بررسی ارزش تغذیه‌ای برش‌های سیب‌زمینی و پیاز سرخ شده در روغن‌های کنجد، کانولا و روغن مخصوص سرخ کردن

نسیم نیک‌زاد[a]، مهرداد قوامی[b*]، مهدی سیدین اردبیلی[c]، بهروز اکبری آدرگانی[d]، رضا عزیزی نژاد[e]

[a] دانشجوی دکترای گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[b] استاد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[c] دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[d] مرکز تحقیقات آزمایشگاهی غذا و دارو، سازمان غذا و دارو، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، تهران، ایران
[e] استادیار گروه بیوتکنولوژی و به‌نژادی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۹/۲۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۳/۱۳
DOI: 10.30495/JFTN.2021.19173 https://dorl.net/dor/20.1001.1.20080123.1400.19.1.2.9

چکیده

مقدمه: چربی‌ها و روغن‌های خوراکی نقش حسی و عملکردی مهمی در محصولات غذایی ایفا می‌کنند. این ترکیبات باعث آزاد شدن عوامل ایجادکننده طعم شده که با سایر اجزا واکنش داده و باعث بهبود خصوصیات بافتی و احساس دهانی در غذاهای سرخ شده می‌شوند. در طول سرخ کردن غذا، روغن داغ به داخل آن نفوذ می کند، جایگزین بخشی از آب آن می شود و ماده غذایی را به طور قابل توجهی لذیذ کرده باعث ترد شدن و خوشمزه شدن ماده غذایی می‌شود. در این تحقیق، اثر فرایند سرخ کردن عمیق در روغن‌های کنجد، کانولا و روغن مخصوص سرخ کردن (فاقد آنتی اکسیدان) بر روی میزان ترکیبات فنولیک کل، پایداری اکسیداتیو و ترکیب اسیدهای چرب در برش‌های سرخ شده پیاز و سیب زمینی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: برش‌های سیب زمینی و پیاز به ترتیب به مدت ۸ دقیقه و ۴ دقیقه در روغن کنجد، روغن کانولا و روغن سرخ کردنی سرخ شد. سرخ کردن عمیق در سه مرحله جداگانه (نمونه‌های برش جدید اما در یک روغن ثابت) صورت گرفت که بین هر مرحله فاصله زمانی سه ساعت وجود داشت. روغن برش‌های سیب زمینی و پیاز سرخ شده با اندازه گیری فاکتورهای پلی فنل کل (برپایه روش فولین سیوکالتو)، ترکیب اسیدهای چرب (توسط دستگاه گاز کروماتوگرافی) و پایداری اکسیداتیو (براساس روش رنسیمت) ارزیابی شدند.

یافته‌ها: در فرآیند سرخ کردن اسیدچرب ترانس الائیدیک در روغن کانولا، ۱/۵۳ – ۱/۱۴ درصد به ترتیب در دفعه اول و سوم سرخ کردن ایجاد شد اما اختلاف معناداری بین مرحله اول و مرحله سوم مشاهده نشد. بدلیل اکسیداسیون اسید لینولئیک در تمام نمونه‌های سرخ شده پیاز و سیب زمینی مقدار اسید لینولئیک کاهش و میزان اسید پالمیتیک افزایش یافته است. بیشترین مقدار پلی فنل به ترتیب در برش‌های سیب زمینی سرخ شده در روغن کنجد، روغن کانولا و در نهایت در روغن مخصوص سرخ کردنی مشاهده شد. میزان پلی فنل در نمونه‌های سرخ شده نسبت به حالت قبل از سرخ کردن تفاوت معناداری را نشان داده است ($P< ۰/۰۵$). در آزمون رنسیمت، بیشترین مقاومت به اکسیداسیون در برش‌های سیب زمینی سرخ شده با روغن کنجد و بعد از آن در روغن مخصوص سرخ کردنی و در نهایت در روغن کانولا مشاهده شد. همچنین در برش‌های پیاز سرخ شده در روغن کنجد روند مشابهی مشاهده شده است.

نتیجه‌گیری: روغن کنجد بدلیل ساختار ترکیب اسیدهای چرب و محتوای آنتی اکسیدانی در مقایسه با روغن کانولا و روغن مخصوص سرخ کردنی واسطه مناسبی در سرخ کردن عمیق می باشد.

واژه‌های کلیدی: *اسید چرب، پایداری اکسیداتیو، روغن کانولا، روغن کنجد، روغن مخصوص سرخ کردنی، رنسیمت، سرخ کردن عمیق.*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: mehrdad_ghavami@yahoo.com

مقدمه

سرخ کردن یکی از رایج‌ترین و محبوب‌ترین روش‌های آماده سازی و فرآوری مواد غذایی می‌باشد. این روش سریع و راحت است و دلپذیری غذا را همراه با طعم و عطر مناسب افزایش می‌دهد (Gertz, 2000). باتوجه به دیدگاه منفی برخی از متخصصان تغذیه در خصوص اثر مواد غذایی سرخ شده بر سلامتی انسان، لازم به ذکر است که سرخ کردن می‌تواند در مقایسه با سایر روشهای آماده سازی اثر مشابه و یا افت کمتری از مواد مغذی داشته باشد (Fillion & Henry, 1998).

سرخ‌کردن به دو روش سرخ کردن عمیق و سرخ کردن سطحی می باشد. سرخ کردن عمیق یکی از رایج ترین روش‌های فرآوری و آماده سازی ماده غذایی می‌باشد. تکنیک سرخ کردن عمیق درواقع غوطه ورکردن غذا در روغن داغ است. کیفیت مواد غذایی آماده شده با این روش نه تنها بستگی به شرایط سرخ کردن مانند دمای روغن، زمان سرخ کردن، نسبت سطح به حجم ماده غذایی و نسبت روغن سرخ کردنی به ماده غذایی دارد، بلکه نوع روغن و نوع ماده غذایی نیز اهمیت دارد (Varela, 1994).

در طول سرخ کردن، چربی بطور مداوم در معرض دمای بالا (۱۸۰ – ۱۵۰ درجه سلسیوس) درحضور آب و هوا قرار می‌گیرد. یک سری واکنش‌های پیچیده مانند اکسیداسیون و پلیمریزاسیون رخ می‌دهد که منجر به تشکیل ترکیباتی شده و در نهایت بر کیفیت حسی، عملکردی و تغذیه‌ای روغن سرخ کردنی اثر دارد (Serjouie *et al*., 2010).

در طول سرخ کردن، مواد غذایی مقدار قابل توجهی روغن جذب می کنند (حدود ۴۰٪ ماده غذایی سرخ شده)، در نتیجه کیفیت روغن سرخ کردنی یک فاکتورمهم در کیفیت و ارزش تغذیه‌ای محصولات سرخ شده می باشد (Houhoula & Oreopoulou, 2004; Mallikarjunan *et al*., 2010).

نوع روغن مصرفی برای سرخ کردن معمولا با توجه به دو جنبه پایداری روغن و سلامتی انتخاب می‌شود. کنجد با نام *Sesamum indiicum* می‌باشد. دانه کنجد یکی از قدیمی‌ترین محصولات دانه‌های روغنی شناخته شده در جهان است. بطور کلی، ترکیب شیمیایی کنجد نشان می‌دهد که دانه آن حاوی ترکیباتی از جمله روغن (۴۴ تا ۵۸٪)، پروتئین (۱۸ تا ۲۵٪)، کربوهیدرات (حدودا ۱۳/۵) و خاکستر (حدودا ۵٪) می‌باشد (Borojeni *et al*., 2016). روغن کنجد نیازی به زمستانه کردن ندارد (یا خیلی کم زمستانه می‌شود) و می‌تواند به طور مستقیم استفاده شود (Borojeni *et al*., 2016).

این روغن علی‌رغم غیراشباعیت بالا پایداری قابل توجهی نسبت به اکسیداسیون دارد که دلیل آن می تواند وجود آنتی اکسیدان‌های درونی (مانند لیگنان‌ها و توکوفرول‌ها) باشد. لیگنان‌های موجود در این روغن سزامین و سزامولین می‌باشند که نقش زیست فعالی زیادی دارند. به طورکلی، روغن کنجد حاوی اسید اولئیک (۳۵/۵ تا ۴۷٪)، لینولئیک اسید (۳۵/۶ تا ۴۷/۶٪)، پالمیتیک (۸/۷ تا ۱۳/۸٪)، استئاریک (۲/۱ تا ۶/۴٪) و نیز اسید آراشیدونیک (۰/۱ تا ۰/۷٪) می‌باشد. ترکیب اسیدهای چرب روغن توسط فاکتورهای فیزیولوژیکی و اکولوژیکی تحت تاثیر قرار می‌گیرد (Borchani *et al*., 2010).

کنجد نقش مهمی از نظر تغذیه، خواص دارویی، ویژگی‌های صنعتی و کشاورزی دارد و در محصولات آشپزی و برای تولید روغن (خام یا بو داده) استفاده می‌شود. روغن دانه کنجد بسیار غنی از اسید چرب اشباع نشده است که در تولید مارگارین و روغن‌های پخت و پز استفاده می‌شود (Borchani *et al*., 2010).

روغن کانولا یکی از مهمترین محصولات کشاورزی در کانادا و نیز سومین منبع روغن گیاهی شناخته شده در دنیا می‌باشد (Serjouie *et al*., 2010). با کاهش مصرف چربی‌های اشباع در برنامه غذایی و جایگزین مصرف چربی‌های غیراشباع و مملو از اسیدهای چرب ضروری، احتمال ابتلا به حمله و سکته‌های قلبی تا حد زیادی کم خواهد شد (Beig Mohammadi, *et al*., 2012). کیفیت تغذیه‌ای روغن اساسا به ترکیب اسید چرب بستگی دارد. روغن کانولا حاوی اسید اولئیک است که از نظر تغذیه مطلوب بوده و به روغن پایداری می‌دهد، لینولئیک و لینولینیک اسید که اسیدهای چرب ضروری هستند و همچنین مقادیر کمتری از اسیدهای چرب اشباع را نسبت به سایر روغن‌های گیاهی شامل می‌شود (Beig Mohammadi *et al*., 2012). روغن کانولا یکی از رایج‌ترین و سالم ترین روغن‌های خوراکی برای پخت و پز می‌باشد که به دلیل مقدار پایین اسیدهای چرب اشباع

(حدود ۷٪)، مقدار بالایی از اسیدهای چرب تک غیراشباع (اولئیک اسید حدود ۶۰٪) و مقدار کافی از اسید چرب امگا ۳ (آلفا لینولنیک اسید، ۸ تا ۱۲٪) می‌باشد. نسبت امگا ۶ به امگا ۳ در روغن کانولا بصورت ۲:۱ می‌باشد که نشان دهنده سلامتی بخش بودن آن می‌باشد. همچنین حاوی مقدار بالایی ویتامین E و ترکیبات فنولیک می‌باشد (Khattab, *et al.*, 2012). علاوه بر ترکیبات اسید چرب بهینه، مقدار قابل توجهی از ترکیبات زیست فعال، از جمله توکوفرول‌ها، پلی‌فنل‌ها، استرول‌ها و کاروتنوئیدها در روغن کانولا وجود دارد. به علت توانایی آنتی اکسیدانی قوی، این آنتی اکسیدان‌های طبیعی از بدن در مقابل بیماری های قلبی عروقی، سرطان‌ها و بیماری های نوروژنیک محافظت می‌کنند (Ma, 2013).

روغن مخصوص سرخ کردن عاری از اسیدهای چرب ترانس می‌باشد که از روغن‌های مجاز گیاهی تهیه می‌شود. براساس استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۵۲ روغن سرخ کردن محصولی است سیال (درجه ۲۰ درجه سلسیوس) و مرکب از یک یا چند روغن‌گیاهی می باشد. استفاده از روغن‌های مقاوم در مقابل حرارت در فرمولاسیون، روغن سرخ کردنی را به محصولی مناسب جهت کلیه مصارف سرخ کردنی و پخت و پز تبدیل نموده است.

در سال‌های اخیر تحقیقات مختلفی در جنبه‌های مختلف سرخ کردن عمیق صورت گرفته است، از جمله میتوان به تشکیل اسیدهای چرب ترانس در روغن‌های خوراکی در طول سرخ کردن و فرآیند حرارت‌دهی توسط Tsuzuki وهمکاران در سال ۲۰۱۰ اشاره کرد. برش‌های سیب زمینی‌های خام در روغن کانولا در دماهای ۱۶۰، ۱۸۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد سرخ شده و ۱۰ بار چرخه سرخ شدن در برش‌های جدید سیب زمینی انجام شد. محتوای لیپید سیب‌زمینی خام حدود ۰/۱٪ (w / w) بود و اسیدهای چرب ترانس در سیب زمینی خام ناچیز بود. از سوی دیگر، سیب زمینی سرخ شده در مرحله آخر (مرحله دهم سرخ کردن) حاوی چربی‌ها در سطوح ۸/۸ تا ۹/۲ درصد و ترکیب اسید چرب آنها بیشتر در مطابقت با روغن سرخ کردن بود. هنگامی که ۱۰۰ گرم سیب زمینی سرخ شده در این فرآیند مصرف شد، مصرف اسید چرب ترانس در کمتر از ۰/۱ گرم تخمین زده شد. نتایج نشان داد که یک فرآیند سرخ کردن معمولی با استفاده از روغن‌های خوراکی غیر هیدروژنه تأثیر کمی بر جذب اسید چرب ترانس از روغن‌های خوراکی دارد. در مطالعه‌ای دیگر بررسی اثر فرآیند سرخ کردن روی ترکیبات اسیدهای چرب و اندیس یدی از روغن‌های گیاهی انتخاب شده و مخلوط شده آنها توسط Serjouie و همکاران در سال ۲۰۱۰ انجام گرفت. هدف از این تحقیق بررسی تاثیر نوع روغن سرخ کردنی روی ترکیب اسیدهای چرب و اندیس یدی بود. آزمون‌های این تحقیق عبارتند از: ترکیب اسیدهای چرب با دستگاه گاز کروماتوگرافی و آنالیز اندیس یدی بوسیله آزمون تست PORIM. نتایج نشان داد که روغن کانولا به تنهایی کمترین پایداری را نسبت به روغن‌های دیگر این تحقیق داشته و روغن پالم اولئین – کانولا بهترین پایداری را بدلیل کاهش کمتر نسبت C16:0 / C18:2 و نیز اندیس یدی دارد. در سال ۲۰۱۲ Bellail و همکاران اثر روشهای پخت را روی ترکیبات فنولیک و فعالیت آنتی‌اکسیدانی سیب زمینی شیرین بررسی کردند. روش‌های مورد بررسی جوشاندن، پختن، مایکروویو و سرخ کردن عمیق بود. نتایج نشان داد که پروسه حرارتی مقدار فنولیک کل را افزایش داده که در بین آنها سرخ کردن عمیق مقدار بیشتری را نشان داده است.

مطالعه ایی دیگر توسط Bakhtiary در سال ۲۰۱۴ در مورد بررسی کیفیت حسی چیپس سیب‌زمینی در اثر سرخ کردن در روغن کنجد و روغن پالم اولئین و مخلوط آنها صورت گرفت. در این تحقیق آزمون‌های حسی تردی، عطر، طعم بررسی شد. نتایج نشان داد که مخلوط این دو روغن پایداری بیشتری در طول سرخ کردن فراهم می‌کند. ارزیابی فنل‌ها و ظرفیت آنتی اکسیدانی سبزیجات مدیترانه‌ای آماده شده با عصاره زیتون به روش‌های مختلف فرآوری و پختن توسط Ramirez-Anaya و همکاران در سال ۲۰۱۵ صورت گرفت. سیب‌زمینی، گوجه فرنگی، بادمجان و کدو تنبل در روغن زیتون مدیترانه‌ای (EVOO)، آب و مخلوط آب / روغن (W / O) سرخ شده، جوشیده و آب پز شد. محتویات چربی، رطوبت، فنل‌های کل (TPC) و هجده ترکیب فنل و همچنین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در سبزیجات خام را تعیین شد و آنها را با مقادیر اندازه گیری شده پس از پخت و پز مقایسه کردند. سرخ کردن عمیق باعث افزایش میزان چربی و TPC شد، در حالیکه هر دو نوع جوشیدن (در آب و W/O) بطور

یکسانی منجر به کاهش توکوفرول کل شدند. حضور EVOO در پخت و پز باعث افزایش فنولیک در مواد غذایی خام مانند اولئوروپین، پینورزینول، هیدروکسی تیروزول و تیروزول شده بود، و محتوای فنول های گیاهی مانند اسید کلرژنیک و روتئین افزایش یافت. تمام روش‌های پخت و پز، ظرفیت آنتی اکسیدانی اندازه‌گیری شده توسط DPPH، FRAP و ABTS را حفظ یا افزایش دادند. تجزیه و تحلیل‌های چند متغیره نشان داد که هر یک از سبزیجات پخته شده پروفایل‌های فنولی و آنتی‌اکسیدانی خاص را ایجاد می‌کند که وابسته به ویژگی‌های سبزیجات خام و تکنیک های پخت و پز می شود.

از آنجا مصرف پیاز و سیب زمینی بسیار مرسوم است و این دو ماده غذایی به صورت عمده، از طریق سرخ کردن مورد استفاده قرار می‌گیرند و همچنین با توجه به اهمیت سلامتی انسان، و دلپذیر بودن غذای سرخ شده، در این تحقیق هدف این بود که تغییرات ایجاد شده در میزان فنل کل، پایداری اکسیداتیو و اسید چرب ترانس در سیب زمینی و پیاز سفید در سه روغن کنجد، کانولا و روغن مخصوص سرخ کردنی در سه مرحله سرخ کردن عمیق مورد بررسی قرار گیرند.

مواد و روش‌ها

- آماده سازی نمونه

در این تحقیق سیب زمینی رقم آگریا از شهر پلدشت و رقم مینروا از تیپ سفید پیازها بصورت محلی تهیه شد. سیب زمینی‌ها و پیازها جداگانه شسته شده و سپس خشک شدند. در مرحله بعد پوست آن‌ها را جدا کرده و سپس در ابعاد یکسان خرد شدند (سیب زمینی: ۱ × ۱× ۵، پیاز: ۰,۵× ۰/۵ × ۰/۵ سانتی‌متر). لازم به ذکر است که برش دهی با دستگاه خلال کن آشپزخانه انجام گرفت. در مرحله بعد نمونه‌ها به‌طور جداگانه از نظر ترکیبات زیست فعال (فنل کل) و پایداری اکسیداتیو بررسی شدند. سه نمونه روغن (کنجد، کانولا و روغن مخصوص سرخ کردنی تهیه شده از بازار محلی) از نظر ترکیبات فنل کل، پایداری اکسیداتیو و ترکیب اسیدهای چرب ترانس بررسی شدند. بعد از اندازه گیری فاکتورهای مورد نظر قبل از مرحله سرخ کردن، برش‌های سیب زمینی و پیاز به طور جداگانه برای اولین بار تحت سرخ کردن عمیق (در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و سانتی‌گراد در مدت زمان ۳-۴ دقیقه برای پیاز و ۱۰-۸ دقیقه برای سیب زمینی) قرار گرفتند.لازم به ذکر است نسبت روغن به برش‌ها برای سرخ کردن ۴ به ۱ است. بعد یک استراحت زمانی سه ساعته برای روغن‌ها، نمونه‌های جدید برای دومین بار در همان روغن‌ها سرخ می‌شوند. مجددا یک استراحت زمانی سه ساعته به روغن‌ها داده و نمونه‌های جدید برای سومین بار درهمان روغن‌ها سرخ می‌شوند. سپس نمونه های بدست آمده از مرحله اول و مرحله سوم سرخ کردن مورد بررسی قرار گرفت.

- روش استخراج روغن از نمونه های سرخ شده

برای اندازه گیری چربی، از روش سوکسله استفاده شد. پس از حذف روغن سطحی باقیمانده از تکه‌های سرخ شده، آن‌ها را برش داده و سپس در آون تحت خلا با دمای ۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۲ ساعت خشک شدند. سپس مواد جامد خشک شده، توزین شده و به انگشتانه استخراج سلولزی در فلاکس‌های ته گرد ۲۵۰ میلی لیتری که حاوی ۵۰ میلی لیتر پترولیوم اتر بود، منتقل شدند. براساس استاندارد AOAC(1995) و استاندارد ملی ایران به شماره ۷۵۹۳، استخراج روغن به مدت ۲ ساعت با استفاده از سیستم سوکسله انجام شد و حلال با استفاده از یک اواپراتور دوار(مدل Heidplph Laborta 4003 control) تبخیر شد. فلاسک‌های حاوی روغن استخراج شده در یک آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند و محتوای روغن بصورت درصد بیان شد(Pedreschi *et al*., 2008).

- تعیین ترکیب اسیدهای چرب

به‌منظور آنالیز اسیدهای چرب از دستگاه گاز کروماتوگرافیGC 6890 Agilent مجهز به اتوسمپلر و دتکتور FID تحت شرایط دمای تزریق ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد، نسبت ترزیق: ۱:۱۰۰، دمای آون ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، دمای دتکتور ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد، گاز حامل نیتروژن با سرعت ۱ ml/min، ستون: Cpsil88 ۵ m×۲۵۰µm×۰/۲µm استفاده شد (Mirrezaie Roodaki *et al*., 2016).

متیل استر کردن اسیدهای چرب و شناسایی آن‌ها توسط دستگاه گازکروماتوگرافی (GC) طبق استاندارد ملی

ایران به شماره ۱۳۱۲۶-۲ و ۱۳۱۲۶-۴ انجام شد. حدود ۰/۱ گرم از نمونه روغن را توسط یک سوزن برداشته و به آن ۲ میلی لیتر هپتان اضافه کرده و تکان داده شد. سپس ۰/۲ میلی لیتر از محلول هیدروکسید پتاسیم متانولیک ۲ نرمال افزوده و روی درپوش قرار داده شد. درپوش را محکم کرده و برای ۳۰ ثانیه به شدت تکان داده شد. بعد از سپری شدن حدود یک ربع برای جدا شدن لایه‌ها، لایه رویی شفاف شد. لایه رویی را که شامل متیل استر است به آرامی سرریز کرده و در نهایت محلول هپتان برای تزریق به داخل گازکرماتوگرافی انتخاب شد. به این ترتیب اسیدهای چرب متیله شدند. سپس مقداری از نمونه به دستگاه گاز کروماتوگرافی تزریق شد. از آشکار کننده FID برای شناسایی اسیدهای چرب استفاده شد.

- اندازه‌گیری فنل کل

فنل کل با استفاده از روشFolin Ciocalteu اندازه‌گیری شد(Fang Deng *et al*., 2013). در روش فولین؛ ۲,۵ میلی لیتر آب دیونیزه شده و ۲ میلی لیترمعرف فولین به ۲ میلی‌لیتر از محلول متانولی نمونه اضافه شد. پس از ۵ دقیقه، ۲ میلی لیتر از محلول آبی ۱۰٪ Na2CO3 اضافه شد. حجم نهایی به ۲۵ میلی لیتر رسید. نمونه ها به مدت ۹۰ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفته و بعد با واکنشگر فولین مخلوط شدند. در نهایت جذب نمونه‌ها پس از ۲ ساعت قرار دادن در دمای اتاق با دستگاه اسپکتروفتومتر ماورای بنفش در ۷۶۰ نانومتردر مقابل بلانک (متانول) اندازه گیری شد. مقادیرفنل کل عصاره بر اساس میلی گرم گالیک اسید در گرم محاسبه شد.

- اندازه گیری پایداری اکسیداتیو

روش رنسیمت بطور گسترده برای تعیین پایداری اکسیداتیو در چربی‌ها و روغن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. دوره القا (IP) با اندازه گیری تغییرات ایجاد شده در هدایت الکتریکی آب دیونیزه بدلیل تولید ترکیبات حاصل از اکسیداسیون بدست می‌آید. این فرآیند در دمای بالا و هوادهی ثابت انجام می‌گیرد. دوره القا برحسب ساعت گزارش می‌شود (Tiveron *et al*., 2012).

برای انجام این آزمون از دستگاه رنسیمت مدل Metrohm 743, Switzerland برای تعیین دوره القاء نمونه‌های تیمار شده و نمونه شاهد استفاده گردید. حدود ۳ میلی لیتر روغن از هر نمونه تهیه شد و در بلوک حرارتی دستگاه قرار داده شدند. دما در حد ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد .الکترودها در داخل ۶۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار داده شد و پس از اتصال ظروف با الکترودها، جریان هوا با سرعت ۲۰ لیتر بر ساعت به داخل سل‌ها وارد گردید. با گذشت زمان روغن اکسید شده و فرآورده‌های حاصل از اکسیداسیون در آب مقطر جمع آوری شد. زمانی که هدایت الکتریکی تا حد زیادی افزایش یافت، نقطه شکست منحنی بدست آمد، میزان مقاومت روغن و پایداری اکسیداتیو آن را نشان داد.

- تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش برای تجزیه و تحلیل‌های آماری از آزمایش فاکتوریل دو فاکتوره در قالب طرح کاملا تصادفی (CRD) با سه تکرار استفاده شد. برای تجزیه تحلیل آماری از روش تحلیل واریانس (ANOVA) استفاده شد و چنانچه هرکدام از فاکتورها یا سطوح مورد بررسی در سطح ۵٪ معنی دار شدند از روش مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن (DMRT) با سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده شد.

یافته ها

- ترکیب اسیدهای چرب

ترکیب اسیدهای چرب برای هر سه روغن مورد استفاده در مرحله قبل از سرخ کردن در جدول ۱ آمده است.

جدول۱- ترکیب اسیدهای چرب در مرحله قبل از سرخ کردن (٪)

Table 1- Profile of fatty acids in the pre-frying stage (%)

Type of oil	stage	C16	C18	C18:1c	C18:1 t	C18:2c	C18:3c
Canola	raw	0.21± 5.15 ^{c}	0.01±2.05 ^{c}	0.37±56.34 ^{a}	0.01±1.03 ^{a}	0.58±22.82 ^{c}	0.25±8.25 ^{a}
sesame	raw	0.017±11.01 ^{b}	0.36±5.63 ^{a}	0.41±38.14 ^{b}	ND	0.28±39.95 ^{a}	0.01±0.1 ^{b}
Especial frying oil	raw	0.57± 24.95 ^{a}	0.3±3.72 ^{b}	0.38±35.86 ^{c}	ND	0.39±28.12^{b}	ND

حروف غیر یکسان در هر ستون وجود اختلاف معنی دار را نشان می دهد (P< ۰/۰۵). ND= Not Detected

نتیجه جدول ۱ نشان می دهد که در تمام روغن‌ها در مرحله قبل از سرخ کردن بیشترین مقدار اسید چرب به‌ترتیب مربوط به اسید اولئیک، اسید لینولئیک، اسید پالمیتیک و اسید استئاریک است. در روغن کنجد بالاترین مقدار اسیدهای چرب آزاد به ترتیب اسید لینولئیک، اسید اولئیک، اسید پالمیتیک و اسید استئاریک می باشد. در روغن سرخ کردن و روغن کانولا بیشترین مقدار اسیدهای چرب به ترتیب متعلق به اسید اولئیک، اسید لینولئیک، اسید پالمیتیک و اسید استئاریک است.

میزان اسید پالمیتیک در روغن کانولا ۵درصد، در روغن کنجد ۱۱ درصد و در روغن مخصوص سرخ کردن ۲۴/۹۵ درصد بود. این روغن ها در C۱۶:۰ بصورت زیر رتبه بندی شده اند؛ روغن سرخ کردنی، روغن کنجد و روغن کانولا. روغن‌ها از نظر مقدار C ۱۶:۰ اختلاف معناداری بایکدیگر داشتند.

اسید اولئیک یکی از مهمترین اسیدهای چرب در روغن است و محدوده میزان حضور آن در روغن‌های قبل از سرخ کردن در روغن کانولا ۵۶/۳۴ درصد، در روغن کنجد ۵/۶۳ درصد و در روغن مخصوص سرخ کردنی ۳/۷۲ درصد بود. بیشترین مقدار این ترکیب در روغن کانولا مشاهده شد، به دنبال آن روغن کنجد وروغن سرخ کردن. روغن‌ها از نظر مقدار C۱۸:۱ اختلاف معناداری بایکدیگر داشتند.

محدوده اسید لینولئیک در روغن کانولا ۲۲/۸۲ درصد، در روغن کنجد۳۹/۹۵ درصد و در روغن مخصوص سرخ کردنی ۲۸/۱۲ درصد بود. بیشترین مقدار این اسید چرب در روغن کنجد و سپس روغن مخصوص سرخ کردنی و روغن کانولا اندازه گیری شد. روغن‌ها از نظر مقدار C ۱۸:۲ اختلاف معناداری بایکدیگر دارند.

با توجه به جدول ۱ می توان نتیجه گرفت که در بین روغن‌ها در مرحله قبل از سرخ کردن، روغن کانولا دارای اسید چرب ترانس الائیدیک به میزان ۱ درصد بوده است، در حالیکه روغن کنجد و روغن مخصوص سرخ کردنی فاقد اسید چرب ترانس می باشند.

جدول ۲ نشان دهنده ترکیب اسید چرب روغن در مراحل اول و سوم سرخ کردن سیب زمینی در روغن‌های کنجد، کانولا و روغن مخصوص سرخ کردن است.

نتایج در جدول ۲ نشان می دهند که اسید پالمیتیک در مرحله اول سرخ کردن سیب زمینی در روغن کانولا، کنجد و روغن مخصوص سرخ کردنی به ترتیب ۵/۸۸، ۹/۵۳ و ۲۷/۳ درصد بود. این ترکیب در مرحله سوم سرخ کردنی به ترتیب شامل ۵/۹۳، ۹/۸۷ و ۲۷/۷۱ درصد می باشد. همانطور که مشخص است اسید پالمیتیک در طول سرخ کردن افزایش یافته است اما اختلاف معناداری از این نظر در بین برش‌های سرخ شده در دفعه اول و سوم سرخ کردن ایجاد نشده است. لازم به ذکر است که میزان حضور C۱۶:۰ در روغن‌ها از زیاد به کم عبارتند از؛ روغن سرخ کردنی، روغن کنجد و روغن کانولا. همچنین اختلاف معناداری از نظر درصد اسید پالمیتیک در بین سه روغن مشاهده شده است ($P< ۰/۰۵$).

محتوای اسید اولئیک در سیب زمینی سرخ شده در مرحله اول در روغن کانولا، کنجد و روغن مخصوص سرخ کردنی به ترتیب شامل ۶۳/۳۵، ۴۱/۱۴ و ۳۸/۴۱ درصد و در مرحله سوم به ترتیب شامل ۶۴/۷۵، ۴۲/۷۶ و ۳۹/۳۷ درصد بود. در دفعه اول و سوم سرخ کردن میزان اسید اولئیک افزایش می‌یابد و از نظر اسید اولئیک اختلاف معناداری بین مراحل سرخ‌کردن مشاهده نشده است. بیشترین مقدار این فاکتوربه ترتیب در روغن کانولا، روغن کنجد و روغن سرخ کردن یافت شد و اختلاف معناداری از نظر درصد اسید اولئیک بین روغن‌ها مشاهده شده است ($P< ۰/۰۵$).

جدول۲- ترکیب اسیدهای چرب در برش‌های سیب زمینی سرخ شده (٪)

Table 2- Fatty acid profiles in fried potatoes (%)

Type of oil	stage	C16	C18	C18:1c	C18:1t	C18:2c	C18:3c
Canola	First	5.88±0.5 ^{c}	2.32±0.15 ^{c}	63.35±0.43 ^{a}	1.14±0.15 ^{a}	20.66±0.34 ^{c}	5.07±0.52 ^{a}
Sesame	First	9.53±0.62 ^{b}	5.71±0.42 ^{a}	41.14±0.34 ^{b}	0.01±0.001 ^{c}	37.74±0.32 ^{a}	0.08±0.002 ^{c}
Frying oil	First	27.3±0.44 ^{a}	3.78±0.19 ^{b}	38.41±0.19 ^{c}	ND*	27.55±0.39 ^{b}	ND*
Canola	Third	5.93±0.69 ^{c}	2.54±0.3 ^{c}	64.75±0.54 ^{a}	1.53±0.24 ^{a}	21.44±0.37 ^{c}	3.24±0.61 ^{a}
Sesame	Third	9.87±0.45 ^{b}	5.83±0.41 ^{a}	42.76±0.42 ^{b}	0.013±0.001 ^{c}	36.78±0.44 ^{a}	0.05±0.001 ^{c}
Frying oil	Third	27.71±0.77 ^{a}	3.87±0.34 ^{b}	39.37±0.25 ^{c}	ND*	27.21±0.39 ^{b}	ND*

*Nd= Not Detected

حروف غیر یکسان در هر ستون وجود اختلاف معنی دار را نشان می دهد ($P< ۰/۰۵$).

محدوده اسید لینولئیک در سیب‌زمینی سرخ شده درمرحله اول سرخ کردن در روغن‌های کانولا، کنجد و روغن مخصوص سرخ کردنی به ترتیب شامل ۲۰/۶۶، ۳۸/۷۴ و ۲۷/۵۵ درصد و در مرحله سوم نیز به ترتیب شامل ۲۱/۴۴، ۳۶/۷۸ و ۲۷/۲۱ درصد می‌باشد. اسید لینولئیک در دفعه اول و سوم سرخ کردن افزایش یافته و از این جهت اختلاف معناداری بین مراحل مشاهده نشده است. بیشترین مقدار این ترکیب در روغن کنجد و به دنبال آن در روغن سرخ کردنی و روغن کانولا مشاهده شده که اختلاف معناداری بین روغن‌ها از نظر میزان اسید لینولئیک مشاهده شده است ($P< ۰/۰۵$).

همچنین با مشاهده جدول ۲ می توان نتیجه گرفت، میزان اسید چرب ترانس الائیدیک در روغن کانولا ۱/۱۴ درصد و در روغن کنجد ۰/۰۱ درصد در مرحله اول سرخ کردن و نیز ۱/۵۳ و ۰/۰۱۳ درصد به ترتیب در روغن کانولا و روغن کنجد در مرحله سوم سرخ‌کردن سیب‌زمینی تشکیل شده است که از این جهت اختلاف معناداری بین آنها در هر مرحله سرخ کردن مشاهده شده است اما بین مراحل اول و سوم اختلاف معناداری مشاهده نشده است.

در جدول ۳ می توان ترکیب اسیدهای چرب پیاز سرخ شده در سه روغن کنجد، کانولا و روغن مخصوص سرخ کردن در مراحل اول و سوم را مشاهده کرد.

نتیجه داده شده در جدول ۳ نشان می‌دهد که در نمونه‌های پیاز سرخ شده، در مرحله اول و سوم سرخ کردن، بیشترین مقدار اسید چرب مربوط به اسید اولئیک، اسید لینولئیک، اسید پالمیتیک و اسید استئاریک بود. در روغن کنجد بالاترین مقدار اسید های چرب به ترتیب اسید لینولئیک، اسید اولئیک، اسید پالمیتیک و اسید استئاریک هستند. در روغن سرخ کردن و روغن کانولا بیشترین مقدار اسیدهای چرب به ترتیب اسید اولئیک، اسید لینولئیک، اسید پالمیتیک و اسید استئاریک است.

محدوده اسید پالمیتیک در پیاز سرخ شده در مرحله اول سرخ کردنی در روغن‌های کانولا، کنجد و روغن مخصوص سرخ کردنی به ترتیب شامل ۵/۴۵، ۸/۸۱ و ۲۵/۲۱ درصد و در مرحله سوم سرخ کردن به ترتیب شامل ۶/۷۳، ۱۰/۰۳ و ۲۵/۳۸ درصد می‌باشد. در طول سرخ کردن اسید پالمیتیک در برش‌های پیاز سرخ شده افزایش یافته اما اختلاف معناداری از این جهت بین مراحل مشاهده نشده است. بیشترین مقدار این فاکتور در روغن سرخ کردن، روغن کنجد و روغن کانولا یافت شد و نیز بین سه روغن اختلاف معنادار از نظر مقدار ۱۶ C مشاهده می‌شود ($P< ۰/۰۵$).

محتوای اسید اولئیک در برش‌های پیاز سرخ شده درمرحله اول سرخ کردن در روغن کانولا، کنجد و روغن مخصوص سرخ کردنی به ترتیب ۶۰/۱۵، ۴۰/۸۳ و ۳۸ درصد و در مرحله دوم به ترتیب ۶۰/۲۷، ۴۲/۰۱ و ۳۹/۳۳ درصد می‌باشد. اسید اولئیک در طول سرخ کردن برش‌های پیاز افزایش می یابد اما این افزایش چشمگیر نبوده و اختلاف معناداری در دفعه اول و سوم سرخ کردن مشاهده نشده است. ترتیب روغن با توجه به محتویات این اسید چرب بصورت زیر بوده است؛ روغن کانولا، روغن کنجد و روغن سرخ کردن. لازم به ذکر است اختلاف معناداری از نظر این ترکیب در روغن‌های مورد بررسی مشاهده شد ($P< ۰/۰۵$).

درصد اسید لینولئیک در پیاز سرخ شده در مرحله اول سرخ کردن روغن‌های کانولا، کنجد و روغن مخصوص سرخ کردنی به ترتیب ۲۱/۶۹، ۳۷/۸۴و ۲۷/۹۲ و در مرحله سوم سرخ کردن به ترتیب ۲۰/۶۰، ۳۶/۱۴ و ۲۷/۷۱ بوده است، لازم به ذکر است که بین مراحل سرخ کردنی در هر روغن اختلاف معناداری مشاهده نشده است. بیشترین مقدار اسید لینولئیک در روغن کنجد، روغن سرخ کرده و روغن کانولا یافت شد. بین سه روغن در هر مرحله اختلاف معناداری از نظر مقدار ۱۸:۲ C مشاهده شد ($P< ۰/۰۵$).

اسید الائیدیک در پیاز سرخ شده در مرحله اول سرخ کردن به میزان ۱/۰۵ و ۰/۰۱ درصد به ترتیب در روغن کانولا و دروغن کنجد و نیز در مرحله سوم سرخ کردن ۱/۰۷ و ۰/۰۱ درصد به ترتیب در روغن کانولا و روغن کنجد مشاهده شد. همچنین اختلاف معناداری بین روغن‌های سرخ شده در هر مرحله مشاهده شد ($P< ۰/۰۵$)، اما بین مرحله اول و سوم اختلاف معناداری مشاهده نشده است.

- فنل کل

همانطور که نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد میزان پلی فنل کل در برش‌های سیب زمینی و پیاز سرخ نشده به ترتیب ۲۵/۴۴ و ۷۲۱ (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) می‌باشد. این

دو ماده غذایی، از نظر پلی فنل کل اختلاف معناداری با یکدیگر دارند (P< ۰/۰۵).

همانطور که در جدول ۵ مشاهده می شود، دامنه پلی فنل تام در مرحله قبل از سرخ کردن برای روغن‌های کانولا، کنجد و روغن مخصوص سرخ کردنی به ترتیب در محدوده ۱۰/۸۳، ۱۸/۷۱ و ۸/۶۸ میلی گرم در صد گرم می‌باشد. بیشترین میزان ترکیبات فنولیک به ترتیب در روغن کنجد، کانولا و روغن مخصوص سرخ کردن مشاهده شده است. این سه روغن از نظر پلی فنل تام اختلاف معناداری بایکدیگر دارند (P< ۰/۰۵).

نتایج بررسی ترکیبات پلی فنل کل در برش‌های سیب زمینی و پیاز سرخ شده در مرحله اول و سوم سرخ کردن در جدول ۶ نشان داده شده است. همانطور که جدول ۶ نشان می‌دهد، میزان پلی فنل کل در سیب زمینی سرخ شده در مرحله‌ی اول در سه روغن کانولا، کنجد و روغن مخصوص سرخ کردنی به ترتیب۳۶/۱۲، ۳۸/۱۱ و ۳۱/۸۵ (میلی‌گرم در صد گرم) و در مرحله‌ی سوم ۴۶/۴۵، ۴۱/۳۳ و ۳۸/۱۴ (میلی‌گرم در صد گرم) می‌باشد. میزان پلی فنل تام در طول سرخ کردن افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است که بین دو مرحله سرخ کردن از نظر میزان این ترکیب در روغن‌های کانولا و روغن مخصوص سرخ کردنی اختلاف معناداری مشاهده نشده درحالیکه در روغن کنجد از نظر میزان پلی فنل تام اختلاف معناداری مشاهده شده است (P< ۰/۰۵). همچنین میزان پلی فنل تام در برش‌های سرخ شده سیب زمینی و پیاز در مقایسه با برش‌های خام آن‌ها بطور چشمگیری افزایش یافته است (P< ۰/۰۵).

جدول ۳- ترکیب اسیدهای چرب در برش‌های پیاز سرخ شده (٪)

Table 3- Fatty acid profiles in fried onions (%)

Type of oil	Stage	C16	C18	C18:1c	C18:1t	C18:2c	C18:3c
Canola	First	5.45 ±0.32 ^{d}	2.07±0.68 ^{c}	60.15±0.53 ^{a}	1.05±0.063 ^{a}	21.69±0.5 ^{d}	5.01±0.27 ^{a}
Sesame	First	8.81±0.32 ^{c}	5.60±0.3 ^{a}	40.83±0.35 ^{b}	0.01±0.003 ^{b}	37.84±0.43 ^{a}	0.09±0.006 ^{c}
Frying oil	First	25.21±0.24 ^{a}	3.21±0.27 ^{b}	38±0.39 ^{c}	ND	27.92±0.39 ^{c}	ND
Canola	Third	6.73±0.14 ^{d}	2.63±0.08 ^{c}	60.27±0.43 ^{a}	1.07±0.07 ^{a}	20.60±0.41 ^{d}	4.23±0.34 ^{a}
Sesame	Third	10.03±0.28 ^{c}	5.78±0.3 ^{a}	42.01±1.09 ^{b}	0.01±0.01 ^{b}	36.14±0.34 ^{a}	0.079±0.005 ^{c}
Frying oil	Third	25.38±0.098 ^{a}	3.25±0.33 ^{b}	39.33±0.47 ^{c}	ND	27.71±0.37 ^{b}	ND

ND= Not Detected

حروف غیریکسان در هر ستون وجود اختلاف معنی دار را نشان می دهد (P< ۰/۰۵).

جدول ٤- میزان ترکیبات فنولیک کل در برش‌های سیب زمینی و پیاز در مرحله قبل از سرخ کردن (میلی گرم در صد گرم)

Table 4 - Total phenol content of oils in the pre-frying stage (mg / 100g)

Step	Type of oil	Total phenol (mg/100g)
pre-frying	Canola	10.83±0.52 ^{b}
pre-frying	Sesame	18.71±0.4 ^{a}
pre-frying	Frying oil	8.68±0.49 ^{b}

حروف غیر یکسان در هر ستون وجود اختلاف معنی دار را نشان می دهد (P< ۰/۰۵).

جدول ٥- میزان توتال فنل روغن ها در مرحله قبل از سرخ کردن (میلی گرم در صد گرم)

Table 5 - The amount of total phenolic compounds in potatoes and onions in the pre-frying stage (mg / 100g)

Steps	Type of vegetable	Total phenol (mg/100g)
Crude	Potato	25.44±0.6 ^{b}
Crude	Onion	721.08±2.07 ^{a}

حروف غیر یکسان در هر ستون وجود اختلاف معنی دار را نشان می دهد (P< ۰/۰۵).

جدول ٦- میزان فنل کل برش‌های سیب زمینی و پیاز سرخ شده در مراحل اول و سوم (میلی گرم در صد گرم)

Table 6- Total phenol content of fried potatoes and onions in the first and third steps (mg / 100g)

Food/oil	Steps of frying	Special Frying oil	Sesame oil	Canola oil
Potato	First	31.85±0.49 [c]	38.11±0.63 [b]	36.12±1.38 [b,c]
Potato	Third	38.14±0.62 [b]	41.33±0.67 [a,b]	46.45±0.64 [a]
Onion	First	802.63±0.72 [f]	906.106±8.84 [d]	890.64±8.45 [e]
Onion	Third	921.11±0.98 [c]	1059.45±2.09 [a]	1033.22±3.61 [b]

حروف غیر یکسان در هر ستون وجود اختلاف معنی دار را نشان می دهد (P< ۰/۰۵).

نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد که میزان پلی فنل کل در برش‌های پیاز سرخ شده در مرحله اول در سه روغن کانولا، کنجد و روغن مخصوص سرخ کردنی بـه ترتیـب ۸۹۰/۶۴، ۹۰۶/۱۰۶ و ۸۰۲/۶۳ میلی گرم/ ۱۰۰ گرم و در مرحله سوم به ترتیب ۱۰۳۳/۲۲، ۱۰۵۹/۴۵ و ۹۲۱/۱۱ (میلـی گـرم در صد گرم) میزان پلی فنل تام در پیاز سرخ شـده نسـبت بـه پیاز خام بیشتر شده است، که با نتـایج Ramirez-Anaya وهمکاران درسال ۲۰۱۵ مطابقت داشت. میزان پلی فنل تام در بین روغن‌ها و همچنـین در بـین مراحـل سـرخ کـردن اختلاف معناداری با یگدیگر دارند (P< ۰/۰۵).

- پایداری اکسیداتیو

جدول ۷ میزان پایداری اکسیداتیو براساس رنسیمت در سیب زمینی و پیاز در مرحله قبل از سرخ کردن و پس از سرخ کردن برحسب ساعت را نشان می دهد.

محدوده زمان القا که توسط آزمون رنسیمت مشخص شد، در مرحله قبل از سرخ کردن برای روغن کانولا ۹ ساعت ۳۱ دقیقه، برای روغن کنجد ۱۳ ساعت و ۲۶ دقیقه و برای روغن مخصوص سرخ کردنی ۱۲ ساعت و ۵۲ دقیقه بوده است. لازم به ذکر است که بالاترین مقدار رنسیمت در روغن کنجد تازه یافت شد. روغن‌ها از نظر مقدار این فاکتور اختلاف معناداری بایکدیگر دارند (P< ۰/۰۵).

همانطور که جدول ۷ نشان می‌دهد، محدوده زمان القا که توسط آزمون رنسیمت، در نمونه‌های سرخ شده سیب زمینی در مرحله اول به ترتیب برای روغن‌های کانولا، کنجد و روغن مخصوص سرخ کردنی شامل ۹/۱۲، ۱۲/۸۷ و ۱۱/۸۶ می‌باشد. همچنین اختلاف معناداری بین برش‌های سیب‌زمینی سرخ شده در سه روغن مشاهدده شده است (P< ۰/۰۵). در مرحله سوم سرخ کردن زمان القا در سه روغن کانولا، کنجد و روغن مخصوص سرخ کردن به ترتیب ۶/۹۸، ۱۰/۳۶ و ۹/۰۶ بوده که در این مرحله هم اختلاف معناداری بین نمونه‌های سرخ شده مشاهده شده است (P< ۰/۰۵). با توجه به آزمون رنسیمت، روند پایداری اکسیداسیون برش‌های سیب زمینی سرخ شده با روغن‌های کانولا، کنجد و روغن سرخ کردن نشان داده است که بیشترین پایداری به شرح زیر است: روغن کنجد >روغن سرخ کردن > روغن کانولا . لازم به ذکر است که بین دو مرحله سرخ کردن نیز اختلاف معناداری مشاهده شده است (P< ۰/۰۵).

محدوده آزمون رنسیمت در برش‌های پیاز سرخ شده در مرحله اول در روغن کانولا، کنجد و روغن مخصوص سرخ کردن به ترتیب شامل ۹/۳۱، ۱۲/۵۵ و ۱۲/۲۴ بوده که بین نمونه سرخ شده با روغن کنجد و روغن مخصوص سرخ کردن اختلاف معناداری مشاهده نشده اما بین روغن کانولا و دو نمونه دیگر اختلاف معناداری مشاهده شده است (P< ۰/۰۵). نتایج آزمون رنسیمت برای برش‌های پیاز سرخ شده در مرحله سوم در روغن کانولا، کنجد و روغن مخصوص سرخ کردنی به ترتیب شامل ۷/۷۵، ۱۰/۹۲ و ۱۰/۳۳ بوده که اختلاف معناداری بین نمونه سرخ شده در روغن کانولا با نمونه های سرخ شده در روغن کنجد و روغن مخصوص سرخ کردنی مشاهده شده است (P< ۰/۰۵). بالاترین مقدار تست رنسیمت مربوط به پیاز سرخ شده با روغن کنجد، روغن سرخ کردن و روغن کانولا به ترتیب درهر دو مرحله مشاهده شد. زمان القا (IP) در نمونه های پیاز سرخ شده نسبت به پیاز خام کاهش یافته است و در بین روغن‌های مورد استفاده روغن کنجد بالاترین زمان القا را به خود اختصاص داده است. روغن کنجد و روغن مخصوص سرخ کردنی از نظر زمان القا هم در مرحله اول و هم در مرحله سوم سرخ‌کردن تفاوت چشمگیری بایکدیگر ندارند اما بین هر دو مرحله سرخ کردن تفاوت معناداری مشاهده می‌شود(P< ۰/۰۵).

جدول ۷- پایداری اکسیداتیو براساس رنسیمت در برش‌های سیب زمینی و پیاز در مرحله قبل از سرخ کردن و پس از سرخ کردن (برحسب ساعت)

Table 7 - The antioxidant activity in potatoes and onions in the pre-frying and post-frying stages (hour)

Food/oil	Steps of frying	Frying oil	Sesame oil	Canola oil
Oils	Pre-frying	12.88±0.39 [b]	13.44±0.36 [a]	9.52±0.2 [c]
Potato	First	11.86±0.36 [b]	12.87±0.45 [a]	9.12±0.27 [d]
Potato	Third	9.06±0.93 [d]	10.36±0.74 [c]	6.98±0.29 [e]
Onion	First	12.24±0.34 [a]	12.55±0.22 [a]	9.31±0.45 [c]
Onion	Third	10.33±0.34 [b]	10.92±0.86 [b]	7.75±0.4 [d]

حروف غیر یکسان در هر ستون وجود اختلاف معنی دار را نشان می‌دهد (P< ۰/۰۵).

بحث

- تاثیر فرآیند سرخ‌کردن بر اسیدهای چرب هر سه نمونه روغن در مواد غذایی سرخ شده

روغن‌های سرخ کردنی یک عامل بسیار مهم در کیفیت ماده غذایی سرخ شده می باشند که هم بر طعم و هم خصوصیات تغذیه ای آن‌ها اثر چشمگیری دارند. بنابراین تغییر در کیفیت آنها در طول سرخ کردن از اهمیت بسزایی برخوردارند زیرا قرارگرفتن ماده غذایی در روغن‌ها و جذب آن باعث می‌شود تا خصوصیات تغذیه‌ای روغن به ماده غذایی منتقل شده و بر کیفیت آن تاثیر بگذارد.

نتایج بررسی حاضر نشان داد در تمامی نمونه‌های سرخ شده همانند مرحله قبل از سرخ شدن روغن ها، بیشترین اسید چرب به ترتیب اسید اولئیک، لینولئیک و پالمیتیک اسید می‌باشد. در این بین روغن کانولا بالاترین اسید اولئیک (۶۳-۶۴ درصد) و روغن مخصوص سرخ کردنی کمترین میزان این اسید چرب (۳۸-۳۹ درصد) را دارند. بیشترین میزان اسید لینولئیک در روغن کنجد (۳۶-۳۷ درصد) و کمترین آن در روغن کانولا (۲۰-۲۱ درصد) مشاهده شده است. تحقیقی توسط فرهوش و کناری درسال ۲۰۰۹ درخصوص اثرات تندی روغن سبوس برنج بر روغن کانولا در طول سرخ کردن عمیق صورت گرفت. میزان و پروفایل اسیدهای چرب روغن کانولا و ترتیب غالب بودن اسیدهای چرب آن با تحقیق حاضر مطابقت داشته است. همچنین Gharby و همکاران در سال ۲۰۱۵ خصوصیات شیمیایی و پایداری اکسیداتیو دانه‌ها و روغن حاصل از کنجد را بررسی کردند که ترکیب اسیدهای چرب آن با نتایج این تحقیق مشابه بوده است.

براساس تحقیقات برای ترکیب اسیدهای چرب روغن‌ها نشان داده است که میزان حضور اسیدهای چرب در هر نوع روغن ممکن است متفاوت باشد که این امر ممکن است مربوط به نوع واریته مورد استفاده برای تولید روغن باشد. همچنین عوامل دیگری مانند روش استخراج برترکیب اسیدهای چرب تاثیر گذار می‌باشند (Saghaei & Piraki Vanak, 2020).

در طول سرخ کردن میزان اسیدهای چرب ترانس در روغن‌های کانولا و کمی هم در روغن کنجد افزایش می‌یابد. در مرحله اول و سوم مواد غذایی سرخ شده اختلاف معناداری بین روغن ها مشاهده می شود، اما تفاوت چشمگیری بین مرحله اول و سوم در هر ماده غذایی سرخ شده وجود ندارد. نتایج نشان می‌دهد که میزان اسید چرب الائیدیک در روغن کانولا در طول سرخ کردن افزایش می‌یابد که بیشتر از ۱٪ بوده و سلامت این روغن را به خطر می اندازد.

به‌طور کلی در هر دو نمونه سرخ شده پیاز و سیب‌زمینی، با مشاهده جداول مربوط به پروفایل اسید چرب می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت قابل ملاحظه‌ای در مرحله اول سرخ کردن و مرحله سوم سرخ کردن بین هر روغن از نظر درصد اسید پالمیتیک مشاهده نشده است. لازم به ذکر است که مقدار این ترکیب در روغن‌های فرآوری شده در مقایسه با روغن‌های سرخ نشده کنجد و روغن کانولا و روغن مخصوص سرخ کردن افزایش داشته است. افزایش این اسید چرب اشباع را می‌توان به واکنش‌هایی مانند اکسیداسیون در اسیدهای چرب با طول زنجیره بالاتر و نیز باندهای غیر اشباع نسبت داد که منجر به کاهش نسبت آن‌ها در ترکیب کلی اسیدهای چرب و در نتیجه افزایش نسبت اسیدهای چرب اشباع می‌شود. براساس تحقیقات صورت گرفته، اسیدهای چرب اشباع در مقایسه با اسیدهای چرب غیراشباع در برابر فرآیند حرارتی پایداری بیشتری را

از خود نشان می دهند. (Soriguer *et al*., 2003)

از نظر اختلاف معناداری در مقدار C ۱۸:۱ تفاوت قابل ملاحظه‌ای در روغن‌های مورد استفاده مشاهده می‌شود اما در مرحله سوم سرخ کردن تفاوت چشمگیری با مرحله اول وجود ندارد. مقدار این اسید چرب در روغن‌های فرآوری شده در مقایسه با هر سه روغن‌های سرخ نشده افزایش داشته است. علت افزایش این اسید چرب با یک باند دوگانه را می‌توان به تخریب حرارتی اسید لینولئیک (دو باند غیراشباع) و اسید لینولنیک (سه باند غیراشباع) و نیز افزایش نسبت اسید اولئیک در ترکیب روغن نسبت داد (Saghaei & Piraki Vanak, 2020).

اسیدهای چرب غیراشباع لینولئیک و لینولنیک از جمله ترکیبات مهمی هستند که تحت تاثیر واکنش‌های شیمیایی ایجاد شده در طول سرخ کردن قرار می گیرند. این تغییرات د رمیزان و ساختار اسیدهای چرب رابطه مستیمی با زمان و دمای آن دارد (Warner, 2004).

بین سه روغن اختلاف معنادار از نظر مقدار C ۱۸:۲ مشاهده می‌شود اما تفاوت قابل ملاحظه‌ای در مرحله اول سرخ کردن و مرحله سوم سرخ کردن بین هر روغن به استثناء روغن مخصوص سرخ کردنی مشاهده نشده است. لازم به ذکر است که مقدار این ترکیب در روغن سرخ شده در مقایسه با روغن‌های سرخ نشده روند کاهشی را نشان داده است. این کاهش احتمالا به علت تخریب باندهای غیراشباع دوگانه در اثر فرآیند سرخ کردن عمیق و تبدیل آن به محصولات ناشی از اکسیداسیون و در نتیجه کاهش میزان اسیدهای چرب غیراشباع و افزایش نسبت اسیدهای چرب اشباع است (Saghaei & Piraki Vanak, 2020). نتایج بدست آمده از تاثیر فرآیند سرخ کردن عمیق بر ترکیبات اسیدچرب روغن هسته انگور توسط Saghaei و Piravi در سال ۲۰۲۰ نیز با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشته است.

اسیدهای چرب در غذاها به دو صورت اشباع شده و اشباع نشده وجود دارند. باند دوگانه اسید پرب غیراشباع در حالت طبیعی به صورت سیس است که در اثر فرآیند حرارتی شدید به ترانس تبدیل می‌شود. اسید چرب ترانس اثرات زیانباری بر سلامت مصرف‌کننده دارد (Chowdhury *et al*., 2016).

براساس نتایج بدست آمده می توان نتیجه گرفت که در بین روغن ها در مرحله قبل از سرخ کردن، روغن کانولا دارای اسید چرب ترانس الائیدیک به میزان ۱ درصد بوده است، در حالیکه روغن کنجد و روغن مخصوص سرخ کردنی فاقد اسید چرب ترانس می باشند. در طول سرخ کردن میزان اسید چرب ترانس در روغن کانولا و کنجد افزایش می یابد که این افزایش در روغن کانولا چشمگیر بوده است.

- تاثیر فرآیند سرخ کردن بر میزان ترکیبات فنلی در مواد غذایی سرخ شده

امروزه یکی از بهترین منابع آنتی اکسیدان‌های طبیعی، ترکیبات فنلی می‌باشند. ترکیبات فنلی از جمله متابولیت‌های ثانوی هستند که از هسته‌های آروماتیک و یک یا چند گروه OH ساخته شده‌اند و به فنل‌های ساده، فنولیک اسیدها، کومارین‌ها، فلاونوئیدها، استیلبن[1]ها، تانن‌های متراکم (پروسیانیدین‌ها)، لیگنان‌ها و لیگنین‌ها تقسیم می‌شوند. این ترکیبات به‌دلیل خصوصیات ردوکس خود می‌توانند به عنوان عوامل کاهنده (دهنده‌های پروتون) در پاکسازی اکسیژن یکتایی دخالت کرده و به دلیل ساختار شیمیایی متنوع، تفاوت‌هایی را در فعالیت آنتی اکسیدانی نشان دهند (Karaman *et al*., 2010).

این ترکیبات نقش مهمی را در حفاظت بافت‌ها در مقابل اثرات اکسیدکنندگی رادیکال‌های آزاد اکسیژن و سایر گونه‌های فعال ایفا می‌کنند، به‌طوری که از بروز بیماری‌های متعددی از جمله بیماری‌های التهابی، سرطان، دیابت، سکته قلبی، آلزایمر و پارکینسون جلوگیر می‌کنند. خاصیت اکسیدانی گیاهان به میزان هر یک از این ترکیبات فنلی بستگی دارد (Ames BN *et al*., 1993).

در مقایسه بین پیاز و سیب زمینی، بیشترین مقدار پلی فنل کل در پیاز خام یافت شد و از این جهت اختلاف معناداری با یکدیگر دارند. تحقیقی توسط Lemos و همکاران در سال ۲۰۱۵ صورت گرفت که نشان می‌داد ترکیبات فنل تام سیب زمینی خام ۲۰۹ میلی‌گرم/۱۰۰ گرم است که نشان دهنده اهمیت نوع ژن و شرایط کشت می‌باشد.

[1] Stilbenoids

در مرحله قبل از سرخ کردن، بیشترین مقدار کل پلی فنل در روغن کنجد و سپس روغن کانولا و روغن سرخ کردن مشاهده شد. روغن کنجد و روغن کانولا از نظر مقدار پلی فنل کل اختلاف معناداری بایکدیگر ندارند. بر اساس نتایج گزارش شده توسط borojeni و همکاران، مقدار ترکیبات فنلی روغن کنجد و روغن کنجد بو داده به ترتیب ۰/۰۳۵٪ و ۰/۷۳٪ (۳۵۰ mg / kg و ۷۳۰۰ mg / kg) بود.

نتایج بدست آمده توسط Gruzdiene و Anelauskaite در زمینه ترکیب شیمیایی و پایداری روغن کانولا تولید شده از ارقام مختلف رشد یافته در لیتوانی، طیف وسیعی از ترکیبات فنلی کل را در چند ارقام روغن کانولا تولید شده از ۱۵ رقم مختلف در لیتوانی را نشان داد. از این رو، می‌توان نتیجه گرفت که مقدار و کیفیت روغن‌ها به عوامل متعدد مانند عوامل فیزیولوژیکی و زیست محیطی بستگی دارد از جمله آب و هوا، نوع خاک و ارقام گیاهان (Gharby *et al*., 2015).

همانطور که نتایج نشان داد، در طول سرخ کردن میزان پلی فنل کل در مراحل سرخ کردن نسبت به حالت خام پیاز و سیب زمینی افزایش یافته است که نشان می‌دهد فنل‌های موجود در روغن‌ها در طول سرخ کردن به مواد غذایی منتقل شده اند. این نتایج با نتایج بدست آمده توسط Ramirez-Anaya و همکاران در سال ۲۰۱۵ موافق بود. به‌عبارتی افزایش مقدار توتال فنل در سیب زمینی سرخ شده نسبت به سیب زمینی خام نشان می‌دهد که سرخ کردن در روغن مناسب می‌تواند باعث بهبود پلی فنل کل در سیب زمینی شود. لازم به ذکر است که مقدار پلی فنل تام در روغن‌های سرخ شده در مقایسه با روغن‌های اولیه روند افزایشی قابل توجهی را نشان داده است و این روند افزایشی با پیشرفت مراحل سرخ کردن از اول به سوم، بیشتر می شود.

- تاثیر فرآیند سرخ کردن بر پایداری اکسیداتیو روغن‌ها در مواد غذایی سرخ شده

یکی از مهم‌ترین دلایلی که بر کیفیت روغن خوراکی اثر می‌گذارد، اکسیداسیون است. اکسیداسیون باعث تغییرات نامطلوب در ویژگی‌های روغن از جمله ویژگی‌های حسی و تغذیه‌ای می‌شود.

نتایج آزمون رنسیمت نشان داد که روغن کنجد در سرخ کردن مواد غذایی (سیب زمینی و پیاز) نیاز به زمان بیشتری برای تشکیل رادیکال‌های آزاد و مولکول‌های واکنشی که باعث آغاز مرحله اول اکسیداسیون می‌شوند، دارند، بنابراین تاخیر در فاز انتشار و فاز نهایی مشاهده می‌شود. روغن‌ها از نظر مقدار این فاکتور اختلاف معناداری بایکدیگر دارند. در مقایسه با روغن‌های سرخ نشده زمان القا در نمونه‌های سرخ شده کمتر بوده همچنین مرحله سوم سرخ کردن نسبت به مرحله اول این فاکتور کاهش یافته است.

نتیجه‌گیری

در سرخ‌کردن عمیق مواد غذایی، روغن به مدت طولانی تحت حرارت قرار می‌گیرد و بر اثر عواملی مانند رطوبت، حرارت و اکسیژن تغییرات فیزیکی و شیمیایی مختلفی چون هیدرولیز، اکسیداسیون و پلیمریزاسیون در روغن ایجاد می‌شود که د رنهایت منجر به کاهش کیفیت روغن و محصول نهایی می‌گردد. ترکیب شیمیایی روغن‌ها و به خصوص میزان آنتی اکسیدان‌های طبیعی، شاخص مهمی در پیش بینی رفتار روغن در فرآیند سرخ کردن می‌باشد. دراین تحقیق پایداری اکسیداتیو روغن‌های کنجد، کانولا و روغن مخصوص سرخ کردنی با توجه به حضور ترکیبات بیواکتیو طبیعی (آنتی اکسیدان‌ها) و ترکیب اسیدهای چرب با یکدیگر مقایسه گردیده است. نتایج نشان داد که فنل‌ها و عمدتا تری گلیسریدهای تک غیراشباعی ازجمله ترکیباتی هستند که منجر به مقاومت روغن به اکسیداسیون می‌شوند. روغن گیاهی کانولا با وجود اینکه ارزان و دارای مقادیر بالایی از ویتامین E می‌باشد ولی به دلیل کمبود ترکیبات بیواکتیو و نیز ماهیت ترکیب غیراشباعی اسیدهای‌چرب آن بسیار حساس به اکسیداسیون می‌باشد.

باتوجه به اینکه اسید چرب ترانس الائیدیک در طول سرخ کردن روغن‌ها افزایش می یابد، بیشترین میزان این اسید چرب در روغن کانولا مشاهده گردید درحالیکه میزان این ترکیب در روغن کنجد چشمگیر نبوده است.

از نظر پایداری اکسیداتیو بیشترین میزان پایداری در نمونه سرخ شده با روغن کنجد و بعد از آن در روغن

مخصوص سرخ کردنی و در نهایت در روغن کانولا مشاهده شده است.

بیشترین میزان پلی فنل در نمونه سرخ شده در روغن کنجد و بعداز آن در روغن کانولا و در نهایت در روغن مخصوص سرخ کردنی مشاهده شده است.

در نهایت باتوجه به مطالعه حاضر می‌توان نتیجه گرفت که روغن کنجد ازنظر مقاومت نسبت به سایر روغن‌های مورد بررسی در این تحقیق نتیجه بهتری را نشان داده است و پروفایل اسید چرب آن در طی فرآیند سرخ کردن کمترین تغییرات را داشته است.

منابع

AOAC. (1995). In: Cunniff, P. (Ed.), Official Methods of Analysis of AOAC. International, 16th ed. AOAC International, USA.

Ames, B. N., Shigenaga, M. & Hagen, T. M. (1993). Oxidants, antioxidants and the degenerative diseases of aging. Proceedings of the Academy of Sciences of the United States of America, 90, 7915 – 7922.

Anon, (2009), Oilseeds, Measuring the amount of oil. National Standard of Iran, No. 7593. [In Persian].

Anon, (2015). Vegetable and animal oils and fats - gas chromatography of fatty acid methyl esters - Part 2: Preparation of fatty acid methyl esters, No. 13126-2 and 13126-4. [In Persian].

Anon, (2016). Animal and vegetable fats and oils- determination of oxidative stability accelerated oxidation test method. INSO 3734.2nd. Revision. 2017. Modification of ISO 6886:2016. [In Persian].

Bakhtiary, D., Asadollahi, S. & Yasini Ardakani, S. A. (2014). Sensory qualities of sesame oil, palm Olein and the blend of them during frying of potato chips. *International Juornal of Farming and Allied Sciences*, 3-7, 786-790.

Beig Mohammadi, Z., Maghsoudlou, Y., Safafar, H. & Sadeghi Mahoonak, R. (2012). Physicochemical properties and stanility of oil extracted from three canola cultivars grown in golestan province of Iran. Journal of Agricultural Science and Technology, 14, 577-586.

Bellail, A., Shaltout, O. E., Youssef, M., Gamal, E. & Ahmed, M. A. (2010). Effect of Home-Cooking Methods on Phenolic Composition and Antioxidant Activity of Sweetpotato (Ipomoea batatas (L.) Lam.) Cultivars Grown in Egypt. Food and Nutrition Sciences, 3, 490-499.

Borchani, C., Besbes, S., Blecker, Ch., & Attia, H. (2010). Chemical Characteristics and Oxidative Stability of Sesame Seed, Sesame Paste, and Olive Oils. Journal of Agricultural Science and Technology, 12, 585-596.

Borjian Borojeni, M., Goli, S. A. H. & Gharachorloo, M. (2016). Effect of Roasted Sesame Oil on Qualitative Properties of Frying Oil during Deep-Fat Frying. Journal of Agricultural Science and Technology, 18, 1531-1542.

Chowdhury, R., Steur, M., Partel, P.S. & Franco, O. M. (2016). Handbook of lipids in Human Function. Elsevier, London.

Fang Deng, G., Lin, X., Rong Xu, X., Li Gao, L., Feng xie, J. & Bin Li, H. (2013). Antioxidant capacities and total phenolic contents of 56 vegetables. *Journal of Functional Foods*, 5, 260 – 266.

Fillion, L. & Henry, C. J. K. (1998). Nutrient losses and gains during frying: A review. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 49, 157–168. doi:10.3109/ 09637489809089395

Gharby, S., Harhar, H., Bouzoubaa, Z., Asdadi, A., El Yadini, A. & Charrouf, Z. (2017). Chemical characterization and oxidative stability of seeds and oil of sesame grown in Morocco. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Science*, 16 (2), 105-111.

Gertz, C. (2000). Chemical and physical parameters as quality indicators of used frying fats. European Journal of Lipid Science and Technology, 102, 566-572.

Houhoula, D. P. & Oreopoulou, V. (2004). Predictive study for the extent of deterioration of potato chips during storage. Journal of Food Engineering, 65, 427–432

Karaman, S., Tutem, E., Bas-Kan, K. S. & Apak, R. (2010). comparison of total antioxidant capacity and phenolic composition of some apple juices with combined HPLC-CUPRAC assay. *Food Chemistry*, 120, 1201-1209.

Khattab, R., Rempel, C., Suh, M. & Thiyam, U. (2012). Quality of Canola Oil Obtained by Conventional and Supercritical Fluid Extraction. American Journal of Analytical Chemistry, 966-976.

Lemos, A., Aliyu, M. & Hungerford, G. (2015). Influence of cooking on the levels of bioactive compounds in purple majesty potato observed via chemical and spectroscopic means. Food Chemistry, (173), 462-467.

Ma, J., Zhang, H., Tsuchiya, T., Akiyama, Y. & Chen, J. (2013). Frying stability of rapeseed Kizakinonatane (Brassica napus) oil in comparison with canola oil. Food Science and Technology International, 21 (3), 163-174.

Mallikarjunan, P., Chinnan, M. S., Balasubra-Maniam, V. M. & Phillips, R. D. (1997). Edible coatings for deep-fat frying of starchy products. LWT-Food Science and Technology, 30(7), 709–714. doi:10.1006/fstl.1997.0263.

Mirrezaie Roodaki, M. S., Sahari, M. A., Ghiassi Tarzi, B., Barzegar, M. & Gharachorloo, M. (2016). Effect of refining and thermal processes on olive oil properties. Journal of Agricultural Science and Technology, 18, 629-641.

Pedreschi, F., Cocio, C., Moyano, P., & Troncoso, E. (2008). Oil distribution in potato slices during frying. Journal of Food Engineering, 87, 200–212.

Ramírez, A., Pilar, J., Sánchez, S., Castañeda-Saucedo, C., Ma Claudia, V. & Herminia, L. (2015). Phenols and the antioxidant capacity of Mediterranean vegetables prepared with extra virgin olive oil using different domestic cooking techniques. Food Chemistry, 188, 430–438.

Saghaei, S. & Piraki Vanak, Z. (2020). The effect of deep frying process on the composition of fatty acids and sterols in grape seed oil. Journal of Food Science and Nutrition, 17 (1), 49-62 [In Persian].

Serjouie, A., Tan, C. P.., Mirhosseini, H., Che, M. & Yaakob, B. (2010). Effect of frying process on fatty acid composition and iodine value of selected vegetable oils and their blends. *International Food Research Journal*, 17, 295-302.

Soriguer, F., Rojo-Martínez, G., Dobarganes, M. C., Almeida, J. M. G., Esteva, I., Beltrán, M. & González-Romero, S. (2003). Hypertension is related to the degradation of dietary frying oils. The American Journal of Clinical Nutrition, 78(6), 1092-1097.

Tsuzuki, W., Matsuoka, A. & Ushida, K. (2010) Formation of trans fatty acids in edible oils during the frying and heating process. Food Chemistry, 123, 976-982.

Varela, G. (1988). Current fact about the frying of foods. In G. Vesrala, A.E. Bender, & I.D. Morton (Eds.), Frying of food, principle, changes, New Approaches (pp. 9–25). Chichester, U.K: Ellis Horwood Ltd.

Warner, K. (2004). Chemical and physical reactions in oil during frying. Frying technology and practice. AOCS, Champaign, 16-28.

Nutritional Value of Fried Potatoes and Onions in Sesame, Canola and Frying Oils

N. Nikzad [a], M. Ghavami [b*], M. Seyedain Ardebili [c], B. Akbari-Adergani [d], R. Azizinezhad [e]

[a] PhD Student of the Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[b] Professor of the Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[c] Associate Professor of the Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[d] Food and Drug Laboratory Research Center, Food and Drug Administration, Ministry of Health and Medical Education, Tehran, Iran.

[e] Assistant Professor of the Department of Biotechnology and Plant Breeding, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: 10 December 2020 Accepted: 3 June 2021

Abstract

Introduction: Fats and oils play important sensory and functional roles in food products. They are responsible for enhancing and releasing flavor components that react with other components to enhance the texture and mouthfeel of fried foods. Fat is a natural factor in making the food delicious. When frying food, hot oil penetrates into it, replaces its water content and makes it significantly more pleasant. This absorbed fat makes the crust crispy and affects the taste. In this study, the effect of deep frying process in sesame, canola and frying oils on nutrients and bioactive compounds of onions and potatoes and evaluation of their antioxidant activity were investigated.

Materials and Methods: Slices of potato and onion were fried in sesame, canola and special frying oils for 8 minutes and 4 minutes, respectively. Deep frying was carried out in three separate steps (for new samples but in that oils) with an interval of three hours between each step. Slices of fried potatoes and onions were evaluated by measuring total polyphenol factors, fatty acid composition and antioxidant activity.

Results: During frying, elaidic acid is produced in canola oil (1.14-1.53% in the first and third stages of frying, respectively), but no significant difference was observed between the first stage and the third one. Due to the oxidation of linoleic acid in all fried onion and potato samples the content of linoleic acid decreased palmitic acid content was increased. The height amount of total poly phenols in fried potato slices were found in potatoes fried in sesame oil followed by potatoes fried in canola and finally in frying oils. The same observations were made for onion slices fried.

The amount of polyphenols in fried samples showed a significant difference as compared to pre-frying ($P < 0.05$). The highest oxidation resistance as indicated by Rancimat test was observed in potato slices fried with sesame oil, followed by special frying and finally canola oils. The same observation was made for onion slices.

Conclusion: It might be concluded that sesame oil probably due to its fatty acid composition and antioxidant contents might be regarded as a better media for deep frying applications as compared to canola and frying oils.

Keywords: *Canola Oil, Deep Frying, Polyphenol, Rancimat, Special Frying Oil, Sesame Oil.*

* Corresponding Author: mehrdad_ghavami@yahoo.com