Archive of SID

مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۷ / شماره ۲۹/ زمستان ۱۳۸۵ / ص ۷۰-۵۹

تعیین عمر انباری چیپس سیب‌زمینی سرخ شده در مخلوط روغن‌های پالم اولئین آفتابگردان و پنبه‌دانه

خدیجه خوش‌طینت، پرویز کاوسی و پروین زندی*

* به ترتیب عضو هیئت علمی انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور- دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی، نشانی: تهران، خیابان شهید فرحزادی، ارغوان غربی، شماره ٤٦، تلفن: ٢٢٣٧٦٤٢٦، پیام نگار: khosh41@yahoo.com، کارشناس‌ارشد علوم و صنایع‌غذایی و دکترای علوم غذایی؛ و استاد دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی

تاریخ دریافت مقاله: ٨٤/٥/١ ؛ تاریخ پذیرش مقاله: ٨٥/٥/٧

چکیده

چیپس سیب‌زمینی یکی از محصولات عمده تولید شده به روش سرخ کردن عمیق است و عمدتاً کودکان و نوجوانان آن را مصرف می‌کنند. بنابراین، استفاده از روغن سرخ‌کردنی مناسب و ماندگاری چیپس‌تولیدی اهمیتی خاص دارد. هدف از این پژوهش، تعیین عمر انباری (Shelf - life) چیپس سیب‌زمینی سرخ شده در دو روغن فرموله‌شده: فرمول یک (پالم اولئین و آفتابگردان ۵۰:۵۰) و فرمول دو (پالم اولئین، آفتابگردان و تخم پنبه ۵۰ : ۲۵ :۲۵) در دو دمای ٢٦ و ٦٠ درجهٔ سانتی‌گراد تا زمان عبور یکی از ویژگی‌های روغن استخراجی چیپس (عدد پراکسید، عدد اسیدی، درصد کل ترکیبات قطبی یا TPC، و فری‌تست) از حد دورریز است. چیپس سرخ‌شده در روغن‌های فرموله شده و شاهد (یک نمونه روغن سرخ‌کردنی هیدروژنه تولید داخل) توسط ٤٠ ارزیاب آموزش ندیده با آزمون لذت بخشی (Hedonic) ٥ درجه‌ای ارزیابی حسی شد. عمر انباری چیپس تولیدی در هر دو روغن فرموله شده با نگهداری در دو دما بر اساس TPC مشخص شد. به این ترتیب عمر انباری چیپس سرخ شده در فرمول یک و نگهداری شده در دو دمای ٢٦ و ٦٠ درجهٔ سانتی‌گراد به ترتیب ۱۱ و ۹/۵ روز در مقابل ۷/۵ و ۱/۵ روز برای چیپس فرمول دو بود. ارزیابی حسی چیپس‌های تولیدی تفاوت معنی‌داری را بین روغن‌های فرموله شده و شاهد نشان نداد (p = ۰/۱۲۳). با در نظر گرفتن عمر مفید سرخ کردن (fry-life)، عمر انباری چیپس تولیدی، ارزیابی‌حسی، ارزش تغذیه‌ای و جنبه اقتصادی تولید، فرمول یک رتبه بهتری را کسب کرد (شاهد < فرمول۲< فرمول۱). در مجموع، با توجه به وجود ۲۰ درصد اسید چرب ترانس در روغن شاهد و فقط ۰/٦ و ۰/٢٤ درصد در فرمول‌های ۱ و ۲، و با توجه به ارزش تغذیه‌ای (نسبت اسید چرب چندغیراشباعی به مجموع اسیدهای چرب ترانس و اشباع) پایین‌تر آن (روغن‌شاهد ۰/۳۵ در مقابل ۱/۳۵ برای فرمول یک و ۱/۰۹ برای فرمول دو) و نیز با در نظر گرفتن تفاوت ٦ ساعت عمر مفید سرخ‌کردن و هزینه هیدروژناسیون در مقابل روغن‌های فرموله شده به روش مخلوط کردن، می‌توان فرمول ۱ را به عنوان جایگزین مناسب برای روغن سرخ‌کردنی هیدروژنه معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی

ارزیابی حسی، چیپس سیب‌زمینی، روغن سرخ‌کردنی، روغن نباتی، عمر انباری

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

چیپس سیب‌زمینی یکی از محصولات عمده تولید شده به روش سرخ‌کردن عمیق است؛ میزان رطوبت آن معمولا کمتر از ۱ و روغن آن حدود ۳۰ درصد است. در دورهٔ نگهداری و انبارمانی این محصول، فساد اکسیداتیو و جذب رطوبت روی می‌دهد (Man, 2002). سرعت اکسیداسیون روغن چیپس به وضعیت اکسیداسیون روغن سرخ‌کردنی بستگی دارد (Houhoula & Oreopoulou, 2004). از سوی دیگر، فساد اکسیداتیو با کاهش دمای نگهداری متوقف نمی‌شود زیرا این واکنش شیمیایی به انرژی اکتیواسیون کمی نیاز دارد. از این رو بررسی عمر انباری چیپس در دو دمای محیط و شرایط تسریع شده (گرمخانه ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد) اهمیت دارد (Houhoula & Oreopoulou, 2004; Man, 2002). آمار سال ۱۳۸۳ نشان می‌دهد که ۶۷ واحد تولید چیپس سیب‌زمینی با ظرفیت اسمی ۳۱۳۷۱ تن در سال در کشور فعالیت دارند. در همین سال، ۳۱۳ واحد تولیدی با ظرفیت اسمی ۳۵۳۳۸۹ تن در سال پروانه (طرح یا تاسیس) از وزارت صنایع گرفته‌اند (Anon, 2004). این محصول را عمدتاً کودکان و نوجوانان مصرف می‌کنند و بنابراین تولید روغن سرخ‌کردنی مناسب و ایجاد و حفظ شرایط مطلوب استفاده از آن در فرایند سرخ‌کردن چیپس سیب‌زمینی اهمیتی خاص دارد و بر کیفیت و ماندگاری این محصول اثر قابل توجهی می‌گذارد.

وارنر و همکاران (Warner *et al.*, 1994) طی ۱۸ ساعت سرخ‌کردن چیپس سیب‌زمینی به روش مداوم و با افزودن روغن تازه در حین فرآیند نشان دادند که در بین روغن‌های مورد مطالعه، روغن کانولای حاوی بیشترین میزان اسید لینولنیک (۷/۷ درصد) پایین‌ترین کیفیت طعم و پایداری را دارد؛ و روغن کانولا با بیشترین میزان اسید اولئیک (۷۸/۳ درصد) کمترین مقدار ترکیبات قطبی یا TPC[1] (۷/۸درصد) و روغن حاصل از مخلوط دو نوع کانولا با ۶۸ درصد اسید اولئیک و ۲۰ درصد اسید لینولئیک و ۳ درصد اسید لینولنیک بالاترین کیفیت طعم دارند. بررسی تاثیر چهار نوع روغن کانولا، تخم پنبه، سویا، وکانولای نسبتاً هیدروژنه شده روی کیفیت و پایداری چیپس سیب‌زمینی نشان داد که چیپس سرخ‌شده در روغن تخم پنبه بالاترین و چیپس سرخ‌شده در روغن کانولای نسبتاً هیدروژنه شده کمترین میزان پراکسید را دارند. عدد آنیسیدین روغن استخراجی از چیپس‌سرخ شده در روغن سویا میزان بالاتری را نشان می‌دهد (Hawrysh *et al.*, 1996). مارکز رویز و همکاران (Marquez Ruiz *et al.*, 1999) نشان دادند که روغن آفتابگردان معمولی با ۲۱/۵ درصد اسید اولئیک در هر دو سیستم غیر مداوم (بدون افزودن روغن تازه در حین فرایند) و مداوم (با افزودن روغن تازه) زودتر از روغن آفتابگردان با اسید اولئیک بالا (۷۲ درصد) به‌مرز دورریز[2] می‌رسد و TPC سیستم مداوم کمتر افزایش می‌یابد. بررسی عمر انباری چیپس‌های سرخ‌شده در ۴ نمونه روغن کانولای هیدروژنه و غیرهیدروژنه نشان می‌دهد که با افزایش زمان نگهداری، عدد پراکسید، درصد اسیدهای چرب دی ان مزدوج (CD)[3]، و TPC افزایش می‌یابد. چیپس سرخ‌شده در روغن کانولا با ۱۰/۱ درصد اسید لینولنیک، کمترین پایداری و چیپس سرخ‌شده در روغن کانولای هیدروژنه (بدون ۳:۱۸) بیشترین بایداری را

1- Total Polar Compound 2- Discard 3- Conjogated Dien

www.SID.ir

Archive of SID

دارد. پایداری چیپس سرخ‌شده در روغن کانولا با ۷۵/۲ درصد اسید اولئیک مشابه پایداری چیپس سرخ‌شده در کانولای هیدروژنه است (Petukhov *et al.*, 1999a; Petukhov *et al.*, 1999b).

تغییرات کیفی روغن پالم اولئین طی تولید صنعتی چیپس سیب‌زمینی را دوپلاسیس و مردیت (du-Plessis & Meredith, 1999) بررسی کردند. TPC در روغن استخراج شده از چیپس‌ها در طی زمان نگهداری در ۳۵ درجهٔ سانتی‌گراد، افزایش نیافت. در تحقیق لولوس و همکاران (Lolos *et al*, 1999) نشان داده شد که در روغن‌های پالم اولئین و هسته زیتون با اسیدهای چرب چند غیراشباعی (PUFA) کمتر، در مقایسه با روغن سویا و پنبه‌دانه عدد پراکسید، عدد Totox[1]، و CD پایین‌تر است. در روغن استخراجی از چیپس سرخ‌شده در روغن سویا با میزان اسید لینولنیک (۱۸:۳) بالا مشخص شد که عدد پراکسید و عدد Totox بالاتر از بقیه روغن‌هاست. نتایج این تحقیق نشان داد که دمای سرخ‌کردن به کار گرفته شده (۱۷۰، ۱۸۰، و۱۹۰درجهٔ سانتی‌گراد) بر میزان اکسیداسیون در حین نگهداری چیپس‌ها تاثیری ندارد. میزان تشکیل CD در دمای ۱۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد بیشتر از مقداری است که در دمای ۱۷۰ و ۱۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد ایجاد می‌شود. در تحقیقی، عمر انباری چیپس سیب‌زمینی سرخ‌شده در روغن تخم پنبه در سه دمای ۱۵۵، ۱۸۵ و ۱۹۵ درجهٔ سانتی‌گراد طی ۱۲ ساعت، بررسی و مشخص شد که درصد CD و عدد آنیسیدین نمونه‌های روغن داخل سرخ‌کن با افزایش دما و زمان سرخ‌کردن افزایش می‌یابد و درصد CD و عدد پراکسید روغن استخراج شده از چیپس سیب‌زمینی نگهداری شده در ۶۳ درجهٔ سانتی‌گراد طی ۱۲ روز نگهداری به صورت خطی و با افزایش زمان نگهداری بالا می‌رود (Houhoula & Oreopoulou, 2004).

میرزایی و همکاران (Mirzaee *et al.*, 2003)، چهار فرمول روغن‌سرخ‌کردنی مطابق با استاندارد ملی ویژگی‌های روغن‌های خوراکی سرخ‌کردنی را در مقیاس آزمایشگاهی و به روش مخلوط کردن تولید و ویژگی‌های کیفی آنها را با یک نمونه روغن شاهد مقایسه کردند که به طور نسبی هیدروژنه شده بود. روغن شاهد با ۲۴ درصد اسید چرب ترانس و نسبت P/S+T پایین (۰/۵۴)، در مقایسه با محدوده ۱/۳۶-۱/۱۵ برای روغن‌های فرموله شده، ارزش تغذیه‌ای پایین‌تری داشت (P/S+T، نسبت اسیدهای چرب چند غیراشباعی به مجموع اسیدهای چرب ترانس و اشباع است). با توجه به اقتصادی بودن تولید روغن‌های سرخ‌کردنی به روش مخلوط کردن (در مقایسه با هیدروژناسیون) و نتایج حاصل از ارزیابی پایداری حرارتی و اکسیداتیو، حسی، و تغذیه‌ای روغن‌ها دو فرمول که پایداری بهتر و ارزش تغذیه‌ای بالاتری داشتند جهت ادامه کار در مقیاس پایلوت معرفی شدند.

دو فرمول مذکور درمقیاس پایلوت تولید و عمر مفید آنها تعیین شد و بر اساس نتایج به دست آمده فرمول ۱، نسبت به فرمول ۲، امتیازات بیشتری از خود نشان داد (Khoshtinat *et al.*, 2004). در تحقیق حاضر، عمر انباری[2] چیپس سیب‌زمینی تولید شده در دو نمونه روغن فرموله شده سرخ‌کردنی در مقیاس پایلوت بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

سیب‌زمینی واریته آگریا[3] از شهرستان دماوند تهیه و تا زمان شروع سرخ‌کردن به مدت یک هفته در شرایط محیطی نگهداری شد. نمونه‌ها به مقدار لازم هر روز ابتدا پوست‌گیری و بعد با رندهٔ دستی به صورت ورقه در آورده

1- Total Oxidation 2- Shelf-life 3- Agria

www.SID.ir

Archive of SID

شدند. برای گرفتن نشاسته سطحی، ورقه‌های سیب‌زمینی با آب شسته و با حولهٔ کاغذی کاملاً خشک شدند. در فرایند سرخ‌کردن، نمونه‌های ۲۰۰ گرمی از ورقه‌های سیب‌زمینی خشک شده در سرخ‌کن ۴۰ لیتری ریخته شد و عمل سرخ‌کردن در دمای ۱۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت دو ساعت و نیم ادامه یافت. پس از آن، چیپس‌ها سریعاً خنک و درکیسه‌های آلومینیومی و با دوخت حرارتی بسته‌بندی شدند. روغن‌های مورد آزمون شامل فرمول یک (پالم اولئین ۵۰ درصد، آفتابگردان ۵۰ درصد) و فرمول دو (پالم اولئین ۵۰ درصد، آفتابگردان ۲۵ درصد، تخم پنبه ۲۵ درصد) و یک نمونه روغن سرخ‌کردنی نسبتاً هیدروژنه تولید داخل به عنوان شاهد بود.

عمر انباری نمونه‌های چیپس سیب‌زمینی سرخ‌شده در دو نمونه روغن فرموله شده با نگهداری در دمای گرمخانه (۱± ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد) و نیز دمای محیط (۲± ۲۶ درجهٔ سانتی‌گراد) اندازه‌گیری شد. سیب‌زمینی‌ها پس از سرخ شدن کاملاً مخلوط و در کیسه آلومینیومی (به وزن تقریبی ۱۷۰-۱۶۰ گرم) بسته‌بندی و سپس دربندی حرارتی شدند و پس از گذشت زمان‌های مختلف مورد آزمایش قرار گرفتند. با استفاده از حلال هگزان، روغن نمونه‌های چیپس در دو مرحله و در مجموع با ۴۵۰ میلی‌لیتر به روش سرد استخراج و آزمون‌های عدد پراکسید، عدد اسیدی، درصد کل ترکیبات قطبی، و فری تست انجام شد (Firestone, 1989).

ارزیابی حسی چیپس تولیدی در دو روغن فرموله شده و شاهد با آزمون لذت بخشی ۵ نقطه‌ای انجام شد. از ۴۰ ارزیاب آموزش ندیده (۲۲ مرد و۱۸ زن در محدوده سنی ۲۴ تا ۵۰ سال و دارای تحصیلات دانشگاهی) خواسته شد شدت علاقه (از بی‌علاقگی زیاد تا علاقه‌مندی زیاد) را مشخص کنند (Ghazizadeh & Razeghi, 1998). ویژگی‌های شیمیایی روغن‌های فرموله شده و شاهد با روش AOCS[1] (Firestone, 1989) ارزیابی شد.

در بررسی ارزش تغذیه‌ای، رتبه‌بندی فرمول‌های تهیه شده و روغن شاهد بر مبنای فقدان ایزومر ترانس و دارا بودن نسبت P/S + T نزدیک به یک در نظر گرفته شده است.

با نتایج حاصل از ارزیابی ویژگی‌های شیمیایی روغن استخراجی از چیپس سرخ‌شده در دو روغن فرموله شده و نگهداری شده در دو دما و ارزیابی حسی چیپس سیب‌زمینی، ارزش تغذیه‌ای و جنبه اقتصادی تولید می‌توان روغن‌های مورد مطالعه را رتبه‌بندی کرد (عدد ۱ بهترین رتبه).

کلیهٔ آنالیزهای آماری با نرم افزار SPSS-10 انجام شد و پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، نتایج به‌صورت زیر مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. جهت بررسی تاثیر زمان‌های مختلف نگهداری چیپس تولیدی در دو نمونه روغن فرموله شده (تعیین عمر انباری در دماهای ۲۶ و۶۰ درجه سانتی‌گراد) بر میزان عدد پراکسید، عدد اسیدی و TPC از روش آنالیز واریانس به روش تکرار استفاده شد. در صورت معنی‌دار بودن اثر متقابل زمان و ویژگی روغن، در زمان‌های مختلف برای هر متغیر اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون تی (t-test) مستقل بررسی گردید. نتایج حاصل از ارزیابی حسی توسط آنالیز واریانس یک‌طرفه بررسی شد.

نتایج و بحث

عدد پراکسید، عدد اسیدی، وTPC روغن استخراجی از چیپس در شرایط محیطی (۲ ± ۲۶ درجهٔ سانتی‌گراد) و دمای ۱± ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد با افزایش زمان نگهداری

1-American Oil Chemists' Society

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش یافت (جدول‌های ۱، ۲، ۳ و ۴). ارزیابی نتایج آماری آنها نشان می‌دهد که در هر دو دما تفاوت معنی‌داری بین روغن استخراجی از چیپس سرخ‌شده در روغن‌های فرموله شده وجود دارد ($\rho < ۰/۰۵$). با گذشت زمان، مقدار این متغیرها در روغن استخراج شده ثابت نمی‌ماند و لذا اثر زمان نیز معنی‌دار است ($\rho < ۰/۰۵$). با معنی‌دار شدن اثرمتقابل، ادامه بحث به طور مستقل عملی نیست، بنابراین با اجرای آزمون تی (t-test) مستقل تغییرات این متغیرها در زمان‌های مختلف نگهداری و در دو دما به‌طور مجزا بررسی و سپس تفاوت بین تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد در هر زمان مشخص شد.

جدول ۱- تغییرات ویژگی‌های شیمیایی روغن استخراجی از چیپس تهیه شده در فرمول یک و نگهداری شده در دمای ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد

زمان (روز)	عدد پراکسید (میلی‌اکی والان بر کیلوگرم)	عدد اسیدی (میلی‌گرم بر گرم)	فری تست	کل ترکیبات قطبی (درصد)
۰	۸/۰۷ ± ۰/۲۱	۰/۳۴ ± ۰/۰۰۸	۱	۱۵/۵ ±۰/۳۵
۱	۲۰/۳۰± ۰/۳۹	۰/۴۱ ± ۰/۰۵	۱	
۲	۲۰/۳۴ ± ۰/۵۳		۲	۱۷/۳ ±۰/۴
۴	۲۴/۳۰ ±۰/۱۸	۰/۳۴ ±۰/۰۱	۲	۲۱/۲۰ ±۱/۴
۸	۳۱/۱۹ ±۰/۴۸	۰/۴۹ ±۰/۰۹	۲	۲۳/۸۰ ±۱/۵
۱۲	۵۶/۴۴ ±۰/۲۹	۰/۷۵ ±۰/۰۱	۲	۲۷/۳۰ ±۰/۷

جدول ۲- تغییرات ویژگی‌های شیمیایی روغن استخراجی از چیپس تهیه‌شده در فرمول دو و نگهداری شده در دمای ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد

زمان (روز)	عدد پراکسید (میلی‌اکی والان بر کیلوگرم)	عدد اسیدی (میلی‌گرم بر گرم)	فری تست	کل ترکیبات قطبی (درصد)
۰	۴/۷۴ ± ۰/۳۸	۰/۴۶ ± ۰/۰۳.	۱	۱۵/۰ ±۰/۲
۱	۵/۹۴ ± ۰/۳۱	۰/۶۸ ± ۰/۰۷	۲	
۲	۶/۱۵ ±۰/۱	۰/۷۲ ±۰/۰۴	۲	۲۷/۵ ±۰/۲
۴	۹/۸۱ ±۰/۱۱	۱/۰۸ ±۰/۱۹	۲	۳۹/۴ ±۰/۵

جدول ۳- تغییرات ویژگی‌های شیمیایی روغن استخراجی از چیپس تهیه‌شده در فرمول یک و نگهداری شده در دمای ۲۶ درجهٔ سانتی‌گراد

زمان (رور)	عدد پراکسید (میلی‌اکی والان بر کیلوگرم)	عدد اسیدی (میلی‌گرم بر گرم)	فری نست	کل ترکیبات قطبی (درصد)
۰	۸/۰۷ ± ۰/۲۱	۰/۳۴ ± ۰۰۰۸.	۱	۱۵/۵ ±۰/۳۵
۴	۹/۷۳ ± ۰/۱۵	۰/۲۴ ± ۰/۰۳	۱	۲۰/۷ ±۰/۳۰
۸	۱۱/۲۷ ±۱/۵۳	۰/۴۷ ±۰/۰۵	۲	۲۳/۶ ±۰/۵۰
۱۶	۱۰/۱۱ ±۰/۹۲	۰/۵۳ ±۰/۰۳	۲	۲۸/۴۰ ±۰/۶

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- تغییرات ویژگی‌های شیمیایی روغن استخراجی از چیپس تهیه‌شده در فرمول دو و نگهداری شده در دمای ٢٦ درجهٔ سانتی‌گراد

زمان (روز)	عدد پراکسید (میلی‌اکی والان بر کیلوگرم)	عدد اسیدی (میلی‌گرم بر گرم)	فری تست	کل ترکیبات قطبی (درصد)
۰	۴/۷۴ ± ۰/۳۸	۰/۴۶ ± ۰/۰۳.	۱	۱۵/۰ ±۰/۲
۴	۵/۳۱± ۰/۰۴	۰/۶۹ ± ۰/۰۳	۱	۲۱/۳ ±۰/۳
۸	۵/۷۵ ±۰/۱۳	۰/۷۹ ±۰/۰۷	۱	۲۵/۶ ±۰/۵
۱۶	۵/۹ ±۰/۲۲	۰/۸۳ ±۰/۰۲	۲	۲۹/۵ ±۰/۳

پراکسیدها ترکیبات آلی ناپایدار حاصل از تری گلیسریدها و نشان‌دهندهٔ بالا بودن پتانسیل فساد در روغن هستند (Hui, 1996). از این رو، تعیین عدد پراکسید روشی استاندارد برای بررسی کیفیت روغن تازه است (Hui, 1996; Rossell, 2001). بررسی آماری تغییرات عدد پراکسید روغن استخراجی از چیپس نگهداری شده در دمای ۶۰ و ۲۶ درجهٔ سانتی‌گراد اختلاف معنی‌داری را در کلیه زمان‌های مورد مطالعه بین چیپس‌ها نشان می‌دهد ($p < ۰/۰۵$). به این معنی که با افزایش زمان نگهداری در هر دو شرایط، عدد پراکسید افزایش می‌یابد. عدد پراکسید روغن استخراجی از چیپس فرمول یک و دو در زمان صفر به ترتیب ۸/۰۷ و۴/۷۴ میلی اکی والان در کیلوگرم بود که میزان آن در فرمول یک بالاتر از حد غیر قابل قبول استاندارد (حداکثر ۷ میلی‌اکی والان در کیلوگرم) است (Anon, 2002). در هر دو شرایط نگهداری، با افزایش زمان میزان پراکسید افزایش می‌یابد. این افزایش با نتایج تحقیقات دیگران (Hawrysh, 1996، Houhoula & Oreopoulou, 2004)، (Robertson & Morison, 1978; Petukhov *et al.*, 1999b) مطابقت دارد. در دمای ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد پس از ۱۲ روز در چیپس فرمول یک و دو مقدار پراکسید به ترتیب به ۵۶/۴۴ و ۱۶/۵۶ می‌رسد. در این دما در فرمول دو پس از ۲ روز میزان پراکسید ۶/۱۵ و پس از ۴ روز نگهداری به ۹/۸۱ می‌رسد. در شرایط محیطی، پس از ۲۴ روز نگهداری عدد پراکسید روغن استخراجی از چیپس فرمول یک و دو به ترتیب ۱۰/۹۷ و ۹/۲۰ شده است. در این دما، چیپس فرمول دو پس از ۲۰ روز نگهداری به پراکسید ۷ و مرز غیر قابل قبول استاندارد رسید. باید توجه داشت که در صنعت همواره روغن تازه به سرخ‌کن افزوده می‌شود[1] در حالی که در تحقیق حاضر سرخ‌کردن در شرایط غیر پیوسته و بدون افزودن روغن تازه انجام شده است در نتیجه ظاهراً عمر انباری محصول سرخ شده پایین است. از سوی دیگر، چون عمر انباری روغن شاهد (روغن بخشی هیدروژنه شده تولید کارخانه‌های داخلی) تعیین نشدهٔ است، قضاوت بیشتری نمی‌توان کرد. البته با توجه به این که پراکسیدها در دمای سرخ‌کردن از بین می‌روند و در زمان سرد کردن دوباره تشکیل می‌شوند (Rossell, 2001) و نیز با در نظر گرفتن این که سرعت اکسیداسیون روغن چیپس به وضعیت روغن سرخ کردنی بستگی دارد (Houhoula & Oreopoulou, 2004)

1-Turn over

www.SID.ir

Archive of SID

نمی‌توان پایین‌تر بودن عدد پراکسید روغن استخراجی از چیپس فرمول دو را در زمان صفر دلیل مقاومت بیشتر این روغن در مقابل اکسیداسیون دانست، زیرا عدد پراکسید معیار خوبی برای این ارزیابی نیست.

هیدرولیز تری‌گلیسریدها موجب تشکیل اسیدهای چرب آزاد در روغن می‌شود. حضور این ترکیبات، هیدرولیز بعدی تری‌گلیسریدها را تسریع می‌کند. همچنین به نظر می‌رسد این ترکیبات با افزایش انحلال‌پذیری اکسیژن در روغن و به دلیل خاصیت پرواکسیدانی گروه کربوکسیل آنها اکسیداسیون روغن را تسریع می‌کنند (Rossell, 2001). آنالیز آماری تغییرات عدد اسیدی در شرایط نگهداری نشان می‌دهد که با افزایش زمان نگهداری عدد اسیدی افزایش می‌یابد. در تحقیق‌های پتوکوو و همکاران و رابرتسون و موریسون (Robertson & Morison, 1978; Petukhov *et al.*, 1999b نیز این ارتباط دیده می‌شود. عدد اسیدی چیپس فرمول یک و دو در زمان صفر به ترتیب ۰/۳۴ و ۰/۴۶ بود که پس از ۱۲ روز نگهداری در دمای ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد به ۰/۷۵ (فرمول یک) و ۲/۹۲ (فرمول دو) رسید. در چیپس فرمول دو بعد از ۴ روز عدد اسیدی ۱/۰۸ بود و بعد از ۸ روز نگهداری به ۲/۸۴ رسید و از حد قابل قبول استاندارد (۲ میلی‌گرم درگرم) عبور کرد. در این دما، عدد اسیدی روغن استخراجی از چیپس فرمول یک پس از ۱۲ روز هنوز در محدودهٔ قابل قبول استاندارد قرار داشت. پس از ۲۴ روز نگهداری در شرایط محیطی، مقدار عدد اسیدی در چیپس فرمول‌های یک و دو به ترتیب ۱/۶۵ و ۱/۰۹ و پایین‌تر از حد غیر قابل قبول استاندارد بود.

ترکیبات قطبی شامل تمام مواد شیمیایی حاصل از فساد روغن است‌که ممکن است سمی باشند. به این ترتیب شامل تری‌گلیسریدهای قسمتی اکسیده شده، ترکیبات غیرگلیسریدی، لیپیدی، و سایر مواد قابل حل و قابل امولسیون و معلق‌شدن در روغن سرخ‌کردنی است (Hawrysh, 1995). بررسی آنالیز آماری TPC در روغن استخراجی از چیپس هر دو فرمول نگهداری شده در شرایط ذکر شده (جدول‌های ۱، ۲، ۳ و۴) تفاوت معنی‌داری را بین تیمارها نشان می‌دهد ($p < ۰/۰۵$). مقدار این ترکیبات در چیپس زمان صفر هر دو فرمول به ترتیب ۱۵/۵ و ۱۵ است که تفاوت معنی‌داری را نشان نمی‌دهد ($t = ۰/۰۹۸$). در دمای ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد در چیپس فرمول یک میزان این ترکیبات روندی افزایشی نشان می‌دهد و بعد از ۸ و ۱۲ روز نگهداری به ترتیب به ۲۳/۸ و ۲۷/۳ درصد می‌رسد. در چیپس فرمول دو در همین شرایط نگهداری در روز ۴ میزان TPC به ۳۹/۴ درصد می‌رسد. در همین تیمار در روز دوم نگهداری مقدار این ترکیبات به ۲۷/۵ می‌رسد که بالاتر از محدودهٔ قابل پذیرش استاندارد (کمتر از ۲۵) است (Anon, 2002). در شرایط محیطی پس از ۱۶ روز نگهداری، میزان این ترکیبات به ۲۸/۴ درصد در فرمول یک و ۲۹/۵ درصد در فرمول دو می‌رسد. در چیپس هر دو فرمول در روزهای ۸ تا ۱۶ میزان TPC از حد قابل قبول استاندارد عبور می‌کند.

برای تعیین عمر انباری چیپس تولیدی در دو فرمول ۱ و ۲ از نتایج حاصل از اندازه‌گیری تغییرات TPC استفاده شد. به این ترتیب ملاحظه می‌شود که اکسیداسیون چیپس سیب‌زمینی در حین نگهداری به دو دلیل: یکی افزایش محصولات اکسیداسیون اولیه (PV, FFA) و دیگری افزایش محصولات ثانویه آن (TPC) است. در تحقیقات دیگران (Petukhov *et al.*, 1999b; Petukhov *et al.*, 1999a) نیز این نتیجه به دست آمده است. عمر انباری چیپس

www.SID.ir

Archive of SID

سرخ‌شده در فرمول ۱ و نگهداری شده در دمای ۶۰ و ۲۶ درجهٔ سانتی‌گراد به‌ترتیب حدود ۹/۵ و ۱۱روز و در مقابل برای فرمول ۲ به ترتیب ۱/۵ و ۷/۵ روز است (فرمول۲ < فرمول ۱).

نتایج ارزیابی حسی چیپس سرخ‌شده در روغن‌های فرموله‌شده و شاهد و بررسی آماری آن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود (ρ =۰/۱۲۳).

نسبت P/S + T در روغن‌های فرموله‌شده نزدیک به یک و مطلوب است در حالی که این نسبت برای روغن شاهد ۰/۳۵ است. در روغن‌های فرمول یک و دو به ترتیب فقط ۰/۶ و ۰/۲۴، اما در روغن شاهد ۱۹/۸۳ درصد اسید چرب ترانس وجود دارد. ترتیب ارزش تغذیه‌ای روغن‌های فرموله‌شده و شاهد به این صورت است (Khoshtinat *et al.*, 2004):

روغن شاهد < فرمول دو < فرمول یک

با در نظر گرفتن عدد یک به عنوان بهترین ویژگی برای شاخص‌های عدد پراکسید، عدد اسیدی، فری تست، و درصد کل ترکیبات قطبی روغن استخراجی از چیپس در مدت نگهداری و رتبه‌بندی فرمول‌ها (جدول ۵)، فرمول ۱ از نظر عمر انباری وضعیت بهتری دارد تا فرمول ۲. در جدول ۶، رتبه‌بندی نهایی فرمول‌ها بر اساس عمر مفید سرخ‌کردن، ارزش تغذیه‌ای، ارزیابی حسی، جنبهٔ اقتصادی، و عمر انباری چیپس نشان داده شده است. به این ترتیب فرمول ۱ امتیاز بیشتری نسبت به فرمول ۲ کسب کرده است.

جدول ۵- رتبه‌بندی فرمول‌های روغن سرخ‌کردنی تهیه شده بر اساس عمر انباری چیپس *

روغن	عدد پراکسید	عدد اسیدی	فری تست	درصد کل ترکیبات قطبی	رتبه
فرمول ۱	۲	۱	۱	۱	۵
فرمول ۲	۱	۲	۱	۲	۶

* عدد یک به عنوان بهترین ویژگی در هر ستون در نظر گرفته شده است

جدول ٦- رتبه‌بندی نهایی فرمول‌های روغن سرخ‌کردنی تهیه شده و روغن شاهد بر اساس عمر مفید سرخ‌کردن، ارزیابی‌حسی، ارزش تغذیه‌ای، جنبه اقتصادی، و عمر انباری چیپس تولیدی*

روغن	عمر مفید سرخ‌کردن	ارزش تغذیه‌ای	ارزیابی حسی	جنبهٔ اقتصادی	رتبه (سرخ‌کردن)	عمر انباری چیپس	رتبهٔ نهایی
فرمول ۱	۲	۱	۱	۱	**۵**	۱	**۶**
فرمول ۲	۲	۲	۱	۱	**۶**	۲	**۸**
شاهد	۱	۳	۱	۲	**۷**	-	-

* عدد یک به عنوان بهترین ویژگی در هر ستون در نظر گرفته شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

در مقایسهٔ عمر انباری چیپس تهیه شده در روغن‌های فرموله‌شدهٔ ۱ و ۲ و نگهداری شده در دو دمای ۶۰ و ۲۶ درجهٔ سانتی‌گراد، با توجه به مجموع ویژگی‌های مورد ارزیابی فرمول یک رتبه بهتری را کسب کرده است. با توجه به رتبه‌بندی فرمول‌های تهیه شده و روغن شاهد بر اساس ارزیابی حسی، عمر انباری چیپس تولیدی (فرمول‌های ۱ و ۲) و رتبه سرخ کردن، فرمول ۱ بهترین امتیاز را دارد و بعد از آن به ترتیب فرمول ۲ و شاهد قرار دارند. از نظر ارزیابی حسی، اختلاف معنی‌داری بین چیپس‌های سرخ‌شده در روز اول وجود ندارد. با توجه به هزینهٔ بالای هیدروژناسیون و کلیهٔ نتایج به دست آمده می‌توان فرمول ۱ را به‌عنوان فرمول برتر جهت ادامه کار در مقیاس صنعتی پیشنهاد کرد.

قدردانی

از انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور به جهت تامین بودجه مورد نیاز برای اجرای این تحقیق و شرکت سهامی خاص توسعه کشت دانه‌های روغنی به لحاظ در اختیار گذاشتن برخی تجهیزات آزمایشگاهی، سپاسگزاری می‌شود.

مراجع

Anon. 2002. Potato Chips (specification). ISIRI. St. No. 3764. (in Farsi)

Anon. 2004. Industry Ministry. Information and Computer Center. (in Farsi)

Du-Plessis, L. M. and Meredith, A. J. 1999. Palm olein quality parameter changes during industrial production of potato chips. JAOCS. 76 (6): 731-738.

Firestone, D. (Translator). 1989. Official Methods and Recommended Practices of the AOCS. 4th Ed. American Oil Chemist Society. Champaign, IL.

Ghazizadeh, M. and Razeghi, A. R. 1998. Sensory Methods for Food Evaluation. National Nutritional and Food Technology Research Institute. Tehran. (in Farsi)

Hawrysh, Z. J., Erin, M. K., Kim, S. S. and Hardin, R. T. 1995. Sensory and chemical stability of tortilla chips fried in canola oil, corn oil, and partially hydrogenated soybean oil. JAOCS. 72 (10): 1123-1130.

www.SID.ir

Archive of SID

Hawrysh, Z. J., Erin, M. K., Kim, S. S. and Hardin, R. T. 1996. Quality and stability of potato chips fried in canola, partially hydrogenated canola, soybean and cottonseed oils. J. Food Quality. 19: 107-120.

Houhoula, D. P. and Oreopoulou, V. 2004. Predictive study for the extent of deterioration of potato chips during storage. J. Food Eng. 65(3): 427-432.

Hui, Y. H. 1996. Bailey`s Industrial Oil and Fat Products. Vol. 3. John Wiley and Sons, INC. N. Y.

Khoshtinat, K., Kavousi, P. and Zandi, P. 2004. Determination of fry-life of two formulated frying oils produced in pilot scale. 15th National Congress of Food Industry, Healthy, Safety, Quality. May. 2-5. National Nutritional and Food Technology Research Institute. (in Farsi)

Lolos, M., Oreopoulou, V. and Tzia, C. 1999. Oxidative stability of potato chips: effect of frying oil type, temperature and antioxidants. J. Sci. and Food Agric. 79: 1524-1528.

Man, D. 2002. Food Industry Briefing Series: Shelf-life, Blackwell Science. USA.

Marquez Ruiz, G., Martin Polvillo, M., Jorge, N., Ruiz Mendez, M. and Dobargans, M. C. 1999. Influence of used frying oil quality and natural tocopherol content on oxidative stability of fried potatoes. JAOCS. 76(4): 421-425.

Mirzaee. S., Zandi, P., Mazloumi, M. and Ghavami, M. 2003. Formulation of zero trans frying oils. 25th World Congress of International Society for Fat Research. October. 12-15. Bordeaux. France.

Petukhov, I., Malcmlmson, L. J. Przybylski, R. and Armstrong, L. 1999a. Frying performance of genetically modified canola oils. JAOCS. 76 (5): 627-632.

Petukhov, I., Malcolmson, L. J. Przybylski, R. and Armstrong, L. 1999h. Storage stability of potato chips fried in genetically modified canola oils. JAOCS. 76 (8): 889-896.

Robertson. J. and Morison, W. H. 1978. Flavor and chemical evaluation of potato chips fried in sunflower, cottonseed and palmolein oils. J. Food Sci. 43: 420-423.

www.SID.ir

Archive of SID

Rossell, J. B. 2001. Frying, Improving Quality. CRC Press (Woodhead publishing limited). Cambridge.

Warner, K., Orr, P., Parrott. L. and Glynn, M. 1994. Effects of frying oil composition on potato chip stability. JAOCS. 71 (10): 1117-1121.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.7 /No. 29 / Winter 2007 / P: 59-70

Determination of Shel-Life of Potato Chips Fried in Blends of Palmolein, Sunflower and Cottonseed Oils

Kh. Khoshtinat, P. Kavousi and P. Zandi

Potato chips is one of the main products of deep - fat frying which consumed mostly by children and teenagers. Therefore the production of suitable chips and determination of their quality and shelf-life are important.The aim of this study was the determination of potato chips' shelf-life which were fried at two formulations of oil, i.e. formula 1 or F1 (palmolein and sunflower oils 50:50) and formula2 or F2 (palmolein, sunflower and cottonseed oils 50:25:25) and were stored at 26°C and 60°C until one of the characteristics (peroxide value, acid value, total polar compound or TPC, or Fritest) reached the discard point for frying oil. Sensory evaluation of potato chips fried in two frying oils and control (frying oil produced by one of the Iranian factories) was carried out by 40 non-trained panelist (Hedonic test 5 scale). Statistical analysis of the results for oils extracted from chips and stored at 26°C and 60°C showed that the shelf-life of potato chips prepared in F1 and F2 was 11 and 9.5 days and 7.5 and 1.5 days, respectively ($\rho < 0.05$). There was no significant difference (P=0.123) between overall acceptance of potato chips fried in F1, F2 and control. Ranking was performed taking into account the fry-life of the oils, shelf - life of the produced potato chips, sensory evaluation, nutritional value and economical aspect of producing F1, F2 and control, and the following result found: F1 > F2 > control. Regarding the high trans fatty acid contents (19.83%), lower nutritional value (P/S+T) [0.35 for control compared to 1.35 for F1 and 1.09 for F2], 6 hours difference in fry-life and hydrogenation cost for control, F1 can be substituted to hydrogenated frying oil (control).

Key words: Frying Oil, Potato Chips, Sensory Evaluation, Shelf-Life, Vegetable Oil

www.SID.ir