نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی
جلد ششم، شماره دوم، ۹۳
۸۱-۹۷
http://ejfpp.gau.ac.ir

اینتراستریفیکاسیون نسبی روغن‌های گیاهی با استفاده از لیپاز به‌منظور تولید چربی بدون ترانس

***جمشید فرمانی**

استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۱٤

چکیده

اینتراستریفیکاسیون با تغییر ترکیب تری آسیل گلیسرول‌ها ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی چربی‌ها را تغییر می‌دهد. هدف از این پژوهش به کارگیری اینتراستریفیکاسیون آنزیمی نسبی در تولید چربی بدون ترانس بود. دو فرمول چربی شامل چربی دو جزیی متشکل از روغن‌های سویای کاملاً هیدروژنه و کانولا (با نسبت ۱۹: ۸۱) و چربی سه جزیی متشکل از روغن‌های سویای کاملا هیدروژنه، کانولا و آفتابگردان (با نسبت ۱۷/۵: ۲۵: ۵۷/۵) با استفاده از لیپاز تجاری لیپوزیم تی‌ال‌آی‌ام اینتراستریفیه شدند و تغییرات ویژگی‌های فیزیکی چربی‌های محصول طی ٦ ساعت واکنش بررسی شد. چربی‌ها همچنین با استفاده از متوکسید سدیم اینتراستریفیه شدند. به‌دلیل استفاده از روغن‌های اولیه بدون ترانس در فرمولاسیون، محصولات به‌دست آمده بدون ترانس بودند. اینتراستریفیکاسیون باعث کاهش نقطه ذوب و درصد چربی جامد چربی‌ها شد. پس از ۵ ساعت واکنش ترکیب شیمیایی چربی‌ها به تعادل رسید. بنابراین ویژگی‌های فیزیکی چربی‌ها بی‌تغییر باقی‌ماند. نقطه ذوب چربی‌های اینتراستریفیه شده آنزیمی کامل مشابه چربی‌های اینتراستریفیه شیمیایی شده بود با این حال، چربی‌های به‌دست آمده از اینتراستریفیکاسیون آنزیمی کامل در دمای ۱۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد از چربی‌های اینتراستریفیه شیمیایی شده درصد چربی جامد بالاتر داشتند. مقایسه ی ویژگی‌های فیزیکی چربی‌های بدون ترانس با ویژگی‌های معمول مارگارین‌ها و شورتنینگ‌ها نشان داد، چربی‌های بدون ترانس به‌دست آمده از اینتراستریفیکاسیون آنزیمی نسبی، آنزیمی کامل یا شیمیایی می‌توانند در تولید مارگارین نانوایی، مارگارین ظرفی نرم و واناسپاتی (روغن جامد مصرف خانوار) استفاده شوند.

واژگان کلیدی: اینتراستریفیکاسیون نسبی، چربی بدون ترانس، لیپاز، روغن سویای کاملا هیدروژنه، روغن کانولا

*نویسنده مسوول: jamshid_farmani@yahoo.com

مقدمه

روغن/ چربی خوراکی یکی از اقلام غذایی مهم در سبد غذایی خانواده‌هاست که سهم قابل توجهی را از لحاظ مصرف به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین توجه به سلامت تغذیه‌ای روغن‌ها و چربی اثر قابل توجهی در سلامت جامعه خواهد داشت. اسیدهای چرب ترانس تشکیل شونده در اثر هیدروژناسیون روغن‌ها و اسیدهای چرب اشباع از مهمترین عوامل تهدید کننده سلامتی مصرف کنندگان هستند؛ به‌همین دلیل در سال‌های اخیر توجه زیادی به تغییر فرمولاسیون و روش فرآوری روغن‌ها و چربی‌ها و تولید فراورده‌های فاقد اسیدهای چرب ترانس معطوف شده است (رمیگ و همکاران، ۲۰۱۰). یکی از فرایندهای موفق در زمینه تولید چربی‌های بدون ترانس، اینتراستریفیکاسیون است. اینتراستریفیکاسیون فرآیندی است که در آن نحوه توزیع اسیدهای چرب در ملکول‌های تری آسیل گلیسرول‌ها با استفاده از کاتالیزورهای مناسب تغییر یافته و در نتیجه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی چربی تغییر می‌کند. این فرایند بر ترکیب اسیدهای چرب روغن تأثیری ندارد، برخلاف هیدروژناسیون قادر به تبدیل اسیدهای چرب (ازجمله تولید اسیدهای چرب ترانس یا اشباع) نیست و بنابراین با حفظ ترکیب اسیدهای چرب روغن اما تغییر پروفیل تری آسیل گلیسرولی، منجربه ایجاد تغییرات فیزیکی در روغن یا چربی می‌گردد. چنین روشی امکان تولید فرآورده‌ای بدون اسیدهای چرب ترانس با ویژگی‌های فیزیکی مناسب را فراهم می‌آورد (گیبن، ۲۰۱۱). پس از شروع واکنش اینتراستریفیکاسیون، پروفیل تری آسیل گلیسرول روغن شروع به تغییر می‌کند و سرانجام کامل شده و به تعادل می‌رسد. بدیهی است پس از رسیدن به تعادل پروفیل تری آسیل گلیسرولی و نیز ویژگی‌های فیزیکی روغن ثابت باقی خواهد ماند (روسو و مارانگنی، ۲۰۰۸). اینتراستریفیکاسیون را می‌توان به روش شیمیایی یا آنزیمی انجام داد. انجام فرایند با کاتالیزورهای شیمیایی منجربه تصادفی شدن کامل گروه‌های آسیل در ملکول تری‌آسیل‌گلیسرول می‌گردد، اما اینتراستریفیکاسیون با لیپازهای Sn-1,3 ویژه بر جایگاه Sn-2 بی (کم) اثر بوده و بنابراین فرآورده ی به‌دست آمده از آن طبیعی‌تر است. اگرچه کاتالیزورهای شیمیایی، ارزان تر از لیپازها هستند، اما فرآیند آنزیمی نیازمند شرایط ملایم‌تری است و ضایعات کمتری نسبت به روش شیمیایی تولید می‌کند. پیوسته‌سازی فرآیند و امکان استفاده چند باره از کاتالیزور آنزیمی از دیگر مزایای روش آنزیمی است که می‌تواند استفاده از آن را از نظر اقتصادی توجیه کند (روسو و مارانگنی، ۲۰۰۸؛ گیبن، ۲۰۱۱). یکی دیگر از مزایای مهم فرآیند آنزیمی که به ویژه از نطر کاربردی و توسعه ی محصول اهمیت زیادی دارد، امکان انجام فرآیند به‌صورت نسبی می

باشـد؛ یعنی انجام واکنش به قدر مطلوب و متوقف کردن آن قبل از کامل شـدن (به تعادل رسـیدن) واکنش. اینتراستریفیکاسیون شیمیایی با استفاده از متوکسید سدیم فرایند نسبتا سریع (حدود ۳۰ دقیقه) و کنترل فرآیند به‌منظور انجام نسـبی واکنش بسیار سخت است. در مقابل فرایند آنزیمی نسبتا کند (در روش بچ ۳ تـا ٦ سـاعـت) و کنترل فرآیند و انجام واکنش نسـبی در آن راحت‌تر اسـت. با انجام اینتراسـتریفیکاسـیون به‌طور نسـبی می‌توان چربی‌هایی با ترکیب اسـید چرب یکسـان، اما ویژگی‌های فیزیکی متفاوت (درجه اینتراسـتریفیکاسـیون متفاوت) تولید کرد و این از مزایای اینتراسـتریفیکاسیون نسبی می‌باشد (ژانگ و همکاران، ۲۰۰٤؛ روسو و مارانگنی، ۲۰۰۸؛ گیبن، ۲۰۱۱).

برای تولید فرآورده بدون ترانس باید از چربی‌ها و روغن‌های بدون ترانس در فرمولاسیون استفاده کرد. از آن‌جایی که اسـیدهای چرب ترانس نقطه ی ذوبی بالاتر از اسـیدهای چرب غیراشـباع سـیس دارند حذف آن‌ها از فرمولاسـیون ممکن اسـت همراه با تغییر ویژگی‌های فیزیکی محصـول باشـد (همیلتن، ۲۰۰۸). به‌همین دلیل اثر فیزیکی حذف اسـیدهای چرب ترانس معمولاً با زیاد کردن درصـد اسیدهای چرب اشباع جبران می‌شود. این در حالی است که اسیدهای چرب اشباع نیز همانند اسیدهای چرب ترانس اثرات ضـد تغذیه‌ای مانند افزایش کلسـترول خون و افزایش ریسک ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی دارند (کریشوسکی، ۲۰۰۸). بنابراین به‌کار بردن حداقل اسید چرب اشباع در فرمولاسیون چربی‌های بدون ترانس از اهمیت بالایی برخوردار است. در سال‌های اخیر از فرآیند اینتراستریفیکاسیون به‌طور گسترده‌ای برای تولید چربی‌های بدون ترانس استفاده شده است. در این پژوهش‌ها از روغن‌های سویای کاملا هیدروژنه (فرمانی و همکاران، ۲۰۰۷؛ فرمانی و همکاران، ۲۰۰۹)، استئارین پالم (میامل و همکاران، ۲۰۰۹؛ فوزی و همکاران، ۲۰۱۳)، تالو (کوالسکی و همکاران، ۲۰۰٤) و اولئین پالم (فرمانی و همکـاران، ۲۰۰٦؛ فرمـانی و همکاران، ۲۰۰۸؛ فرمانی و همکاران، ۲۰۰۹) به‌عنوان منبع تأمین کننده اسیدهای چرب اشباع و از سایر روغن‌های گیاهی به‌عنوان بخشی از مایع تأمین کننده اسیدهای چرب غیراشباع استفاده شده است. با این حال در تمامی این پژوهش‌ها فرآیند اینتراستریفیکاسیون به‌صورت کامل انجام شده است و امکان استفاده از اینتراستریفیکاسیون نسبی در تولید چربی بدون ترانس بررسی نشـده اسـت. در این پژوهش، فرمول‌های بدون ترانس با ۲۵ درصد اسید چرب اشباع ساخته شدند و تغییرات ویژگی‌های فیزیکی آن‌ها طی فرایند اینتراستریفیکاسیون آنزیمی بررسی شدند.

مواد و روش‌ها

مواد: روغن کانولا و آفتابگردان (خنثی، رنگبری و بی بوشده) تولید شرکت صنعتی بهشهر (تهران، ایران) از بازار ساری و روغن سویای کاملاً هیدروژنه از شرکت فراورد (فریمان، ایران) تهیه شدند. آنزیم تجاری لیپوزیم تی ال آی ام، لیپاز Sn-1,3 ویژه *ترمومایسس لانوگینوزا* (*Thermomyces lanuginosa*)- (اهدایی شرکت نوو نوردیسک، دانمارک) بود. روغن‌ها و آنزیم بلافاصله پس از تهیه به‌ترتیب در دمای یخچال و صفر درجه سانتی‌گراد تا زمان استفاده نگه داشته شدند. متوکسید سدیم از شرکت مرک- آلمان خریداری شد. خاک رنگبر از شرکت خاک رنگبر (ابهر-ایران) و خاک کمک صافی (Celite، Hyflo Super Cel) از شرکت دیکالایت اسپانیا تهیه شد. استانداردهای استر متیلی اسیدهای چرب شامل C12:0؛ C14:0؛ C16:0؛ C18:0؛ C18:1 9c؛ C18:1 9tr؛ C18:2 9c,12c؛ C18:3 9c,12c,15c؛ C20:0 و C22:0 از شرکت کرومپک- هلند تهیه شدند. سایر مواد شیمیایی از درجه کروماتوگرافی یا تجزیه‌ای بودند و از شرکت مرک- آلمان خریداری شدند.

آماده‌سازی چربی‌ها: یک مخلوط دو تایی از روغن‌های سویای کاملاً هیدروژنه، کانولا و آفتابگردان با نسبت‌های ۱۷/۵: ۲۵: ۵۷/۵ و یک مخلوط دوتایی از روغن‌های سویای کاملاً هیدروژنه و کانولا با نسبت‌های ۱۹: ۸۱ بررسی شدند. نسبت اجزای مخلوط‌ها طوری انتخاب شد که چربی‌ها بدون ترانس و حاوی حدود ۲۵ درصد اسید چرب اشباع باشند. کلیه مخلوط‌ها هم به روش آنزیمی و هم به روش شیمیایی اینتراستریفیه شدند. پیش از اینتراستریفیکاسیون، چربی‌ها در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، تحت خلا (۰/۳ بار مطلق) به‌مدت ٤٠ دقیقه خشک شدند (فرمانی و همکاران، ۲۰۰۷).

اینتراستریفیکاسیون آنزیمی: لیپوزیم تی‌ال‌آی‌ام حاوی مقداری هوای محبوس و حدود ۵ درصد رطوبت است. وجود هوا باعث عدم دستیابی به فعالیت کامل آنزیم و وجود رطوبت باعث افزایش مقدار اسیدهای چرب آزاد و آسیل‌گلیسرول‌های ناقص می‌گردد. هوا زدایی با افزودن ٦ درصد لیپوزیم تی ال به روغن کانولای گرم (۷۰ درجه سانتی‌گراد) در یک ارلن بوخنر و اعمال خلاء (۰/۳ بار مطلق) به‌مدت ۱۰ دقیقه صورت گرفت و در طول این مدت ارلن گاهگاهی تکان داده شد. کاهش رطوبت آنزیم در یک واکنشگاه بچ شیشه‌ای دوجداره با گنجایش ۰/۵ لیتر مجهزبه همزن پره‌ای و حمام آب دارای سیتم چرخش آب با دمای قابل تنظیم انجام شد. سه حجم از روغن کانولا (۲۰۰ گرم) در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳۰ دقیقه اینتراستریفیه شدند تا با مصرف شدن رطوبت در واکنش هیدرولیز رطوبت باقی‌مانده در آنزیم کاهش یابد. پس از آن لیپوزیم تی ال آی ام سریعاً با مخلوط مورد

بررسی شست و شو داده شد تا روغن کانولای باقیمانده در آنزیم حذف شود. هر کدام از مخلوط‌ها با ٦ درصد آنزیم در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در واکنشگاه ذکر شده به‌مدت ٦ ساعت اینتراستریفیه شدند. نمونه‌برداری هر یک ساعت انجام شد. به‌منظور جلوگیری از اکسید شدن روغن جریانی از گاز نیتروژن خالص به درون مخلوط‌ها تزریق شد. جهت نمونه‌گیری همزن خاموش شد و اجازه داده شد تا آنزیم کاملا ته نشین شود. پس از آن روغن از آنزیم جدا شد. روغن‌های اینتراستریفیه شده بلافاصله پس از خارج کردن از واکنشگاه با استفاده از قیف بوخنر و روی کاغذ صافی واتمن ٤ تحت خلا صاف شدند تا ذرات ریز آنزیم از روغن‌ها جدا شوند (فرمانی و همکاران، ۲۰۰٦؛ فرمانی و همکاران، ۲۰۰۷).

اینتراستریفیکاسیون شیمیایی: نیم درصد وزنی متوکسید سدیم خشک به مخلوط‌های خشک شده افزوده شد و با استفاده از همزن مغناطیسی با سرعت ۳۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۳۰ دقیقه تحت خلاء (۰/۳ بار مطلق) در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد اینتراستریفیه شدند. سپس کاتالیزور با افزودن ۲ درصد از محلول حاوی ۲۰ درصد اسیدسیتریک در آب غیرفعال شد. عملیات همزنی با شرایط ذکر شده به مدت ۱۵ دقیقه دیگر ادامه یافت. خاک کمک صافی به مخلوط واکنش اضافه شد و چربی اینتراستریفیه شده تحت خلاء روی کاغذ صافی واتمن ٤ صاف شد (فرمانی و همکاران، ۲۰۰۸).

رنگبری مجدد: رنگبری مجدد جهت حذف کامل صابون باقی‌مانده، کاهش رنگ مخلوط‌های اینتراستریفیه شده به روش شیمیایی و حذف کامل آنزیم باقیمانده با استفاده از یک درصد خاک رنگبر در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۵ دقیقه، تحت فشار مطلق ۰/۳ بار و همزنی شدید (۳۰۰ دور در دقیقه) با استفاده از همزن مغناطیسی انجام شد (فرمانی و همکاران، ۲۰۰۸). صاف کردن روغن‌های رنگبری شده تحت خلاء و روی کاغذ صافی آغشته به کمک صافی انجام شد.

جداسازی اسیدهای چرب آزاد و آسیل‌گلیسرول‌های ناقص: نمونه‌های اینتراستریفیه شده تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد بالاتر از نقطه ذوبشان حرارت داده شدند و سپس در یک قیف جدا کننده با حجم مساوی از اتانول ۹٦ درصد (۵۰ –٤۰ درجه سانتی‌گراد) مخلوط و کاملاً هم زده شدند. سپس فاز اتانولی جدا شد. عمل شست وشوی با اتانول ۵ بار تکرار شد. اتانول باقی‌مانده در نمونه‌ها در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد با وارد کردن جریانی از گاز نیتروژن خالص به داخل آن‌ها جدا شد. مخلوط‌های خالص‌سازی شده سپس تحت خلا روی کاغذ صافی واتمن ٤ صاف شدند (فرمانی و همکاران، ۲۰۰٦).

پروفیل اسیدهای چرب: آماده‌سازی استر متیلی اسیدهای چرب مطابق روش AOCS[1] Ce 2-66 انجام شد (ای. او. سی. اس.، ۱۹۹۷). شناسائی و تعیین مقدار اسیدهای چرب ترانس و سایر اسیدهای چرب طبق روش AOCS Ce 1e-91 (ای.او.سی.اس.، ۱۹۹۷) با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی ساخت کرومپک (هلند) مدل CP 9002 مجهزبه آشکارساز یونیزاسیون شعله صورت گرفت. ستون موبینه مورد استفاده CP Sil 88 (کرومپک، هلند) به طول ۱۰۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه ۰/۲ میکرومتر بود. نسبت دوپارگی (Split ratio) ۱:۱۰۰، دمای آشکارساز و تزریقگاه ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد، دمای آون ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد (همدما)، گاز حامل نیتروژن و فشار سر ستون ۲۳۰ کیلوپاسکال بود.

عدد یدی: عدد یدی مستقیماً از پروفیل اسید چرب طبق روش AOCS Cd 1c-85 محاسبه شد (ای.او.سی.اس.، ۱۹۹۷).

اکسایش‌پذیری: اکسایش‌پذیری که با مقاومت اکسایشی رابطه معکوس دارد- با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (کاسگرو، ۱۹۸۷).

اکسایش‌پذیری= (درصد اسید لینولئیک×۲ + درصد اسید لینولئیک+ درصد اسید اولئیک×۰/۰۲)/ ۱۰۰

نقطه ذوب لغزشی: نقطه ذوب لغزشی مطابق روش AOCS Cc 3-25 به روش لوله موبینه باز انجام شد (ای. او. سی. اس.، ۱۹۹۷). لوله‌های موئینه با نمونه‌ها پر شدند و پیش از اندازه‌گیری ۱۶ ساعت در یخچال (۶ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند.

درصد چربی جامد: از یک دستگاه اسپکتروسکوپی رزونانس مغناطیس هسته‌ای متناوب (pNMR) (ساخت شرکت بروکر-آلمان) مدل minispec 120 mq برای اندازه‌گیری درصد چربی جامد در دماهای ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد طبق روش مستقیم و پی در پی AOCS Cd 16b-93 استفاده شد (ای.او.سی.اس.، ۱۹۹۷).

آنالیز آماری: پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه بار تکرار انجام شد. کلیه داده‌های به‌دست آمده از آزمایش‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTATC جهت آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها در P<۰/۰۵ بررسی شدند.

1- American Oil Chemist's Society (AOCS)

نتایج و بحث

ویژگی‌های شیمیایی: به‌دلیل بالاتر بودن نقطه ی ذوب اسیدهای چرب ترانس در مقایسه با اسیدهای چرب سیس، حذف آنها از فرمولاسیون چربی معمولاً با کاهش نقطه ذوب و درصد چربی جامد همراه است (همیلتن، ۲۰۰۸). بسیاری از محققان برای جبران اثرات حذف اسیدهای چرب ترانس، مقدار بیشتری اسیدهای چرب اشباع در فرمولاسیون به کار برده‌اند (فوزی و همکاران، ۲۰۱۳؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۰٤؛ لی و همکاران، ۲۰۰۸؛ ریبرو و همکاران، ۲۰۰۹). با این حال، اسیدهای چرب اشباع نیز اثرات ضد سلامتی داشته و کاربرد آنها در غذاها باید محدود شود (کریشوسکی، ۲۰۰۸). جدول ۱ پروفیل اسیدهای چرب چربی‌های ساخته شده را نشان می دهد. اینتر استریفیکاسیون روغن‌ها بر پروفیل اسیدهای چرب آنها بی تاثیر است. بنابراین برای ساخت شورتنینگ بدون ترانس، مواد اولیه استفاده شده باید بدون ترانس باشند. همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود روغن‌های اولیه استفاده شده برای ساخت شورتنینگ کمتر از ۰/۷ درصد اسید چرب ترانس داشتند. پس از فرموله کردن شورتنینگ‌ها و اینتراستریفیکاسیون آنها، چربی‌های بدست آمده، بدون ترانس (حداکثر ۰/۵ درصد اسید چرب ترانس) بودند. در چربی دو جزئی به دلیل استفاده از مقدار بیشتری روغن کانولا، میزان اسید لینولنیک بیشتری وجود داشت ($P<۰/۰۵$). با وجود مشابه بودن درصد اسیدهای چرب اشباع، عدد یدی چربی دو جزئی کمتر از چربی سه جزئی بود ($P<۰/۰۵$، جدول ۱). در واقع این موضوع به‌دلیل حضور مقدار بیشتری اسید اولئیک و مقدار کمتری اسید لینولئیک در چربی‌های دو جزئی می باشد. پروفیل اسیدهای چرب چربی در اکسایش پذیری چربی‌ها نیز موثر است. اکسایش پذیری، شاخصی برای تعیین مقاومت ذاتی روغن‌ها (صرفا بر اساس ترکیب اسیدهای چرب) می باشد. هر چه عدد محاسبه شده برای این شاخص بالاتر باشد چربی به دست آمده مقاومت کمتری در برابر اکسیداسیون خواهد داشت (کاسگرو و همکاران، ۱۹۸۷). چربی دو جزئی اکسایش پذیری کمتر از چربی سه جزئی داشت (جدول ۱). به عبارت دیگر چربی دو جزئی ممکن است مقاومت اکسیداتیو بیشتری در مقایسه با سایر چربی‌ها داشته باشد.

جدول ۱- پروفیل اسید چرب (درصد سطح زیر پیک) روغن‌های اولیه و مخلوط‌های چربی

ویژگی	سویای کاملاً هیدروژنه	کلزا	آفتابگردان	سویای کاملاً هیدروژنه:کلزا (۱۹ : ۸۱)	سویای کاملاً هیدروژنه: کلزا: آفتابگردان	استاندارد ملی ۹۱۳۱

	(۵۷/۵ :۲۵ :۱۷/۵)					
۱٤:۰	۰/۱±۰/۰۲	۰/۱±۰/۰۱	۰/۱±۰/۰۲	۰/۱±۰/۰۳	۰/۱±۰/۰۲	---
۱٦:۰	٦/۸±۰/۲٤	٦/۳±۰/۲۵	٦/۳±۰/۲۱	۵/۲±۰/۳۱	۱۱/۵±۰/۳۵	---
۱۸:۰	۱۷/۹±۰/۳۳	۱۸/۳±۰/۲۰	٤/۱±۰/۲٦	۲/٤±۰/۲۰	۸۵/٦±۰/۳۸	---
۱۸:۱ 9c	۲۹/۲±۰/۲٦	۵۰/۰±۰/۳۰	۲۳/۵±۰/٤۱	٦۱/۳±۰/۳٦	۱/۲±۰/۱۸	---
۱۸:۲ 9c,۱۲c	٤۱/۸±۰/٤٤	۱٦/۳±۰/۲۹	٦٤/۱±۰/۳٤	۲۰/۰±۰/۳۳	۰/۰	کمینه ۱۰٪
۱۸:۳ 9c,۱۲c,۱۵c	۲/۱±۰/۲۰	٦/٤±۰/۱۳	۰/٤±۰/۰٦	۷/۹±۰/۲۳	۰/۰	بیشینه ۵٪
اشباع‌ها	۲٤/۸	۲٤/۷	۱۰/۵	۷/۷	۹۷/۲	بیشینه ۳۰٪
ترانس‌ها	۰/۵	۰/۵	۰/٤	۰/۵	۰/۷	بیشینه ۵٪
عدد یدی	۱۰۳/۰	۸۸/۰	۱۳۲/۵	۱۰۹/۵	۱/۰	کمینه ۷۵٪
اکسایش‌پذیری	۰/٤٦٦	۰/۳۰۱	۰//٦۵٤	۰/۳۷۰	۰/۰۰۰	---

داده‌ها به صورت «انحراف استاندارد ± میانگین سه بار تکرار» نوشته شده‌اند.

ویژگی‌های فیزیکی: جدول ۲ تغیرات نقطه ذوب چربی‌ها طی اینتراستریفیکاسیون را نشان می‌دهد. مخلوط‌های اولیه اگرچه از نظر ترکیب اسیدهای چرب مناسب بودند اما نقطه ذوب بالاتر از ۵۰ درجه سانتی‌گراد داشتند. این ویژگی به‌دلیل حضور مقادیر بالای تری آسیل گلیسرول‌های سه اشباعی (ناشی از روغن سویای کاملاً هیدروژنه) در مخلوط‌های اولیه می‌باشد (فرمانی و همکاران، ۲۰۰۷؛ فرمانی و همکاران، ۲۰۰۹؛ ریبرو و همکاران، ۲۰۰۹). چنین وضعی این چربی‌ها را برای کاربردهای غذایی نامطلوب می سازد. اینتراستریفیکاسیون آنزیمی و شیمیایی هر دو باعث کاهش قابل توجه نقطه ذوب مخلوط‌های اولیه شدند. این پدیده به‌دلیل کاهش میزان تری آسیل گلیسرول‌های سه اشباعی در اثر اینتراستریفیکاسیون بوده و در کارهای قبلی ما و دیگران مستند شده است (فرمانی و همکاران، ۲۰۰۷؛ فرمانی و همکاران، ۲۰۰۹؛ ریبرو و همکاران، ۲۰۰۹). همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود با افزایش زمان اینتراستریفیکاسیون با آنزیم لیپوزیم تی ال آی ام نقطه ذوب مخلوط‌ها کاهش پیدا می‌کند ($P<۰/۰۵$). با شروع واکنش، اسیدهای چرب اشباع از تری آسیل گلیسرول‌های سه اشباعی به ترکیب تری آسیل گلیسرول‌های غیراشباع وارد شده و بنابراین با کاهش تدریجی میزان تری آسیل گلیسرول‌های سه اشباعی نقطه ذوب نیز به تدریج کاهش می‌یابد. سرانجام با به تعادل رسیدن واکنش، ترکیب تری آسیل گلیسرول‌های چربی ثابت شده و نقطه ذوب نیز ثابت باقی می ماند (ژانگ و همکاران، ۲۰۰٤).

جدول ۲- تغییرات درصد چربی جامد و نقطه ذوب چربی‌ها در اثر اینتراستریفیکاسیون

چربی	نوع و زمان واکنش	درصد چربی جامد در دمای				نقطه ذوب لغزشی
		۱۰°C	۲۰°C	۳۰°C	٤۰°C	(°C)
چربی دو جزئی (سویای کاملا هیدروژنه : کانولا با نسبت ۱۹ : ۸۱)						
	مخلوط اولیه	۲۱/٤^{b}	۱۹/۸^{a}	۱۷/۱^{a}	۱۳/٤^{a}	٥۳/٤^{a}
	آنزیمی-۱ ساعت	۲٤/۱^{a}	۱۹/۱^{a}	۱۳/٥^{b}	۸/۷^{b}	٤٥/٥^{b}
	آنزیمی-۲ ساعت	۲۲/۲^{b}	۱٤/۰^{b}	۷/٥^{c}	۳/۷^{c}	٤٤/۰^{c}
	آنزیمی-۳ ساعت	۲۰/۳^{b}	۱۰/۷^{c}	٤/۲^{d}	۱/٤^{d}	۳٥/۲^{d}
	آنزیمی-٤ ساعت	۲۱/۲^{b}	۸/۸^{d}	۲/۸^{e}	۰/٤^{e}	۳۰/۱^{e}
	آنزیمی-٥ ساعت	۱۹/۹^{b}	۸/۲^{d}	۲/۳^{ef}	۰/۳^{e}	۲۷/۰^{f}
	آنزیمی-٦ ساعت	۱۹/٦^{b}	۸/۱^{d}	۱/۷^{f}	۰/۰^{e}	۲۷/۱^{f}
	شیمیایی	۱۳/۲^{c}	٦/٤^{e}	۲/٤^{e}	۰/٥^{e}	۲٥/٦^{f}
چربی سه جزئی (سویای کاملا هیدروژنه : کانولا : آفتابگردان با نسبت ۱۷/٥ : ۲٥ : ٥۷/٥)						
	مخلوط اولیه	۲۱/٥^{b}	۱۹/۷^{a}	۱٦/۸^{a}	۱۳/۳^{a}	٥۲/٥^{a}
	آنزیمی-۱ ساعت	۲۳/۹^{a}	۱۹/۳^{a}	۱۳/۷^{b}	۸/۲^{b}	٤٤/۷^{b}
	آنزیمی-۲ ساعت	۲۱/۳^{b}	۱٥/٤^{b}	۹/۱^{c}	٥/۱^{c}	٤۳/٥^{c}
	آنزیمی-۳ ساعت	۱۸/٥^{c}	۱۱/۹^{c}	٥/۷^{d}	۲/٦^{d}	۳۱/٦^{d}
	آنزیمی-٤ ساعت	۱۷/۹^{c}	۹/٥^{d}	۳/۸^{e}	۱/۳^{e}	۲٦/۰^{e}
	آنزیمی-٥ ساعت	۱۷/٥^{c}	۸,۸^{d}	۲/۹^{f}	۰/۷^{e}	۲٥/٥^{f}
	آنزیمی-٦ ساعت	۱٦/۹^{c}	۷/۹^{d}	۲/٦^{f}	۰/٥^{e}	۲٦/٥^{f}
	شیمیایی	۹/٦^{d}	٦/۳^{e}	۱/۷^{g}	۰/۰^{e}	۲۷/۰^{f}

بالانویس‌های دانکن متفاوت در هر ستون/چربی دارای اختلاف معنی‌دار در $P<۰/۰٥$ می‌باشند.

همان طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، نقطه ذوب چربی‌های اینتراستریفیه شده در زمان‌های ٥ و ٦ ساعت تفاوت معنی دار با هم نداشتند ($P<۰/۰٥$). به عبارت دیگر، واکنش آنزیمی پس از ٥ ساعت به تعادل می‌رسد. تفاوت معنی‌داری بین نقطه ذوب چربی‌های اینتراستریفیه شده با متوکسید سدیم و نقطه ذوب نهایی چربی‌های به‌دست آمده از اینتراستریفیکاسیون آنزیمی مشاهده نشد ($P<۰/۰٥$). در اکثر زمان‌های مختلف اینتراستریفیکاسیون آنزیمی تفاوت معنی‌داری بین چربی‌های دو

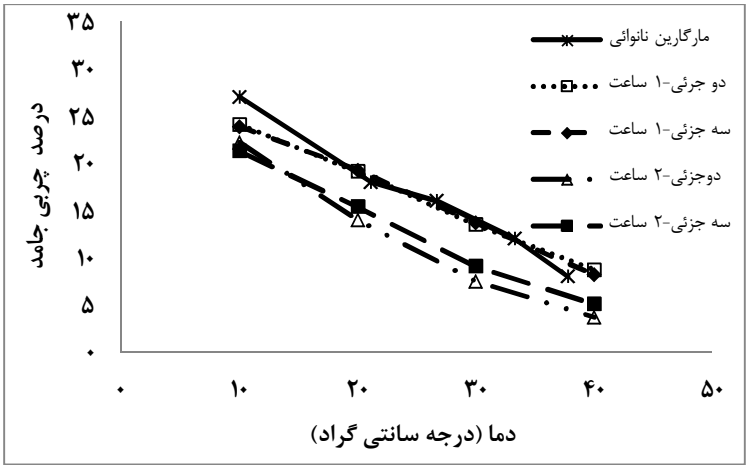
جزئی و سه جزئی مشاهده نشد (P<۰/۰۵). اگرچه این دو نوع چربی عدد یدی (غر اشباعیت) متفاوتی داشتند، اما میزان اسیدهای چرب اشباع آنها یکسان بود (جدول ۱). اسیدهای چرب اشباع نقش موثرتری در نقطه ی ذوب چربی دارند و یکسان بودن نقطه ذوب چربی‌های اینتراستریفیه شده دو جزئی و سه جزئی می‌تواند به‌دلیل یکسان بودن میزان اسیدهای چرب اشباع در آنها باشد (همیلتن، ۲۰۰۸).

تغییرات درصد چربی جامد چربی‌ها بر حسب زمان اینتراستریفیکاسیون در جدول ۲ آمده است. پس از یک ساعت اینتراستریفیکاسیون آنزیمی، درصد چربی جامد در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در مورد هر دو نوع چربی افزایش یافت (P<۰/۰۵). این پدیده می‌تواند به‌دلیل کاهش نسبی تری آسیل گلیسرول‌های سه اشباعی در ازای ساخته شدن تری آسیل گلیسرول‌های دو اشباعی (که نیز نقطه ذوب بالا دارند) باشد. بنابراین پس از یک ساعت واکنش، درصد مجموع تری آسیل گلیسرول‌های سه اشباعی و دو اشباعی افزایش می‌یابد. این موضوع می‌تواند بالاتر بودن درصد چربی جامد چربی‌های اینتراستریفیه شده در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد را توجیه کند (ژانگ و همکاران، ۲۰۰٤؛ میامل و همکاران، ۲۰۰۹). با پیشرفت واکنش در زمان‌های طولانی‌تر، به‌تدریج اسیدهای چرب اشباع موجود در روغن سویای کاملاً هیدروژنه به تری‌آسیل گلیسرول‌های روغن‌های کانولا و آفتابگردان ملحق شده و با کاهش درصد تری آسیل گلیسروهای سه اشباعی، تنوع تری آسیل گلیسرول‌ها بیشتر می‌شود (فوزی، ۲۰۱۳؛ فرمانی و همکاران، ۲۰۰۷؛ فرمانی و همکاران، ۲۰۰۹؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۰٤). در نتیجه درصد چربی جامد نمونه‌ها با پیشرفت واکنش در دماهای مختلف کاهش پیدا می‌کند. شدت این کاهش‌ها در دمای بالاتر (٤۰ درجه سانتی‌گراد) نسبت به دمای پائین تر (۱۰ درجه سانتی‌گراد) بیشتر بود (P<۰/۰۵). به عبارت دیگر اینتراستریفیکاسیون باعث شیبدارتر شدن منحنی چربی جامد شد. این کاهش‌ها تا ۳ تا ۵ ساعت اینتراستریفیکاسیون (بسته به دمای اندازه‌گیری درصد چربی جامد، جدول ۲) معنی دار بود اما پس از آن درصد چربی جامد چربی‌ها ثابت باقی ماند (P<۰/۰۵). درصد چربی جامد چربی‌های دو جزئی و سه جزئی در بیشتر ترکیب دما-زمان‌های اینتراستریفیکاسیون تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (P<۰/۰۵). در مقایسه با چربی به‌دست آمده از روش شیمیایی، درصد چربی جامد چربی‌های دو جزئی یا سه جزئی اینتراستریفیه شده آنزیمی نسبی تا سه ساعت در همه دماها به طور معنی داری بیشتر بود (P<۰/۰۵). حتی پس از به تعادل رسیدن واکنش آنزیمی درصد چربی جامد چربی‌ها در دماهای ۱۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد به‌طور معنی‌داری بیشتر از چربی اینتراستریفیه شده به

روش شـیمیایی بود (P<۰/۰۵). این تفاوت‌ها در درصـد چربی جامد به تفاوت در چگونگی عملکرد آنزیم و متوکسید سدیم مربوط می‌شود. عمل متوکسید سدیم منجر به تصادفی شدن کامل ترکیب تری آسـیل گلیسرول‌ها می‌شود در حالی که لیپوزیم تی ال آی ام، Sn-1, 3 ویژه گزین است. بر این اساس لیپوزیم تی ال آی ام تنها جایگاه‌های Sn-1 و Sn-3 در تری آسـیل گیسـرول‌ها را تصـادفی کرده و بر اسـیدهای چرب مسـتقر در جایگاه Sn-2 کمترین اثر را دارد (فرمانی و همکاران، ۲۰۰۷؛ فرمانی و همکاران، ۲۰۰۹؛ فرمانی و همکاران، ۲۰۰٦؛ فرمانی و همکاران، ۲۰۰۸).

کاربردهای چربی‌های بدون ترانس به‌دسـت آمده: از نقطه نظر ویژگی‌های فیزیکی، نقطه ی ذوب و درصـد چربی جامد چربی اهمیت بالایی دارند. نقطه ی ذوب و درصـد چربی جامد در ٤۰ درجه سـانتی‌گراد شـاخصـی از ذوب پذیری چربی در دهان، درصـد چربی جامد در ۲۰ درجه سـانتی‌گراد شـاخصـی از وضـعیت فیزیکی چربی در دمای اتاق و درصـد چربی جامد در ۱۰ درجه سـانتی‌گراد شـاخصـی از وضعیت فیزیکی چربی در یخچال می‌باشد (متزرات، ۲۰۰۵). از این رو از این ویژگی‌ها برای تقسـیم بندی انواع مارگارین‌ها و شـورتنینگ‌ها اسـتفاده شده است. در این تحقیق منحنی درصد چربی جامد چربی‌های اینتراسـتریفیه شـده با منحنی درصـد چربی جامد معمول انواع مارگارین‌ها و شورتنینگ‌ها مقایسه شد تا کاربرد بالقوه چربی‌های تولید شده معرفی شود.

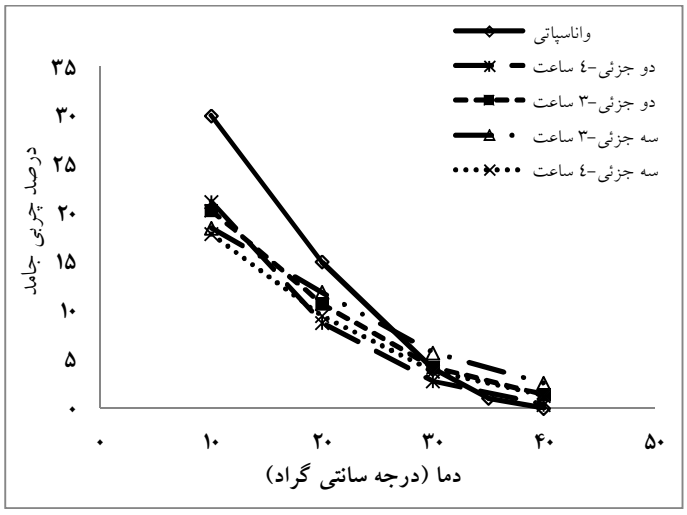
در شـکل ۱ منحنی درصـد چربی جامد چربی‌های بدون ترانس تولید شده با منحنی درصد چربی جامد معمول مارگارین نانوایی مقایسـه شـده اسـت. این نوع مارگارین در تهیه فراورده‌های نانوایی استفاده می‌شود و در ایجاد بافت، تردی، احساس دهانی و عمر ماندگاری فراورده موثر است (اوبرین، ۲۰۰۵؛ گترا و همکاران، ۲۰۰۲). در بین چربی‌های بدون ترانس به‌دسـت آمده، چربی‌های دو جزئی یا سه جزئی اینتراستریفیه شده به‌مدت یک ساعت بیشترین شباهت را به چربی مارگارین نانوایی داشتند. همچنین چربی‌های اینتراسـتریفیه شـده به‌مدت دو سـاعت نیز می‌توانند در تولید این نوع مارگارین اسـتفاده شـوند. چربی‌های مارگارین نانوائی بدون ترانس به‌دست آمده از تحقیق حاضر اگرچه از نظر فیزیکی مشـابه چربی‌های مارگارین به‌دسـت آمده از تحقیق پیشـین ما (فرمانی و همکاران، ۲۰۰۹) بوده‌اند اما به مقدار قابل توجه اسیدهای چرب اشباع کمتر داشتند (٢٤/٨ در مقابل ۳۹/۰ درصد).



شکل ۱- مقایسه منحنی درصد چربی جامد چربی‌های۲ اینتراستریفیه شده با منحنی درصد چربی جامد معمول مارگارین نانوائی؛ دو جزئی، مخلوط سویای کاملاً هیدروژنه : کانولا با نسبت ۱۹: ۸۱؛ سه جزئی، مخلوط سویای کاملاً هیدروژنه: کانولا: آفتابگردان با نسبت ۱۷/۵: ۲۵: ۵۷/۵.

واناسپاتی (Vanaspati) یا قی (Ghee) گیاهی (جایگزین روغن کره یا حیوانی) پرمصرف ترین فراورده‌ی روغن و چربی در ایران است و با نام «روغن گیاهی هیدروژنه» یا «روغن خوراکی مصرف خانوار» به بازار عرضه می‌شود. طبق تعریف ارائه شده در استاندار ملی شماره ۹۱۳۱، این فراورده، روغنی است که از روغن‌های گیاهی مجاز و با استفاده از روش‌هایی مانند هیدروژناسیون، اینتراستریفیکاسیون، جزء به جزء کردن، مخلوط کردن و کریستالیزاسیون تهیه می‌شود (آی. ان. اس. اُ.، ۲۰۰۷). ترکیب اسید چرب و عدد یدی توصیف شده برای واناسپاتی در استاندارد ملی در جدول ۱ نشان داده شده است. از ویژگی‌های فیزیکی مهم واناسپاتی ذوب شدن آن در دهان (نقطه ذوب کمتر از ٤٠ درجه سانتی‌گراد) و جامد بودن آن در دمای محیط می باشد. همان طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، چربی‌های اینتراستریفیه شده به مدت ۳ تا ٤ ساعت منحنی درصد چربی جامد مشابه واناسپاتی داشته و از آنها می توان در تولید واناسپاتی بدون ترانس استفاده کرد. فرمانی و همکاران (۲۰۰۹)، فرمولاسیون مناسب برای تولید واناسپاتی بدون ترانس را شامل مخلوط‌های اینتراستریفیه تشکیل شده از ۲۵ تا ۳۰ درصد روغن سویای کاملا هیدروژنه و ۷۰ تا ۷۵ درصد روغن کانولا یا ۷۰ تا ۷۵ درصد اولئین پالم و ۲۵ تا ۳۰ درصد روغن کانولا به‌دست آورده اند. در پژوهشی دیگر (فرمانی و

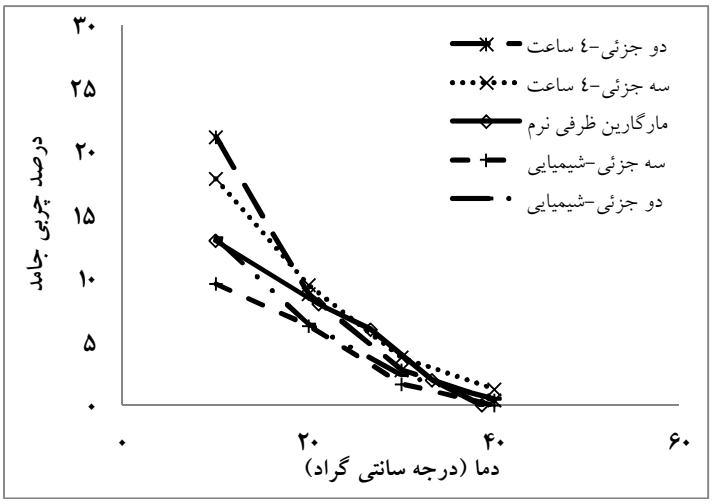
همکاران، ۲۰۰۷) حداقل اسیدهای چرب اشباع لازم برای تولید واناسپاتی بدون ترانس، ۲۷/۲ درصد از طریق اینتراسـتریفیکاسیون آنزیمی و ۲۸/٤ درصد از طریق اینتر استریفیکاسیون شیمیایی گزارش شده اسـت. بنابراین در مقایسـه با پژوهش‌های پیشـین که از اینتراسـتریفیکاسـیون کامل اسـتفاده کرده‌اند، اینتراسـتریفیکاسـیون نسبی امکان تولید واناسپاتی بدون ترانس با اسیدهای چرب اشباع کمتر را فراهم می‌کند.



شـکل ۲- مقایسـه منحنی درصـد چربی جامد چربی‌های اینتراسـتریفیه شده با منحنی درصد چربی جامد معمول واناسـپاتی؛ دو جزئی، مخلوط سـویای کاملا هیدروژنه: کانولا با نسبت ۱۹: ۸۱؛ سه جزئی، مخلوط سویای کاملا هیدروژنه: کانولا : آفتابگردان با نسبت ۱۷/۵: ۲۵: ۵۷/۵.

چربی به کار رفته در فرمولاسـیون مارگارین ظرفی نرم باید درصـد چربی جامد کمتر از مارگارین قالبی صـبحانه داشـته باشـند. این نوع مارگارین باید بلافاصـله پس از خروج از یخچال نرم بوده و از قابلیت گسـترش خوبی برخوردار باشـند (اوبرین، ۲۰۰۵؛ گترا و همکاران، ۲۰۰۲). از بین چربی‌های تولید شـده، چربی‌های بدون ترانس به دست آمده پس از اینتراستریفیکاسیون کامل آنزیمی یا شیمیایی دارای ویژگی‌های مشـابه مارگارین ظرفی نرم بودند و از آنها می توان در تولید این محصـول اسـتفاده کرد (شکل ۳). تولید چربی مارگارین قالبی از طریق اینتراستریفیکاسیون کامل مخلوط‌های حاوی ۱۵ تا ۲۵ درصـد روغن سـویای کاملاً هیدروژنه و ۷۵ تا ۸۵ درصـد روغن کانولا یا مخلوط‌های حاوی ۵۵

درصـد اولئین پالم و ٤٥ درصـد روغن کانولا قبلاً گزارش شـده است (فرمانی و همکاران، ٢٠٠٦) که مشابه نتایج به‌دست آمده از این تحقیق است.



شکل ۳-مقایسه منحنی درصد چربی جامد چربی‌های اینتراستریفیه شده با منحنی درصد چربی جامد معمول مارگارین ظرفی نرم؛ دو جزئی، مخلوط سویای کاملا هیدروژنه: کانولا با نسبت ۱۹ : ۸۱٪ سه جزئی، مخلوط سویای کاملاً هیدروژنه : کانولا : آفتابگردان با نسبت ۱۷/۵ : ۲۵ : ۵۷/۵.

نتیجه‌گیری

اینتراســـتریفیکاســـیون می‌تواند به‌عنوان روشـــی کارآمد برای تولید چربی‌های بدون ترانس مورد اسـتفاده قرار گیرد. همان‌گونه که در این تحقیق نشـان داده شـد با اینتراسـتریفیکاسـیون آنزیمی نسبی همچنین امکان کنترل ویژگی‌های فیزیکی محصـــول وجود داشـــته و تولید چربی بدون ترانس حاوی اسیدهای چرب اشباع کمتر و ویژگی‌های فیزیکی مطلوب امکان‌پذیر می‌شود. چربی‌های بدون ترانس به‌دسـت آمده از واکنش نسـبی یا کامل برای تولید واناسپاتی، مارگارین ظرفی نرم و مارگارین نانوایی مناسب بودند. مزیت عمده چربی‌های تولید شده در این روش این است که علاوه‌بر بدون ترانس بودن اسیدهای چرب، اشباع کمتری نیز در آن‌ها به‌کار رفته است.

سپاسگزاری

این پژوهش با استفاده از اعتبارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری طی طرح شماره ۰۲-۱۳۹۲-۰٤ انجام شده است. از ریاست محترم هیأت مدیره شرکت روغن نباتی فراورد جناب آقای مهندس احمد مطهری به‌دلیل در اختیار نهادن امکانات لازم جهت انجام این پژوهش و نیز شرکت نووزایم- دفتر تهران به‌دلیل اهدای آنزیم لیپوزیم تی ال آی ام تقدیر و تشکر می‌شود.

منابع

AOCS. 1997. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemist's Society, 4th edn., 3rd printing, AOCS press, Champaign, USA.

Cosgrove, J.P., Church, D.F., and Pryor, W.A. 1987. Kinetics of the autoxidation of polyunsaturated fatty acids. Lipids. 22: 299.

Fauzi, S.H.M., Rashid, N.A., and Omar, Z. 2013. Effects of chemical interesterification on the physicochemical, microstructural and thermal properties of palm stearin, palm kernel oil and soybean oil blends. Food Chemistry, 137: 8-17.

Farmani, J., Safari, M., and Hamedi, M. 2006. Application of palm olein in the production of zero trans Iranian vanaspati through enzymatic transesterification. European Journal of Lipid Science and Technology, 108: 636–643.

Farmani, J., Hamedi, M., and Safari, M. 2008. Production of zero trans Iranian vanaspati using chemical transesterification and blending techniques from palm olein, rapeseed and sunflower oil. International Journal of Food Science and Technology, 43: 393–399.

Farmani, J., Safari, M., and Hamedi, M. 2009. Trans-free fats through interesterification of canola oil/palm olein or fully hydrogenated soybean oil blends. European Journal of Lipid Science and Technology, 111: 1212–1220.

Farmani, J., Hamedi, M., Safari, M., and Madadlou, A. 2007. Trans-free Iranian vanaspati through enzymatic and chemical transesterification of triple blends of fully hydrogenated soybean, rapeseed and sunflower oils. Food Chemistry, 102: 827–833.

Ghotra, B.S., Dyal, S.D., and Narine, S.S. 2002. Lipid shortening: A review. Food Research International, 35:1015–1048.

Gibon, V. 2011. Enzymatic interesterification of oils. Lipid Technology, 23(12): 274–277.

Hamilton, R.J. 2008. Fatty acids: structure, occurrence, nomenclature, biosynthesis and properties. P1-25, In: Dijkstra, A.J., R.J. Hamilton, W. Hamm, (eds). Trans Fatty Acids, Blackwell, Oxford, UK.

ISIRI. 2007. Household consumption Edible oil -Specifications, Standard No. 9131. Institute of Standards and Industrial Researches of Iran, Tehran, Iran.

Kowalski, B., Tarnowska, K., Gruczynska, E., and Bekas, W. 2004. Chemical and enzymatic interesterification of tallow and rapeseed oil equal-weight blend. European Journal of Lipid Science and Technology, 106: 655–664.

Kritchevsky, D. 2008. Fats and Oils in Human Health. P499-513, In: Akoh, C.C., D.B. Min, (eds) Food lipids: chemistry, nutrition, and biotechnology, 3rd ed., CRC Press, Boca Raton, USA.

Lee, J.H., Akoh, C.C., Himmelsbach, D.S., and Lee, K.T. 2008. Preparation of interesterified plastic fats from fats and oils free of trans fatty acid. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56: 4039–4046.

Mayamol, P.N., Balachandran, C., Samuel, T., Sundaresan, A. and Arumughan, C. 2009. Zero trans shortening using rice bran oil, palm oil and palm stearin through interesterification at pilot scale. International Journal of Food Science and Technology, 44: 18–28.

Metzroth, D.J. 2005. Shortenings: Science and Technology P83-123. In: Shahidi, F. (eds) Bailey's Industrial Oil and Fat Products, 6th edn. Vol. 4, John Wiley and Sons, New Jersey, USA.

O'Brien, R.D. 2005. Shortenings: Types and Formulations, P125-157. In: Shahidi, F. Bailey's Industrial Oil and Fat Products, 6th edn. Vol. 4, John Wiley and Sons, New Jersey.

Remig, V., Franklin, B., Margolis, S., Kostas, G., Nece, T., and Street, J.C. 2010. Trans fats in America: a review of their use, consumption, health implications, and regulation. Journal of the American Diet Association, 110(4): 585-592.

Ribeiro, A.P.B., Grimaldi, R., Gioielli, L.A., and Gonc¸alves, L.A.G. 2009. Zero trans fats from soybean oil and fully hydrogenated soybean oil: physico-chemical properties and food applications. Food Research International, 42: 401–410.

Rousseau, D., and Marangoni, A.G. 2008. Chemical interesterification of food lipids: Theory and Practice, P267-295, In: Akoh C.C., D.B. Min (eds) Food lipids: chemistry, nutrition, and biotechnology. CRC Press, Boca Raton,

Zhang, H., Smith, P., and Adler-Nissen, J. 2004. Effects of Degree of Enzymatic Interesterification on the Physical Properties of Margarine Fats: Solid Fat Content, Crystallization Behavior, Crystal Morphology, and Crystal Network. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52: 4423-4431.

EJFPP, Vol. 6 (2): 81-97
http://ejfpp.gau.ac.ir

Partial interesterification of vegetable oils for production of trans-free fat

J. Farmani*
Assistant Prof., Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
Received: 07/05/2013; Accepted: 03/02/2015

Abstract

Interesterification modifies the physicochemical properties of fats by altering the triacylglycerol composition. The aim of this research was to apply partial enzymatic interesterification in trans-free fat production. Two formulations including binary blend of fully hydrogenated soybean oil and canola oil (19:81 ratio) or ternary blend of fully hydrogenated soybean oil, sunflower oil and canola oil (17.5:25:57.5 ratio) were interesterified by using the commercial lipase Lipozyme TL IM. Changes in physical properties were evaluated during 6 hours of reaction. As the initial oils used in the formulation were trans-free, the obtained products were also trans-free. Interesterification caused a decrease in melting point and solid fat content (SFC). After 5 hours of reaction, the chemical composition of fats reached to the equilibrium, so the physical properties of fats remained unchanged. Fully enzymatically interesterified fats had melting points similar to chemically interesterified ones. However, fully enzymatically interesterified fats had higher SFC at 10-30 °C than chemically interesterified ones. Comparison of physical properties of trans-free fats with typical properties of margarines and shortenings showed that trans-free fats from partial or full enzymatic or chemical interesterification can be used in production of baker's margarine, soft tub margarine or vanaspati (household consumption oil).

Keywords: Partial interesterification, Trans-free fat, Lipase, Fully hydrogenated soybean oil, Canola oil

*Corresponding author; jamshid_farmani@yahoo.com