تیمارهای مختلف دونات که به‌صورت برش‌های یکسان با ابعاد ۲×۲×۲ سانتی‌متر توسط تیغ بریده‌شده بود روی صفحهٔ نگهدارنده قرار داده شد. سپس پروب دستگاه به اندازهٔ ۴×۴ سانتی‌متر و با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه شروع به حرکت کرد و پس از تماس با سطح نمونه، به اندازهٔ ۷۵ درصد از ارتفاع اولیهٔ نمونه آن را فشرده کرد. این آزمایش بدون زمان تأخیر بین آزمون اول و دوم انجام شد و داده‌های مربوط به سفتی[2]، صمغیت[3]، قابلیت جویدن[4] و پیوستگی[5] 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 تهیه‌شده، توسط نرم‌افزار فتوشاپ نسخهٔ ۸ پیش‌پردازش شدند. به‌طوری‌که تصاویر برحسب اندازهٔ واقعی مقیاس‌گذاری‌شده، بخشی از آن با ابعاد یکسان جدا شد. سپس تصاویر را تبدیل به فرم باینری نموده و آستانه‌گیری توسط یک برنامهٔ توسعه‌یافته متلب (Mathworks, v7. 5.0, USA) مطابق روش قیطران‌پور (۱۳۹۲) انجام شد.

[1] Texture Analyzer
[2] Hardness
[3] Gumminess
[4] Chewiness
[5] Cohessivness

ارزیابی حسی

به‌منظور بررسی میزان تأثیر متغیرهای درصد آرد سویا و آرد عدس بر پذیرش این محصول توسط مصرف‌کننده مطابق روش ذوالفقاری (۱۳۸۹) انجام شد.

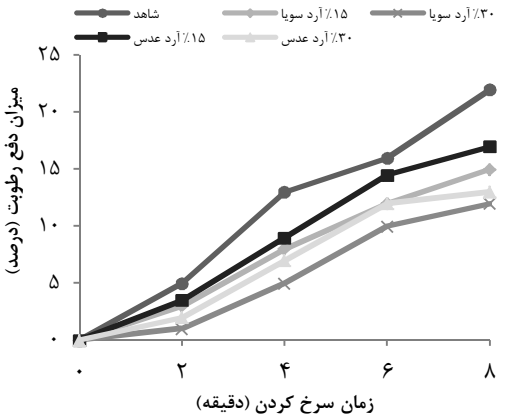
طرح آماری

تیمارها، نوع و درصد آرد جایگزین آرد گندم و زمان سرخ‌کردن بود. نتایج هریک از آزمون‌ها براساس طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل و در سطح احتمال ۵ درصد تجزیه‌وتحلیل شد برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون دانکن و نرم‌افزار SPSS در ۳ تکرار استفاده شد.

نتایج و بحث

دفع رطوبت

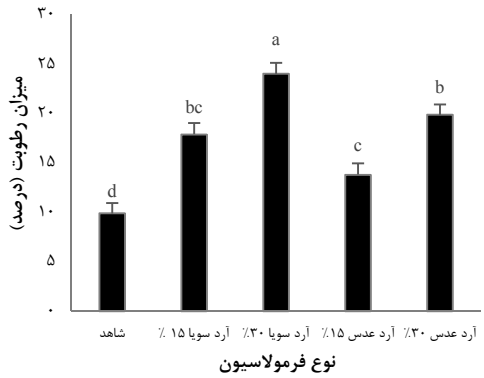
مطابق نتایج آنالیز واریانس اثر زمان سرخ‌کردن، فرمولاسیون با درصدهای مختلف آرد و اثر متقابل این دو فاکتور بر دفع رطوبت در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بود. همان‌طورکه در شکل (۱) مشاهده می‌شود با افزایش زمان سرخ‌کردن، ازدست‌دادن رطوبت در تمامی نمونه‌های دونات افزایش یافت. در نمونهٔ شاهد ازدست‌دادن رطوبت بعد از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



شکل ۱ - تأثیر جایگزینی آرد سویا و عدس بر درصد دفع رطوبت ازدونات طی سرخ‌شدن

همان‌طورکه 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 سرخ‌کردن، اختلاف معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) ایجاد کرد. کمترین میزان رطوبت در نمونهٔ شاهد و بیشترین در نمونهٔ حاوی ۳۰ درصد آرد سویا بود. محتوای رطوبتی دونات وابسته به ظرفیت نگهداری آب ترکیبات آن است و تحقیق‌های متعددی بیانگر بالاتربودن ظرفیت نگهداری آب، آرد سویا نسبت به آرد گندم بوده‌اند. Singh و همکاران (۲۰۰۸) در این مورد گزارش داده‌اند که ایزولهٔ پروتئین سویا قادر است از ۱۵۰ تا ۴۰۰ درصد وزن خود آب جذب کند. به‌همین‌خاطر با افزایش درصد ایزولهٔ پروتئین سویا و پیوندهای آب‌دوست آن، ظرفیت جذب آب خمیر دونات نیز افزایش می‌یابد. Lee و Brennand (۲۰۰۵) گزارش دادند که آب جذب‌شده توسط ایزولهٔ پروتئین سویا، به‌صورت فیزیکی در شبکهٔ پروتئینی به‌دام می‌افتد و جداکردن آن از پروتئین مشکل است. به‌همین‌خاطر می‌توان رطوبت بالا و اُفت رطوبت پایین دونات حاوی ایزولهٔ پروتئین سویا را به حضور این ماده نسبت داد. Dogan و همکاران (۲۰۰۵) افزایش نسبی محتوی رطوبت در نمونه‌های سرخ‌شده 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 ویسکوزیتهٔ ظاهری نسبت به خمیرابهٔ شاهد مانع از خروج رطوبت از نمونه می‌شود که می‌توان به بالابودن 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 کوفتهٔ مرغ و فیلهٔ ماهی سرخ‌شده به‌ترتیب بررسی کردند و گزارش نمودند که محتوای رطوبت نمونه‌های پوشیده‌شده با آرد عدس و نخود به‌طور معنی‌داری بیشتر از نمونهٔ شاهد می‌باشد که درمورد آرد عدس می‌توان به‌اندازهٔ ذرات کوچک‌تر و محتوی پروتئین بیشتر آن نسبت داد.

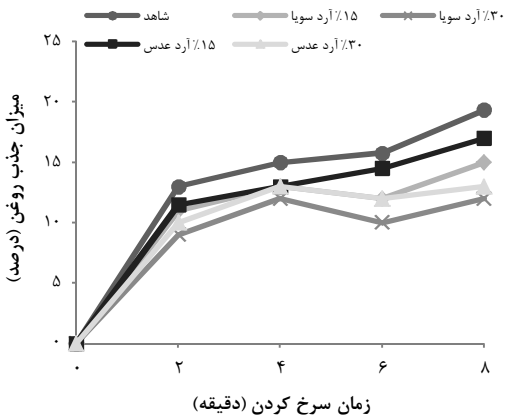


شکل ۲ - تأثیر جایگزینی آرد سویا و عدس بر میزان رطوبت دونات طی سرخ‌شدن

جذب روغن

مقدار روغن ازجمله عوامل کیفی مهم در محصولات سرخ‌شده است. عوامل متعددی مثل سطح فراورده، نوع ارتباط مادهٔ سرخ‌کردنی با روغن و ویژگی‌های روغن و محصول بر آن تأثیر می‌گذارد (Mallarjunan *et al.*, 2010). بر طبق نتایج آنالیز واریانس اثر زمان سرخ‌کردن، نوع فرمولاسیون دونات، اثر متقابل این دو فاکتور بر میزان جذب روغن دونات در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بود.

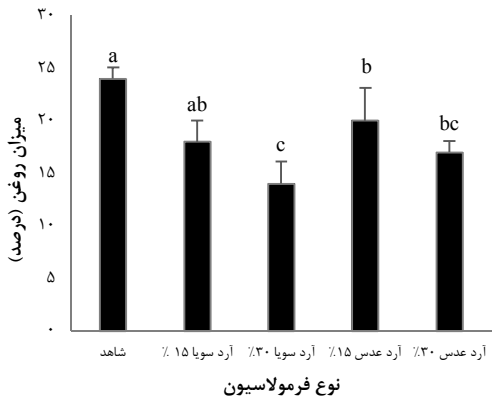
همان‌طورکه انتظار می‌رفت افزایش زمان سرخ‌کردن به‌طور معنی‌داری ($P<0.05$) جذب روغن دونات سرخ‌شده را افزایش داده است (شکل ۳). هنگامی که مادهٔ غذایی وارد روغن می‌شود، رطوبت به سرعت از مادهٔ غذایی خارج‌شده و این پدیده با ورود روغن به مادهٔ غذایی همراه است (Tan & Mittel, 2006).



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

همان‌طورکه در شکل (۳) مشاهده می‌شود، بالاترین سرعت افزایش محتوای روغن دونات در ۲ دقیقهٔ آغازین سرخ‌کردن صورت می‌گیرد و بعد از آن نمودار با شیب ملایمی رشد می‌یابد، که احتمالاً به‌دلیل حذف سریع رطوبت سطحی در ابتدای سرخ‌کردن 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 سرخ‌کردن نسبت به نمونهٔ شاهد شد. شکل (۴) نشان داد که با افزودن ۳۰ درصد آرد سویا به فرمولاسیون دونات پس از پایان فرایند سرخ‌کردن، میزان روغن تقریباً ۱۳درصد که این میزان برای نمونهٔ شاهد تقریباً ۲ برابر بود. این امر می‌تواند ازطرفی به‌دلیل کاهش رطوبت تبخیرشده از دونات هنگام سرخ‌شدن باشد و ازطرف‌دیگر به‌علت 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 & Brennand, 2005). اما آرد عدس نتوانست مانند آرد سویا درزمینهٔ کاهش ازدست‌دادن رطوبت و جذب روغن عمل کند که احتمالاً به خصوصیات عملکردی ضعیف و ویسکوزیتهٔ پایین‌تر آن نسبت به آرد سویا مرتبط می‌شود.



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

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

موجب افزایش محتوی رطوبت و کاهش محتوی روغن در نمونه‌های دونات شد. دونات‌های تهیه‌شده با ۷ درصد ایزولهٔ پروتئین سویا بالاترین محتوی رطوبت و کمترین محتوی چربی را در تمامی دماهای موردمطالعه به‌خوداختصاص دادند. افزایش میزان پروتئین سویا باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب می‌شود. به‌همین‌دلیل جداشدن مولکول‌های آب سخت‌ترشده که به کاهش تبخیر آب طی سرخ‌کردن منجر می‌شود. این امر با کاهش جایگزینی روغن با آب در دونات‌های تهیه‌شده از ایزولهٔ پروتئین سویا طی سرخ‌کردن همراه است. Lee و Brennand (۲۰۰۵) بیان کردند که در کلوچه‌های یاکوا[1] تهیه‌شده از آرد گندم با ۱۵ درصد جایگزینی ایزولهٔ پروتئین سویا و سرخ‌شده، 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 جایگزین‌کردن بخشی از آرد گندم با آرد برنج اصلاح‌شده (دانهٔ بلند ژلاتینه یا پیش‌پخت‌شده، نشاستهٔ برنج استیله‌شده) در دونات‌ها نه تنها ویژگی‌های مطلوب دونات سنتی حفظ شد بلکه میزان جذب روغن نمونه‌ها تا ۶۴ درصد کاهش یافت. همچنین استحکام و قوام خمیر و میزان رطوبت آنها نسبت به نمونه‌های تهیه‌شده از آرد برنج اصلاح‌نشده بالاتر بود.

حجم

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر متغییرهای مستقل در سطح ۹۹ درصد بر حجم دونات معنی‌دار بوده است. جدول (۲) تغییرات حجم نمونه‌های دونات را طی فرایند سرخ‌کردن، نشان می‌دهد. همان‌طورکه مشاهده می‌شود با شروع سرخ‌کردن تمام تیمارهای دونات افزایش حجم داشتند و بیشترین درصد افزایش حجم در نمونهٔ شاهد مشاهده شد. در ادامهٔ فرایند، تغییرات حجم روند کاهشی داشت.

برای توجیه این روند ابتدا باید تغییرات به‌وجودآمده درحین عمل‌آوری خمیر دونات قبل از فرایند سرخ‌کردن، شرح داده شود. مرحلهٔ ورآمدن خمیر، در دمای ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه انجام می‌شود در این مرحله مخمر شروع به فعالیت کرده و با تخمیر قندها، دی‌اکسیدکربن و الکل آزاد می‌کند. هم‌زمان شبکهٔ گلوتنی نیز تشکیل و توسعه می‌یابد. درنتیجه مقداری از دی‌اکسیدکربن تولیدی از بافت خارج و قسمتی از آن در شبکهٔ گلوتن توزیع می‌گردد. تغییرات یادشده باعث می‌شوند که در پایان این فرایند خمیر دونات متخلخل و منبسط‌شده، پر از حباب‌های حاصل از گاز گردد و از ساختار کف مانند با سلول‌های گازی مجزا به ساختار اسفنجی با حفره‌های مرتبط به هم تبدیل شود (پایان، ۱۳۸۷؛ ذوالفقاری، ۱۳۸۹).

در دونات عمل‌آوری‌شده توسط مخمر، از لحظهٔ آغاز فرایند سرخ‌کردن تا زمانی که مخمر غیرفعال شود، تولید گاز دی‌اکسیدکربن ادامه می‌یابد. با افزایش دما حلالیت دی‌اکسیدکربن کاهش می‌یابد و باعث افزایش حجم می‌شود. تبخیر آب و سایر گازهای فرار هم باعث حجم سلول‌های گاز می‌شود (Zhang *et al.*, 2007). به‌همین‌دلیل در دقایق اولیهٔ سرخ‌کردن، افزایش حجم قابل‌ملاحظه‌ای در نمونه‌ها مشاهده شد. با ادامهٔ فرایند سرخ‌کردن، روند افزایش حجم متوقف می‌شود که به‌دلیل ایجاد مقاومت در دیوارهٔ سلول‌های گاز نسبت به انبساط می‌باشد. نشاستهٔ موجود در دیوارهٔ سلول‌های گاز در دمای ۶۵ درجهٔ سانتی‌گراد ژلاتینه‌شده و ویسکوزیته و قابلیت انبساط خمیر را تغییر می‌دهد و انعطاف‌پذیری دیوارهٔ سلول‌ها کاهش می‌یابد تا جایی که افزایش گاز منجربه پاره‌شدن دیوارهٔ سلول می‌شود (Zhang *et al.*, 2007). در دقایق انتهایی سرخ‌شدن، ممکن است به‌خاطر ایجاد پوسته و کاهش انعطاف‌پذیری و ضخامت دیوارهٔ حباب‌های هوا، خروج بخار آب از آنها اتفاق‌افتاده و جمع‌شدگی محصول و کاهش حجم به‌وجود آید (Kim *et al.*, 2011). مشابه نتایج به‌دست‌آمده توسط Vélez-Ruiz و Sosa-Morales (۲۰۰۳) در ۲ دقیقهٔ اول سرخ‌کردن به‌دلیل انبساط گازهای درون شبکهٔ خمیر و گسترش خمیر، حجم به‌سرعت افزایش‌یافته، سپس تا پایان

[1] Yackwa Cookie

سرخ‌کردن با روند پایدار، اندکی کاهش می‌یابد. کاهش حجم ممکن است تشکیل پوسته و خروج بخار آب و جمع‌شدگی خفیف محصول ایجادشده باشد.

همان‌گونه‌که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، با جایگزینی آرد سویا و عدس در فرمولاسیون دونات به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) حجم دونات کاهش می‌یابد. آرد گندم با خصوصیات منحصربه‌فرد ازجمله تشکیل شبکهٔ گلوتنی قدرت نگهداری گاز و افزایش حجم دارد، باتوجه‌به اینکه عوامل تولید گاز در شبکهٔ خمیر، مخمر و بیکینگ‌پودر می‌باشند و با جایگزینی آرد سویا و عدس، گسترش شبکهٔ گلوتنی خمیر محدودشده و نگهداری گاز کاهش می‌یابد. 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 ایزولهٔ پروتئین سویا به خمیر به‌طور معنی‌داری ظرفیت نگهداری گاز را در خمیر کاهش می‌دهد. 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 می‌شوند شبکهٔ گلوتنی تشکیل‌شده نفوذپذیری بیشتری به گاز دی‌اکسیدکربن داشته باشد و فراریت آن را افزایش می‌دهد.

تخلخل

در طی فرایند سرخ‌کردن با ادامهٔ حرارت‌دهی، گاز دی‌اکسیدکربن تولید می‌شود تا زمانی که مخمر غیرفعال شود. با افزایش دما، حلالیت گاز دی‌اکسیدکربن کاهش‌یافته، فراریت مولکول‌های گازهای فرار افزایش می‌یابد. درنهایت، ساختار کف مانند خمیر با سلول‌های گاز جدا از هم به یک ساختار اسفنجی با سلول‌های گاز مرتبط با یکدیگر تبدیل می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد (جدول ۲)، که با افزایش زمان سرخ‌کردن میانگین تخلخل نمونه‌های دونات تا دقیقهٔ ۴ افزایش و سپس کاهش یافت. براساس نتایج به‌دست‌آمده، تخلخل ارتباط مستقیمی با حجم دارد و هرچه تخلخل افزایش یابد حجم نیز بیشتر می‌شود.

ازطرف‌دیگر با افزودن آرد سویا و عدس روند تغییرات تخلخل درحین سرخ‌شدن نیز دچار تغییراتی می‌شود. همان‌طورکه در جدول (۲) نشان داده شده است، با افزودن جایگزینی آرد سویا و عدس به فرمولاسیون دونات، تخلخل دونات به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت ($P<۰/۰۵$). کاهش تخلخل به‌وجودآمده می‌تواند به آن دلیل باشد که با افزودن آرد سویا و عدس به خمیر، گلوتن به‌اندازهٔ کافی گسترش‌نیافته و ظرفیت نگهداری گاز در آن کاهش می‌یابد (Ribota *et al.*, 2005) و همین امر باعث می‌شود که تغییرات تخلخل به اندازهٔ نمونهٔ شاهد افزایش نیابد. این نتیجه با نتایج اندازه‌گیری حجم مطابقت داشت و افزایش درصد آرد سویا و عدس، حجم را کاهش داد.

Shih و همکاران (۲۰۰۱) نیز گزارش کردند که با جایگزین‌کردن بخشی از آرد گندم با آرد برنج اصلاح‌شده در فرمولاسیون دونات‌ها، حجم و تخلخل مغز دونات نسبت به نمونهٔ شاهد کاهش قابل‌ملاحظه‌ای می‌یابد. Bojaj و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که آرد سویا در مقایسه با آرد گندم در نان‌های حجیم، ظرفیت نگهداری گاز را کاهش می‌دهد، بنابراین تخلخل به اندازهٔ کافی افزایش نمی‌یابد.

ذوالفقاری (۱۳۸۹) دریافت که با افزایش درصد ایزولهٔ پروتئین سویا به دونات، علاوه‌بر افزایش جذب آب و انعقاد این پروتئین در سطح دونات، چگالی نیز افزایش می‌یابد که به معنی کاهش تخلخل در دونات است. این عامل نیز به کمک سایر تغییرات ناشی از افزودن ایزولهٔ پروتئین سویا باعث کاهش جذب روغن دونات می‌گردد.

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

	زمان سرخ‌کردن	شاهد	آرد سویا		آرد عدس	
			۱۵ درصد	۳۰ درصد	۱۵ درصد	۳۰ درصد
حجم (مترمکعب)	۰	۱۵۰±۳۲^{f}	۱۳۲±۲۶^{ij}	۱۴۵±۵۴^{gh}	۱۲۸±۷۳^{j}	۱۳۴±۳۴^{i}
	۲	۱۷۵±۱۳^{a}	۱۶۰±۴۲^{d}	۱۶۵±۱۸^{c}	۱۵۴±۱۲^{e}	۱۶۳±۱۸^{cd}
	۴	۱۶۹±۴۳^{b}	۱۵۷±۴۳^{ed}	۱۶۳±۲۱^{cd}	۱۴۷±۲۶^{g}	۱۵۴±۱۹^{e}
	۶	۱۶۴±۲۱^{c}	۱۵۵±۲۵^{de}	۱۶۲±۸۱^{cd}	۱۴۵±۲۹^{gh}	۱۵۰±۵۴^{f}
	۸	۱۶۲±۵۱^{cd}	۱۵۳±۷۲^{e}	۱۵۵±۳۳^{de}	۱۴۱±۴۵^{h}	۱۴۸±۳۳^{f}
تخلخل (درصد)	۰	۱۵/۲۱±۴/۳^{e}	۱۳/۲۴±۵/۲^{f}	۱۴/۵۵±۳/۵^{ef}	۱۲/۸۹±۹/۳^{f}	۱۳/۴۳±۸/۴^{ef}
	۲	۱۹/۵۰±۳/۶^{c}	۱۸/۰۸±۱۱/۴^{d}	۱۸/۵۶±۸/۳^{cd}	۱۷/۴۷±۶/۴^{d}	۱۸/۳۶±۹/۶^{cd}
	۴	۲۳/۲۰±۲/۹^{a}	۲۱/۳۴±۱۲/۳^{b}	۲۱/۵۱±۱۱/۲^{b}	۲۰/۱۱±۷/۶^{c}	۱۹/۸۴±۱۱/۳^{c}
	۶	۲۱/۴۱±۱۳/۱^{b}	۱۹/۵۱±۷/۴^{c}	۱۸/۲۷±۶/۴^{cd}	۱۶/۵۳±۲/۶^{d}	۱۵/۹۶±۱۲/۳^{d}
	۸	۱۹/۹۳±۸/۸^{c}	۱۷/۷۲±۸/۴^{cd}	۱۸/۳۵±۷/۴^{cd}	۱۵/۷۲±۱۲/۱^{de}	۱۵/۴۲±۹/۸^{e}

اعداد میانگین سه تکرار می‌باشد و به‌صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است.
حروف کوچک متفاوت نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) می‌باشد.

بافت

آنالیز واریانس داده‌های بافت دونات نشان داد که جایگزینی آرد سویا و عدس بر پارامترهای سختی، صمغی‌بودن و قابلیت ارتجاعی بافت، تأثیر معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) داشته و بر پارامترهای پیوستگی و قابلیت جویدن تأثیر معنی‌داری ($P>۰/۰۵$) نداشتند. جدول (۳) تأثیر افزودن غلظت‌های مختلف آرد سویا و عدس بر بافت دونات سرخ‌شده را نشان می‌دهند.

سختی یکی از مهم‌ترین پارامترهای بافت دونات است زیرا می‌تواند بر پذیرش نهایی محصول توسط مصرف‌کننده تأثیر داشته باشد. افزودن پروتئین بر فرمولاسیون دونات دو تأثیر می‌گذارد، ازیک‌سو با افزودن پروتئین، تعداد پیوندهای پروتئین-پروتئین افزایش می‌یابد که باعث افزایش سختی بافت شده و ازسوی‌دیگر پروتئین، ظرفیت جذب آب را افزایش‌داده که موجب نرم‌ترشدن بافت می‌گردد. برآیند این دو اثر، سختی بافت نهایی دونات را تعیین می‌کند. با افزایش درصد جایگزینی آرد سویا به فرمولاسیون دونات، به‌دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب سختی کاهش، قابلیت جویدن و پیوستگی افزایش می‌یابد. نتایج به‌دست‌آمده با یافته‌های Lee و Brennand (۲۰۰۵) همخوانی نداشت. آنها گزارش دادند که نیروی موردنیاز برای فشردن یاکوا با افزایش درصد ایزولهٔ پروتئین سویا تا ۱۵ درصد، بیشتر می‌شود.

با افزودن آرد عدس به‌دلیل ایجاد پیوندهای کووالانسی قوی باعث ایجاد یک شبکهٔ سُه‌بعدی شده که موجب افزایش سختی، کاهش قابلیت جویدن و پیوستگی می‌شود. Kilincceker و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که آرد عدس و آرد نخود سختی و تردی را در کوفته‌های مرغ افزایش دادند.

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

پارامترهای بافت/ فرمولاسیون	شاهد	آرد سویا		آرد عدس	
		۱۵ درصد	۳۰ درصد	۱۵ درصد	۳۰ درصد
سختی (N)	۹/۱۲±۳/۴^{c}	۸/۳۴±۱/۲^{cd}	۶/۲۴±۲/۳^{d}	۱۱/۲۳±۵/۱^{b}	۱۳/۴۱±۶/۳^{a}
ارتجاعی (میلی‌متر)	۹/۴۲±۴/۵^{bc}	۱۰/۱۱±۴/۷^{b}	۱۱/۱۶±۳/۵^{a}	۸/۲۵±۳/۳^{c}	۷/۱۲±۲/۴^{cd}
صمغی (N)	۴/۰۳±۱/۲^{c}	۵/۱۲±۲/۳^{b}	۷/۰۹±۲/۵^{a}	۴/۲۱±۱/۷^{c}	۵/۳۴±۱/۴^{b}
پیوستگی (Nm)	۰/۰۵±۰/۰۱^{a}	۰/۰۵۲±۰/۰۲^{a}	۰/۰۵۳±۰/۰۱^{a}	۰/۰۴۴±۰/۰۲^{a}	۰/۰۴۱±۰/۰۲^{a}
قابلیت جویدن	۰/۴۴±۰/۲^{a}	۰/۴۳±۰/۳^{a}	۰/۴۲±۰/۲^{a}	۰/۴۲±۰/۱^{a}	۰/۴۱±۰/۲^{a}

اعداد میانگین سه تکرار می‌باشد و به‌صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است.
حروف کوچک متفاوت نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) بین سطرها می‌باشد.

رنگ

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 نقطه‌نظر تجاری قابل‌توجه می‌باشد. طی زمان سرخ‌کردن رنگ دونات در اثر واکنش‌های قهوه‌ای‌شدن غیرآنزیمی مانند میلارد و کاراملیزاسیو ن[1] تغییر می‌کند. واکنش‌های میلارد بین قندهای احیاکننده و آمینواسیدها، پروتئین‌ها و سایر ترکیبات نیتروژن رخ می‌دهند. واکنش‌های کاراملیزاسیون در اثر حرارت‌دهی کربوهیدرات‌ها، بخصوص ساکارُز و قندهای احیاکننده رخ می‌دهد.

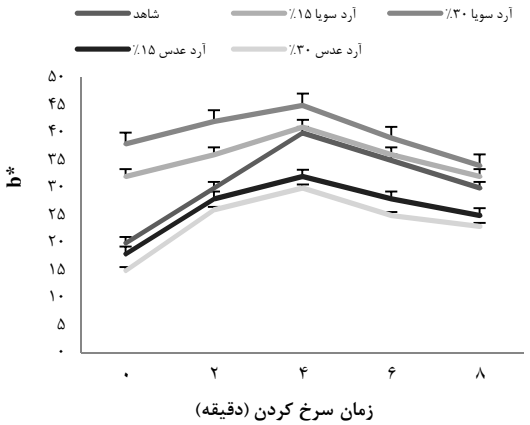
در صنایع غذایی رنگ معمولاً در فضای $L^*a^*b^*$ بیان می‌گردد که یک استاندارد بین‌المللی جهت اندازه‌گیری رنگ بوده و در سال ۱۹۷۶ تدوین گردیده است. محور L^* از صفر تا ۱۰۰ و محورهای a^* و b^* از ۱۲۰+ تا ۱۲۰- متغیر هستند (Wu & Sun, 2013). تغییرات فاکتورهای رنگ (L^*, a^*, b^*) و تغییرات کلی رنگ ΔE تحت‌تأثیر جایگزینی آرد سویا و آرد عدس بررسی شد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر زمان سرخ‌کردن، 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 سرخ‌شدن را نشان می‌دهد. همان‌طورکه مشاهده می‌گردد (شکل ۵) زمان سرخ‌کردن تأثیر معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بر این پارامتر دارد. فاکتور زردی تا دقیقهٔ ۴ فرایند سرخ‌کردن، افزایش و پس از آن کاهش یافت. برای همین می‌توان نتیجه‌گرفت که ممکن است با گذشت زمان حرارت‌دادن، نوع ترکیبات رنگی و واکنش‌های ایجادکنندهٔ آنها تغییریافته باشد (Dogan *et al.*, 2005). طی سرخ‌کردن، افزایش درجه‌حرارت به شکل مشخصی سبب تسریع واکنش میلارد می‌شود. به‌طورکلی میزان قهوه‌ای‌شدن به‌ازای هر ۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد، ۲-۳ برابر افزایش می‌یابد (Mallarjunan *et al.*, 2010).

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

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



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

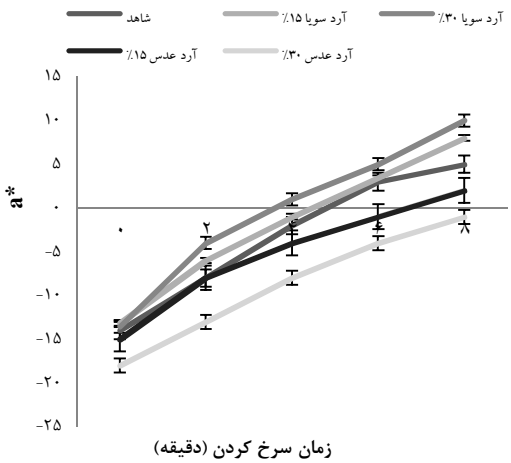
فاکتور قرمزی (a^*)

تغییرات پارامتر a^* (قرمز-سبز) در هنگام سرخ‌شدن نمونه‌های دونات در شکل (۶) نشان داده شده است. باتوجه‌به شکل (۶) در آغاز فرایند سرخ‌کردن رنگ تمام نمونه‌ها در محدودهٔ سبز قرارداشته و با ادامهٔ فرایند سرخ‌کردن رنگ تیمارهای مختلف دونات به

[1] Caremelization

سمت رنگ قرمز حرکت می‌کند به‌گونه‌ای که پس از ۶ دقیقه سرخ‌شدن، رنگ برخی از تیمارها از محدودهٔ رنگ سبز (مقادیر منفی a^*) خارج‌شده و وارد محدودهٔ رنگ قرمز (مقادیر مثبت a^*) می‌شود. Vélez-Ruiz و Sosa-Morales (۲۰۰۳) و قیطران‌پور (۱۳۹۲) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. آنها اعلام کردند که در هنگام سرخ‌کردن خمیر دونات، رنگ آن از محدودهٔ سبز به سمت محدودهٔ 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 به‌صورتی‌که با افزایش دما، مقدار پارامتر a^* نیز افزایش می‌یابد.

جایگزینی آرد سویا و عدس در فرمولاسیون دونات تأثیر معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بر پارامتر a^* گذاشت. به‌نحوی‌که پس از پایان ۶ دقیقه از شروع سرخ‌کردن این پارامتر در نمونهٔ ۳۰ درصد آرد سویا بیشترین و نمونهٔ 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 ایزولهٔ پروتئین سویا به کلوچهٔ سرخ‌کردنی (یاکوا) اشاره کرده‌اند. منفی‌بودن پارامتر قرمزی در نمونه‌های آرد عدس به ماهیت و رنگ آرد عدس مرتبط می‌شود.

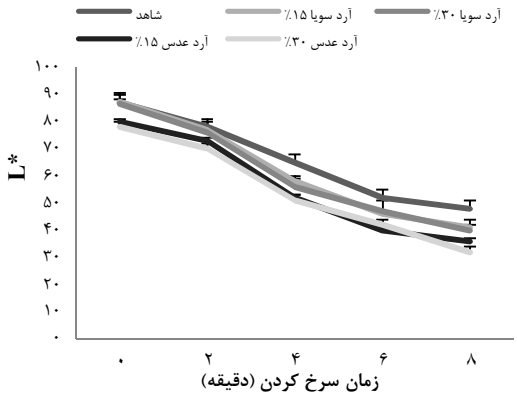


شکل ۶ - تأثیر جایگزینی آرد سویا و عدس بر فاکتور قرمزی دونات طی سرخ‌شدن

فاکتور روشنی (L^*)

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

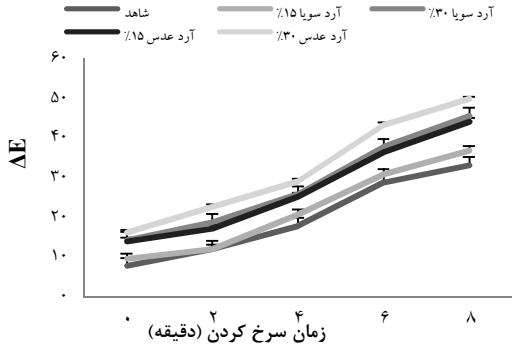
شکل (۷) به‌خوبی نشان‌دهندهٔ آن می‌باشد که در ابتدای سرخ‌کردن، تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بین روشنایی نمونهٔ شاهد و نمونه‌های حاوی آرد سویا وجود ندارد اما روشنایی نمونه‌های حاوی آرد عدس به‌طور معنی‌داری کمتر بود.که این به‌دلیل رنگ تیرهٔ آرد عدس نسبت به آرد سویا و گندم می‌باشد. با ادامهٔ فرایند سرخ‌کردن تا انتها، روشنایی نمونهٔ شاهد نسبت به سایر نمونه‌ها بیشتر باقی‌ماند. مشابه نتایج Alpaslan و Haytam (۲۰۰۶) برای برخی محصولات آردی، افزودن آرد سویا نیز کاهش‌دهندهٔ روشنی 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 مادهٔ اولیهٔ واکنش میلارد می‌تواند باعث افزایش رنگ تولیدشده در اثر این واکنش باشد. Lee و Brennand (۲۰۰۵) نیز در تحقیقی روی یاکوا به نتایج مشابهی دست یافتند. Bajaj و همکاران (۲۰۰۷) ن نیز اعلام کردند که افزودن آرد سویا باعث تیره‌ترشدن رنگ نان گردید. Kilincceker و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که آرد عدس و آرد نخود روشنایی کوفته‌های مرغ سرخ‌شده به روش عمیق را کاهش دادند.



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

تغییرات کلی رنگ (ΔE)

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



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

همان‌طورکه 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 سرخ‌کردن در نمونهٔ حاوی ۳۰ درصد آرد عدس مشاهده شد و کمترین مربوط به نمونهٔ شاهد بود. ذوالفقاری (۱۳۸۹) گزارش کرد که با افزایش ایزولهٔ پروتئین سویا به فرمولاسیون دونات، تغییرات کلی رنگ افزایش می‌یابد.

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

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی رایج‌ترین روشی است که به‌منظور ارزیابی تردی، طعم و مزه و سایر ویژگی‌های ظاهری در فراورده‌های غذایی مورداستفاده قرار می‌گیرد (ذوالفقاری، ۱۳۸۹). براساس نتایج آنالیز واریانس، تمامی شاخص‌های حسی دونات با جایگزینی آرد سویا و آرد عدس ازنظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار بودند ($P<۰/۰۵$). نتایج حاصل از آزمون حسی نمونه‌های دونات در جدول (۴) آورده شده است. باتوجه‌به میانگین امتیازهای آزمون حسی، با جایگزینی آرد سویا و آرد عدس در فرمولاسیون دونات نسبت به نمونهٔ شاهد، میزان رنگ و سفتی افزایش، حجم و طعم کاهش یافتند.

ظاهر و رنگ ازجمله ویژگی‌های مهم و مؤثر در انتخاب مشتری هستند. با افزایش آرد سویا و آرد عدس ازنظر ارزیاب‌های حسی رنگ تیره‌ترشده و پذیرش کمتری داشت که می‌توان به تشدید واکنش میلارد درنتیجهٔ 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.

ازآنجایی‌که با جایگزینی آرد سویا و عدس گسترش گلوتن و حفظ گاز دی‌اکسیدکربن در نمونه‌ها کاهش‌یافته درنتیجه 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 ازنظر ارزیاب‌های 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 ازنظر ارزیاب‌ها طعم ناآشنا و نامفهومی بود که برخی از ارزیاب‌ها طعم دونات حاصل از آرد عدس را می‌پسندیدند ولی اکثراً خواستار طعم معمول دونات بودند. می‌توان به عادت ذائقهٔ مصرف‌کنندگان به دونات حاوی گندم و عدم آشنایی آن با دونات‌های حاوی سایر آردها نسبت داد.

این نتایج با یافته‌های Lee و Brennand (۲۰۰۵)، که به بررسی اثر جایگزینی ایزولهٔ پروتئین سویا با آرد گندم بر ویژگی‌های حسی کلوچهٔ سرخ‌شدهٔ یاکوا پرداختند، مطابقت داشت. این محققین اظهار داشتند که با افزایش ایزولهٔ 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 ایزولهٔ پروتئین سویا تا سطح ۱۰ درصد افزایش‌یافته بود. در مطالعهٔ حاضر پذیرش کلی نمونه‌های حاوی آرد سویا از نمونهٔ شاهد بیشتر بود و بهترین نمونه ازنظر ارزیاب‌های حسی نمونهٔ ۱۵ درصد آرد سویا بود.

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}	۵/۲۳^{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 ± انحراف معیار گزارش شده است.
حروف کوچک متفاوت نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) بین ستون‌ها می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش بخشی از آرد گندم مورداستفاده جهت تهیهٔ 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 موردبررسی قرار گرفت. جایگزینی آرد سویا و عدس باعث کاهش خروج رطوبت دونات درحین سرخ‌کردن شد و به میزان قابل‌توجهی جذب روغن را کاهش دادند. با افزایش درصد آرد سویا، تغییرات رنگ افزایش‌یافته ولی حجم و تخلخل کاهش یافت. طعم و رنگ دونات بر پذیرش کلی تأثیر زیادی داشت و بهترین نمونه ازنظر ارزیاب‌های حسی، نمونهٔ حاوی ۱۵ درصد آرد سویا بود. آرد سویا و عدس ازطرفی باعث کاهش جذب روغن شدند که بسیار مطلوب‌بوده و ازطرف‌دیگر فاکتورهای کیفی مثل بافت، رنگ و طعم را کاهش داده‌اند که برای رفع این مشکل، استفادهٔ هم‌زمان با صمغ‌ها در محصولات حاصل از آرد گندم پیشنهاد می‌شود.

منابع

امیر یوسفی، م.ر. (۱۳۸۹). بررسی کینتیک انتقال جرم، خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بعد برخالی فیلهٔ گوشت شترمرغ سرخ‌شده به روش عمیق با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی. (پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد)، دانشگاه تهران.

پایان، رسول. (۱۳۸۷). مقدمه‌ای بر تکنولوژی فراورده‌های غلات. (چاپ دوم)، انتشارات آییژ، تهران.

ذوالفقاری، ز. (۱۳۸۹). بررسی تأثیر فرمولاسیون و پیش‌تیمارهای سرخ‌کردن بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی دونات و کاربرد منطق فازی در ارزیابی ویژگی‌های حسی محصول. (پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد)، دانشگاه فردوسی مشهد.

شکرالهی یانچشمه، ب.، محبی، م.، وریدی، م. و انصاری‌فر، ا. (۱۳۹۲). ارزیابی تأثیر دما، زمان سرخ‌کردن و افزودن آرد عدس به فرمولاسیون خمیرابه بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و کیفی پوستهٔ سرخ‌شده به روش سیستم مدل (DFCM). نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۰(۳)، ۲۷۵-۲۶۶. doi:https:/doi.org/10.22067/ifstrj.v10i3.38455

عجم، م.، نیازمند، ر. و گوهری اردبیلی، ا. (۱۳۹۵). بررسی اثر جایگزینی ایزولهٔ پروتئینی سویا و دمای سرخ‌کردن بر کاهش جذب روغن دونات. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ۵۴(۱۳)، ۱۴۵-۱۵۳.

علی‌پور، م.، کاشانی‌نژاد، م.، مقصودلو، ی. و جعفری، م. (۱۳۸۸). بررسی اثر کاراگینان، دمای روغن و زمان سرخ‌کردن بر میزان جذب روغن در محصولات سرخ‌شدهٔ سیب‌زمینی. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی ایران، ۵(۱)، ۲۱-۲۷. doi:https://doi.org/10.22067/ifstrj.v5i1.3394

قیطران‌پور، آ. (۱۳۹۲). بررسی تأثیر افزودن ایزولهٔ پروتئین سویا به دونات بر کینتیک انتقال جرم، ویژگی‌های فیزیکی و روند بیاتی آن. (پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد)، دانشگاه فردوسی مشهد.

موسوی‌نسب، س.س.، داراب‌زاده، ن.، امین‌لاری، م. و رمضانی، ر. (۱۳۷۸، مهر). روند تغییرات حلالیت و اگوی الکتروفورتیکی پروتئین‌های شیر سویا طی نگهداری در دماهای مختلف. هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی، مشهد.

Ajam, M., Niazmand, R., & GohariArdebili, A. (2016).The effect of replacing the isolated soy protein and temperature frying on reduction of donuts oil absorption. *Iranian Journal of Food Science and Technology, 13*(54), 145-153. (in Persian)

Alipour, M., kashaninejad, M., Maghsoudlou, Y., & Jafari, M. (2009). Effects of carrageenan, oil temperature and time of frying on Oil Uptake of Fried Potato Products. *Iranian Food Science and Technology Research Journal, 5*(1), 21-27. doi:https://doi.org/10.22067/ifstrj.v5i1.3394 (in Persian)

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. doi:https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2009.00365.x

Amiryousefi, M.R. (2010). *Evaluation of mass transfer kinetics, physicochemical properties and fractal dimension of deep-fat fried ostrich meat fillet using artificial neural networks*. (Unpublished master's thesis). University of Tehran. (in Persian)

AOAC. (1980). *Official methods of analysis*. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

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*, 51-59.

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. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.02.011

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.

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. doi:https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.10.007

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. doi:https://doi.org/10.1016/S0023-6438(02)00186-X

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. doi:https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.10.028

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. doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1999.tb15933.x

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. doi:https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.02.008

Ghaitaranpour, A. (2013). *Effect of adding soy protein isolate to doughnuts on its mass transfer, physical properties and the retro gradation behavior*. (Unpublished master's thesis). Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian)

Kilincceker, 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.

Kilincceker, O., Hepsağ, F., & Kurt, Ş. (2013). The effects of lentil and chickpea flours as the breading materials on some roperties of chicken meatballs during frozen storage. *Journal of Food Science and Technology, 52*(1), 580-585. doi:https://doi.org/10.1007/s13197-013-1019-6

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. doi:https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.09.005

Lee, K.A, & Brennand, 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. doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00948.x

Mallarjunan, P.K., Ngadi, M.O., & Chinnan, M.S. (2010). *Breaded fried foods*. CRC Press. New York.

Mousavinasab, S.S., Darabzadeh, N., Aminlari, M., & Ramezani, R. (2008, October). The process of solubility and electrophoretic changes of soy protein proteins during storage at different temperatures. 18th *National Congress of Food Science and Technology*, Mashhad. (in Persian)

Payan, R. (2008). *Introduction to cereal products technology*. (Second Edition), Ayiz Publishing, Tehran. (in Persian)

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*(100), 1092-1098. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.03.009

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. doi:https://doi.org/10.1002/jsfa.2191

Sahin, S., & Sumnu, S.G. (2010). *Advances in deep-fat frying of foods*. CRC press, New York.

Shih, F.F., Daigle, K.W., & Clawson, E.L. (2001). Development of Low Oil-Uptake Donuts. *Journal of Food Science, 66*(1), 141-144. doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb15596.x

Shokrollahi Yanchedhmeh, B., Mohebbi, M., Varidi, M., & Ansarifar, E. (2014). Effects of Temperature, Frying time and Lentil Flour Addition to the batter formulation on quality of simulated fried crust by using a Deep-Fried Model System. *Iranian Food Science and Technology Research Journal, 10*(3), 266-275. doi:https:/doi.org/10.22067/ifstrj.v10i3.38455 (in Persian)

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. doi:https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2007.00025.x

Tan, K.J., & Mittal, G.S. (2006). Physicochemical properties changes of donuts during vacuum frying. *International Journal of Food Properties, 9*(1), 85-98. doi:https://doi.org/10.1080/10942910500473947

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. doi:https://doi.org/10.1081/JFP-120017813

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. doi:https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.08.004

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. doi:https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.10.008

Ziaiifar, 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. doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01664.x

Zolfaghari, Z.S. (2010). *Effect of formulation, ferrying pretreatments on physicochemical properties of deep fat fried donutand application of fuzzy regression on sensory evaluation of product*, (Unpublished master's thesis). Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian)

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

Mandana Khorsand[1], Majid Aliabadi[2*], Jalil Jarrahiferiz[3]

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