

## فرمولاسیون و تولید آزمایشگاهی پخشینه کم چربی و کم ترانس

ابوالفضل الوند<sup>۱</sup>، خدیجه خوش طینت<sup>۲</sup>، پروین زندی<sup>۳</sup>، حامد صفافر<sup>۴</sup>، محمدتقی مظلومی<sup>۴</sup>، زهرا شریفزاده<sup>۵</sup>

۱- کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی

۲- نویسنده مسئول: پژوهشیار گروه تحقیقات صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

پست الکترونیکی: khosh41@yahoo.com

۳- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی.

۴- کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی، مشاور صنایع غذایی

۵- کارشناس تغذیه، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

تاریخ دریافت: ۸۵/۱۰/۲۵

تاریخ پذیرش: ۸۶/۲/۸

### چکیده

**سابقه و هدف:** پخشینه‌ها (Spreads) فراورده‌هایی با قابلیت پخش شدن روی نان هستند که معمولاً بین ۴۰ تا ۸۰٪ چربی دارند. با توجه به افزایش میزان ابتلا به بیماریهای قلبی عروقی و مرگ و میر ناشی از آنها و ارتباط این بیماریها با میزان و نوع چربی، هدف از این تحقیق فرمولاسیون و تولید آزمایشگاهی نمونه‌های پخشینه با ۴۰٪ چربی و اسیدهای چرب ترانس کمتر از ۱٪ با روش مخلوط کردن (blending) و استفاده از آلزینات سدیم و نشاسته اصلاح شده ذرت مومی (MWMS) بود.

**مواد و روشها:** پس از تعیین ویژگی‌های روغنهای اولیه (عددپراکسید، عدد یدی و نقطه لغزش) و مقدار مناسب پایدارکننده‌ها (آلزینات سدیم ۱٪ و نشاسته اصلاح شده ذرت مومی ۳٪)، شش نمونه پخشینه کم‌چربی (۴۰٪) در مقیاس آزمایشگاهی (۲Kg) با ترکیب سه فاز روغنی و دو پایدارکننده تهیه شد، شامل: فرمول‌های ۱ و ۲ با فاز روغنی روغنهای پالم استئارین و کانولا (۶۰:۴۰) و پایدارکننده آلزینات سدیم (F۱) و MWMS (F۲)، فرمول‌های ۳ و ۴ با فاز روغنی روغن سویای کاملاً هیدروژنه و روغن سویا (۷۵:۲۵) و پایدارکننده آلزینات سدیم (F۳) و MWMS (F۴)، فرمول‌های ۵ و ۶ با فاز روغنی روغنهای پالم، پنبه‌دانه و کانولا (۴۰:۴۰:۲۰) و پایدارکننده آلزینات سدیم (F۵) و MWMS (F۶)، شاهد پُرچربی (۸۰٪) از مخلوط روغنهای پالم استئارین و کانولا (۶۰:۴۰) بدون پایدارکننده تهیه شد (F۷). ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها (درصد چربی و رطوبت، عدد یدی، عدد پراکسید، نقطه لغزش، درصد اسیدهای چرب، مقدار چربی جامد و قوام نمونه‌ها) اندازه‌گیری شد.

**یافته‌ها:** اسیدهای چرب ترانس در فاز روغنی هر سه سری فرمول، کمتر از ۱٪ و ارزش تغذیه‌ای (P/S+T) آنها در حد مطلوب ( $\leq 1$ ) بود. SFC فرمول‌های F۱ و F۲ در دماهای مختلف (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۳۵) شبیه نمونه شاهد و نزدیک به حد مطلوب، جهت پخش و حفظ کیفیت در دمای محیط به دست آمد ( $p < 0.05$ ). نمونه‌های کم‌چربی نفوذپذیری بیشتری نسبت به نمونه پُرچربی داشتند. رتبه‌بندی نهایی نمونه‌ها بر اساس ارزش تغذیه‌ای و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی به ترتیب عبارت بود از: F۴ و F۵ > F۶ و F۱ > F۲ و F۷.

**نتیجه‌گیری:** با در نظر گرفتن هزینه‌های بالای فرایند هیدروژناسیون و اثرات میزان و نوع چربیها بر سلامت و بهداشت افراد جامعه و با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق فرمول‌های F۱ و F۲ جهت ادامه کار در مقیاس وسیع‌تر پیشنهاد می‌شود.

**واژگان کلیدی:** پخشینه کم چربی، پخشینه کم ترانس، فرمولاسیون، روش مخلوط کردن، پایدارکننده

### • مقدمه

پیشرفته و در حال توسعه است. افزایش غلظت LDL و کلسترول سرم، عوامل خطر عمده‌ای برای ابتلا به

شیوع بیماریهای قلبی عروقی از مهمترین عوامل مرگ و میر و از عمده‌ترین مشکلات بهداشتی کشورهای

کردن (blending) روغن‌ها و چربی‌ها و همچنین استفاده از پایدارکننده‌های آلزینات سدیم و نشاسته اصلاح شده ذرت مومی (MWMS) و تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های تولید شده و مقایسه با نمونه پخشینه شاهد (پُرچربی) است.

### • مواد و روشها

در این تحقیق، شش نمونه پخشینه کم‌چربی (۴۰٪) و کم ترانس (۱٪) و شاهد (پخشینه پُرچربی) حاوی حدود ۸۰٪ چربی با استفاده از سه نوع فاز روغنی و دو نوع پایدارکننده، در مقیاس آزمایشگاهی به شرح زیر تولید شدند:

- فرمول ۱ (F1): فاز روغنی حاوی روغن پالم استئارین و روغن مایع کانولا (۶۰:۴۰) و فاز آبی حاوی ۱٪ آلزینات سدیم
- فرمول ۲ (F2): فاز روغنی حاوی روغن پالم استئارین و روغن مایع کانولا (۶۰:۴۰) و فاز آبی حاوی ۳٪ MWMS
- فرمول ۳ (F3): فاز روغنی حاوی روغن هیدروژنه کامل (فلیک) سویا و روغن مایع سویا (۷۵:۲۵) و فاز آبی حاوی ۱٪ آلزینات سدیم
- فرمول ۴ (F4): فاز روغنی حاوی روغن هیدروژنه کامل (فلیک) سویا و روغن مایع سویا (۷۵:۲۵) و فاز آبی حاوی ۳٪ MWMS
- فرمول ۵ (F5): فاز روغنی حاوی روغن پالم، روغن مایع پنبه دانه و روغن مایع کانولا (۲۰:۴۰:۴۰) و فاز آبی حاوی ۱٪ آلزینات سدیم
- فرمول ۶ (F6): فاز روغنی حاوی روغن پالم، روغن مایع پنبه دانه و روغن مایع کانولا (۲۰:۴۰:۴۰) و فاز آبی حاوی ۳٪ MWMS
- فرمول ۷ (F7) یا شاهد: فاز روغنی (۸۰٪) حاوی روغن پالم استئارین و روغن مایع کانولا (۶۰:۴۰) با فاز آبی بدون پایدارکننده.

روغن پالم استئارین (عدد یدی ۳۸/۶۵ و نقطه لغزش ۴۹°C)، روغن پالم (عدد یدی ۵۱/۴۳ و نقطه لغزش ۳۵°C)، روغن سویا (عدد یدی ۱۲۴/۶۵) از شرکت سهامی مارگارین، روغن کانولا (عدد یدی ۱۱۸/۴۰) از

آترواسکلروز و بیماری کرونر قلب محسوب می‌شوند که از دیدگاه بهداشتی، اجتماعی و اقتصادی در جوامع بشری اهمیت زیادی دارند. بر اساس آمار موجود ۴۵/۷٪ مرگ و میر کشور، ناشی از بیماری‌های قلبی عروقی است که با مصرف روغن‌ها و چربی‌ها ارتباط دارد (۵-۱).

متداول‌ترین روش جامد کردن روغن‌ها، روش هیدروژنه کردن است. در اغلب کشورهای دنیا از جمله ایران از هیدروژناسیون روغن‌های نباتی مانند روغن سویا، کانولا و آفتابگردان به عنوان روغن پایه برای فاز روغنی در فرایند تولید مارگارین استفاده می‌شود. فرایند هیدروژناسیون، با وجود بهبود خصوصیات ظاهری و ارگانولپتیکی محصول، موجب کاهش اسیدهای چرب غیراشباع (به ویژه اسیدهای چرب ضروری)، تشکیل ترکیباتی مانند ایزومرهای غیرطبیعی و ترانس، افزایش اسیدهای چرب اشباع و کاهش ارزش تغذیه‌ای، به ویژه نسبت P/S+T می‌شود (۵-۸، ۳).

پخشینه‌ها یا اسپردها (spreads) فراورده‌هایی با قابلیت پخش شدن روی نان هستند که معمولاً بین ۴۰ تا ۸۰٪ چربی دارند و شامل کره، مارگارین و انواع پخشینه‌های کم‌چربی می‌شوند. طبق تعریف استاندارد کدکس، کره و مارگارین، یک امولسیون آب در روغن و دارای حداقل ۸۰٪ چربی و حداکثر ۱۶٪ آب هستند. محصولات مشابه مارگارین با خواص مشابه، ولی میزان چربی کمتر (معمولاً ۴۰ تا ۶۰٪)، پخشینه کم‌چربی (low fat spread) نامیده می‌شوند (۸-۱۰).

اگر کمبود اسیدهای چرب ضروری در رژیم غذایی و دریافت مقادیر زیاد اسیدهای چرب ترانس و اشباع را به عنوان یک خطر بالقوه برای سلامتی بپذیریم، تغییر فرهنگ و الگوی مصرف روغن‌ها و چربی‌ها به همراه تولید روغن‌های جامد، مارگارین و پخشینه‌های با ایزومر ترانس پایین (از طریق روش‌های جایگزین هیدروژنه کردن)، در کشور ما ضرورت پیدا می‌کند و باید تحقیقات و مشارکت‌های صنعتی و قانونی بیشتری در این زمینه صورت گیرد (۵، ۱). هدف از این تحقیق، فرمولاسیون و تولید آزمایشگاهی پخشینه با ۴۰٪ چربی و مقدار اسیدهای چرب ترانس کمتر از ۱٪ به روش مخلوط

شده در ظرف استیل ریخته و در مخلوط یخ و آب نمک ( $10^{\circ}\text{C}$ ) قرار داده شد. عمل اختلاط به مدت ۱۵ دقیقه انجام شد، ابتدا با سرعت ۱۸۰ دور در دقیقه و سپس همزمان با تشکیل شبکه کریستالی، سرعت همزن به ۱۰۰ دور در دقیقه کاهش یافت. متناسب بودن ابعاد ظرف استیل با میله همزن موجب تراشیده شدن کامل کریستال‌های تشکیل شده در بدنه ظرف و مخلوط و یکنواخت کردن بافت محصول شد.

عدد پراکسید، عدد یدی، نقطه لغزش، درصد چربی و رطوبت روغنهای اولیه و پخشینه‌های کم‌چربی فرموله‌شده و شاهد اندازه‌گیری شد. ترکیب اسیدهای چرب موجود (تهیه متیل استر و تعیین درصد ترکیب اسیدهای چرب) با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگراف Varian مدل CP-3800، ستون CP-Splitte و آشکارساز (FID)، مقدار چربی جامد یا SFC با استفاده از دستگاه رزونانس مغناطیسی هسته‌ای (NMR Analyzer) مدل Bruker mq20-minispec، نفوذپذیری با استفاده از دستگاه نفوذسنج (Setamatic) مدل tanhope-seat انجام شد (۱۵-۱۱). تنش حد (yield value) نمونه‌ها مطابق فرمول Laia و همکاران تعیین شد (۱۶). کلیه آنالیزهای آماری توسط نرم افزار SPSS<sub>۱۳</sub> انجام شد.

### • یافته‌ها

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی روغنهای اولیه و پخشینه‌های کم‌چربی فرموله شده و شاهد در جداول ۱ تا ۴ نشان داده شده است. فاز روغنی F۳ و F۴ بیشترین و فاز روغنی F۵ و F۶ کمترین نقطه لغزش را داشتند. میانگین عدد یدی سه نوع فاز روغنی پخشینه‌ها به ترتیب ۸۵/۵۵، ۹۳/۴۴ و ۸۹/۱۶ بود (جدول ۱). البته اختلاف در عدد پراکسید سه فاز روغنی معنی‌دار بود ( $p < 0.05$ ). تمام پخشینه‌های کم‌چربی فرموله شده حدود ۴۰٪ چربی و حدود ۵۴٪ رطوبت داشتند و نمونه شاهد حدود ۸۰٪ چربی و ۱۴٪ رطوبت داشت. نتایج آنالیز واریانس اختلاف معنی‌داری را برای درصد چربی و رطوبت بین نمونه پخشینه‌های کم‌چربی و نمونه شاهد نشان داد ( $p < 0.05$ ).

شرکت فریکو، روغن پنبه‌دانه (عدد یدی ۱۰۱/۷۲) از شرکت نهان گل و فلیک سویا (عدد یدی ۳/۲۱ و نقطه لغزش  $68^{\circ}\text{C}$ ) از کارخانه پارس قو تهیه شد. تنها به روغنهای پالم استارین، پالم و پنبه دانه که آنتی‌اکسیدان نداشتند، به مقدار ۱۰۰ ppm، آنتی‌اکسیدان TBHQ افزوده شد. برای تهیه فاز روغنی نمونه‌ها به روش مخلوط کردن، روغن‌ها در دمای  $60^{\circ}\text{C}$  مخلوط و به مدت ۱۵ دقیقه در این دما نگهداری شدند. سپس امولسیفایرهای مونو و دی‌گلیسرید (۵٪) از شرکت Danisco دانمارک به بخشی از این مخلوط (۱۰٪) در دمای  $80^{\circ}\text{C}$  اضافه و سپس به مخلوط برگردانده شد. سایر ترکیبات محلول در چربی شامل بتاکاروتن (۰.۰۰۸٪) از شرکت Roche سوئیس، مخلوط ویتامین‌های A و D۳ (۰.۱٪) از شرکت Vitamin Mischung چین و طعم دهنده محلول در چربی (۱٪) از شرکت روبرته سیرجان اضافه و تا دمای  $45^{\circ}\text{C}$  خنک شدند. برای پایدار کردن فاز آبی از پایدارکننده‌های آلزینات سدیم (۱٪) از شرکت Kimica ژاپن و MWMS (۳٪) از شرکت National Starch آمریکا استفاده شد. علاوه بر این، از شیرخشک (۱٪) از کارخانه مغان ایران، کازئینات سدیم (۱٪) از شرکت کازئینات ایران، سوربات پتاسیم (۲٪) و نمک طعام (۵٪) از شرکت ایران املاح، اسید سیتریک (۰.۰۶٪) و طعم دهنده محلول در آب (۰.۱٪) از شرکت روبرته سیرجان استفاده شد. برای تهیه فاز آبی، دور بالای همزن به کار رفت و سپس در دمای  $80^{\circ}\text{C}$  به مدت ۲۰ تا ۳۰ دقیقه پاستوریزه و بلافاصله دمای آنها توسط بن‌ماری به  $45^{\circ}\text{C}$  کاهش داده شد. در این دما و درحالی که فاز روغنی به وسیله همزن هم زده می‌شد، محلول فاز آبی به آرامی به آن اضافه و به مدت ۵ دقیقه کاملاً مخلوط و یکنواخت شد.

برای سرد کردن و کریستاله کردن امولسیون تهیه شده از سیستم آزمایشگاهی طراحی شده شامل میکسر (با ۲۰۰۰ دور در دقیقه)، ظرف استیل ۵ لیتری، شفت همزن متناسب با ابعاد ظرف با جداره‌های تراشنده و یخدان پلاستیکی دوجداره ۴۰ لیتری حاوی مخلوط یخ و آب نمک، استفاده شد. در این مرحله، امولسیون تهیه

مقدار چربی نمونه‌های کم‌چربی، حدود ۵۰ درصد نسبت به نمونه شاهد (پخشینه پرچربی) کاهش نشان داد و به همان نسبت، مقدار رطوبت نمونه‌های کم‌چربی افزایش نشان داد (جدول ۲). مقدار نفوذ در F۱ و F۲ با فاز روغنی مشابه به ترتیب ۳۳/۲۰ و ۳۴/۲۰، در F۳ و F۴ به ترتیب ۴۳/۲۰ و ۴۴/۰۰ و در F۵ و F۶ به ترتیب ۱۹/۲۰ و ۲۱/۴۰ میلی‌متر به دست آمد. آزمون آماری (آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون توکی) بین میزان نفوذپذیری پخشینه‌های کم‌چربی و شاهد (۱۵/۶۰ mm)، اختلاف معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) نشان داد (جدول ۲).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی روغنهای اولیه و فاز روغنی نمونه‌های پخشینه کم‌چربی و شاهد

| ویژگی         |                  |                      |                |
|---------------|------------------|----------------------|----------------|
| نمونه         | عدد یدی (g/100g) | عدد پراکسید (meq/kg) | نقطه لغزش (°C) |
|               | Mean±SD          | Mean±SD              | Mean±SD        |
| پالم استتارین | ۳۸/۶۵ ±۰/۴۰      | *a.۰/۷۶ ±۰/۰۱        | ۴۹ ±۰/۰۰       |
| فلیک سویا     | ۳/۲۱ ±۰/۵۴       | a.۰/۸۷ ±۰/۱۴         | ۶۸ ±۰/۰۰       |
| پالم          | ۵۱/۴۳ ±۰/۰۸      | b.۰/۳۴ ±۰/۰۲         | ۳۵ ±۰/۰۰       |
| کانولا        | ۱۱۸/۴۰ ±۰/۴۱     | b.۰/۴۵ ±۰/۰۸         | -              |
| سویا          | ۱۲۴/۶۵ ±۱/۰۷     | a.۰/۸۹ ±۰/۰۱         | -              |
| پنبه دانه     | ۱۰۱/۷۲ ±۰/۶۸     | c۱/۵۵ ±۰/۰۳          | -              |
| F۷و F۲، F۱    | ۸۵/۵۵ ±۰/۲۲      | d.۰/۹۸ ±۰/۰۳         | ۳۷ ±۰/۰۰       |
| F۴و F۳        | ۹۳/۴۴ ±۰/۳۸      | e۱/۵۵ ±۰/۱۵          | ۴۰ ±۰/۰۰       |
| F۶و F۵        | ۸۹/۸۶ ±۰/۲۲      | d۱/۰۴ ±۰/۰۸          | ۲۸ ±۰/۰۰       |

حروف غیر یکسان، به معنی اختلاف آماری معنی دار در سطح  $p < 0.05$  در هر ستون است.

جدول ۲- برخی ویژگی‌های نمونه‌های پخشینه کم‌چربی و شاهد

| نمونه     | چربی (%)        | رطوبت (%)       | نفوذپذیری (میلی متر) | تنش حد           |
|-----------|-----------------|-----------------|----------------------|------------------|
| Mean±SD   | Mean±SD         | Mean±SD         | Mean±SD              | Mean±SD          |
| F۱        | *a ۳۸/۸۰ ± ۰/۲۰ | *a ۵۴/۶۶ ± ۰/۵۸ | *a ۳۳/۲۰ ± ۰/۳۰      | *a ۴۲۶/۲۶ ± ۱/۹۵ |
| F۲        | a ۳۹/۵۵ ± ۰/۵۸  | b ۵۳/۳۳ ± ۰/۵۷  | b ۳۴/۲۰ ± ۰/۲۰       | a ۴۳۱/۱۷ ± ۱۲/۴۲ |
| F۳        | a ۳۹/۹۳ ± ۰/۷۶  | b ۵۳/۵۰ ± ۰/۵۰  | c ۴۳/۲۰ ± ۰/۱۰       | b ۵۶۲/۰۴ ± ۲/۲۷  |
| F۴        | a ۳۹/۲۶ ± ۰/۴۵  | b ۵۴/۱۴ ± ۰/۲۲  | d ۴۴/۰۰ ± ۰/۱۰       | b ۵۶۱/۴۴ ± ۱۰/۹۶ |
| F۵        | a ۳۸/۸۳ ± ۰/۲۰  | c ۵۵/۳۳ ± ۰/۵۷  | e ۱۹/۲۰ ± ۰/۳۰       | c ۱۱۲/۸۶ ± ۱۰/۴۳ |
| F۶        | a ۴۰/۱۰ ± ۰/۶۰  | b ۵۲/۹۶ ± ۰/۸۳  | f ۲۱/۴۰ ± ۰/۳۰       | c ۹۸/۰۱ ± ۱۸/۲۷  |
| F۷ (شاهد) | b ۸۰/۲۳ ± ۰/۳۷  | d ۱۴/۲۷ ± ۰/۴۵  | j ۱۵/۶۰ ± ۰/۱۰       | d ۴۶۳/۲۴ ± ۳/۱۶  |

حروف غیر یکسان، به معنی اختلاف آماری معنی دار در سطح  $p < 0.05$  در هر ستون است.

شاهد به ترتیب ۴۲۶/۲۶، ۴۳۱/۱۲، ۵۶۲/۰۴، ۵۶۱/۴۴ و ۴۶۳/۲۴ بود (جدول ۲). نتایج آنالیز واریانس و آزمون توکی نشان داد که تنش حد F۱ و F۲، F۳، F۴ و F۵ و F۶ تفاوت معنی داری با هم نداشتند ( $p > 0.05$ ) ولی F۷ (شاهد) با نمونه‌های دیگر تفاوت معنی داری را نشان داد ( $p < 0.05$ ).

جدول ۳- ترکیب اسیدهای چرب فاز روغنی نمونه های پخشینه کم چربی و شاهد

| فاز روغنی |         |             | اسید چرب   |
|-----------|---------|-------------|------------|
| F۶ و F۵   | F۴ و F۳ | F۷ و F۲، F۱ |            |
| ۰/۰۵      | ۰/۰۷    | ۰/۰۷        | C ۱۲ : ۰   |
| ۰/۶۳      | ۰/۰۱    | ۰/۴۸        | C ۱۴ : ۰   |
| ۲۶/۸۲     | ۱۰/۷۲   | ۲۲/۵۳       | C ۱۶ : ۰   |
| ۰/۲۵      | ۰/۱۲    | ۰/۱۴        | C ۱۶ : ۱   |
| ۳/۶۶      | ۲۲/۸۳   | ۳/۵۷        | C ۱۸ : ۰   |
| ۳۴/۷۴     | ۱۹/۶۵   | ۴۲/۳۸       | C ۱۸ : ۱   |
| ۰/۱۵      | ۰/۲۸    | ۰/۱۵        | C ۱۸ : ۱ T |
| ۳۰/۸۱     | ۴۰/۵۲   | ۲۳/۴۷       | C ۱۸ : ۲   |
| ۰/۴۲      | ۰/۵۲    | ۰/۴۵        | C ۱۸ : ۲ T |
| ۱/۴۳      | ۳/۶     | ۳/۸۸        | C ۱۸ : ۳   |
| ۰/۱۱      | ۰/۵۸    | ۰/۲۸        | C ۲۰ : ۰   |
| ۰/۰۲      | ۰/۵۷    | ۰           | C ۲۰ : ۱   |
| ۰/۱۹      | ۰/۰۲    | ۰/۲۵        | C ۲۲ : ۰   |
| ۱/۳۷      | ۱/۳     | ۲/۳۷        | سایر       |

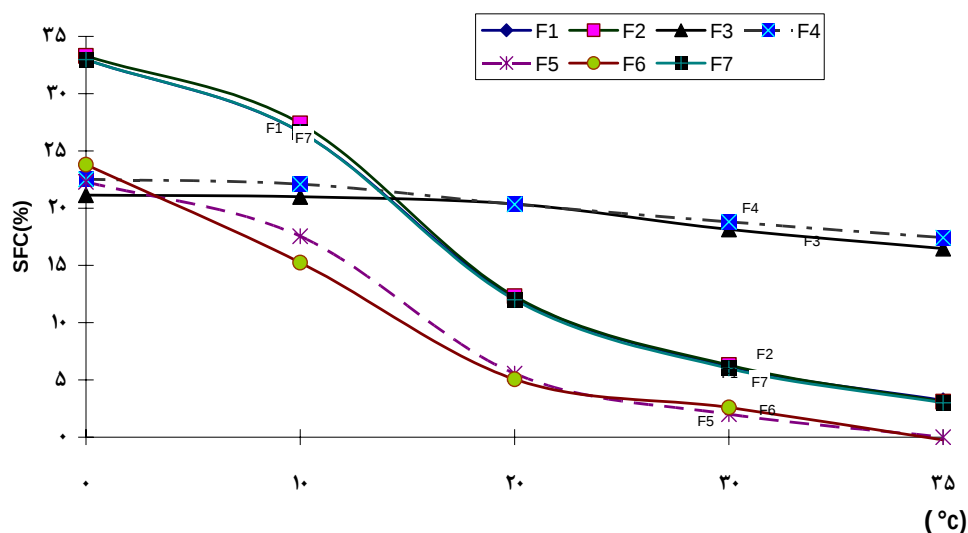
مجموع اسیدهای چرب ترانس در هر سه فاز روغنی فرموله شده مساوی یا کمتر از ۱٪ و ارزش تغذیه‌ای فرمول‌ها (P/S+T) در محدوده مطلوب ( $\geq 1$ ) بود. مجموع اسیدهای چرب اشباع (S) در F۳ و F۴ (۳۴/۲۴٪)، F۵ و F۶ (۳۱/۴۷٪) و F۱، F۲ و F۷ یا شاهد (۲۷/۱۷٪) اندازه‌گیری شد. مجموع اسیدهای چرب اشباع در فاز روغنی F۱، F۲ و F۷ کمتر از سایر فرمول‌ها و در فاز روغنی F۳ و F۴ بیشترین مقدار بود. میزان اسیدهای چرب چند غیر اشباعی (P) در F۳ و F۴ (۴۴/۱۲٪) بیشتر از F۵ و F۶ (۳۲/۲۵٪) بود و در F۱، F۲ و F۷ یا شاهد (۲۷/۳۵٪) کمترین بود. میزان اسیدهای چرب تک غیر اشباعی (M) ۴۲/۳۸٪ در F۱، F۲ و F۷، ۱۹/۶۵٪ در F۳ و F۴ و ۳۴/۷۴٪ در F۵ و F۶ بود (جدول ۳).

مقدار SFC نمونه‌ها در ۳۵°C به ترتیب ۷/۴۲، ۷/۶۹، ۱۶/۴۷، ۱۷/۴۲، صفر، ۰/۰۳ و ۷/۴۲ درصد بود. منحنی‌های مربوط به SFC فرمول‌های ۳ و ۴ در تمام دماها تقریباً برهم منطبق و دارای SFC نسبتاً ثابت بودند. این دو فرمول در نزدیکی دمای بدن (۳۷°C) هنوز دارای مقدار بالایی چربی جامد بودند. منحنی‌های مربوط به F۵ و F۶ نشان داد که این دو فرمول با دارا بودن SFC مطلوب، در نزدیکی دمای بدن، کاملاً ذوب شده و حاوی چربی جامد نیستند (جدول ۴ و شکل ۱). میانگین تنش حد نمونه‌ها در دمای ۲۰°C برای F۱، F۲، F۳، F۴ و

جدول ۴- میزان چربی جامد (SFC) نمونه های پخشینه کم چربی فرموله شده و شاهد

| مقدار چربی جامد (SFC) % |                |                |                |                 |                |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
| Mean±SD                 |                |                |                |                 |                |
| نمونه                   | ۰ °C           | ۱۰ °C          | ۲۰ °C          | ۳۰ °C           | ۳۵ °C          |
| F۱                      | a ۳۲/۹۸ ± ۰/۲۱ | a ۲۶/۶۷ ± ۰/۰۳ | a ۱۵/۸۸ ± ۰/۰۷ | a ۹/۴۰ ± ۰/۰۶   | a ۷/۴۲ ± ۰/۲۱  |
| F۲                      | a ۳۳/۳۰ ± ۰/۲۲ | b ۲۷/۴۰ ± ۰/۲۵ | b ۱۶/۰۶ ± ۰/۳۴ | b ۱۰/۰۶ ± ۱/۰۵  | a ۷/۶۹ ± ۰/۲۷  |
| F۳                      | b ۲۱/۱۵ ± ۰/۲۱ | c ۲۱/۰۰ ± ۰/۲۰ | c ۲۰/۳۶ ± ۰/۰۹ | c ۱۸/۱۵ ± ۰/۲۲  | b ۱۶/۴۷ ± ۰/۲۸ |
| F۴                      | c ۲۲/۵۲ ± ۰/۲۰ | d ۲۲/۰۹ ± ۰/۰۸ | c ۲۰/۳۴ ± ۰/۳۶ | d ۱۸/۸۰ ± ۱/۱۳  | c ۱۷/۴۲ ± ۰/۲۹ |
| F۵                      | c ۲۲/۳۰ ± ۰/۱۷ | e ۱۷/۵۵ ± ۰/۰۹ | d ۵/۵۴ ± ۰/۳۴  | e ۲/۰۰ ± ۰/۰۶   | d ۰/۰۰         |
| F۶                      | d ۲۳/۸۰ ± ۰/۱۳ | f ۱۵/۲۵ ± ۰/۲۲ | d ۵/۰۵ ± ۰/۱۵  | f ۲/۵۹ ± ۰/۰۴   | d ۰/۰۳ ± ۰/۰۱  |
| F۷ (شاهد)               | e ۳۲/۹۸ ± ۰/۱۰ | j ۲۶/۶۷ ± ۰/۰۸ | e ۱۵/۸۸ ± ۰/۱۰ | b ۹/۴۰ ± ۱/۰/۲۰ | a ۷/۴۲ ± ۰/۰۵  |

حروف غیر یکسان، به معنی اختلاف آماری معنی دار در سطح  $p < 0.05$  در هر ستون است.



شکل ۱- منحنی تغییرات میزان چربی جامد (SFC) نمونه های پخشینه کم چربی و شاهد بر حسب دما

تنش حد، نقطه لغزش و عدد پراکسید) چنین به دست آمد (جدول ۵):  $F4 > F3$  و  $F5 > F6$  و  $F1 > F2$  و  $F7 > F5$ .

رتبه بندی نمونه ها براساس ارزش تغذیه ای و ویژگی های فیزیکی و شیمیایی (SFC، نفوذ پذیری،

جدول ۵- رتبه بندی \* نمونه های پخشینه کم چربی و کم ترانس

| ویژگی           | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 | F7 (شاهد) |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|-----------|
| ارزش تغذیه ای   | ۱  | ۱  | ۳  | ۳  | ۲  | ۲  | ۱         |
| میزان چربی جامد | ۱  | ۱  | ۳  | ۳  | ۲  | ۲  | ۱         |
| نفوذ پذیری      | ۲  | ۲  | ۳  | ۳  | ۱  | ۱  | ۱         |
| تنش حد          | ۱  | ۱  | ۱  | ۱  | ۲  | ۲  | ۱         |
| نقطه لغزش       | ۱  | ۱  | ۳  | ۳  | ۲  | ۲  | ۱         |
| عدد پراکسید     | ۱  | ۱  | ۱  | ۱  | ۱  | ۱  | ۱         |
| جمع کل          | ۷  | ۷  | ۱۴ | ۱۴ | ۱۰ | ۱۰ | ۶         |

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

P/S+T

## • بحث

درصد مناسب دو پایدارکننده (۱٪ آلژینات سدیم و ۳٪ نشاسته اصلاح شده)، نمونه ها طبق شرایط بهینه به دست آمده فرموله و تولید شدند. میانگین عدد یدی و عدد پراکسید روغنهای سویا، کانولا و پنبه دانه در محدوده تعیین شده استاندارد ملی ایران قرار داشت (۱۷-۱۹). نتایج

با توجه به اهمیت کاهش مصرف چربی و اسیدهای چرب ترانس در رژیم غذایی، هدف این پژوهش، فرمولاسیون و تولید شش نمونه پخشینه کم چربی و کم ترانس و یک نمونه پخشینه پرچربی به عنوان شاهد در مقیاس آزمایشگاهی بود. برای این منظور، پس از تعیین

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی (عدد یدی، عدد پراکسید و نقطه لغزش) روغن‌های پالم استئارین و پالم با استاندارد مالزی و ایران و در مورد فلیک سویا با منابع علمی مطابقت داشت (۲۲-۲۰، ۱۰، ۸).

بررسی نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی فاز روغنی نمونه‌های فرموله شده نشان می‌دهد که میانگین عدد پراکسید و عدد یدی هر سه فاز روغنی در محدوده تعیین شده برای روغنهای مورد استفاده در مارگارین و پخشینه‌ها قرار دارد (۱۵). البته اختلاف در عدد پراکسید سه فاز روغنی، معنی‌دار است و علت آن، تفاوت معنی‌دار این ویژگی در روغنهای اولیه است. نقطه لغزش فاز روغنی F۱، F۲ و F۷ (۳۷°C)، F۵ و F۶ (۲۸°C) با حد تعیین شده برای روغنهای مورد استفاده در مارگارین (حداکثر ۳۷°C) مطابقت دارد، ولی نقطه لغزش فاز روغنی F۳ و F۴، ۴۰°C است. احتمالاً وجود اسید چرب استئاریک (۲۲/۸۳٪) باعث شده که نقطه لغزش آن از دو فاز روغنی دیگر بالاتر باشد. در مطالعه Laia و همکاران (۲۰۰۰) روی مارگارین‌های تهیه شده به روش آزمایشگاهی و مارگارین‌های کارخانه‌ای، نقطه لغزش بعضی از انواع مارگارین‌های آزمایشگاهی ۴۱°C گزارش شد (۱۵). از آنجا که استاندارد در زمینه ویژگی‌های پخشینه‌های کم‌چربی وجود ندارد و فقط در استاندارد ملی ایران (۱۶) برای مارگارین، عدد یدی حداقل ۷۵ تعیین شده است، هر سه فرمولاسیون از نظر ویژگی عدد یدی در این محدوده قرار می‌گیرند.

در مطالعات Aziz و همکاران در سال ۲۰۰۲ (۶) مشخص شد که مقدار اسیدهای چرب اشباع (S) در انواع مارگارین و پخشینه سخت به ۳۸/۷ درصد هم می‌رسد. نتایج گازکروماتوگرافی نمونه‌ها نشان داد که مجموع اسیدهای چرب اشباع در F۳ و F۴ از سایر فرمول‌ها بیشتر است و بعد از آن به ترتیب F۵، F۶، F۱، F۲ و F۷ (شاهد) قرار دارند. از آنجا که استاندارد ملی ایران، مقدار اسیدهای چرب اشباع را برای فاز روغنی مارگارین ۲۵٪ تعیین کرده است، F۱، F۲ و شاهد، مطلوب بوده و مطابق تحقیقات قبلی می‌باشند. مجموع اسیدهای چرب ترانس (T) هر سه نوع فاز روغنی، کمتر از ۱٪ بود که از وجود این ترکیبات در روغنهای اولیه ناشی می‌شود. ارزش تغذیه‌ای (P/S+T)

F۳ و F۴، ۱/۲۸، F۵ و F۶، ۱/۰۱ و F۱، F۲ و شاهد، ۰/۹۹ به دست آمد که نشان دهنده بالا بودن ارزش تغذیه‌ای در هر سه نوع فاز روغنی است. (۲۳، ۱۰، ۹، ۴). برای تعیین ویژگی قوام در نمونه‌ها از آزمون نفوذپذیری و عدد تنش حد استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که نوع و مقدار چربی، اثر قابل ملاحظه‌ای بر ویژگی‌های فیزیکی و قوام فراورده‌های چرب دارد، ولی نوع پایدارکننده اثر زیادی بر میزان نفوذپذیری نشان نداد (p>۰/۰۵)، مقدار نفوذپذیری بیشتر در F۳ و F۴ احتمالاً به دلیل وجود مقدار بالاتر اسیدلینولیک (۴۰/۵۲ درصد) و مخلوط بودن کریستال‌ها در آن به دلیل وجود فلیک سویا است که این ویژگی مانع از پیوستگی و کنار هم قرارگرفتن کریستال‌ها شده است و در نتیجه، بافت و ساختار شل حاصل می‌شود. این موضوع با نتیجه تحقیقات Noor Lida و سایر پژوهشگران مطابقت دارد (۲۴، ۸).

بعضی از انواع پایدارکننده‌ها مانند آلزینات سدیم از طریق تشکیل ژل، بافت و ساختار سفت‌تری در محصول ایجاد می‌کنند. در حالی که بعضی دیگر از پایدارکننده‌های مورد استفاده در پخشینه‌های کم‌چربی، مانند نشاسته و مشتقات آن از طریق افزایش ویسکوزیته و غلظت، نقش خود را ایفا می‌کنند (۲۷-۲۵، ۸).

مقدار چربی جامد (SFC) در دماهای مختلف، نشان دهنده بافت، شکل ظاهری و ویژگی‌های ارگانولپتیکی فراورده در آن دماست. محققان، مقدار SFC در محدوده ۴-۱۰°C را که بیانگر ویژگی‌های ظاهری، بافت و قابلیت پخش شدن محصول است، کمتر از ۳۳٪ (مقدار مطلوب ۲۶-۲۲٪) پیشنهاد کرده‌اند (۲۴، ۱۰، ۸، ۷). SFC همه نمونه‌ها (پخشینه کم‌چربی و شاهد) در محدوده مناسب قرار دارند. SFC بیشتر از ۱۰٪ در ۲۲-۲۰°C نشان دهنده مقاومت و پایداری محصول در دمای اتاق و عدم پس‌دادن چربی است. از این رو، نمونه‌های F۱، F۲، F۳، F۴ و F۷ (شاهد)، ویژگی مناسب را دارند، ولی نمونه‌های F۵ و F۶ (SFC به ترتیب ۵/۵۴ و ۵/۰۸) در حد مطلوب نبودند و در دمای محیط شکل و قوام خود را از دست می‌دهند. این نتیجه با نقطه لغزش به دست آمده

حد کمتر از ۲۰۰ محصولاتی نرم و قابل پخش شدن هستند، به طوری که پس از خروج از یخچال، نرم هستند، در حالی که در دمای محیط، بافت بسیار نرمی پیدا می‌کنند.

مقایسه نتایج به دست آمده با پژوهشهای گذشته نشان می‌دهد که قابلیت پخش شدن نمونه‌ها رضایت بخش و مناسب است. این ویژگی به نمونه این توانایی را می‌دهد که پس از بیرون آوردن از یخچال، با حفظ کیفیت (شکل ظاهری، بافت و قوام) بتوان آنها را روی نان پخش کرد (۲۷، ۷). تنش حد F۵ و F۶ به ترتیب ۱۱۲/۱۰ و ۹۸/۰۱ بود. این مقادیر در محدوده محصولات نرم و با قابلیت پخش شدن (کمتر از ۲۰۰) هستند (۲۷، ۷). به طور کلی، نوع فاز روغنی، اثر قابل ملاحظه‌ای بر میزان تنش حد و قابلیت پخش شدن محصول دارد.

رتبه‌بندی نمونه‌ها بر اساس ارزش تغذیه‌ای و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی (SFC، نفوذ پذیری، تنش حد، نقطه لغزش و عدد پراکسید) به ترتیب عبارت است از: F۴ و F۳ > F۵ و F۶ > F۱ و F۲ > F۷.

با در نظر گرفتن هزینه‌های بالای فرایند هیدروژناسیون و اثرات مصرف نوع و میزان چربیها بر سلامت و بهداشت جامعه و با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، می‌توان F۱ و F۲ را به عنوان فرمول‌های برتر جهت ادامه کار پیشنهاد نمود.

### سپاسگزاری

از مسئولان محترم انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور برای تامین بودجه مورد نیاز طرح، آزمایشگاه ملی دانه‌های روغنی و زیتون مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر برای انجام آزمون GC، از شرکت بهینه وزین (مهگل) برای در اختیار گذاشتن اکثر مواد افزودنی و ظروف بسته بندی، از سفارت مالزی به خاطر تامین روغنهای پالم و پالم استئارین، از شرکت نوین پونه برای تهیه روغن پنبه دانه و از شرکت کشت و صنعت شمال برای راهنمایی در تولید نمونه‌های پخشینه، سپاسگزاری می‌شود.

(۲۸°C) همسویی دارد. از آنجا که مقدار SFC در این محدوده دمایی، برای مارگارین بین ۱۳ تا ۱۷٪ توصیه شده است (۲۸، ۲۷، ۱۰، ۸) نمونه پخشینه شاهد تولیدی نیز در محدوده مناسب (۱۵/۸۸٪) است.

مقدار SFC در ۳۳-۳۵°C ویژگی ذوب شدن در دهان و آزاد کردن طعم محصول را نشان می‌دهد. SFC بیشتر از ۵٪ بیانگر وجود مقادیر زیادی چربی ذوب نشده در دمای دهان است که منجر به ایجاد حالت گریسی و احساس بد در دهان می‌شود. مقادیر بالای SFC در ۳۵°C برای F۳ و F۴ و بالا بودن اسید چرب استئاریک (۲۲/۸۳ درصد) در آنها، باعث ایجاد حالت مومی در دهان می‌شود. نتایج به دست آمده برای فرمولهای F۳ و F۴ در دمای ۳۵°C با نتایج تحقیقات Rajah و List مطابقت دارد (۲۳، ۱۰). آنها به این نتیجه دست یافتند که اینتراستریفیکاسیون، بهترین روش برای حل این مشکل و اصلاح خصوصیات مخلوط روغن‌های کاملاً هیدروژنه (فلیک) و روغن‌های مایع است. مقادیر SFC در F۵ و F۶ به دلیل وجود اسیدهای چرب لینولئیک (۳۰/۸۱٪) و اولئیک (۳۴/۷۴٪) بسیار پایین و مطلوب بود که اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد دارد (۰/۰۵ < p). به عبارت دیگر، این دو نمونه در دمای محیط، ویژگی لازم را ندارند، ولی در دمای بدن به علت ذوب شدن کامل و ایجاد احساس مطلوب دهانی نسبت به سایر نمونه‌ها برتری دارند (۲۱).

با توجه به اینکه SFC نمونه‌های F۱، F۲، F۵، F۶ و شاهد در دمای ۳۵°C در حد مطلوب است و در دمای ۲۰°C (دمای محیط) هم فرمول‌های F۱، F۲ و F۷ SFC مطلوب و مناسبی دارند، می‌توان این سه نمونه را هم در دمای محیط و هم در دمای بدن مناسب تشخیص داد.

Karabulut و Turan در سال ۲۰۰۵ در مطالعات خود روی بعضی خصوصیات مارگارین‌های تجارتي نشان دادند که برای قابلیت پخش شدن مناسب و حفظ کیفیت پخشینه، تنش حد مطلوب ۲۰۰ تا ۸۰۰ است که با این تنش حد می‌توان آنها را پس از خارج کردن از یخچال روی نان مالید، به طوری که شکل و ظاهر آنها در دمای اتاق هم حفظ می‌شود (۲۸). نمونه‌های با تنش حد بیشتر از ۱۰۰۰ قابلیت پخش خوبی ندارند و نمونه‌های با تنش

## • References

۱. زندی پروین، احمدی میترا، خوش طینت خدیجه، رکنی علیرضا، سالار کیا ناهید، شایباز مهناز و همکاران. گزارش وضعیت روغنهای خوراکی در ایران. تهران: انتشارات دبیرخانه شورای غذا و تغذیه کشور، ۱۳۸۲. ص ۱۷-۵۵.
۲. نقوی، محسن. سیمای مرگ و میر در هجده استان کشور در سال ۱۳۸۰، تهران: انتشارات تندیس. ۱۳۸۲، ص ۱۰۰-۱۰۳.
3. Abeywardena M. Dietary fats, carbohydrates and vascular disease: Sri Lankan perspectives, *Atherosclerosis*. 2003; 171:157-161.
4. Hunter EJ. Dietary levels of trans-fatty acids: basis for health concerns and industry efforts to limit use, *Nutr. Res*. 2005;25:499-513.
5. Kelishadi R, Hashemi Pour M, Sarraf Zadegan N, Kahbazi M, Sadry G, Amani A et al. Dietary fat intake and lipid profiles of Iranian adolescents: Isfahan healthy heart program – heart health promotion from childhood, *Prev Med*. 2004; 39:760-766.
6. Aziz T, Melih C, Hulya K, Muammer K. Trans fatty acid and solid fat content of margarines marketed in Turkey. *JAOCS*. 2002; 79(5):443-445.
7. Chrysan MM: Margarine and spreads. In: Shahidi F, editor. *Bailey's industrial oil and fat product*, 6<sup>th</sup> ed. Vol.4, John Wily & Sons, Inc 2005:33-83.
8. O'Brien R D Fats and oils: formulating and processing for applications. 2<sup>nd</sup> ed, New York CRC Press; 2004 p:235-474.
9. FAO/WHO. Food standard program, Codex Alimentarius Commission. *Fats, Oils and related products*, 2<sup>nd</sup> ed, FAO/WHO, 1993.
10. Rajah KK. *Fats in food technology*. London: Sheffield Academic Press; 2002. p.192-274.
11. AOAC. *Official methods of analysis*: 16<sup>th</sup> ed, 3<sup>th</sup> Revision, Methods 920.158, 1997.
12. AOCS. *Official methods and recommended practices*, 5<sup>th</sup> ed, edited by D. Firestone, Methods: Cc16-20, Cd 16-81, Cd 1c-85, Cd 8-53: 1989.
13. ISO, Milk fat preparation of fatty acid methyl esters, ISO 15884, 2002.
14. ISO, Milk fat determination of fatty acid composition by gas-liquid chromatography, ISO 15885, 2002.
15. Laia OM, Ghazalia HM, Cho F, et al. Physical and textural properties of an experimental table margarine prepared from lipase-catalysed transesterified palm stearine : palm kernel olein mixture during storage. *Food Chem*. 2000;71:173-179.
۱۶. استاندارد مارگارین (کره نباتی)، شماره ۱۴۳، کرج: موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۸.
۱۷. استاندارد ویژگی‌های روغن سویا. شماره ۲۳۹۲، کرج: موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۰.
۱۸. استاندارد ویژگی‌های روغن کلزای خوراکی. شماره ۴۹۳۵، کرج: موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۸.
۱۹. استاندارد ویژگی‌های روغن تخم پنبه. شماره ۱۷۲۳، کرج: موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۰.
20. Malaysian Standard of Palm stearin. MS – 814.1994.
۲۱. استاندارد ویژگی‌های روغن پالم. شماره ۴۴۶۷، کرج: موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۶.
22. Malaysian Standard of Palm oil. MS – 813.1991.
23. List GR, Decreasing trans and saturated fatty acid content in food oil, *Food Technol*. 2004;58(1):23-31.
24. Noor Lida HMD, Ali AR. Physicochemical characteristics of palm based oil blend for the production of reduced fat spreads. *JAOCS*, 1998; 75 (11):1625-1631.
25. Krawczyk GS, Buliga TD, Bertrand WM, et al. Reviewing the technology of low fat spreads. *Inform*, 1996;7(6):635-641.
26. Huizinga H, Van Immerseel AR, Pelen EG. Edible emulsion spread. US Patent: 20030099755. 2003.
27. Clemens KD, Sanderson GR. Use of gums in low fat spreads, *Inform*, 1996;7(6):630-635.
28. Karabulut I, Turan S. Some properties of margarines and shortening marketed in Turkey, *J. Food Compos. Anal*. 2005;19(1): 55-58.
29. Reddy PR. Fat continues spread and process for making the same. US Patent :6,045,853. 2000.