

تأثیر روغن کنجد و مواد صابونی ناشونده آن در کاهش آکریل آمید برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده

زهرا کشاورز^۱، راضیه نیازمند^{۲*}، اکرم آریان‌فر^۳

- ۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران
۲- استادیار، گروه شیمی مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران
* نویسنده مسئول (r.niazmand@rifst.ac.ir)
۳- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران

چکیده

انتخاب روغن مناسب یکی از مهم‌ترین عواملی است که بر کیفیت محصولات سرخ‌شده تأثیر می‌گذارد. هدف از این تحقیق کاهش میزان آکریل‌آمید و جذب روغن برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده با استفاده از اثر آنتی‌اکسیدانی روغن کنجد (غلظت‌های ۱ و ۲ درصد، وزنی/وزنی) و مواد صابونی‌ناشونده آن (غلظت‌های ۰/۰۲ و ۰/۰۴ درصد، وزنی/وزنی) در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد بود. داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و براساس آزمون توکی تجزیه و تحلیل شدند. نتایج حاکی از کاهش معنی‌دار جذب روغن و مقدار آکریل‌آمید همگام با افزایش درصد اختلاط روغن کنجد و مواد صابونی‌ناشونده آن بود ($P < 0/05$) به طوری که کمترین میزان آکریل‌آمید مربوط به برش‌های سرخ‌شده در روغن سرخ‌کردنی حاوی مواد صابونی‌ناشونده ۰/۰۴ درصد بود که میزان آکریل‌آمید را در حدود ۶۱ درصد نسبت به نمونه شاهد کاهش داد ($P < 0/05$). همچنین بیشترین میزان رطوبت و کمترین میزان جذب روغن مربوط به برش‌های سرخ‌شده در روغن سرخ‌کردنی حاوی ۰/۰۴ درصد مواد صابونی‌ناشونده بود که ۳۰/۸ درصد میزان رطوبت را نسبت به نمونه شاهد افزایش و ۴۵/۹ درصد میزان جذب روغن را نسبت به نمونه شاهد کاهش داد ($P < 0/05$).

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۷/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۲۰

واژه‌های کلیدی

آکریل‌آمید
روغن کنجد
سیب‌زمینی
مواد صابونی‌ناشونده

مقدمه

سرخ‌کردن مواد غذایی به دلیل ایجاد خواص حسی منحصر به فرد امروزه به‌طور وسیعی در سطوح صنعتی و خانگی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به کمک این روش آماده‌سازی ماده غذایی با طعم دلپذیر، بافت ترد و ظاهر طلایی مطلوب تولید می‌شود (Orthofer *et al.*, 1996). هنگام سرخ‌کردن عمیق، در حضور اکسیژن و رطوبت ناشی از ماده غذایی، واکنش‌های اکسایشی و هیدرولیزی زیادی در روغن صورت گرفته و مواد نامطلوبی ایجاد می‌شوند که ضمن بروز آثار منفی بر طعم و رنگ محصول، سلامت انسان را نیز به خطر

می‌اندازد (Innawong *et al.*, 2004). یکی از این مواد نامطلوب ایجاد آکریل‌آمید می‌باشد. به‌طور کلی حرارت‌دادن چربی‌ها در دماهای بالاتر از نقطه دود و نیز دهیدراسیون گلیسرول سبب تولید کروئین^۱ می‌گردد که این ترکیب به علت داشتن پیوند دوگانه بسیار فعال است و به راحتی اکسید می‌شود و اسید آکرلیک تولید می‌کند. اسید آکرلیک با آمونیاک واکنش می‌دهد و آکریل‌آمید تولید می‌کند که هرچه روغن غیراشباع‌تر باشد، نقطه دود آن پایین‌تر بوده و آکریل‌آمید بیشتری تولید می‌کند (مرزبانی و صادقی،

^۱ Acrolein

ترکیب در چیپس سیب‌زمینی احساس می‌شود، یکی از این راهکارها، مخلوط کردن روغن‌های سرخ‌کردنی با روغن‌هایی است که فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی دارند، مثل روغن‌های کنجد و سبوس برنج که به‌طور وسیعی برای این منظور به‌کار می‌روند. روغن کنجد به‌رغم سیر ناشدگی بالا از پایدارترین روغن‌های خوراکی است (Budowski & Markely, 1951; Namiki, 1995). پایداری اکسایشی بالای آن عمدتاً به حضور گروهی از ترکیبات لیگنانی (Fukuda *et al.*, 1986) و میزان قابل ملاحظه ترکیبات توکوفرولی (۳۳۰ تا ۱۰۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نسبت داده شده است، گاما-توکوفرول که قدرتمندترین آنتی‌اکسیدان در بین ایزومرها توکوفرول محسوب می‌شود (Lea & ward, 1959)، بیشترین میزان توکوفرول‌های روغن کنجد را به خود اختصاص می‌دهد. سزامین^۱ و سزامولین^۲ از عمده‌ترین لیگنان‌های دانه خام کنجد بشمار می‌آیند (Hwang, 2005).

روغن‌های گیاهی عمدتاً از تری‌آسیل‌گلیسرول‌ها (۹۵ درصد) به همراه مقداری اسیدچرب آزاد، منوآسیل‌گلیسرول و دی‌آسیل‌گلیسرول تشکیل شده‌اند، این بخش از ترکیبات لیپیدی که با پتاس یا سود واکنش می‌دهند و به صابون محلول در آب تبدیل می‌شوند تحت عنوان بخش صابونی‌شونده روغن‌ها خوانده می‌شوند (Shahidi, 2005). روغن‌های کنجد و سبوس برنج به ترتیب ۲ و دیگری ۳ تا ۴ درصد ترکیبات صابونی‌ناشونده دارند (Gunstone *et al.*, 2002). بسیاری از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند توکوفرول‌ها و توکوترینول^۳ روغن سبوس برنج، لیگنان‌های روغن کنجد، استرول‌ها و اسکوالن^۴، بخش مهمی از ساختار ترکیبات غیرصابونی روغن‌های خوراکی را به خود اختصاص می‌دهند و اکسایش لیپیدی را با مکانیسم‌های مختلف به تأخیر می‌اندازند. ترکیبات موجود در مواد صابونی‌ناشونده روغن کنجد از فعالیت آنتی‌اکسیدانی قابل توجهی برخوردارند و از این‌رو، آن را به‌عنوان منبع آنتی‌اکسیدانی معرفی کردند (Farhoosh *et al.*, 2009). ترکیبات موجود در

آکریل‌آمید یک آمید غیراشباع ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CONH}_2$) است و به راحتی در واکنش‌های شیمیایی شرکت می‌کند. این ترکیب یک ماده جامد سفیدرنگ، با نقطه ذوب ۸۴/۵ درجه سانتی‌گراد، نقطه جوش بالا ۲۳۲ درجه سانتی‌گراد (۱۳۶ در ۲۵ میلی‌متر جیوه) و فشار بخار پایین (۰/۰۰۷ میلی‌متر جیوه در ۲۵ درجه سانتی‌گراد) می‌باشد. از نظر حلالیت این ترکیب به‌خوبی در آب حل می‌شود (Stadler *et al.* 2000). آکریل‌آمید در صنعت به‌منظور تهیه پلی‌آکریل‌آمید تولید می‌شود جدا از کاربردهای بی‌شمار آکریل‌آمید این ترکیب به‌عنوان یک سم شناخته شده است که طیفی از مسمومیت‌ها را ایجاد می‌کند. از جمله این آثار سوء می‌توان بر اثر مخرب آن بر اعصاب، قدرت باروری و احتمالات را تموت‌آزنیکی و سرطان‌زایی از طریق تولید اپوکسیدان (گلیسیدآمید) اشاره کرد (Amrein *et al.*, 2004). اهمیت آکریل‌آمید در مواد غذایی با بررسی انجام‌شده در سال ۲۰۰۲ میلادی در کشور سوئد مشخص شد. تا آن زمان آکریل‌آمید به‌عنوان یک سم صنعتی شناخته می‌شد (Amrein *et al.*, 2003). بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴ نیز اندازه‌گیری مقدار آکریل‌آمید در مواد غذایی دیگر ادامه یافت. در این اندازه‌گیری‌ها مشخص شد که علاوه بر غلات و محصولات آردی، محصولات سیب‌زمینی و قهوه، در محصولات خشک‌شده نیز میزان آکریل‌آمید بالاست. میزان دریافت آکریل‌آمید از مواد غذایی بسته به نوع رژیم غذایی دارد. از سوی دیگر جذب روغن بالا در فراورده‌های سرخ‌شده عامل اصلی اضافه‌وزن و بیماری‌های قلبی در افراد شناخته شده است. همچنین مقدار بالاتر چربی در مواد غذایی سرخ‌شده، قیمت تمام‌شده محصول را افزایش می‌دهد. نتایج موسویان و همکاران (۱۳۹۱) بیانگر این مطلب بود که افزودن مواد صابونی‌ناشونده مغز بنه به روغن کانولا منجر به کاهش بیشتری در جذب روغن نمونه‌های سیب‌زمینی شد که مؤید افزایش پایداری روغن کانولا و خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی مواد صابونی‌ناشونده مغز بنه می‌باشد.

با توسعه روزافزون صنایع تولید محصولات سرخ‌شده سیب‌زمینی و مصرف بالای این محصولات در کشور، ضرورت بررسی راهکارهای کاهش این

¹ Sesamin

² Sesamol

³ Tocotrienol

⁴ Squalene

بامبو در سیستم مدل اسپارژین - گلوکز در رطوبت پایین، میزان تشکیل آکریل آمید کاهش یافت. Oua و همکاران (۲۰۱۰)، در بررسی اثر آنتی اکسیدان های TBHQ، بوتیل هیدروکسی آنیزول^۳، بوتیل هیدروکسی تولوئن^۴، اپی گالوکاتچین گالات^۵ و اسید اسکوربیک و همچنین محصولات حاصل از اکسایش این ترکیبات، دریافتند که آنتی اکسیدان های مذکور قادر به جلوگیری از تشکیل و حذف آکریل آمید نیستند، اما محصولات حاصل از اکسایش این ترکیبات با ممانعت از تشکیل ترکیبات کربونیل در روغن، مانع از تشکیل آکریل آمید و سبب حذف آن می شوند. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی اثر آنتی اکسیدان های روغن کنجد و مواد صابونی ناشونده آن بر میزان تشکیل آکریل آمید و جذب روغن برش های سیب زمینی طی فرایند سرخ کردن عمیق می باشد.

مواد و روش ها

مواد اولیه

سیب زمینی گونه آگریا (جدول ۱) از بازار میوه و تره بار مشهد، روغن سرخ کردنی نینا و روغن کنجد از فروشگاه های محلی شهر مشهد تهیه گردید. الکل ۹۶ درصد، اتیل اتر، هگزان نرمال و سایر حلال ها و مواد شیمیایی با درجه آزمایشگاهی از کالای طب تجهیزات آوران شرق مشهد تهیه شد.

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی سیب زمینی

ترکیبات	مقدار
میزان آب	۶۳-۸۷ درصد
ماده خشک	۳۷-۱۳ درصد
کربوهیدرات	۱۳-۳۰ درصد
پروتئین	۰/۷-۶/۴ درصد
چربی	۰/۰۲-۹۶ درصد
فیبر	۰/۲-۳/۵ درصد
خاکستر	۰/۴-۲ درصد

آماده سازی مخلوط روغن

روغن سرخ کردنی نینا به عنوان محیط سرخ کردنی اصلی استفاده شد (شاهد). روغن کنجد در سطح ۱ و ۲

مواد صابونی ناشونده روغن کنجد از فعالیت آنتی اکسیدانی قابل توجهی برخوردار بوده از این رو، به عنوان منبع آنتی اکسیدانی معرفی شده اند. بررسی خواص فیزیکی و شیمیایی روغن کنجد نشان داده است مقادیر ترکیبات لیگنانی، شامل استرول ها و اسکوالن ها بخش اعظمی از ترکیبات صابونی ناشونده این روغن را شامل می شود. محمدی و همکاران (۱۳۹۳)، دریافتند مخلوط کانولا/کنجد بدون اضافه کردن آنتی اکسیدان های سنتزی، پایداری اکسایشی بیشتری نسبت به روغن کانولا به تنهایی داشته و هرچه نسبت روغن کنجد بیشتر باشد این پایداری بیشتر است. در گزارشی دیگر، وقتی سزامل به تنهایی با روغن های نباتی ترکیب شد، پایداری روغن حاصله به طور جزئی افزایش یافت. اما این پایداری خیلی کمتر از پایداری بود که با افزودن عصاره استخراج شده از روغن کنجد حاوی همان میزان سزامل به دست آمد. این نتایج نشان داد که عصاره کنجد حاوی ترکیبات آنتی اکسیدانی دیگری علاوه بر سزامل است که در پایداری روغن ها شرکت می کنند (Kochhar *et al.*, 2000). در گزارشی دیگر، افزودن ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد مواد صابونی ناشونده روغن کنجد خام به اسیدیلینولئیک و روغن پنبه دانه پایداری اکسایشی این روغن ها را به ترتیب در دمای ۶۰ و ۱۰۰ درجه سانتی گراد افزایش داد (توسلی کفرانی و همکاران، ۱۳۸۹). فعالیت آنتی اکسیدانی بخش صابونی ناشونده روغن های گیاهی همچون پوست بنه^۱ در شرایط سرخ کردن عمیق روغن آفتاب گردان بررسی شد و نشان داد این بخش به طور معنی داری فعال تر از آنتی اکسیدان سنتزی و قدرتمند ترسیو بوتیل هیدروکینون^۲ بود (Farhoosh *et al.*, 2009).

Hedegaard و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی اثر افزودن عصاره آبی با غلظت ۱ درصد رزماری، روغن رزماری و برگ خشک آن به خمیر آرد گندم دریافتند که میزان تشکیل آکریل آمید در نان حاصل از این خمیر کاهش یافته است. در پژوهش صورت گرفته توسط Zhang و همکاران (۲۰۰۸)، مشخص شد که با افزودن عصاره چای سبز و برگ های

³ Butylated Hydroxy Anisole

⁴ Butylated Hydroxyl Toluene

⁵ Epigallocatechin Gallate

¹ Bene Hull Oil (BHO)

² Tert-butyle hydroquinone (TBHQ)

سانتی‌گراد نگهداری شدند. عملیات سرخ کردن در ۲ تکرار صورت گرفت (Tyagi, 1996).

آزمون‌ها

مقدار رطوبت

اندازه‌گیری میزان رطوبت نمونه‌های سرخ‌شده مطابق استاندارد AACC (۱۹۸۶) با خشک کردن نمونه‌ها در آون (مدل ID 53، ساخت شرکت ایران خودساز) در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت انجام گرفت. نمونه‌ها پس از خروج از آون داخل دسیکاتور سرد شدند و میزان رطوبت بر مبنای نگهدارندگی رطوبت^۱ از رابطه (۱) محاسبه گردید (Zeng et al., 2010).

رابطه (۱)

= نگهدارندگی رطوبت

۱۰۰ * (۱-محتوای رطوبت شاهد/محتوای رطوبت تیمارها)

درصد جذب روغن

میزان روغن طبق استاندارد AOAC (۱۹۹۰) تعیین شد. نمونه‌های خشک‌شده مورد استفاده برای اندازه‌گیری میزان رطوبت ابتدا آسیاب و سپس ۵ گرم از آنها در کارتوش قرار گرفت و در نهایت استخراج روغن با استفاده از هگزان نرمال به مدت ۴ ساعت انجام گرفت. پس از استخراج، کارتوش‌های حاوی حلال به مدت ۱ روز در زیر هود قرار گرفتند تا رطوبت و باقی‌مانده حلال تبخیر شود. درصد جذب روغن بر مبنای وزن خشک از رابطه (۲) محاسبه گردید (زمانی و همکاران، ۱۳۹۰).

رابطه (۲)

$W1 / (W1 - W2) = \text{درصد جذب روغن}$

در رابطه (۲)، W1 و W2 به ترتیب وزن نمونه قبل از سوکسله‌گذاری و بعد از سوکسله‌گذاری می‌باشند.

آکریل آمید

آکریل آمید براساس روش Tarek و همکاران (۲۰۰۲) و Lehotay و همکاران (۲۰۰۶) با انجام اصلاحات لازم اندازه‌گیری شد. به این ترتیب که ۵/۶ گرم نمونه مطابق

درصد و مواد صابونی‌ناشونده روغن‌کنجد به میزان ۰/۰۲ و ۰/۰۴ درصد به روغن سرخ‌کردنی اضافه شدند. مخلوط‌های مذکور به‌طور جداگانه آماده شدند.

استخراج مواد صابونی‌ناشونده روغن‌کنجد

۵ گرم روغن خام کنجد با ۵۰ میلی‌لیتر پتاس اتانولی ۱ نرمال در یک ارلن مخلوط شده و به مدت ۱ ساعت در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از سرد شدن، ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مخلوط اضافه و در ادامه ۲ مرتبه با بخش‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری دی‌اتیل‌تر عمل استخراج انجام گرفت. لایه‌های رویی جمع‌آوری گردیده و با ۷۵ میلی‌لیتر آب مقطر شسته شده و سپس ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول پتاس اتانولی ۰/۵ نرمال به آن اضافه و بعد از مخلوط کردن با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر شسته شد. لایه رویی جدا و با سولفات سدیم بدون آب مخلوط شد و پس از صاف شدن در آون تحت خلأ در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. برای تخلیص بیشتر، مواد صابونی‌ناشونده در کلروفرم حل شد و بعد از صاف شدن، کلروفرم در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد تحت خلأ تبخیر گردید (Lozano et al., 1993).

فرایند سرخ کردن

فرایند سرخ کردن در سرخ‌کن خانگی (Sunny، مدل SDF-۲۲۰، ساخت چین) با قابلیت تنظیم دما در ۳ محیط روغن سرخ‌کردنی (شاهد) و مخلوط روغن سرخ‌کردنی با روغن‌کنجد ۱ و ۲ درصد و مواد صابونی‌ناشونده ۰/۰۲ و ۰/۰۴ درصد صورت گرفت. برای اطمینان از یکنواختی دمای روغن قبل از سرخ کردن، روغن مورد استفاده ۱ ساعت قبل از سرخ کردن در دمای مورد نظر (180 ± 5 درجه سانتی‌گراد) حرارت داده شد. خلال‌ها به طول ۵ سانتی‌متر و قطر ۱ سانتی‌متر به مدت ۵ دقیقه سرخ شدند و در انتهای فرایند، بلافاصله از سرخ‌کن خارج و روغن اضافی سطح آنها با کاغذ جاذب گرفته شد و پس از خنک شدن، داخل فویل آلومینیومی پیچیده شده و تا زمان انجام آزمایش در فریزر ۱۸- درجه

^۱ Water retention

بحث و نتایج

رطوبت

نتایج تجزیه واریانس حاکی از اثر معنی‌دار سرخ‌کردن در حضور غلظت‌های مختلف روغن کنجد و مواد صابونی‌ناشونده آن بر رطوبت و درصد نگهدارندگی رطوبت برش‌های سیب‌زمینی بود ($P < 0.05$). جدول (۲) رطوبت و درصد نگهدارندگی آن را در برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده در حضور غلظت‌های مختلف روغن کنجد و مواد صابونی‌ناشونده آن در مقایسه با شاهد نشان می‌دهد. نتایج مقایسه میانگین حاکی از افزایش معنی‌دار رطوبت برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده در محیط‌های سرخ‌کردن حاوی روغن کنجد و مواد صابونی‌ناشونده آن در مقایسه با روغن سرخ‌کردنی فاقد آن بود ($P < 0.05$). نتایج نشان داد که تأثیر اختلاط مواد صابونی‌ناشونده روغن کنجد در افزایش رطوبت برش‌های سیب‌زمینی بیش از خود روغن کنجد بود و افزایش غلظت آنها با افزایش بیشتر رطوبت همراه بود. از آنجایی که مواد صابونی‌ناشونده روغن‌ها عمدتاً شامل ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدانی می‌باشند، به‌نظر می‌رسد علت افزایش رطوبت به حضور این ترکیبات در روغن مربوط باشد. این نتیجه در مورد خود روغن کنجد هم صادق بود اما با توجه به اینکه مواد صابونی‌ناشونده از لحاظ ترکیبات آنتی‌اکسیدانی دارای خلوص بالاتری می‌باشند، در غلظت بسیار کمتر، تأثیر آنها شدیدتر از خود روغن می‌باشد. طی سرخ‌کردن در حرارت اولیه، نمونه هیچ تبخیر رطوبتی را از خود نشان نمی‌دهد. از دست‌دادن ناگهانی رطوبت به علت وجود حباب‌های هوا در محیط است که سبب ترک‌خوردگی و در نتیجه خروج سریع آب از محصول می‌باشد، این می‌تواند به علت فعالیت آنتی‌اکسیدانی روغن کنجد در برابر اکسایش روغن سرخ‌کردنی باشد که مانع از تولید حباب‌های هوا که به ترک‌خوردن محصول و خروج رطوبت منجر می‌شود، می‌گردد (Quasem et al., 2009).

براساس برخی از پژوهش‌ها اسیدهای چرب غیراشباع و لستین موجود در روغن کنجد باعث کاهش میزان جذب روغن می‌شوند و با ایجاد پوسته‌ای در

روش Lehotay و همکاران (۲۰۰۶) آماده‌سازی شد. به‌طور خلاصه، پس از افزودن ۵۰۰ نانوگرم بر گرم متاکریل‌آمید به‌عنوان استاندارد داخلی، ۵ میلی‌لیتر هگزان و سپس به نسبت مساوی آب‌مقطر و استونیتریل به آن اضافه شد و کاملاً مخلوط شد. آنگاه ۵ گرم مخلوط سولفات سدیم بدون آب و کلرید سدیم به آن افزوده، پس از سانتریفیوژ شدن به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۵۰۰ دور در دقیقه لایه استونیتریلی به‌طور کامل جداسازی شد سپس لایه استونیتریلی جمع‌آوری شده، براساس روش Tarek و همکاران (۲۰۰۲) برومه شد. بدین‌منظور از پتاسیم بروماید، اسید هیدروبرومیک و آب برم اشباع استفاده شد. محلول حاصله به مدت ۱ شب در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس برم اضافی با افزودن مقدار لازم تیوسولفات سدیم ۰/۷ مولار (چندقطره) بی‌رنگ شده و پس از افزودن سولفات سدیم، محلول حاصله توسط ۶۵ میلی‌لیتر اتیل‌استات، طی ۲ مرحله استخراج شد. فاز آلی حاصل پس از آب‌گیری توسط مقدار کافی سولفات سدیم، ابتدا به‌وسیله دستگاه تبخیرکننده چرخشی تحت‌خلأ تبخیر شد، سپس تحت گاز ازت تا حجم ۲۵۰ میکرولیتر تغلیظ شد.

نمونه آماده تزریق تا زمان آنالیز در فریزر نگهداری شد. تعیین مقدار آکریل‌آمید توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی Varian مدل ۳۸۰۰ مجهز به آشکارساز طیف‌سنج جرمی Varia (مدل ۱۲۰۰)، ساخت هلند انجام شد. برای این منظور از ستون موپین (Hp5) به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت ۰/۲۵ میکرومتر استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش‌ها براساس طرح فاکتوریل در قالب کاملاً تصادفی انجام شد. میانگین‌ها با نرم‌افزار آماری مینی‌تب ۱۶، نسخه سال ۲۰۱۳ صورت پذیرفت و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون توکی در سطح اطمینان ۹۵ درصد محاسبه گردید. نمودارها با نرم‌افزار Microsoft Excel 2010 ترسیم گردیدند. کلیه آزمایش‌ها در ۲ تکرار انجام شد.

از نمونه شاهد بود. نتایج فوق در مورد درصد نگهدارندگی رطوبت نیز صادق بود. بدین معنی که حضور روغن کنجد و مواد صابونی ناشونده آن در محیط سرخ کردن منجر به افزایش معنی دار درصد نگهدارندگی رطوبت شد ($P < 0.05$) که مؤید نتایج فوق است.

سطح ماده غذایی باعث ممانعت از ورود روغن و خروج رطوبت به ماده غذایی می‌شوند (Barrera-Arellano *et al.*, 1991) میزان رطوبت برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده در حضور ۲ درصد روغن کنجد و ۰/۰۴ درصد مواد صابونی ناشونده آن به ترتیب ۱۵/۷ و ۳۰/۸ درصد بیش

جدول ۲ - اثر روغن کنجد و مواد صابونی ناشونده آن بر رطوبت، درصد نگهدارندگی* و جذب روغن در برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده در مقایسه با شاهد

محیط سرخ کردن	غلظت (درصد)	درصد رطوبت	درصد نگهدارندگی رطوبت	درصد جذب روغن
روغن سرخ‌کردنی	-	۳۸/۳۴±۰/۷۹ ^C	-۱۶/۳۲±۱/۷۳ ^C	۲۷/۲±۲/۲۶ ^a
روغن	۱	۴۰/۶۵±۰/۱۱ ^b	-۱۱/۲۸±۰/۲۴ ^b	۲۳/۳±۰/۱۴ ^{ab}
سرخ‌کردنی+روغن کنجد	۲	۴۳/۹۲±۰/۲۷ ^a	-۴/۱۴±۰/۵۹ ^a	۱۵/۳±۳/۱۲ ^b
روغن سرخ‌کردنی+مواد صابونی ناشونده	۰/۰۲	۵۶/۹۵±۱/۵۶ ^b	۲۴/۲۸±۳/۴۰ ^b	۱۸/۵±۰/۱۴ ^b
روغن کنجد	۰/۰۴	۶۲/۳۸±۰/۶۲ ^a	۳۶/۱۵±۱/۳۶ ^a	۱۴/۷±۰/۱۴ ^b

* میانگین ± انحراف معیار

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود تفاوت معنی دار از لحاظ آماری براساس آزمون توکی در سطح ۵ درصد می‌باشد ($P < 0.05$).

آن در مقایسه با روغن سرخ‌کردنی فاقد آن بود ($P < 0.05$). افزایش درصد روغن کنجد اضافه شده به روغن سرخ‌کردنی با کاهش معنی دار میزان جذب روغن در مقایسه با نمونه شاهد همراه بود ($P < 0.05$). برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده در حضور ۲ درصد روغن کنجد جذب روغن را نسبت به نمونه شاهد سیب‌زمینی سرخ‌شده حدود ۴۳/۷۵ درصد کاهش داد. محصولاتی که بر اثر تجزیه روغن حاصل می‌آیند (ترکیبات قطبی با وزن مولکولی بالا) باعث افزایش گرانیرو روغن و کاهش کشش سطحی روغن و ماده غذایی می‌شوند که در نتیجه آن، روغن به راحتی جذب سطح ماده غذایی می‌گردد (Dobarganes *et al.*, 2000). روغن کنجد به دلیل حضور آنتی‌اکسیدان‌های قدرتمند و منحصربه‌فرد ترکیبات لیگنینی مانند سزامین و سزامولین از پایداری حرارتی بالاتری نسبت به سایر روغن‌های گیاهی برخوردار است (kamal *et al.*, 1995). از این رو، افزودن روغن کنجد به روغن سرخ‌کردنی با بهبود پایداری اکسایشی آن، باعث افزایش کشش سطحی و در نتیجه کاهش جذب روغن شد. این یافته با نتایج سایر محققین (Troncoso & Pedreschi, 2009؛ شرایعی و همکاران، ۱۳۸۹ و موسویان و همکاران، ۱۳۹۱) مطابقت داشت.

نتایج موسویان و همکاران (۱۳۹۱) نیز بیانگر این مطلب بود که افزودن روغن مغز بنه یا مواد صابونی ناشونده آن به روغن کائولای بدون آنتی‌اکسیدان و سرخ‌کردن برش‌های سیب‌زمینی در این محیط با افزایش قابل توجه رطوبت در آنها همراه بود که در توافق با نتایج پژوهش حاضر بود. این محققین بیشترین میزان رطوبت (۳۲/۶۱ گرم بر گرم وزن مرطوب) را در نمونه‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده در روغن کائولای حاوی مواد صابونی ناشونده مغز بنه گزارش کردند.

جذب روغن

نتایج تجزیه واریانس حاکی از اثر معنی دار حضور روغن کنجد و مواد صابونی ناشونده آن در محیط سرخ‌کردن بر میزان جذب روغن در برش‌های سیب‌زمینی بود ($P < 0.05$). جدول (۲) درصد جذب روغن را در برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده در حضور غلظت‌های مختلف روغن کنجد و مواد صابونی ناشونده آن در مقایسه با شاهد نشان می‌دهد. نتایج مقایسه میانگین حاکی از کاهش معنی دار جذب روغن برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده در محیط‌های سرخ‌کردن حاوی روغن کنجد و مواد صابونی ناشونده

روغن کنجد و مواد صابونی ناشونده آن در محیط سرخ کردن بر میزان تشکیل آکریل آمید در برش‌های سیب‌زمینی بود ($P < 0/05$). نتایج بیانگر این مطلب بود که با افزایش درصد اختلاط روغن کنجد با روغن سرخ‌کردنی مقدار آکریل آمید برش‌های سیب‌زمینی (شکل ۱) به طور معنی‌دار کاهش یافت ($P < 0/05$). میزان تشکیل آکریل آمید برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده در حضور ۱ و ۲ درصد روغن کنجد به ترتیب ۳۰ و ۵۵ درصد کمتر از نمونه شاهد بود. این نتایج با پژوهش بختیاری و همکاران (۲۰۱۳) در یک راستا بود. آنها با استفاده از سرخ‌کردن سیب‌زمینی در روغن کنجد و پالم و مخلوطی از هر دو به کاهش محتوای آکریل آمید رسیدند و نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن بود که روغن کنجد به‌خاطر داشتن آنتی‌اکسیدان‌های قوی، تشکیل آکریل آمید را در سطح معنی‌داری حدود ۸۶۰ بخش در بیلیون کاهش داد. Keramat و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند روغن‌زیتون بکر به علت دارا بودن ترکیبات فنلی موجب کاهش تشکیل آکریل آمید چپس سیب‌زمینی شد. علاوه بر این روغن زیتونی که غلظت بیشتری از ترکیب ارتودی‌فنلی را داشت قادر به مهار بیشتر تشکیل آکریل آمید بود.

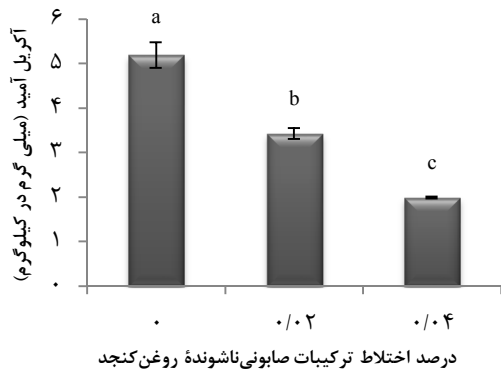
نتایج به‌خوبی نشان می‌دهد که مکانیسم عمل کاهش آکریل آمید در نمونه‌ها به ۲ صورت بود؛ اول اینکه ترکیبات آنتی‌اکسیدانی موجود در کنجد توانایی بلوکه کردن واکنش‌های زنجیره‌ای خوداکسایشی چربی‌ها، رادیکال‌های آزاد و شلاته‌کردن فلزات مؤثر در اکسایش چربی‌ها را دارا می‌باشند که به متوقف کردن فرایند اکسایش آکروئین و در نتیجه کاهش ایجاد آکریل آمید منجر می‌شود. قابل ذکر است که تولید آکروئین از تجزیه لیپیدها آغاز گشته و اکسایش اسیدهای چرب را توسعه می‌دهد. این ترکیبات با ترکیبات نیترونی واکنش داده و موجب بلوکه کردن آنها و جلوگیری از شرکت آنها در فرایندهای منجر به تشکیل آکریل آمید یا ترکیبات واسطه مؤثر می‌گردند (متقی و همکاران، ۱۳۹۱).

نتایج تجزیه واریانس حاکی از این بود که افزودن مواد صابونی ناشونده روغن کنجد به روغن سرخ‌کردنی بر میزان جذب روغن برش‌های سیب‌زمینی تأثیرگذار بود ($P < 0/05$). جدول (۲) اثر مواد صابونی ناشونده روغن کنجد بر میزان جذب روغن برش‌های سیب‌زمینی طی سرخ‌کردن نشان می‌دهد. افزودن مقدار ۰/۰۲ درصد و ۰/۰۴ درصد مواد صابونی ناشونده روغن کنجد به روغن سرخ‌کردنی به ترتیب با ۳۱/۹ و ۴۵/۹ درصد کاهش در میزان جذب روغن برش‌های سیب‌زمینی همراه بود. براساس نتایج به‌دست‌آمده تأثیر مواد صابونی ناشونده روغن کنجد در کاهش جذب روغن برش‌های سیب‌زمینی بیش از خود روغن کنجد بود. این نتایج با پژوهش موسویان و همکاران (۱۳۹۱) در یک راستا بود. آنها مشاهده کردند که افزودن مواد صابونی ناشونده به روغن کانولا منجر به کاهش بیشتری در جذب روغن نمونه‌های سیب‌زمینی شد. که مؤید افزایش پایداری روغن کانولا و خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی مواد صابونی ناشونده مغز بنه می‌باشد.

این امر را می‌توان به بهبود پایداری اکسایشی روغن سرخ‌کردنی از طریق اضافه‌کردن روغن کنجد و حضور آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی و قدرتمند روغن کنجد در مخلوط با روغن سرخ‌کردنی نسبت داد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۳). همچنین مشخص شده است محصولات می‌باشد که بر اثر تجزیه روغن حاصل می‌آیند (ترکیبات قطبی با وزن مولکولی بالا) باعث افزایش گرانروی روغن و کاهش کشش سطحی روغن و ماده غذایی می‌شوند که در نتیجه آن، روغن به راحتی جذب سطح ماده غذایی می‌گردد (Dobarganes *et al.*, 2000). براین اساس حضور آنتی‌اکسیدان‌های روغن کنجد در محیط با مهار رادیکال‌ها و ممانعت از اکسایش مانع تجزیه روغن شده و در نتیجه بر کاهش جذب روغن اثر مثبت می‌گذارند. نتایج شرایعی و همکاران (۱۳۸۹) نیز بیانگر این مطلب بود که کارایی مواد صابونی ناشونده روغن مغز بنه در جلوگیری از تشکیل تری‌گلیسریدهای دیمری و پلیمری بیش از TBHQ بود.

آکریل آمید

نتایج تجزیه واریانس حاکی از اثر معنی‌دار حضور

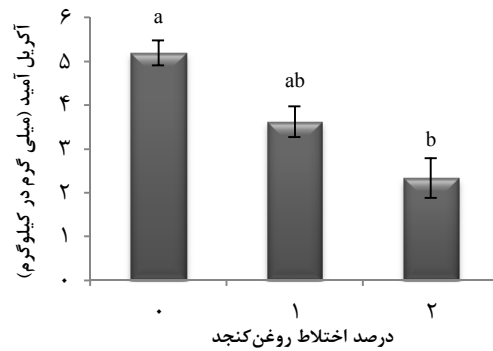


شکل ۲- اثر اختلاط ترکیبات صابونی ناشونده روغن کنجد با روغن سرخ‌کردنی بر آکریل آمید برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده

حروف غیرمشترک بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار از لحاظ آماری براساس آزمون توکی در سطح ۵ درصد می‌باشد ($P < 0.05$). تیرک‌های بالای ستون نشان‌دهنده انحراف معیار نمونه‌ها می‌باشند.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که روغن کنجد از دیدگاه ساختار اسید چربی دارای پایداری اکسایشی بالایی می‌باشد. نتایج نشان داد قدرت مواد صابونی ناشونده روغن کنجد در ممانعت از تشکیل آکریل آمید در برش‌های سیب‌زمینی طی فرایند سرخ‌کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیش از روغن کنجد بود. علاوه بر این بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی مواد صابونی ناشونده روغن کنجد در غلظت ۰/۰۴ درصد ظاهر شد. نمونه‌هایی که در روغن سرخ‌کردنی حاوی روغن کنجد و مواد صابونی ناشونده آن سرخ شدند، بیشترین میزان رطوبت و کمترین میزان جذب روغن و آکریل آمید را دارا بودند. کمترین میزان آکریل آمید مربوط به برش‌های سرخ‌شده در روغن سرخ‌کردنی حاوی مواد صابونی ناشونده ۰/۰۴ درصد بود که میزان آکریل آمید را در حدود ۶۱ درصد نسبت به نمونه شاهد کاهش داد. همچنین بیشترین میزان رطوبت و کمترین میزان جذب روغن مربوط به برش‌های سرخ‌شده در روغن سرخ‌کردنی حاوی ۰/۰۴ درصد مواد صابونی ناشونده بود که ۳۰/۸ درصد رطوبت را نسبت به نمونه شاهد افزایش و ۴۵/۸ درصد میزان جذب روغن را نسبت به نمونه شاهد کاهش داد.



شکل ۱- اثر اختلاط روغن کنجد با روغن سرخ‌کردنی بر تشکیل آکریل آمید برش‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده
حروف غیرمشترک بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار از لحاظ آماری براساس آزمون توکی در سطح ۵ درصد می‌باشد ($P < 0.05$). تیرک‌های بالای ستون نشان‌دهنده انحراف معیار نمونه‌ها می‌باشند.

نتایج تجزیه واریانس حاکی از این بود که اختلاط مواد صابونی ناشونده روغن کنجد با روغن سرخ‌کردنی بر میزان آکریل آمید برش‌های سیب‌زمینی تأثیرگذار بود ($P < 0.05$). سرخ‌کردن برش‌های سیب‌زمینی در مواد صابونی ناشونده روغن کنجد به کاهش معنی‌دار مقدار آکریل آمید برش‌های سیب‌زمینی در مقایسه با نمونه شاهد (شکل ۲) منجر شد ($P < 0.05$). نتایج مؤید این مطلب بود که افزایش پایداری روغن سرخ‌کردنی از طریق افزودن مواد صابونی ناشونده روغن کنجد با کاهش چشمگیر مقدار آکریل آمید در برش‌های سیب‌زمینی به ترتیب ۳۴ و ۶۱ درصد همراه بود. روغن دانه کنجد به دلیل داشتن آنتی‌اکسیدان‌های بسیار قوی و پایدار مانند سزامین، سزامولین و سزامول نسبت به اکسایش بسیار قوی و پایدار است. همچنین به دلیل داشتن اسیدلینولئیک به عطر و طعم مخلوط روغن‌ها کمک می‌کند (Abdulkarim et al., 2010). با توجه به این واقعیت که تشکیل آکریل آمید در روغن به دلیل واکنش ترکیبات کربونیل مشتق‌شده از محصولات اکسایش روغن با آسپارژین آزاد در نمونه است (Capuano et al., 2010). بنابراین، علت کاهش تشکیل آکریل آمید در سیب‌زمینی به خاطر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات منحصربه‌فرد و قدرتمند لیگنین روغن کنجد و همچنین آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند سزامول، سزامولین و سزامینول است که به کاهش واکنش ایجاد آکرولئین و در نتیجه تشکیل آکریل آمید منتهی شده است.

منابع

- ۱- زمانی قلعه شاهی، ع.، فرهوش، ر. و رضوی، م.ع. ۱۳۹۱. ارزیابی اثر صمغ‌های دانه ریحان، متیل سلولز و گزانتان بر میزان جذب روغن در خلال‌های سیب‌زمینی طی سرخ‌کردن عمیق. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۲- شرایعی، پ. ۱۳۸۹. اثر روغن مغز پسته وحشی و مواد صابونی ناشونده آن بر پایداری روغن‌های کانولا، پالم اولئین، زیتون و اثر نوع روغن و فرایندهای مقدماتی بر میزان جذب روغن سیب‌زمینی طی فرایند سرخ‌کردن عمیق. رساله دکترای دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۳- توسلی کفرانی، م. و فرهوش، ر. ۱۳۸۹. بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی روغن پوست پسته وحشی (*Pistacia atlantica subsp. mutica*) و مواد صابونی ناشونده آن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۴- متقی، م.، اردبیلی، م.، هنرور، م.، مهربانی، م. و باقی‌زاده، ا. ۱۳۹۱. تعیین آکريل آميد در نان‌های مسطح سنتی شهرستان کرمان به روش LC/DAD و مطالعه تأثیر عصاره رزماری بر تشکیل آن. مجله نوآوری در علوم و فناوری غذایی، ۴(۴): ۱۶-۷.
- ۵- محمدی، ت.، حاتمی، م.، میرزائی سیس‌آبادی، ی.، هوشیاری، ع. و نجاتیان، م. ۱۳۹۳. فرمولاسیون روغن‌مایع مخلوط حاوی روغن‌های کانولا و کنجد بدون آنتی‌اکسیدان سنتزی. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۹(۳): ۹۲-۸۳.
- ۶- مرزبانی، م. و صادقی، ر. ۱۳۸۹. مروری بر تشکیل آکريل آميد در مواد غذایی حرارت‌دیده و اثرات مخرب آن بر سلامت انسان. همایش منطقه‌ای یافته‌های نوین شیمی و مهندسی شیمی، ۹-۷ آبان ماه، کرمانشاه.
- ۷- موسویان، د.، نیازمند، ر. و شرایعی، پ. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر فرایندهای مقدماتی روغن مغز بنه و مواد صابونی ناشونده آن بر میزان آکريل آميد سیب‌زمینی طی فرایند سرخ‌کردن عمیق. پایان‌نامه کارشناسی ارشد صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد دامغان.
- 8- Abdulkarim, S.M., Myat, M.W., & Ghazali, H.M. 2010. Sensory and Physicochemical qualities of palm olein and sesame seed oil blends during frying of banana chips. *Journal of Agricultural Science*, 2(4):18-29.
- 9- Amrein, T.M., Schönbächler, B., Rohner, F., Lukac, H., Schneider, H., Keiser A., Escher, F., & Amado, R. 2004. Potential for acrylamide formation in potatoes: data from the 2003 harvest. *European Food Research and Technology*, 219(6):572-578.
- 10- Amrein, T.M., Bachmann, S., Noti, A., Biedermann, M., Barbosa, M.F., Biedermann-Brem S., Grob, K., Keiser, A., Realini, P., Escher, F., & Amado, R. 2003. Potential of acrylamide formation, sugars, and free asparagine in potatoes: a comparison of cultivars and farming systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(18):5556-5560.
- 11- Barrera-Arellano, D., Ruiz-Mendez, V., Velasco, J., Marquez-Ruiz, G., & Dobarganes, C. 1999. Loss of tocopherols and formation of degradation compounds in triacylglycerol model systems heated at high temperature. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(13):1923-1928.
- 12- Budowski, P., & Markely, K.S. 1951. The chemical and physiological properties of sesame oil. *Chemical Reviews*, 48(2): 125-151.
- 13- Capuano, E., Olivero, T., Acar, O.C., Gokmen, V., & Fogliano, V. 2010. Lipid oxidation promotes acrylamide formation in fat-rich model systems. *Food Research International*, 43(4):1021-1026.
- 14- Delgado-Andrade, C., Seiquer, I., & Navarro, P. 2004. Bioavailability of iron from a heat treated glucose-lysine model food system: Assays in rats and in Caco-2 cells. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84:1507-1513.
- 15- Dobarganes, C., Márquez-Ruiz, G., & Velasco, G. 2000. Interactions between fat and food during deep-frying. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102(8-9):521-528.
- 16- Farhoosh, R., Esmailzadeh Kenari, R., & Poorazrang, H. 2009. Frying Stability of Canola Oil Blended with Palm Olein, Olive, and Corn Oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 86(1):71-76.

- 17-Fukuda, Y., Nagata, M., Osawa, T., & Namiki, M. 1986. Contribution of lignin analogues to antioxidative activity of refined unroasted sesame seed oil. *Journal of American Oil Chemist' Society*, 63, 1027-1031.
- 18-Gunstone F.D. 2002. *Vegetable Oil in Food Technology*. P. 337. CRC Press, Boca Raton, USA.
- 19-Hedegaard, R.V., Granby, k., Frandsen, H., Thygesen, J., & Skibsted, L.H. 2008. Acrylamide in bread. Effect of prooxidants and antioxidants. *European Food Research and Technology*, 227:519-525.
- 20-Hwang, L.S. 2005. *Sesame Oil*. Baileys industrial oil and fat product. Taipei, Taiwan, University.
- 21-Innawong, B., Mallikrjunan, P., & Marcy, J.E. 2004. The determination of frying oil quality using a chemosensory system. *LWT-Food Science and Technology*, 37(1):35-41.
- 22-Kamal-Eldin, A., Appelqvist, L.A., & Pettersson, D. 1995. Sesamin (acomound from sesame oil) increases tocopherol levels in rats fed ad libitum. *Lipids*, 30(6):499-505.
- 23-Keramat, J., LeBail, A., Prost, C., & Jafari, M. 2011. Acrylamide in Baking Products: A Review Article. *Food and Bioprocess Technology*, 4(4):530-543.
- 24-Kochhar, S.P. 2000. Stabilisation of frying oils with natural antioxidative components. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102(8-9):552-559.
- 25-Lea, C.H., & Ward, R.J. 1959. Relative antioxidant activities of the seven tocopherols. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 10:537-548.
- 26-Lehotay, J., & Mastovska, K. 2006. Rapid sample preparation method for LC-MS/MS or GC-MS analysis of acrylamide in various food matrices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(19):7001-7008.
- 27-Lozano, Y.F., Dhuique Mayer, C., & Gaydou, E.M. 1993. Unsaponifiable matter, total sterol and tocopherol contents of avocado oil varieties. *Journal of the American Oil Chemists*, 70(6):561-565.
- 28-Namiki, M. 1995. The chemistry and physiological functions of sesame. *Food reviews international*. 11(2):281-329.
- 29-Orthofer, F.T., Gurkin, S., & Liu, K. 1996. Dynamics of frying. In: *Deep Frying: Chemistry, Nutrition, and Practical Applications*. Perkins E.G., and Erickson, M.D. AOCS Press, Champaign Illinois, USA.
- 30-Oua, S., Shia, J., Huang, C., Zhanga, G., Tenga, J., Jianga, Y., & Yanga, B. 2010. Effect of antioxidants on elimination and formation of acrylamide in model reaction systems. *Journal of Hazardous Materials*, 182(1):863-868.
- 31-Quasem, J.M., Ayman Suliman Mazahreh, A.S., Khaled Abu-Alruz, K., Afaneh, I.A., Al-Muhtaseb, A.H., & Magee, T.R.A. 2009. Effect of methyl cellulose coating and pre-treatment on oil uptake, moisture retention and physical properties of deep-fat fried starchy dough system. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 4(2):156-166.
- 32-Shahidi, F. 2005. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. (6th edn), John Wiley & Sons, Inc, simultaneously in Canada.
- 33-Stadler, R.H., Blank, I., Varga, N., Robert, F., Hau, J., Guy, P.A., Robert, A-C., & Riediker, S. 2002. Food chemistry: Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature*, 419:449-450.
- 34-Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S., & Tornqvist, M. 2002. Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(17):4998-5006.
- 35-Troncoso, E., & Pedreschi, F. 2009. Modeling water loss and oil uptake during vacuum frying of pre-treated potato slices. *LWT- Food Science and Technology*, 42(6):1164-1173.
- 36-Tyagi, V.K., & Vasishtha. A.K. 1996. Changes in the characteristics and composition of oils during deep-fat frying. *Journal of the American Oil Chemists- Society*, 73(4):499-506.

- 37-Zeng, X., Cheng, K., Yegang, D., Ricky, K., Clive, L., Ivan, K.C., Feng, C., & Mingfu, W. 2010. Activities of hydrocolloids as inhibitors of acrylamide formation in model systems and fried potato strips. *Food Chemistry*, 121(2):424-428.
- 38-Zhang, Y.U., & Zhang, Y.I. 2008. Effect of natural antioxidants on kinetic behavior of acrylamide formation and elimination in low-moisture asparagine–glucose model system. *Journal of Food Engineering*, 85(1):105-115.

Effect of Sesame Oil and its Unsaponifiable Materials on Reduction of Acrylamide in Fried Potato Slices

Zahra Keshavarz¹, Razieh Niazmand^{2*}, Akram Arianfar³

1- Msc. Graduated Student, Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran

2- Assistant Professor, Department of Food Chemistry, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran

* Corresponding author (r.niazmand@rifst.ac.ir)

3- Young Researchers and Elite Club, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran

Abstract

Proper oil is one of the effective factors in the quality of fried products. The aim of this research is to reduce the acrylamide level and oil uptake of fried potato slices via antioxidant properties of Sesame oil (1 and 2% w/w concentrations) and its unsaponifiable materials (0.02, 0.04% w/w concentration) in 180 °C. The data were analyzed by completely randomized design and the means were compared by Tukey test. The results showed that increasing the Sesame oil and its unsaponifiable materials addition resulted in decreasing oil uptake and acrylamide level. The lowest acrylamide amount is associated with fried potato slices produced by frying oil with 0.04% unsaponifiable materials. In the mentioned sample the amount of acrylamide was 61% reduced ($P<0.05$). The highest humidity and lowest oil uptake were also related to the mentioned sample with 30.8% humidity increase and 45.9% decrease in oil absorption in comparison with the control sample ($P<0.05$).

Keywords: Acrylamide, Unsaponifiable Material, Oil Uptake, Potato