پایداری اکسایشی روغن‌های سبوس برنج، ذرت، کانولا، آفتابگردان و سویا در فرآیند پخت و نگه‌داری نان

نجمه جهانی[۱]، جمشید فرمانی [۲*]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات آیت‌الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران
۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
* نویسنده مسئول مکاتبات: jamshid_ farmani@yahoo.com

(دریافت مقاله: ۹۳/۷/۱۹ پذیرش نهایی: ۹٤/۱۰/۱۰)

چکیده

اکسیداسیون لیپیدهای نان طی فرایند پخت و نگه‌داری، ارزش تغذیه‌ای فرآورده را کاهش داده و باعث تشکیل طعم و بوی نامطلوب می‌شود. در این تحقیق پایداری اکسایشی روغن‌های سبوس برنج، ذرت، کانولا، آفتابگردان و سویا در شرایط پخت و نگه‌داری نان بروتشن بررسی شد. فرایند پخت نان باعث افزایش معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) در میزان شاخص‌های اکسایشی از قبیل عدد پراکسید، آنیزیدین، توتوکس و تیوباربیتوریک اسید و درصد اسیدهای چرب آزاد شد. با این حال، نگه‌داری نان‌ها به مدت شش روز در دمای محیط تأثیری بر میزان این شاخص‌ها نداشت. به‌طور کلی مقدار این شاخص‌ها در نان حاوی روغن سبوس برنج کمتر از سایر نان‌ها بود، که این به‌معنی پایداری اکسایشی بیشتر آن در فرایند پخت و نگه‌داری نان می‌باشد. روغن‌های خالص نگه‌داری شده در شرایط شبیه‌سازی پخت و نگه‌داری، کیفیت اکسایشی مشابه با آن‌چه در نان‌ها مشاهده شد، داشتند. این موضوع به معنی عدم تأثیر ترکیبات موجود در نان بر پایداری اکسایشی روغن‌های آن می‌باشد. نان حاوی روغن سبوس برنج از نظر ارزیابی حسی نیز امتیاز بیشتری کسب کرد که البته در تطابق با وضعیت بهتر شاخص‌های اکسایشی آن بود.

واژه‌های کلیدی: پایداری اکسایشی، شاخص‌های پایداری اکسیداتیو، نان بروتشن

مقدمه

روغن‌ها و چربی‌ها از اجزای فرمولاسیون نان هستند که از آن‌ها به‌منظور بهبود ویژگی‌های تغذیه‌ای و کیفی نان استفاده می‌شود. روغن‌ها و چربی‌ها تأمین کننده اسیدهای چرب ضروری، انرژی و ویتامین‌های محلول در چربی می‌باشند؛ هم‌چنین استفاده از آن‌ها در فرمولاسیون نان باعث بهبود طعم، کیفیت خوراکی و به تأخیر انداختن بیاتی می‌شود (Williams and Pullen, 2007). در سال‌های اخیر تمایل به استفاده از روغن‌های گیاهی مایع در ترکیب نان - به‌دلیل داشتن اسیدهای چرب اشباع کمتر، اسیدهای چرب ضروری بیشتر و عاری بودن از اسیدهای چرب ترانس- در قیاس با چربی‌ها افزایش پیدا کرده است (Hall and Tulbek, 2008). با این حال، روغن‌های گیاهی حاوی مقادیر بالایی از اسیدهای چرب غیراشباع مستعد به اکسیداسیون می‌باشند که می‌توانند طی مرحله پخت یا نگه‌داری نان اکسیده شوند. اکسیداسیون لیپیدها نه تنها منجر به گسترش مزه تند، بوی ناخوشایند و تغییرات رنگی نامطلوب می‌گردد بلکه به‌دلیل تشکیل ترکیبات اکسید شده مانند پراکسیدها و رادیکال‌های آزاد ارزش تغذیه‌ای و ایمنی محصول را کاهش داده و اثرات مضر و جبران‌ناپذیری بر سلامت انسان به‌جای می‌گذارند (Zhang *et al*., 2010). گنجی و کیس اثر روغن‌های گیاهی کانولا، سویا و نارگیل را بر ویژگی‌های حسی نان بررسی کردند. در مطالعه آن‌ها کیفیت نان حاوی روغن کانولا بهتر از نان حاوی روغن سویا و آن نیز بهتر از نان حاوی روغن نارگیل گزارش شد (Ganji and Kies, 1993). بر اساس نتایج اسکروبیک و فیلیپس نان حاوی روغن آفتابگردان علاوه بر داشتن ویژگی‌های حسی مناسب، حاوی توکوفرول و اسیدهای چرب ضروری بیشتر نیز بودند (Skrbic and Filipce, 2008). دلکوراتولو و همکاران گزارش کردند که فرایند پخت نان فوکاسیا باعث افزایش درصد اسیدهای چرب آزاد، عدد آنیزیدین، عدد پراکسید و عدد توتوکس در روغن زیتون فرابکر به‌کار رفته در تولید آن شد (Delcuratolo *et al*., 2008). هنا و نوریزا از شکل میکروپوشانی شده و گوکمن و همکاران از شکل نانوپوشانی شده اسیدهای چرب امگا-۳ به عنوان جایگزین شورتنینگ نان استفاده کردند و دریافتند که فرایند پخت نان تاثیر کمی بر اکسیداسیون اسیدهای چرب میکروپوشانی یا نانوپوشانی شده دارد (Henna and Norizah, 2011; Gökmen *et al*., 2011).

نان بروتشن (Brotchen) از دسته نان‌های حجیم با اندازه کوچک می‌باشد که ضخامت آن حدود ۵-۲/۵ سانتی‌متر است. این نان دارای پوسته‌ای سخت و ترد و مغزی نرم و اسفنجی می‌باشد. برای تولید این نان از انواع روغن‌های گیاهی مایع استفاده می‌شود (Amendola and Rees, 2003). با این حال، روغن‌های گیاهی مختلف ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی متفاوتی دارند و در فرایند پخت و نگه‌داری نان پایداری اکسیداتیو متفاوتی از خود نشان می‌دهند. روغن‌های سویا و کانولا از فراوان‌ترین روغن‌ها در کشور هستند که در مقایسه با سایر روغن‌های موجود مانند روغن‌های آفتابگردان، ذرت و سبوس برنج حاوی بیشترین مقدار اسید چرب امگا-۳ (اسید لینولنیک) می‌باشند. همانند روغن آفتابگردان و ذرت، اسید چرب اصلی روغن سویا، اسید چرب امگا-٦ (اسید لینولئیک) و اسید چرب اصلی روغن کانولا، اسید اولئیک است.

در مقایسه با سایر روغن‌های ذکر شده، در روغن سبوس برنج دو اسید چرب اولئیک و لینولئیک با نسبتی مشابه اسیدهای چرب اصلی را تشکیل می‌دهند. علاوه بر ترکیب اسیدهای چرب، روغن‌های گیاهی حاوی مقادیر متفاوتی از فیتوکمیکال‌ها مانند فیتواسترول‌ها، توکوفرول‌ها و رنگدانه‌ها می‌باشند که همگی بر پایداری اکسیداتیو روغن ها موثرند (Pokorny and Parkányiová, 2003). با توجه به استفاده از روغن‌های گیاهی در فرمولاسیون نان، در این پژوهش پایداری روغن‌های گیاهی مختلف طی پخت و نگه‌داری نان بروتشن بررسی شد.

مواد و روش‌ها

مواد

روغن سبوس برنج تولید شرکت گلبرگ بهاران زنجان و روغن‌های آفتابگردان، کانولا، ذرت و سویا با نام تجاری نینا از بازار آمل تهیه شدند. پودر اسید تیوباربیتوریک (TBA) و پاراآنیزیدین از شرکت مرک آلمان خریداری شد. محلول‌های هگزان، اتانول، ایزواکتان و سایر مواد شیمیایی از شرکت مرک آلمان تهیه شدند.

روش تهیه خمیر، پخت و نگه‌داری نان

مواد اولیه که شامل آرد ٤٠ کیلوگرم، شکر ٨٠٠ گرم، نمک ٦٠٠ گرم، خمیر مایه ٤٠٠ گرم، بهبوددهنده ٤ کیلوگرم، روغن ٢ لیتر و آب ٢١ لیتر بود در مخلوط‌کن به‌مدت ١٢ تا ١٥ دقیقه مخلوط شدند و سپس توسط دستگاه به چانه‌های مساوی با وزن ٤٠ گرم تقسیم شدند. بعد از چانه‌گیری، چانه‌ها به‌مدت ٨ تا ١٢ دقیقه به‌حال خود گذاشته شدند، سپس در گرمخانه با دمای ٣٥ تا ٤٠ درجه سلسیوس به‌مدت ٤٥ دقیقه نگه‌داری گردیدند. در پایان در فر با دمای ٢٥٠ تا ٢٦٠ درجه سلسیوس برای مدت ٣٠ دقیقه قرار داده شدند (Amendola and Rees, 2003). بعد از خنک‌سازی، نان‌ها در بسته‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شد و دور از نور در دمای محیط به‌مدت ٦ روز نگه‌داری گردیدند. از قرص‌های نان بلافاصله پس از پخت و در روزهای سوم و ششم نگه‌داری نمونه‌برداری شد.

بررسی پایداری روغن‌ها در شرایط شبیه‌سازی شده پخت و نگه‌داری

در این بخش از تحقیق روغن‌ها به‌شکل خالص تمام شرایط پخت را طی کردند. روغن‌ها در گرمخانه در دمای ٣٥ تا ٤٠ درجه سلسیوس به‌مدت ٤٥ دقیقه (شرایط تخمیر) و پس از آن در فر با دمای ٢٥٠ تا ٢٦٠ درجه سلسیوس (شرایط پخت) به‌مدت ٣٠ دقیقه قرار داده شدند. پس از آن روغن‌ها در دمای محیط به‌مدت ٦ روز نگه‌داری گردیدند. از روغن‌ها قبل از پخت، پس از پخت و در روزهای سوم و ششم نگه‌داری نمونه‌برداری شده و پایداری اکسایشی آن‌ها بررسی شد.

استخراج روغن از نان

استخراج روغن به‌روش استخراج سرد با استفاده از هگزان انجام شد. نمونه‌ها در آسیاب پودر شدند. در ابتدا نمونه‌ها به نسبت ١به ٤ با هگزان مخلوط شده و به‌مدت ٢٤ ساعت در تاریکی و دمای محیط قرار گرفتند و بخش جامد توسط کاغذ صافی جدا شد. در پایان، حلال در آون تحت خلاء در دمای ٤٠ درجه سلسیوس جدا شد و مقدار روغن استخراج شده اندازه‌گیری گردید (Kirk *et al*., 1999).

پروفایل اسیدهای‌چرب

آماده‌سازی استر متیلی اسیدهای چرب و شناسایی آن‌ها به‌ترتیب مطابق روش‌های Ce 2-66 و Ce 1e-91 انجمن شیمیدانان روغن آمریکا (AOCS) انجام شد (AOCS, 1996). از دستگاه کروماتوگرافی گازی (Young Lin Acme 6000، کره جنوبی) مجهز به آشکار کننده شعله‌ای و ستون موئینه BPX70 ٦٠ متری استفاده شد. درجه حرارت محل تزریق نمونه و آشکارساز ٢٦٠ درجه سلسیوس و درجه حرارت ستون ١٧٥ درجه سلسیوس، سرعت جریان گاز حامل (هیدروژن) ٠/٦ میلی‌لیتر در دقیقه و میزان تزریق نمونه ١ میکرولیتر بود.

شاخص پایداری اکسایشی روغن

از مدل ٧٤٣ رنسیمت (Metrohm، سوئیس) به‌منظور اندازه‌گیری شاخص پایداری اکسایشی روغن‌ها طبق روش AOCS Cd 12b-92 استفاده شد (AOCS, 1996). جریانی از هوای خشک و تمیز با سرعت ١٥ لیتر بر ساعت به درون ظرف حاوی ٢/٥ گرم نمونه روغن دمیده شد. هوای حامل اسیدهای آلی فرار ناشی از اکسایش نمونه به ظرف اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (حاوی ٦٠ میلی‌لیتر آب مقطر) هدایت شد. شاخص پایداری اکسایشی به‌طور خودکار در دمای ١٢٠درجه سلسیوس اندازه‌گیری شد.

اندازگیری شاخص‌های کیفی اکسایش

تعیین عدد پراکسید بر اساس روش اسید استیک- کلروفرم AOCS Cd 8-53 انجام شد (AOCS, 1996). عدد آنیزیدین با طبق روش AOCS Cd 18-90 و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Sunon، UV2100، تایوان) در طول موج ٣٥٠ نانومتر اندازه‌گیری شد (AOCS, 1996). هم‌چنین عدد توتوکس با جمع کردن مقدار عدد آنیزیدین با دو برابر عدد پراکسید (Wai *et al.*, 2009) و عدد تیوباربیتوریک بر حسب میلی‌گرم مالون‌آلدئید در کیلوگرم روغن محاسبه گردید (Sidwell *et al.*, 1954). اندازه‌گیری درصد اسیدچرب آزاد نیز به روش تیتراسیون با هیدروکسید سدیم مطابق با روش AOCS Ca 5a-40 و بر اساس اسیداولئیک انجام شد (AOCS, 1996).

ارزیابی حسی

در این تحقیق برای ارزیابی حسی از یک گروه پانل ٥ نفره استفاده شد. ارزیابان صفت‌های ظاهر، عطر، طعم و بافت را مورد بررسی قرار دادند. شاخص‌های حسی نمونه‌های نان یک ساعت بعد از فرآیند پخت به روش هدونیک مورد بررسی قرار گرفت. هر ارزیاب از حداقل امتیاز ١ و حداکثر امتیاز ٥ برای امتیازدهی استفاده نمودند. بعد از دادن آموزش‌های لازم به اعضای گروه پانل در رابطه با چگونگی ارزیابی نمونه‌ها و بعد از چندین مرحله آزمایش مقدماتی روی نمونه‌هایی با کیفیت معلوم و مجهول، کیفیت حسی نمونه‌های نان مورد ارزشیابی قرار گرفت. برای محاسبه پذیرش کلی (Q) از فرمول $Q = \Sigma (P.G) / \Sigma G$ استفاده شد، که در آن G و P به‌ترتیب نمره و ضریب ویژگی مورد آزمون بودند. مقدار G برای ظاهر، عطر، طعم و بافت، به‌ترتیب ١، ٢، ٣ و ٤ بود (Ghanbari and Farmani, 2013).

ارزیابی آماری

آزمون دانکن و مقایسه میانگین برای تعیین حداقل اختلاف معنی‌دار نمونه‌ها در سطح احتمال ٥ درصد با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 انجام شد. جهت رسم نمودار از نرم افزار Excel استفاده گردید.

یافته‌ها

ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی روغن‌های گیاهی

جدول (۱) پروفایل اسیدهای چرب روغن‌های استفاده شده در این پژوهش را نشان می‌دهد. همان‌طور مشاهده می‌شود اسیدچرب عمده موجود در روغن آفتابگردان، ذرت و سویا اسیدلینولئیک و در روغن کانولا، اولئیک می‌باشد و اسیدهای‌چرب عمده موجود در روغن سبوس برنج اسیدهای اولئیک و لینولئیک هستند. اسیدچرب اشباع غالب در همه روغن پالمتیک بود. مجموع اسیدهای چرب اشباع در روغن کانولا، کم‌ترین و در روغن سبوس برنج، بیشترین بود. بیش‌ترین میزان اسیدهای چندغیراشباع در روغن آفتابگردان و کم‌ترین مقدار آن در روغن کانولا مشاهده شد.

جدول (۱)- ترکیب اسیدهای چرب (میانگین ± انحراف معیار) در روغن‌های گیاهی مختلف

اسیدهای چرب	درصد اسیدچرب				
	سبوس برنج	ذرت	کانولا	آفتابگردان	سویا
میریستیک	۰/۲±۰/۰	۰/۱±۰/۰	۰/۷±۰/۰	۰/۱±۰/۰	۰/۱±۰/۰
پالمیتیک	۱۶/۶±۰/۴	۱۰/۹±۰/۳	۳/۷±۰/۴	۶/۳±۰/۲	۱۱±۰/۸
استئاریک	۱/۶±۰/۲	۲±۰/۲	۲/۶±۰/۰	۵/۱±۰/۲	۴±۰/۰
اولئیک	۴۱/۷±۰/۳	۲۵/۴±۱/۰	۶۲/۵±۰/۹	۱۷/۸±۰/۰	۲۳/۲±۰/۷
لینولئیک	۳۶/۸±۰/۰	۵۹/۶±۲/۲	۱۹/۴±۰/۴	۶۹/۱±۲/۳	۵۳/۴±۰/۴
لینولنیک	۱/۶±۰/۱	۱/۲±۰/۰	۷/۲±۰/۵	۰/۴±۰/۰	۷/۸±۰/۳
آراشیدیک	۰/۷±۰/۰	۰/۴±۰/۰	۰/۶±۰/۰	۰/۴±۰/۰	۰/۳±۰/۰
بهنیک	–	۰/۱±۰/۰	–	۰/۷±۰/۰	۰/۱±۰/۱
کل	۱۹/۲±۰/۴	۱۳/۵±۱/۰	۷/۶±۰/۴	۱۲/۶±۰/۸	۱۵/۵±۰/۱
چندغیراشباعی	۳۸/۴±۰/۳	۶۰/۸±۰/۵	۲۶/۷±۰/۳	۶۹/۵±۰/۴	۶۱/۲±۰/۳
اکسایش‌پذیری	۰/۴۰۸	۰/۶۲۵	۰/۳۵۰	۰/۷۰۳	۰/۶۹۵

جدول (۲) عدد پراکسید، آنیزیدین، توتوکس، تیوباربیتوریک اسید، درصد اسیدهای‌چرب آزاد و مقاومت روغن‌های اولیه را نشان می‌دهد. بیش‌ترین میزان عدد پراکسید و توتوکس در روغن آفتابگردان و کم‌ترین مقدار آن در روغن سبوس برنج و ذرت مشاهده شد، هم‌چنین عدد پراکسید روغن‌های سویا و کانولا تفاوت معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) با هم نداشتند. درصد اسیدهای چرب آزاد در روغن سویا بیشترین و در روغن سبوس برنج کمترین بود ($p<۰/۰۵$). روغن‌های آفتابگردان و سویا عدد آنیزیدین و تیوباربیتوریک اسید بالاتری نسبت به سایر روغن‌ها داشتند در حالی‌که کمترین عدد آنیزیدین در روغن سبوس برنج و کم‌ترین عدد تیوباربیتوریک اسید در روغن‌های سبوس برنج و کانولا مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). طبق نتایج به‌دست آمده، بیش‌ترین زمان مقاومت اکسایشی به‌ترتیب در روغن‌های سبوس برنج، ذرت، کانولا، آفتابگردان و سویا مشاهده شد ($p<۰/۰۵$).

جدول (۲)- مقادیر (میانگین ± انحراف معیار) شاخص‌های کیفی اکسایش در روغن‌های اولیه

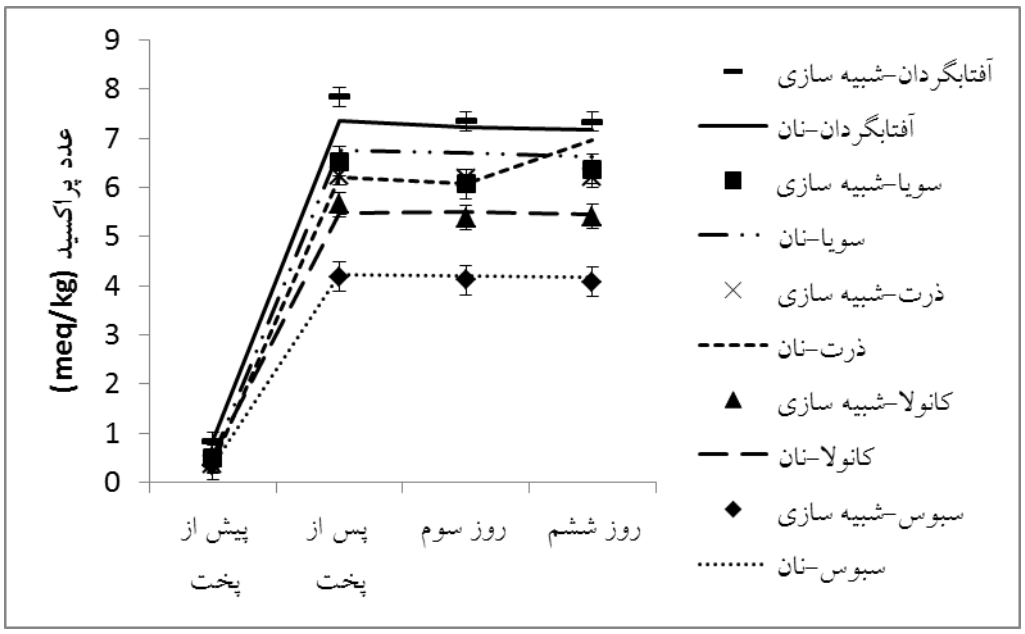
نام روغن	شاخص اکسایشی*					
	عدد پراکسید (meq/kg)	عدد آنیزیدین	عدد توتوکس	عدد تیوباربیتوریک اسید (mg/kg)	اسیدهای چرب آزاد (٪)	شاخص پایداری اکسیداتیو (h)
سبوس برنج	^{c}۰/۳۵±۰/۰۵	^{c}۱/۰٤±۰/۱۱	۱/۷٤	^{c}۰/۰۹±۰/۰۱	^{e}۰/۰۲±۰/۰۰	^{a}۲۰/٤۷±۰/۰۵
ذرت	^{c}۰/۳۸±۰/۰٤	^{b}۱/٤۸±۰/۳۰	۲/۲٤	^{b}۰/۲۱±۰/۰۱	^{c}۰/۰۷±۰/۰۰	^{b}۱۸/۳±۰/۰
کانولا	^{b}۰/۵۲±۰/۰۷	^{b}۱/۳۵±۰/۵۳	۲/۳۹	^{c}۰/۱۲±۰/۰۳	^{b}۰/۰۸±۰/۰۰	^{c}۱۷/۳±۰/۰
آفتابگردان	^{a}۰/۸۳±۰/۰۷	^{a}۲/۱۲±۰/٦۲	۳/۷۸	^{a}۰/۳۲±۰/۰۲	^{d}۰/۰۵±۰/۰۰	^{d}۱۵/٤۵±۰/۰۳
سویا	^{b}۰/۵۰±۰/۰۹	^{a}۱/۸٦±۰/۳۱	۲/۸٦	^{a}۰/۲۹±۰/۰۵	^{a}۰/۱۰±۰/۰۰	^{e}۱۲/٤±۰/۰

*در هر ستون، داده‌های نشان داده شده با حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) دارند.

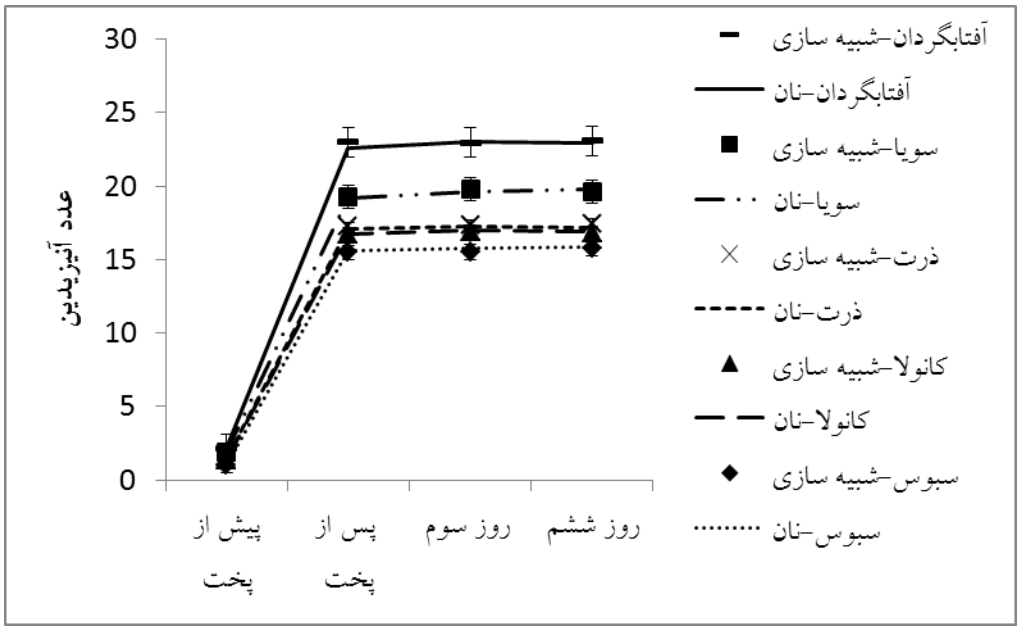
ارزیابی پایداری اکسایشی روغن‌ها در فرآیند پخت نان

همان‌طور که در نمودار (۱) ملاحظه می‌شود فرایند پخت باعث افزایش عدد پراکسید در تمامی نمونه‌ها شد؛ با این حال فرایند نگه‌داری نان به‌مدت ٦ روز تأثیری در عدد پراکسید نداشت (p<۰/۰۵). بیشترین عدد پراکسید پس از پخت در نان فرموله شده با روغن آفتابگردان و کم‌ترین آن در نان فرموله شده با روغن سبوس برنج مشاهده شد (p<۰/۰۵). پس از نان تهیه شده با روغن آفتابگردان، بیشترین عدد پراکسید در نان فرموله شده با روغن سویا مشاهده شد. هم‌چنین عدد پراکسید نان تهیه شده با روغن کانولا از عدد پراکسید سایر نان‌ها به غیر از نان تهیه شده با روغن سبوس برنج کم‌تر بود. در نمودار (۱) تشکیل پراکسید در روغن‌ها طی شرایط شبیه‌سازی پخت نشان داده شده است. طبق این نتایج تفاوت معنی‌داری بین روند تشکیل پراکسید در نان و شرایط شبیه‌سازی مشاهده نمی‌شود.

بر اساس یافته‌های نمودار (۲) میزان عدد آنیزیدین نان‌ها بعد از پخت نان افزایش یافت. بیشترین افزایش در نان فرموله شده با روغن آفتابگردان و پس از آن در نان تهیه شده با روغن سویا و کم‌ترین افزایش در نان فرموله شده با روغن سبوس برنج مشاهده شد. عدد آنیزیدین نان‌های تهیه شده با روغن‌های ذرت یا کانولا تفاوت معنی‌دار با هم نداشت اما از نان فرموله شده با روغن سبوس برنج بیشتر بود (p<۰/۰۵). نگه‌داری نان‌ها به‌مدت شش روز اثری بر عدد آنیزیدین آن‌ها نداشت (p<۰/۰۵). هم‌چنین تفاوت معنی‌داری بین عدد آنیزیدین نان‌ها و روغن‌های نگه‌داری شده در شرایط شبیه‌سازی مشاهده نشد (p<۰/۰۵).



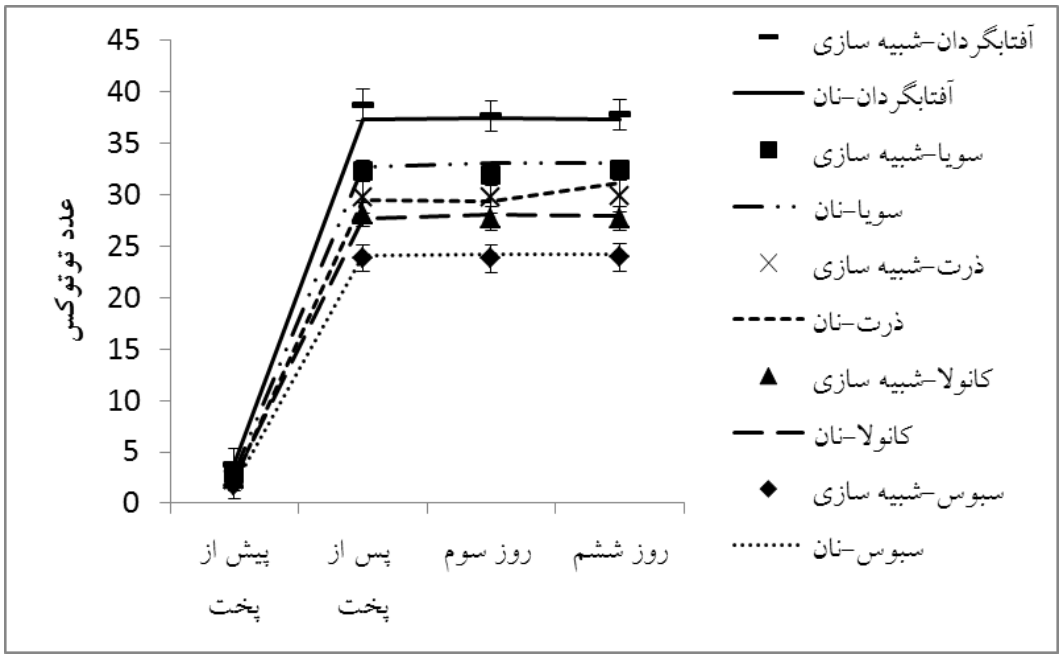
نمودار (۱)- تغییرات عدد پراکسید روغن‌های گیاهی طی شرایط پخت و نگه‌داری نان بروتشن و شرایط شبیه‌سازی شده پخت



نمودار (۲)- تغیرات عدد آنیزیدین روغن‌های گیاهی طی شرایط پخت و نگه‌داری نان بروتشن و شرایط شبیه‌سازی شده پخت

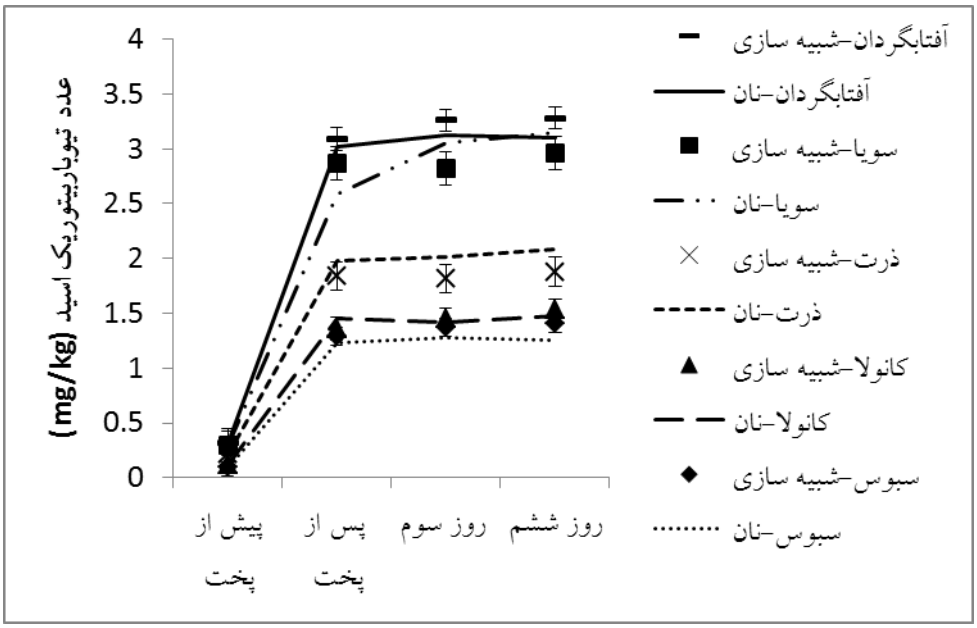
در نمودار (۳) تغییرات عدد توتوکس روغن‌های استخراج شده از نان‌ها و روغن‌های در شرایط شبیه‌سازی پخت و نگه‌داری نشان داده شده است. عدد توتوکس همه روغن‌ها در اثر فرایند پخت افزایش یافت

که این تغییرات از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. بالاترین عدد توتوکس در نان حاوی روغن آفتابگردان و پس از آن به‌ترتیب در نان‌های تهیه شده با روغن‌های سویا، ذرت، کانولا و سبوس برنج مشاهده شد.



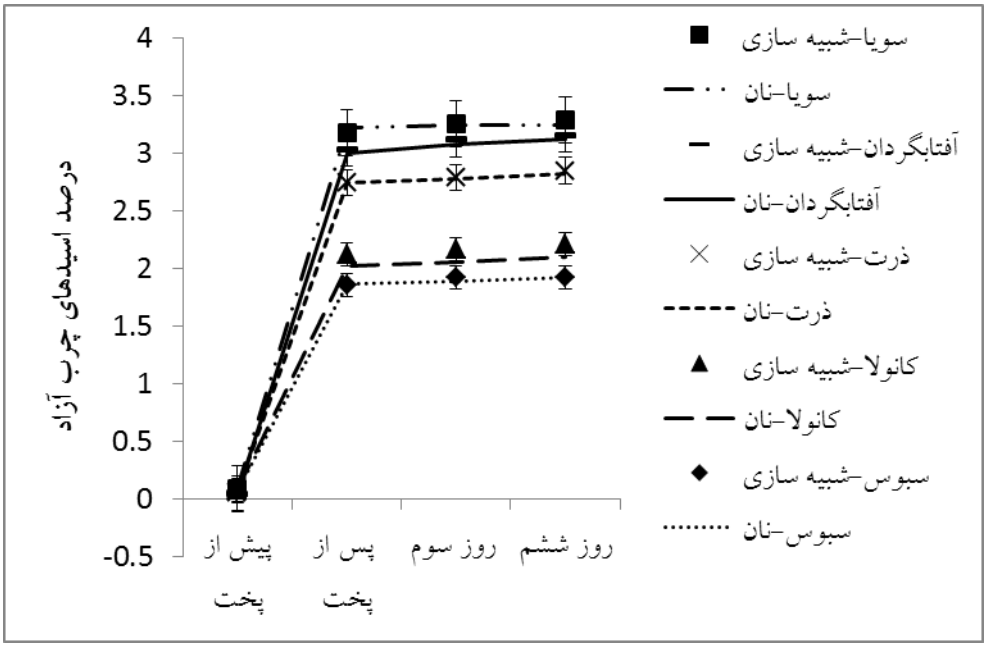
نمودار (۳)- تغیرات عدد توتوکس روغن‌های گیاهی طی شرایط پخت و نگه‌داری نان بروتشن و شرایط شبیه‌سازی شده پخت

نتایج تغییرات عدد تیوباربیتوریک اسید در نمودار (٤) نشان داده شده است. طی نگه‌داری تغییر معنی‌داری در عدد تیوباربیتوریک اسید نمونه‌ها مشاهده نشد. هم‌چنین تفاوت معنی‌داری بین روند تشکیل عدد تیوباربیتوریک در نان و شرایط شبیه‌سازی مشاهده نشد. میزان این شاخص در نان تهیه شده با روغن آفتابگردان بعد از پخت و طی دوره نگه‌داری شش روزه نسبت به سایر نان‌ها بیشتر بود ($p<۰/۰۵$). بعد از آن، بیشترین عدد تیوباربیتوریک به‌ترتیب در نان‌های تهیه شده با روغن سویا، روغن ذرت، روغن کانولا و روغن سبوس برنج مشاهده شد ($p<۰/۰۵$).



نمودار (٤)- تغییرات عدد تیوباربیتوریک اسید روغن‌های گیاهی طی شرایط پخت و نگه‌داری نان بروتشن و شرایط شبیه‌سازی شده پخت

تغیرات درصد اسیدهای چرب آزاد روغن‌های فرموله شده در نان‌ها و روغن‌های تیمار شده در شرایط شبیه‌سازی پخت و نگه‌داری در نمودار (۵) نشان داده شده است. بر این اساس درصد اسیدهای‌چرب آزاد همه نمونه‌ها پس از فرایند پخت افزایش یافت. با این حال، درصد اسیدچرب آزاد نان تهیه شده با روغن سویا بعد از پخت نان و نگه‌داری آن به مدت شش روز نسبت به سایر نان‌ها بیشتر بود ($p<۰/۰۵$). در مقایسه با سایر روغن‌ها، روغن سبوس برنج کم‌ترین میزان تغییر در درصد اسیدهای‌چرب آزاد را در اثر فرایند پخت نشان داد. در مورد سایر نان‌ها درصد اسیدهای‌چرب آزاد نان تهیه شده با روغن آفتابگردان بیشتر از نان تهیه شده با روغن ذرت بود. طی نگه‌داری نان‌ها به‌مدت شش روز تغییری در اسیدهای‌چرب آزاد مشاهده نشد ($p<۰/۰۵$). نمودار (۵) هم‌چنین نتایج داد تفاوت معنی‌داری بین روند تشکیل اسیدچرب آزاد در نان و شرایط شبیه‌سازی وجود ندارد.



نمودار (۵)- تغییرات درصد اسیدهای چرب آزاد روغن‌های گیاهی طی شرایط پخت و نگه‌داری نان بروتشن و شرایط شبیه‌سازی شده پخت

ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی‌های حسی در جدول (۳) نشان داده شده است. در بین نان‌های مطالعه شده، بیش‌ترین امتیاز ظاهر و طعم مربوط به نان تهیه شده با روغن سبوس برنج، بیش‌ترین امتیاز عطر مربوط به نان تهیه شده با روغن سبوس برنج و کانولا و بیش‌ترین امتیاز بافت مربوط به نان‌های تهیه شده با روغن ذرت، کانولا و آفتابگردان بود. از نظر پذیرش کلی نان تهیه شده با روغن سبوس برنج و کانولا بیش‌ترین امتیاز را کسب کردند.

جدول (۳)- نتایج ارزیابی حسی (میانگین ± انحراف معیار) نان بروتشن فرموله شده با روغن‌های گیاهی

ویژگی	نان تهیه شده با روغن گیاهی*				
	سبوس برنج	ذرت	کانولا	آفتابگردان	سویا
ظاهر	^{a}۴/۹±۰/۳	^{ab}۴/۷±۰/۲	^{ab}۴/۶±۰/۱	^{ab}۴/۷±۰/۲	^{b}۴/۵±۰/۱
عطر	^{a}۴/۷±۰/۵	^{b}۴/۱±۰/۱	^{a}۴/۵±۰/۲	^{d}۳/۴±۰/۳	^{c}۳/۹±۰/۲
طعم	^{a}۴/۸±۰/۴	^{c}۳/۵±۰/۲	^{b}۴/۳±۰/۳	^{c}۳/۲±۰/۴	^{c}۲/۸±۰/۳
بافت	^{b}۴/۱±۰/۲	^{a}۴/۶±۰/۱	^{a}۴/۵±۰/۱	^{a}۴/۶±۰/۴	^{b}۴/۳±۰/۱
پذیرش کلی	^{a}۴/۶±۰/۵	^{b}۴/۰±۰/۱	^{a}۴/۴±۰/۲	^{c}۳/۵±۰/۳	^{c}۳/۵±۰/۱

*در هر ردیف، داده‌های نشان داده شده با حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار ($p<0/05$) دارند.

بحث و نتیجه‌گیری

اکسیداسیون لیپیدها یکی از دلایل عمده فساد روغن‌ها و چربی‌هاست که باعث افت ارزش کیفی و تغذیه‌ای غذاها می‌شود. فرایند اکسیداسیون عمدتاً مربوط به اسیدهای چرب غیراشباع و مشتقات آن‌هاست و عموماً از طریق مکانیسم رادیکال آزاد پیش می‌رود. پراکسیدها محصولات اولیه اکسیداسیون هستند که در اثر تجزیه آن‌ها محصولات ثانویه اکسیداسیون مانند آلدهیدها، کتون‌ها، اسیدها، الکل‌ها و کتون‌ها به‌وجود می‌آیند (Kim and Min, 2008). عوامل ذاتی مختلفی در پایداری اکسایشی روغن‌ها دخیلند مانند ترکیب اسیدهای چرب، ترکیب تری‌آسیل‌گلیسرول‌ها، وجود ترکیبات آنتی‌اکسیدان مانند توکوفرول‌ها و کاروتنوئیدها، وجود ترکیبات پرواکسیدان مانند فلزات سنگین، کلروفیل و ترکیبات ناشی از تجزیه و اکسیداسیون. اطلاع از وضعیت اکسایشی روغن می‌تواند با اندازه‌گیری شاخص‌هایی مانند درصد اسیدهای چرب آزاد، عدد پراکسید، عدد آنیزیدین، عدد تیوباربیتوریک اسید و شاخص پایداری روغن انجام شود. درصد اسیدهای چرب آزاد، شاخصی از میزان هیدرولیز چربی، عدد پراکسید شاخصی از ترکیبات اولیه اکسیداسیون و عدد های آنیزیدین و تیوباربیتوریک اسید شاخصی از ترکیبات ثانویه اکسیداسیون می‌باشند. شاخص پایداری روغن نیز نشان‌دهنده دوره القای اکسیداسیون یعنی مدتی زمانی که روغن در برابر اکسیداسیون مقاومت می‌کند، می‌باشد (O'Brien, 2004).

در بین روغن‌های اولیه بررسی شده، روغن سبوس برنج با داشتن کم‌ترین عدد پراکسید، عدد آنیزیدین، عدد توتوکس، عدد تیوباربیتوریک اسید و درصد اسیدهای چرب آزاد و بالاترین شاخص پایداری اکسیداتیو بهترین وضعیت مقاومت اکسایشی را داشت. پس از آن روغن‌های کانولا و ذرت با وضعیتی تقریباً مشابه وضعیت مقاومت اکسایشی خوبی داشتند. بالا بودن پایداری اکسایشی در روغن سبوس برنج را می‌توان به بالا بودن آنتی‌اکسیدان‌ها و ترکیبات فنولیک و نیز اسیدهای چرب تک‌غیراشباع در آن که مقاوم به اکسیداسیون می‌باشند، نسبت داد (Krishna *et al.*, 2005). ضعیف‌ترین روغن‌ها از نظر اکسایشی روغن‌های آفتابگردان (که بالاترین عدد اکسایش‌پذیری، عدد پراکسید، عدد آنیزیدین، عدد توتوکس و عدد تیوباربیتوریک اسید را داشت) و سویا (که بالاترین درصد اسیدهای چرب آزاد، عدد آنیزیدین و عدد تیوباربیتوریک اسید و کم‌ترین شاخص پایداری اکسیداتیو را داشت) بودند. بالا بودن عدد پراکسید در روغن‌های آفتابگردان را می‌توان به وجود اسیدهای چرب چندغیراشباع زیاد در آن (جدول ۱) که مستعد اکسیداسیون هستند، نسبت داد (Skrbic and Filipce, 2008; Zhang, 2010). بالا بودن عدد آنیزیدین و تیوباربیتوریک اسید در روغن‌های آفتابگردان و سویا را می‌توان به بالا بودن عدد پراکسید در آن روغن‌ها نسبت داد. فرهوش و همکاران گزارش کردند که پراکسیدهایی که در طول مراحل اولیه اکسیداسیون تشکیل شده‌اند، ناپایدار و بسیار حساس هستند و در نتیجه به محصولات ثانویه اکسیداسیون تبدیل می‌شوند (Farhoosh *et al.*, 2008). نتایج آزمایشات جنسن و همکاران نشان داد که در مراحل پایانی اکسیداسیون تشکیل محصولات ثانویه اکسیداسیون با سرعت بیشتری انجام می‌شود و مقدار زیادی از پراکسیدهای تشکیل

شده در مراحل اولیه طی روزهای پایانی آزمایش تجزیه و به مالون‌آلدئید تبدیل می‌شوند (Jensen *et al.*, 2011a).

به‌طور کلی با انجام فرایند پخت نان افزایش شدیدی در تمامی شاخص‌های اکسیداسیون روغن‌های گیاهی مشاهده شد که با نتایج دلکوراتولو و همکاران مطابقت داشت (Delcuratolo *et al.*, 2008). گوکمن و همکاران به‌منظور کاهش اکسیداسیون روغن بذرک در نان طی فرایند پخت، آن را با استفاده از نشاسته ذرت آمیلوز-بالا میکروانکپسوله کردند (Gokmen *et al.*, 2011). در مطالعه اخیر شاخص‌های اکسیداسیون روغن‌ها در شرایط شبیه‌سازی پخت افزایش یافتند که البته اختلاف معنی‌داری با داده‌های به‌دست آمده از شرایط پخت واقعی نداشتند. این بدان معناست که برهم‌کنش روغن‌ها با سایر ترکیبات موجود در خمیر نان اثری بر پایداری اکسایشی روغن‌ها نداشته است. هم‌چنین، به‌طور کلی وضعیت اکسایشی روغن‌ها در نان طی نگه‌داری به‌مدت شش روز ثابت بود. هنالو و نوریزا نیز وضعیت اکسایشی پایدار و ثابتی را برای چربی‌های چندغیراشباع میکروانکپسوله به‌کار رفته در فرمولاسیون نان گزارش کردند (Henna Lu and Norizah, 2011). جنسن و همکاران پایداری اکسیداتیو نان به‌دست آمده از آرد گندم کامل را طی پنج هفته بررسی کردند. بر اساس پژوهش آن‌ها عدد پراکسید طی نگه‌داری افزایش یافت و در هفته دوم و سوم به اوج خود رسید و پس از آن کاهش یافت (Jensen *et al.*, 2011a). در مطالعه اخیر اعمال شرایط شبیه‌سازی شده نگه‌داری نان بر روغن‌ها نتایج مشابه با شرایط واقعی در نان داشت. این نتایج به آن معنی است که برهم‌کنش روغن‌ها با سایر ترکیبات موجود در نان اثری بر پایداری اکسایشی آن ندارد. طبق نتایجی که جنسن و همکاران به‌دست آوردند نگه‌داری طولانی‌مدت نان اثرات قابل‌توجهی بر ویژگی‌های آن داشت. پس از ۳-۲ هفته نگه‌داری غلظت محصولات ثانویه اکسیداسیون افزایش یافت. هم‌چنین در اثر نگه‌داری نان غلظت ترکیبات ناشی از واکنش میلارد موثر در طعم، کاهش می‌یابد. این عوامل می‌توانند باعث افت طعم نان شوند (Jensen *et al.*, 2011b).

از نظر پایداری اکسایشی، با در نظر گرفتن شاخص‌های اکسایشی روغن‌ها طی فرایند پخت و نگه‌داری نان، به‌طور کلی پایداری اکسایشی روغن‌ها به‌ترتیب سبوس برنج > کانولا > ذرت > سویا > آفتابگردان بود. از آن‌جایی که سرعت تولید پراکسید از اسیدهای‌چرب چندغیراشباع بیشتر است، سرعت شکست آن‌ها نیز بیشتر می‌باشد. روغن آفتابگردان به‌دلیل وجود اسیدچرب تک‌غیراشباع کمتر و اسیدلینولئیک بیشتر (جدول ۱)، دارای سرعت تولید و شکست پراکسید بیشتر می‌باشد. به‌همین دلیل با افزایش زمان حرارت‌دهی در مقایسه با سایر روغن‌ها مقادیر بالاتری از شاخص‌های اکسایشی را نشان می‌دهد. از سوی دیگر به‌دلیل کمتر بودن میزان اسیدهای چرب چندغیراشباع در ترکیب روغن سبوس برنج و بیشتر بودن اسیدهای‌چرب تک‌غیراشباع و اشباع مقاوم به حرارت در آن (جدول ۱)، شاخص‌های اکسایشی مشاهده شده در نان فرموله شده با روغن سبوس برنج کم‌تر بودند. به‌طور کلی، پایداری حرارتی روغن‌های رایج از جمله سویا، آفتابگردان و ذرت به‌دلیل میزان بالای اسیدهای‌چرب چندغیراشباع در آن‌ها غالباً بسیار

نامناسب ارزیابی می‌شود (Farhoosh and Moosavi, 2008).

برای مصرف‌کنندگان مهم‌ترین عامل در انتخاب غذا، خصوصیات حسی مواد غذایی است. کیفیت نان در نگه‌داری طولانی همراه با تغیرات نامطلوب نظیر کاهش مواد معطر و خصوصیات حسی می‌باشد که از نظر مصرف‌کننده قابل‌پذیرش نیست (Vulice, 2004). از نظر ارزیابی حسی، نان‌های تهیه شده با روغن‌های سبوس برنج و کانولا بیش‌ترین و نان‌های تهیه شده با روغن‌های آفتابگردان و سویا کم‌ترین امتیاز پذیرش کلی را کسب کردند. امتیاز بالاتر نان حاوی روغن سبوس برنج یا کانولا از نظر ظاهر، طعم، عطر و پذیرش کلی ممکن است به‌علت اکسایش دیرتر، تولید پراکسید، آلدهید، کتون و رنگ کم‌تر باشد (Jensen and Oestdal, 2011b). روغن‌های آفتابگردان و سویا نیز به‌علت محتوای بالای اسیدلینولئیک (جدول ۱) زودتر اکسید شده و تغییرات رنگ در آن زودتر صورت می‌گیرد و در نتیجه نان تولید شده با آن‌ها امتیاز پذیرش کلی کمتری کسب کرد. با این‌حال نان تهیه شده با روغن آفتابگردان، امتیاز بافتی بالاتری کسب کرد. نان‌های حاوی روغن آفتابگردان از نان حاوی سبوس برنج دارای بافت نرم تری بودند. این موضوع می‌تواند به‌دلیل ویسکوزیته کم‌تر روغن آفتابگردان در مقایسه با روغن سبوس برنج باشد. گنجی و کِیس اثر روغن‌های کانولا، سویا و نارگیل را بر ویژگی‌های حسی نان بررسی کردند. در تحقیق آن‌ها، نان حاوی روغن کانولا بهتر از نان حاوی روغن سویا و آن نیز بهتر از نان حاوی روغن نارگیل گزارش شد (Ganji and Kies, 1993).

به‌طور کلی، تحقیق حاضر نشان داد فرایند پخت نان به‌میزان قابل‌توجهی باعث اکسید شدن روغن موجود در آن می‌شود. استفاده از روغن‌های با مقاومت اکسیداتیو بیشتر در کاهش تشکیل ترکیبات ناشی از اکسیداسیون سهم بسزایی دارد. با توجه به پژوهش حاضر، استفاده از روغن سبوس برنج در اولویت اول و روغن کانولا در اولویت دوم می‌تواند نقش موثری در بهبود سلامت نان داشته باشد. البته با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی به‌نظر می‌رسد روغن کانولا گزینه اقتصادی‌تر و مناسب‌تری برای استفاده در نان باشد.

منابع

- Amendola, J. and Rees, N. (2003). The Baker’s Manual: 150 Master Formulas for Baking. John Wiley & Sons, New Jersey, USA, pp. 15-25
- AOCS, (1996).Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists’ Society. AOCS press, Champaign, USA.
- Delcuratolo, D., Gomes, T., Paradiso, V.M. and Nasti, R. (2008). Changes in the oxidative state of extra virgin olive oil used in baked Italian focaccia topped with different ingredients. Food Chemistry, 106: 222–226.
- Farhoosh, R. and Moosavi, M.R. (2008). Carbonyl value in monitoring of the quality of used frying. Analytical Chimica Acta, 617: 18–21.

- Farhoosh, R., Niazmand, R., Rezaei, M. and Sarabi, M. (2008). Kinetic parameter determination of vegetable oil oxidation under Rancimat test conditions. European Journal Lipid Science Technology, 110: 587–592.
- Ganji, V. and Kies, C. (1993). Yeast breads containing oils varied in fatty acid composition: effects on sensory panel acceptability. Plant Foods for Human Nutrition, 44: 97–103.
- Ghanbari, M. and Farmani, J. (2013). Influence of hydrocolloids on dough properties and quality of Barbari: an Iranian leavened flat bread. Journal of Agricultural Science and Technology, 15: 545–555.
- Gokmen, V., Mogol, B.A., Lumaga, R.B., Fogliano, V., Kaplun, Z. and Shimoni, E. (2011). Development of functional bread containing nanoencapsulated omega-3 fatty acids. Journal of Food Engineering, 105: 585–591.
- Hall, C. and Tulbek, M. C. (2008). Omega-3-enriched bread, in Hamaker, B. (Editor) Technology of functional cereal products, CRC Press, Boca Raton, USA, pp. 362-387.
- Henna Lu F.S. and. Norizah M.H. (2011). Contribution of microencapsulated n-3 PUFA powder toward sensory and oxidative stability of bread. Journal of Food Processing and Preservation, 35: 596–604.
- Jensen, S., Oestdal, H., Clausen, M.R., Andersen, M.L. and Skibsted, L.H. (2011a). Oxidative stability of whole wheat bread during storage. LWT-Food Science and Technology, 44: 637–642.
- Jensen, S., Oestdal, H., Skibsted, L.H., Larsen, E. and Thyboc, A.K. (2011b). Chemical changes in wheat pan bread during storage and how it affects the sensory perception of aroma, flavour, and taste. Journal of Cereal Science, 53: 259–268.
- Kim, H.J. and Min, D.B. (2008). Chemistry of lipid oxidation, In: Akoh, C.C. and Min, D.B. (Editors), Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology, CRC Press, Boca Raton, USA, pp. 299–320.
- Kirk, R.S., Sawyer, R. and Egan, H. (1999). Pearson's Composition and Analysis of Foods. Longman Group, UK, pp. 121-132.
- Krishna, A.G., Khatoon, S. and Babylatha, R. (2005). Frying performance of processed rice bran oils. Journal of Food Lipids, 12(1): 1–11.
- O'Brien, R.D. (2004). Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications, CRC Press, Boca Raton, USA, pp. 176–234.
- Pokorny, J. and Parkányiová, L. (2003). Plant lipids and oils, In: Sikorski, Z.E. and Kolakowska, A. (Editors), Chemical and Functional Properties of Food Lipids, CRC Press, Boca Raton, USA, pp. 205–220.
- Sidwell, C.G., Salwin, H., Benca, M. and Mitchel, J.H. (1954). The use of thiobarbituric acid as a measure of fat oxidation. Journal of Oil and Fat Industries, 31: 603–606.
- Skrbic, B. and Filipce V.B. (2008). Nutritional and sensory evaluation of wheat breads supplemented with oleic – rich sunflower seed. Food Chemistry, 108: 119–129.
- Vulice, I.R., Abdel, E.S., Mittal, G.S. and Lu, X. (2004). Quality and storage life of par-baked frozen breads, LWT- Food Science and Technology, 37: 205–213.
- Wai, W.T., Saad, B. and Lim, B.P. (2009). Determination of TOTOX value in palm oleins using a FI-potentiometric analyzer. Food Chemistry, 113: 285–290.
- Williams, T. and Pullen, G. (2007). Functional ingredients, in Cauvain, S.P. and Young, L.S. (Editors) Technology of Breadmaking, Springer, New York, USA, pp. 51–92.
- Zhang, Y., Yang, L., Zu, Y., Chen, X., Wang, F. and Lui, F. (2010). Oxidative stability of sunflower oil supplement with carnosic acid compared with synthetic antioxidants during accelerated storage. Food Chemistry, 118: 656–662.

Oxidative stability of rice bran, corn, canola, sunflower and soybean oils d baking process and storage of bread

Najmeh Jahani[1], Jamshid Farmani[2*]

1- M.Sc Graduate in Food Science and Technology, Ayatollah Amoli Science and Research Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran
2- Assistant Professor of Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
[*]Corresponding author email: jamshid_farmani@yahoo.com
(Received: 2014/10/11 Accepted: 2015/12/31)

Abstract
Oxidation of bread lipids during baking and storage reduces the nutritional value of the product and leads to the formation of off-flavors and off-odors. In this research, oxidative stability of rice bran, corn, canola, sunflower and soybean oils during Brotchen bread baking process and storage was evaluated. Baking process caused a significant increase in oxidative indices such as peroxide, anisidine, Totox and thiobarbitoric acid values and free fatty acid content. However, storage of breads for 6 days in room temperature did not affect the value of the indices. Generaly, the value of the indices in bread containing rice bran oil was lower than those of the other breads, which indicated the higher oxidative stability of rice bran oil in baking process and storage. Pure oils treated in simulated baking process and storage had an oxidative quality similar to that of breads. This means that bread ingridients may not have an effect on oil oxidative stability. Bread containing rice bran oil gained also higher scores in sensory evaluation, which of course were in agree with its better oxidative status.

Key words: Oxidative stability, Oxidative stability indices, Brotchen bread