



تأثیر درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی خامه صبحانه

علیرضا شهاب لواسانی<sup>۱\*</sup>، علی منصوری<sup>۲</sup>

۱. دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
<b>تاریخ های مقاله :</b> تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۶/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۲/۱۹	در این تحقیق یک نوع خامه مطابق با روش استاندارد با درصد های متفاوت چربی و فشار های متفاوت هموژنیزاسیون تولید شد تیمارها شامل، T <sub>1</sub> : حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T <sub>2</sub> : حاوی ۳۰٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T <sub>3</sub> : حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار، T <sub>4</sub> : حاوی ۳۰٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار و T <sub>5</sub> به عنوان تیمار شاهد: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۵۰ بار. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد تیمار های با درصد چربی بالاتر دارای اسیدیته (دورنیک) بیشتر و pH پایین تر و تیمار های با چربی کمتر و فشار هموژنیزاسیون کمتر دارای ماده خشک بیشتر و تیمار های با فشار هموژنیزاسیون بالاتر آب اندازی بیشتری نشان داد. نتایج حاصل از ویژگی های رئولوژیکی نشان داد که با افزایش درصد چربی و کاهش فشار هموژنیزاسیون شاخص های رئولوژیک نظیر G' و G'' افزایش و همزمان با افزایش G' ویسکوزیته نیز افزایش یافت همچنین تانژانت افت در زمانی که G' افزایش پیدا کرد کاهش یافت. رنگ سنجی نشان داد که نمونه های با چربی بیشتر دارای زردی بیشتر نسبت به سایر تیمارها می باشد. ارزیابی حسی نشان داد که نمونه های با چربی بالاتر و فشار هموژنیزاسیون بالاتر بیشتر مورد پذیرش ارزیابان حسی واقع شدند. بر مبنای نتایج ذکر شده فوق تیمار T <sub>4</sub> با ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۲۰۰ بار به عنوان بهترین تیمار از میان سایر تیمارها انتخاب شد.
<b>کلمات کلیدی:</b> خامه، خصوصیات رئولوژیکی، خصوصیات فیزیکوشیمیایی، رنگ سنجی، هموژنیزاسیون.	
DOI:10.22034/FSCT.21.156.1. *مسئول مکاتبات: shahabam20@yahoo.com	

## ۱- مقدمه

با گلوبولهای چربی خامه غیر هموزنی‌زده نسبت داده می‌شود (Katouzian et al., 2016). بررسی خصوصیات رئولوژیکی خامه در کنترل کیفیت این مواد در طول فرایند، انتقال و نگهداری حائز اهمیت است. از طرف دیگر، آزمون‌های رئولوژیکی به تولیدکننده این امکان را می‌دهد که محصول با قوام کافی و بافت مناسب تولید کند. بررسی خواص رئولوژیک دینامیک خامه برای تعیین پارامترهایی همچون مدول الاستیک ( $G'$ ) و مدول ویسکوز ( $G''$ ) می‌باشد. این دو پارامتر تشکیل دهنده پارامتر دیگری به نام مدول کمپلکس ( $G^*$ ) می‌باشند. هم‌چنین، برای ارزیابی رفتار شبه مایع و شبه جامد امولسیون‌ها از تانژانت افت ( $\tan\alpha$ ) استفاده می‌گردد. در این تحقیق جهت تغییر خصوصیات رئولوژیکی خامه صبحانه اثر تغییر فشار هموزنی‌زاسیون و درصد چربی مورد مطالعه قرار گرفت. بنابراین هدف از تحقیق حاضر تأثیر درصد چربی و فشار هموزنی‌زاسیون بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی خامه صبحانه می‌باشد.

## ۲- مواد و روش‌ها

## روش تولید خامه صبحانه

برای تولید نمونه‌های خامه حاوی ۲۵ و ۳۰ درصد چربی، با استفاده از مربع پیرسون مقادیر مناسب از شیر ۲/۵ درصد و خامه‌های حاوی ۳۰ و ۳۶ درصد چربی، محاسبه و باهم مخلوط شدند. بدین ترتیب خامه‌های با درصد چربی ۲۵ و ۳۰ درصد تهیه گردید و سپس تحت فرایند هموزنی‌زاسیون با فشارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ بار همگن شدند و تحت فرایند پاستوریزاسیون با دمای  $90^{\circ}\text{C}$  و مدت زمان ۳۰ S فراوری شد. بعد از اتمام پاستوریزاسیون، دمای خامه به  $70-60^{\circ}\text{C}$  درجه سانتیگراد رسانده و در ظروف مخصوص بسته بندی شد و نمونه‌های خامه تولیدی به منظور انجام آزمون‌ها در یخچال قرار گرفتند.

چاقی، سلامت مردم در کشورهای در حال توسعه و صنعتی را به شدت تهدید نموده است. امروزه یک سوم مردم دنیا چاق محسوب می‌شوند. چاقی منجر به بیماریهایی همانند دیابت نوع دو، گرفتگی عروق و انواع خاصی از سرطان می‌شود. کاهش میزان چربی در رژیم غذایی، روش خوبی برای مدیریت میزان مصرف چربی می‌باشد بر همین اساس تقاضا برای محصولات کم چرب به طور مداوم در حال افزایش است (Orouji et al., 2017). در این میان، تولید و توسعه محصولات لبنی با چربی کاهش یافته، از جمله خامه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. با این حال، مصرف کنندگان، اغلب محصولات با محتوای چربی کاهش یافته را به عنوان محصولی فاقد کیفیت رضایت بخش تلقی می‌کنند. کاهش مقدار چربی، ویژگیهای رئولوژیکی، ارگانولپتیکی، احساس دهانی و بافت را به گونه‌ای منفی تحت تأثیر قرار می‌دهد. اخیراً مطالعاتی در جهت تولید محصولات رژیمی کم چربی به ویژه محصولات لبنی رژیمی صورت گرفته است. از جمله فرآورده‌هایی که جهت حذف و یا کم کردن چربی مورد بررسی قرار گرفته خامه است. از آن جایی که چربی یکی از ترکیبات مهم و موثر در بافت خامه است افراد چاق به خصوص بیماران قلبی در مصرف آن دچار مشکل هستند. تولید خامه کم چرب به شرط حفظ خصوصیات مورد پسند مصرف کننده علاوه بر جنبه‌های بهداشتی بازار خوبی را برای تولیدکنندگان فراهم خواهد کرد. لیکن کاهش چربی اثرات منفی بر خواص کیفی خامه کم کالری دارد، لذا تولید خامه‌های کم کالری مستلزم کاهش یا حذف چربی بدون ایجاد تغییر قابل ملاحظه و محسوس در خصوصیات مورد انتظار مصرف کننده خواهد بود. فرآیند هموزنی‌زاسیون می‌تواند با تأثیر منفی بر عملیات زدن خامه سبب افزایش مدت زمان زدن و کاهش افزایش حجم محصول نهایی گردد. دلیل این پدیده به کاهش تمایل غشا گلوبولهای چربی هموزنی‌زده شده که از کازئین تشکیل شده اند به جذب سطحی بر سطح مشترک حبابهای هوا و نیروی برشی القاء شده در مقایسه

## اندازه گیری pH

pH نمونه های خامه با روش استاندارد شماره ۲۸۵۲ ایران در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد تعیین گردید (INSO<sup>1</sup>-2852,1987).

## اندازه گیری اسیدیته برحسب دورنیک

آزمون تعیین اسیدیته، مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۲۸۵۲، تعیین اسیدیته و pH شیر و فراورده های آن انجام گردید. مقدار ۱۰ میلی لیتر از نمونه ها با معرف فنل فتالئین و سدیم هیدروکسید ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ صورتی تیترا شد و نتایج بر حسب درصد اسید لاکتیک گزارش گردید (INSO-2852, 1987).

## اندازه گیری ماده خشک

ابتدا یک ظرف شیشه ای یا استیل ضد زنگ به مدت ۲۰ ساعت درون آن ۱۰۵ درجه سانتیگراد خشک شده و پس از انتقال به دسیکاتور حاوی ماده جاذب رطوبت خنک گردید. پس از خنک شدن ظرف را با ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین گردید و حدود ۳ گرم نمونه خامه کاملاً مخلوط شده در آن توزین گردید. ظرف را به آن با دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد منتقل شد و پس از ۳ ساعت در دسیکاتور خنک کرده و توزین گردید. این کار در فواصل زمانی ۲۰ دقیقه ای پس از ۳ ساعت نیز انجام گردید تا بعد از دو مرتبه توزین به عدد ثابتی رسیده شود (INSO-11328, 2008). سپس مطابق معادله ۱، درصد ماده خشک محاسبه گردید.  
معادله ۱:

$$100 \times \frac{\text{وزن ثانویه} - \text{اولیه وزن}}{\text{وزن نمونه}} = \text{درصد ماده خشک}$$

## اندازه گیری چربی خامه

اندازه گیری چربی خامه مطابق با روش استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۱ انجام شد (INSO-191, 2010).  
اندازه گیری سینرزیس (آب انداختگی)

برای اندازه گیری میزان سینرزیس و پایداری امولسیون خامه نسبت به دو فاز شدن، ۱۰ میلی لیتر از نمونه خامه در لوله آزمایشگاهی مدرج ریخته شد و در دستگاه سانتیفریوژ (Heraeus، آلمان) با سرعت ۴۰۰۰ rpm به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده شد. حجم فاز آبی جدا شده از خامه، بر حسب درصد ارائه شد. این آزمایش در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد انجام پذیر (Siamak & Jafapour, 2022).

## آزمون های رئولوژیکی خامه

اندازه گیری ویسکوزیته و خواص رئولوژیکی شامل مدول ذخیره G'، مدول افت G''، تانژانت افت tanα و ویسکوزیته μ پس از زدن خامه و رسیدن به حداکثر افزایش حجم توسط رئومتر (Bohlin Gemini HR<sup>Nano</sup>، مالورن<sup>۲</sup>، انگلستان) با صفحه<sup>۳</sup> موازی شماره ۵ انجام شد. آزمون ها در دمای ۱۰°C انجام شد. جهت اندازه گیری ویسکوزیته و خواص رئولوژیکی، حدود ۱۰ میلی لیتر از خامه زده شده روی صفحه دستگاه رئومتر قرار داده شد و خواص رئولوژیکی نمونه ها اندازه گیری گردید (Katouzian et al., 2016).

## ارزیابی رنگ

برای ارزیابی رنگ نمونه ها، نمونه های خامه در جعبه با دیواره های سفید با ابعاد (۵۰×۵۰×۵۰cm<sup>3</sup>) قرار داده شدند. درون جعبه از یک لامپ فلورسنت کم مصرف با توان ۲۰ وات با نور سفید استفاده شد. توزیع نور درون جعبه کاملاً یکنواخت بوده و عکس برداری به وسیله یک دوربین دیجیتالی (مدل Cannon power shot A 540، ژاپن) با فاصله ۳۰ سانتیمتر از نمونه و عمود بر آن درون جعبه انجام پذیرفت. تصاویر بدست آمده به نرم افزار فتوشاپ ۸ منتقل شد و مولفه های رنگ (a\*، b\* و L\*) آن ها بدست آمد، مولفه رنگ L\* بیانگر روشنایی، a\* نشان دهنده میزان سبزی و قرمزی و مولفه رنگ b\* میزان آبی و زردی را نشان می دهد (Siamak & Jafapour, 2022).

## ارزیابی حسی

ارزیابی ویژگی های حسی توسط ۱۵ نفر از ارزیاب، که خصوصیات حسی مورد نظر برای آن ها تبیین گردید، انجام شد. ویژگی مورد آزمون شامل رنگ، بافت، طعم و مزه و پذیرش کلی می باشند. آزمون در مقیاس هدونیک پنج نقطه ای و مبتنی بر روش امتیاز دهی یک تا ۵، طراحی گردید امتیاز یک به منزله بدترین نمونه، امتیاز ۲ به منزله نمونه ضعیف، ۳ به منزله نمونه متوسط، ۴ به منزله نمونه خوب و ۵ به منزله نمونه بسیار خوب می باشد (Siamak & Jafapour, 2022)

## ارزیابی ریز ساختار خامه

ارزیابی ریزساختار خامه به وسیله میکروسکوپ الکترونی (SEM) (مدل VEGA11، ساخت شرکت TESCAN، جمهوری چک) عکس برداری انجام شد. برای جلوگیری از ایجاد تغییر در نمونه، نمونه ها در دستگاه خشک کن تحت خلاء، خشک و به مدت ۳۰۰ ثانیه در دستگاه طلا افشانی با طلا پوشش داده شدند (دستگاه پوشش طلا، K450X، ساخت شرکت EM Technologies LTD، کشور انگلستان) پس از قرار دادن نمونه ها در داخل میکروسکوپ و ایجاد خلاء بمباران الکترونی با 3KV انجام گرفت و تصاویری با بزرگنمایی ۱۰۰۰ تهیه شدند (Baghdadi et al., 2017).

## تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی می باشد جهت تشخیص معنی دار بودن  $P < 0.05$  یا عدم معنی دار بودن  $P > 0.05$  تیمارها از تجزیه واریانس یک طرفه استفاده شد. مقایسه میانگین ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام گردید و برای هر نمونه سه تکرار در نظر گرفته شد، تیمارهای مورد استفاده در تحقیق به شرح ذیل می باشند:

تیمارها شامل، T<sub>1</sub>: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T<sub>2</sub>: حاوی ۳۰٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T<sub>3</sub>: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار، T<sub>4</sub>: حاوی ۳۰٪ چربی و فشار

هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار و T<sub>5</sub> به عنوان تیمار شاهد:

حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۵۰ بار

## ۳- نتایج و بحث

## تغییرات pH در خامه با درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون متفاوت

بالاترین pH مربوط به تیمار T<sub>4</sub> حاوی ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار و کمترین میزان pH مربوط به تیمار T<sub>1</sub> حاوی ۲۵ درصد چربی و هموژنیزاسیون ۱۰۰ بار و T<sub>3</sub> حاوی ۲۵ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۲۰۰ بار و T<sub>5</sub> حاوی ۲۵ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۱۵۰ بار می باشد و از نظر مقدار pH تیمار T<sub>1</sub> و T<sub>3</sub> همانند تیمار شاهد (T<sub>5</sub>) می باشد (جدول ۱).

pH خامه های تولیدی ناشی از اسیدهای چرب آزاد و تخمیر لاکتوز شیر و تولید اسید لاکتیک می باشد که در نتیجه فرآیند پاستوریزاسیون و حذف میکروارگانیسم های تخمیر کننده لاکتوز تولید اسید لاکتیک متوقف می گردد و از طرفی با افزایش فشار هموژنیزاسیون به علت تأثیر منفی فشار بالا بر روی میکروارگانیسم های طبیعی موجود در خامه قدرت تولید اسید لاکتیک کاهش می یابد. در این مطالعه تیمارهایی که حاوی چربی ۳۰ درصد بودند دارای اسیدیته بالاتری نسبت به تیمارهای حاوی ۲۵ درصد چربی بودند که ناشی از تراکم اسیدهای چرب بیشتر در این تیمارها می باشد. نتایج این تحقیق با نتایج بدست آمده توسط اروجی و همکاران در سال ۱۳۹۶ مطابقت داشت. این محققان علت افزایش اسیدیته خامه را به افزایش درصد چربی خامه نسبت داده بودند (Orouji et al., 2017). علت دیگر را می توان به این موضوع نسبت داد که پراکندگی فاز چربی با بالا رفتن دما افزایش یافته و ویسکوزیته کاهش می یابد در نهایت سختی خامه کاهش یافته و این تغییر تا حدی برای بافت خامه نامطلوب و سبب افزایش سرم دهی خامه گردید و در نتیجه مقداری از اسیدهای موجود در بستر چربی خارج شده و سبب افت نسبی اسیدیته و افزایش pH نمونه ها گردید (Katouzian et al., 2016).

## تغییرات اسیدیته

اندازه ذرات افزایش می یابد سبب بالا رفتن ویسکوزیته خامه می گردد و این عامل باعث پایداری بیشتر بافت خامه شده و از خروج سرم جلوگیری می کند در نتیجه ترکیبات همراه سرم کمتر از دست داده می شوند و افت کمتر درصد ماده خشک سبب گردید. بدیهی است با افزایش درصد چربی انتظار داشته باشیم که درصد ماده خشک افزایش یابد ولی فشار هموژنیزاسیون به عنوان موثر بر پایداری و قوام خامه بر انتقال اجزای خامه به وسیله فاز سرمی موثرتر است (Katouzian et al., 2016). نتیجه این تحقیق با نتیجه تحقیق انجام شده توسط کاتوزیان و همکاران در سال ۱۳۹۵ مطابقت داشت (Katouzian et al., 2016).

#### تغییرات درصد چربی

بالاترین میزان درصد چربی مربوط به تیمار T<sub>2</sub> و T<sub>4</sub> (۱۰/۵۶) به ترتیب حاوی ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۱۰۰ بار و ۲۰۰ بار می باشد و کمترین درصد چربی مربوط به تیمارهای T<sub>1</sub>، T<sub>3</sub> و T<sub>5</sub> حاوی ۲۵ درصد چربی و فشارهای هموژنیزاسیون ۱۰۰ بار، ۲۰۰ بار و ۱۵۰ بار می باشد و تیمارها T<sub>1</sub> و T<sub>3</sub> از نظر درصد چربی همانند تیمار شاهد T<sub>5</sub> بودند. درصد چربی به عنوان یک پارامتر از پیش تنظیم شده و استاندارد شده در نظر گرفته شد (جدول ۱). بدیهی است تیمارها از نظر متغیر درصد چربی بر مبنای نمونه های عرضه شده به بازار مورد تحقیق قرار گرفتند و عاملی که میزان چربی را تغییر بدهد مد نظر نبود.

#### تغییرات درصد سینرزیس

بالاترین درصد سینرزیس مربوط به تیمار T<sub>2</sub> و T<sub>4</sub> به ترتیب حاوی ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۱۰۰ بار و ۲۰۰ بار می باشد کمترین میزان درصد سینرزیس مربوط به تیمار T<sub>1</sub> حاوی ۲۵ درصد چربی و هموژنیزاسیون ۱۰۰ بار می باشد. از نظر درصد سینرزیس نزدیکترین تیمار به تیمار شاهد تیمار T<sub>3</sub> حاوی ۲۵ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۲۰۰ بار می باشد (جدول ۱). یکی از مهمترین مسائل در تولید خامه، مقدار آب اندازی پس از تولید می باشد که پذیرش و قابلیت مصرف آنرا پایین می آورد. با کاهش چربی در فرمولاسیون خامه، مقدار آب اندازی آن افزایش

بالاترین اسیدیته بر حسب دورنیک مربوط به تیمار T<sub>1</sub> (۱۱/۰۳) حاوی ۲۵ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۱۰۰ بار و کمترین اسیدیته بر حسب دورنیک مربوط به تیمار T<sub>2</sub> و T<sub>4</sub> (۱۰/۵۶) به ترتیب حاوی ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۱۰۰ بار و ۲۰۰ بار می باشد و نزدیکترین تیمار به تیمار شاهد تیمار T<sub>3</sub> حاوی ۲۵ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۲۰۰ بار می باشد. به موازات تغییرات pH، اسیدیته نیز تغییر یافت (جدول ۱). علت بالاتر بودن اسیدیته تیمار T<sub>1</sub> با چربی و فشار هموژنیزاسیون پایین تر این است که در هموژنیزاسیون با فشار بالا، گویچه های کوچک چربی تشکیل می گردد. پراکندگی فاز چربی با بالا رفتن دما افزایش یافته و ویسکوزیته کاهش می یابد در نهایت سختی خامه کاهش یافته و این تغییر تا حدی برای بافت خامه نامطلوب و سبب افزایش سرم دهی خامه می گردد و در نتیجه مقداری از اسیدهای موجود در بستر چربی خارج شده و سبب افت نسبی اسیدیته و افزایش pH نمونه ها گردید (Katouzian et al., 2016).

#### تغییرات درصد ماده خشک

بالاترین درصد ماده خشک در بین تیمارهای مختلف مربوط به تیمار T<sub>2</sub> حاوی ۲۵ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۱۰۰ بار ۳۸/۱۳٪ می باشد و پایین ترین میزان درصد ماده خشک مربوط به تیمار شاهد T<sub>5</sub> حاوی ۲۵ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۱۵۰ بار می باشد و نزدیکترین تیمار به تیمار شاهد از نظر درصد ماده خشک تیمار T<sub>1</sub> حاوی ۲۵ درصد چربی و هموژنیزاسیون ۱۰۰ بار می باشد (جدول ۱). ماده خشک حاوی چربی، پروتئین، لاکتوز و مواد معدنی می باشد. طبیعتاً هرچه قدر عناصر سازنده ماده خشک تغییر یابد به همان نسبت درصد ماده خشک نیز تغییر می کند. در بین تیمارهای مورد مطالعه تیمار T<sub>2</sub> علی رغم چربی ۲۵ درصد و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار دارای بیشترین درصد ماده خشک است زیرا هرچه قدر فشار هموژنیزاسیون پایین تر باشد سختی خامه افزایش یافت زیرا گویچه های درشت تری تشکیل می گردد که هرچه قدر

یافت که به کاهش مقاومت مکانیکی شبکه پروتئینی مربوط است. غنی سازی با ماده خشک و همچنین افزودن هیدروکلوئیدها روشی متداول برای ممانعت از آب اندازی می باشد. کاهش فشار هموژنیزاسیون به دلیل ایجاد بافت با پایداری بالا و قوام مناسب به عنوان جاذب آب عمل کرده و

با گیر انداختن آب، از خروج آب جلوگیری می کند. در فشارهای بالاتر هموژنیزاسیون به دلیل اینکه اندازه گویچه های چربی کوچکتر است پایداری بافت ضعیف تر است در نتیجه میزان آب اندازی افزایش یافت.

جدول ۱- تغییرات فیزیکوشیمیایی خامه\* صبحانه با درصد چربی و فشار متفاوت هموژنیزاسیون

Table 1. Changes in physicochemical of cream\*\* with different percentages of fat and homogenization pressure

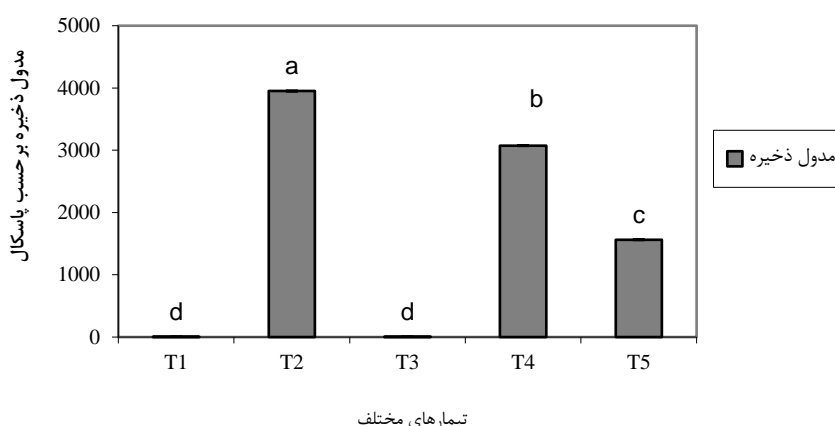
شاخص های فیزیکوشیمیایی					تیمارها
سینرسیس %	چربی %	ماده خشک %	اسیدیته (دورنیک)	pH	
۰/۸۶ <sup>b</sup>	۲۵ <sup>b</sup>	۳۳/۱۳ <sup>c</sup>	۱۱/۰۳ <sup>a</sup>	۶/۷ <sup>ab</sup>	T1
۱/۰۶ <sup>a</sup>	۳۰ <sup>a</sup>	۳۸/۱۳ <sup>a</sup>	۱۰/۵۶ <sup>b</sup>	۶/۷۱ <sup>a</sup>	T2
۰/۹۶۶۷ <sup>a</sup>	۲۵ <sup>b</sup>	۳۳/۱۳ <sup>c</sup>	۱۱ <sup>a</sup>	۶/۷ <sup>ab</sup>	T3
۱/۰۶ <sup>a</sup>	۳۰ <sup>a</sup>	۳۸ <sup>b</sup>	۱۰/۵۶ <sup>b</sup>	۶/۷۲ <sup>a</sup>	T4
۱ <sup>a</sup>	۲۵ <sup>b</sup>	۳۳ <sup>d</sup>	۱۱ <sup>a</sup>	۶/۷ <sup>ab</sup>	شاهد T5

\* تیمارها شامل، T<sub>1</sub>: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T<sub>2</sub>: حاوی ۳۰٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T<sub>3</sub>: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار، T<sub>4</sub>: حاوی ۳۰٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار و T<sub>5</sub> به عنوان تیمار شاهد: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۵۰ بار. حروف متفاوت در هرستون بیانگر اختلاف معنی دار در سطح  $p < 0.05$  می باشد.

\*\* Treatments prepared as follows: T<sub>1</sub>: 25% of fat and homogenization pressure was 100 bar, T<sub>2</sub>: 30% of fat and homogenization pressure was 100 bar, T<sub>3</sub>: 25% of fat and homogenization pressure was 200 bar, T<sub>4</sub>: 30% of fat and homogenization pressure was 200 bar and T<sub>5</sub> as a control sample: 25% of fat and homogenization pressure was 150 bar. Different letters in each column indicate significant differences at  $p < 0.05$  level.

مدول ذخیره یا G' که هم موجب کاهش آب اندازی و هم موجب افزایش سختی و در نهایت افزایش ویسکوزیته و افزایش مدول ذخیره G' گردید. نتایج این بررسی نشان داد که با افزایش درصد چربی و کاهش فشار هموژنیزاسیون سختی نمونه ها افزایش یافت. این تغییر تا حدی برای بافت خامه مطلوب و سبب کاهش سرم دهی خامه می گردد. از لحاظ رئولوژیکی خامه سیستم زلی ضعیفی دارد که در این سیستم پروتئین ها با جذب سطح مشترک روغن و آب شبکه زلی کاذب ایجاد می کنند (Brooker, 1990). ساختار طبیعی حالت جامد - کف حاصل شده توسط درجه واکنش بین اجزا سرم نظیر چربی - چربی، پروتئین - پروتئین و پروتئین - کربوهیدرات با آب تقویت می شود (Ihara et al., 2015).

مدول ذخیره یا G' بالاترین میزان مدول ذخیره برحسب پاسکال مربوط به تیمار T<sub>2</sub> حاوی ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۱۰۰ بار و پایین ترین میزان مدول ذخیره مربوط به تیمار T<sub>1</sub> و T<sub>3</sub> حاوی ۲۵ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون به ترتیب ۱۰۰ و ۲۰۰ بار می باشد. نزدیکترین تیمار به تیمار شاهد از نظر مدول ذخیره تیمار تیمار T<sub>1</sub> و T<sub>3</sub> می باشد (شکل ۱). افزایش درصد چربی و کاهش فشار هموژنیزاسیون به صورت هم افزای مدول ذخیره G' را افزایش می دهد. در واقع هر قدر درصد چربی افزایش یابد و فشار هموژنیزاسیون کاهش یابد مقدار ویسکوزیته نیز افزایش یافت. کاهش فشار هموژنیزاسیون سبب ایجاد گویچه ها با قطر بیشتر در ماتریکس خامه شده



شکل ۱- تغییرات مدول ذخیره  $G'$  خامه\* با درصد چربی و فشارهای متفاوت هموژنیزاسیون

**Figure 1. Changes in storage modulus  $G'$  of cream\*\* with fat percentages and different homogenization pressures**

\* تیمارها شامل، T<sub>1</sub>: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T<sub>2</sub>: حاوی ۳۰٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T<sub>3</sub>: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار، T<sub>4</sub>: حاوی ۳۰٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار و T<sub>5</sub> به عنوان تیمار شاهد: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۵۰ بار. حروف متفاوت روی هیستوگرام ها بیانگر اختلاف معنی دار در سطح  $p < 0.05$  می باشد.

\*\* Treatments prepared as follows: T<sub>1</sub>: 25% of fat and homogenization pressure was 100 bar, T<sub>2</sub>: 30% of fat and homogenization pressure was 100 bar, T<sub>3</sub>: 25% of fat and homogenization pressure was 200 bar, T<sub>4</sub>: 30% of fat and homogenization pressure was 200 bar and T<sub>5</sub> as a control sample: 25% of fat and homogenization pressure was 150 bar. Different letters on the histograms indicate significant differences at the  $p < 0.05$  level.

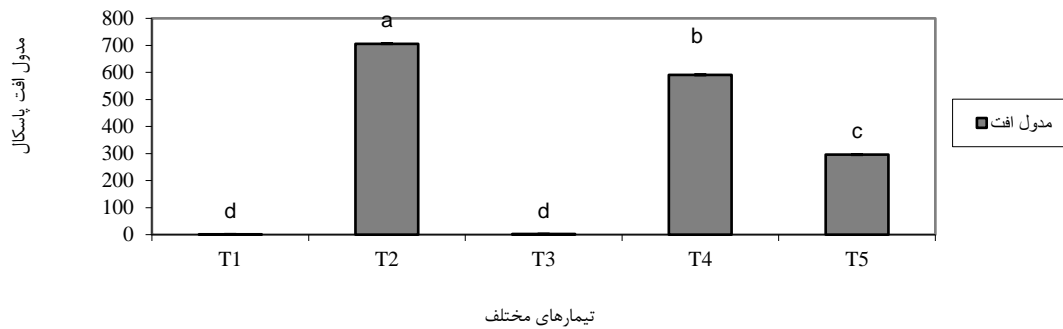
پایدار کردن آن توجیه میشود. امولسیفایرهای با وزن مولکولی پایین نیز سبب افزایش پایداری گلبول های چربی در مخلوط می گردند (Ihara *et al.*, 2015). قابل ذکر است که فرایند زدن و هوادهی سبب ورود حباب ها به درون محلول و افزایش مدول ذخیره و مدول افت میگردد (Clement & Prins, 1987). نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش مدول ذخیره بیش از مدول افت بود. ماندگاری حباب ها مربوط به اثر پایدارکنندگی میسل های کازئین و پروتئین ها برای نگه داشتن فیلم بتا کازئین از طریق افزایش ضخامت و سختی در سطح بینابینی آنها است (Smith *et al.*, 2000). همانطورکه پیش تر ذکر شد افزایش درصد چربی و کاهش فشار هموژنیزاسیون سبب افزایش برهمکنش چربی-چربی و افزایش سختی خامه و افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته می شود و در نهایت مدول های ویسکوالاستیک را افزایش می دهد. همچنین شایان ذکر است با افزایش

#### مدول افت $G''$

بالاترین میزان مدول افت مربوط به تیمار T<sub>2</sub> حاوی ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۱۰۰ بار و کمترین میزان مدول افت مربوط به تیمارهای T<sub>1</sub> و T<sub>3</sub> حاوی ۲۵ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون به ترتیب ۱۰۰ و ۲۰۰ بار می باشد. نزدیکترین تیمار به تیمار شاهد از نظر مدول افت تیمارهای T<sub>1</sub> و T<sub>3</sub> می باشد (شکل ۲). خامه ها سیستم ژلی وضعیفی را نشان میدهند. ایهارا و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که افزایش پپتیدهای کازئین در فاز پیوسته خامه به همراه امولسیفایرهای با وزن مولکولی پایین سبب افزایش بیشتر مدول ذخیره در مقایسه با مدول افت شد و توانایی خامه در نگهداری شکل اولیه خود، طی یک روز نگهداری در دمای یخچال ۴ درجه سانتیگراد نسبت به نمونه ی فاقد این ترکیبات افزایش یافت (Ihara *et al.*, 2015). مکانیسم اثر این مواد با جذب شدن پپتیدهای کازئین بر حباب های هوا و

بیشتر بود که نشان دهنده برتری رفتار الاستیک بر رفتار ویسکوز می باشد (Orouji et al., 2017).

فرکانس مقادیر  $G'$  و  $G''$  در تمامی نمونه ها روند افزایشی نشان داد که این امر می تواند به نوعی نشان دهنده بازآرایی پیوندهای شبکه خامه به موازات افزایشی زمان اعمال تنش باشد. در تمامی نمونه ها مقادیر  $G'$  و  $G''$  در تمامی فرکانس ها



شکل ۲- تغییرات مدول افت  $G''$  خامه\* با درصد چربی و فشارهای متفاوت هموژنیزاسیون

Figure 2. Changes in loss modulus  $G''$  of cream\*\* with fat percentages and different homogenization pressures

\* تیمارها شامل، T<sub>1</sub>: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T<sub>2</sub>: حاوی ۳۰٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T<sub>3</sub>: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار، T<sub>4</sub>: حاوی ۳۰٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار و T<sub>5</sub> به عنوان تیمار شاهد: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۵۰ بار. حروف متفاوت روی هیستوگرام ها بیانگر اختلاف معنی دار در سطح  $p < 0.05$  می باشد.

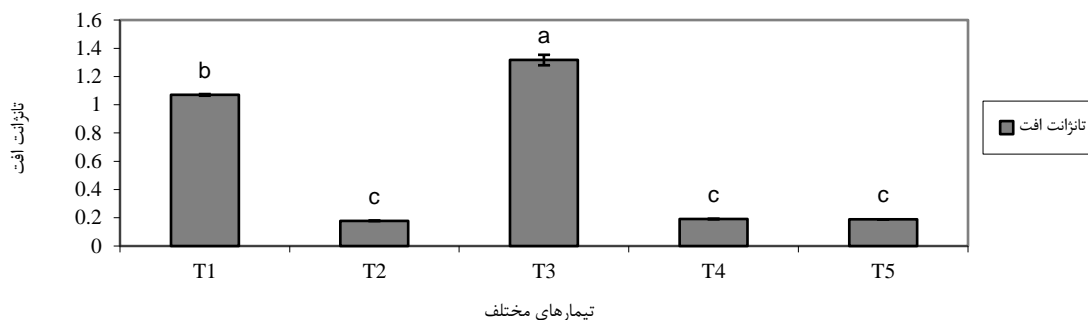
\*\* Treatments prepared as follows: T<sub>1</sub>: 25% of fat and homogenization pressure was 100 bar, T<sub>2</sub>: 30% of fat and homogenization pressure was 100 bar, T<sub>3</sub>: 25% of fat and homogenization pressure was 200 bar, T<sub>4</sub>: 30% of fat and homogenization pressure was 200 bar and T<sub>5</sub> as a control sample: 25% of fat and homogenization pressure was 150 bar. Different letters on the histograms indicate significant differences at the  $p < 0.05$  level.

سطح پایینی بود که براین اساس می توان دریافت که نمونه های تولیدی در این پژوهش رفتار شبه جامد بیشتری نسبت به شبه مایع از خود نشان دادند، بدین مفهوم که مدول ذخیره از مدول افت بیشتر و نمونه ها رفتار جامد ویسکوالاستیک از خود نشان میدادند (Katouzian et al., 2016). تانژانت افت بیشتر به این مفهوم است که ماده کمتر الاستیک است با این حال هر فرمولاسیونی که به طور غالب الاستیکی رفتار کند، مقدار تانژانت افت آن کمتر از یک است و رفتار الاستیک غالب را نشان می دهد و در صورتیکه تانژانت افت بیشتر از یک باشد نشان دهنده رفتار ویسکوز می باشد.

#### تغییرات تانژانت افت $\tan\alpha$

بیشترین میزان  $\tan\alpha$  مربوط به تیمار T<sub>3</sub> حاوی ۲۵ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۲۰۰ بار می باشد و کمترین میزان  $\tan\alpha$  مربوط به تیمار T<sub>2</sub> حاوی ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۱۰۰ بار می باشد. نزدیکترین تیمار به تیمار شاهد از نظر  $\tan\alpha$  تیمارهای T<sub>2</sub> و T<sub>4</sub> به ترتیب حاوی ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۱۰۰ بار و ۲۰۰ بار می باشد (شکل ۳). تانژانت افت نسبت انرژی از دست رفته به انرژی ذخیره شده طی یک سیکل تنش، در طول آزمون نوسانی است. تانژانت افت در نمونه های مورد بررسی در





شکل ۳- تغییرات  $\tan\alpha$  خامه\* با درصد چربی و فشارهای متفاوت هموژنیزاسیون

**Figure 3. Changes in  $\tan\alpha$  of cream\*\* with fat percentages and different homogenization pressures**

\* تیمارها شامل، T<sub>1</sub>: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T<sub>2</sub>: حاوی ۳۰٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T<sub>3</sub>: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار، T<sub>4</sub>: حاوی ۳۰٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار و T<sub>5</sub> به عنوان تیمار شاهد: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۵۰ بار. حروف متفاوت روی هیستوگرام ها بیانگر اختلاف معنی دار در سطح  $p < 0.05$  می باشد.

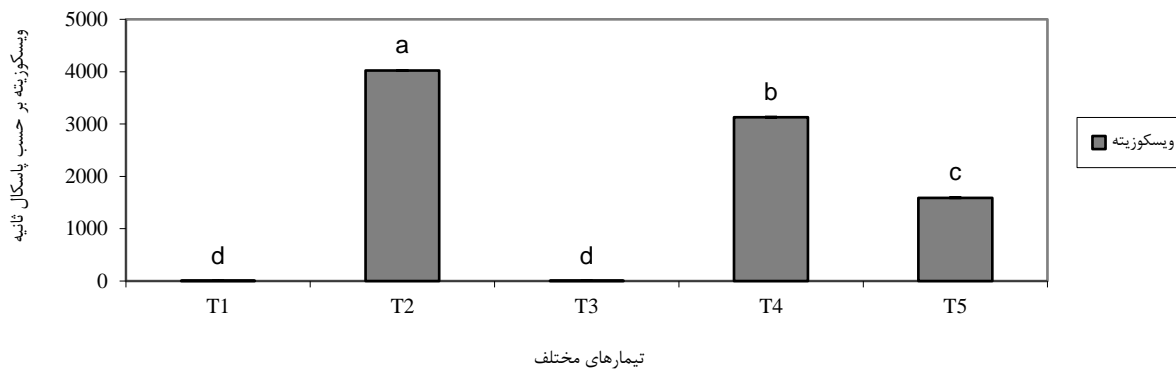
\*\* Treatments prepared as follows: T<sub>1</sub>: 25% of fat and homogenization pressure was 100 bar, T<sub>2</sub>: 30% of fat and homogenization pressure was 100 bar, T<sub>3</sub>: 25% of fat and homogenization pressure was 200 bar, T<sub>4</sub>: 30% of fat and homogenization pressure was 200 bar and T<sub>5</sub> as a control sample: 25% of fat and homogenization pressure was 150 bar. Different letters on the histograms indicate significant differences at the  $p < 0.05$  level.

شبکه ژل مانند می توان نسبت داد. در واقع می توان گفت

علت این پدیده تجمع تخلیه ای به معنای متلاشی شدن غشا گلبول های چربی در هنگام فرایند زدن، افزودن موادی مانند فسفولیپیدها و امولسیفایرها است که منجر به بهبود ویژگی های هم زدن خامه می شود. این ترکیبات در خامه با افزایش ویسکوزیته سرم سبب پایداری امولسیون می شوند. هرچه ویسکوزیته امولسیون بیشتر باشد، حرکت گویچه های چربی و برخورد بین گویچه ها کاهش می یابد. افزایش در قوام ممکن است به علت افزایش حرکت براونی در سیستم باشد زیرا اتصالات جدیدی تشکیل شده که باعث تقویت شبکه خامه شده است (Korhonen et al. 2001).

#### تغییرات ویسکوزیته

بالاترین میزان ویسکوزیته مربوط به تیمار T<sub>2</sub> حاوی ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۱۰۰ بار می باشد و کمترین میزان ویسکوزیته مربوط به تیمارهای T<sub>1</sub> و T<sub>3</sub> حاوی ۲۵ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون به ترتیب ۱۰۰ و ۲۰۰ بار می باشد و نزدیکترین تیمار از نظر ویسکوزیته به تیمار شاهد تیمارهای T<sub>1</sub> و T<sub>3</sub> می باشد (شکل ۴). ویسکوزیته معیاری از سختی کل حجم ارائه می دهد. با افزایش درصد چربی و کاهش فشار هموژنیزاسیون ویسکوزیته افزایش می یابد. علت این پدیده را تجمع گلبول های چربی و تشکیل



شکل ۴- تغییرات ویسکوزیته خامه\* با درصد چربی و فشارهای متفاوت هموژنیزاسیون

**Figure 4. Changes in viscosity of cream\*\* with fat percentages and different homogenization pressures**

• تیمارها شامل، T<sub>1</sub>: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T<sub>2</sub>: حاوی ۳۰٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T<sub>3</sub>: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار و T<sub>5</sub> به عنوان تیمار شاهد: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۵۰ بار. حروف متفاوت روی هیستوگرام‌ها بیانگر اختلاف معنی دار در سطح  $p < 0.05$  می باشد.

\*\* Treatments prepared as follows: T<sub>1</sub>: 25% of fat and homogenization pressure was 100 bar, T<sub>2</sub>: 30% of fat and homogenization pressure was 100 bar, T<sub>3</sub>: 25% of fat and homogenization pressure was 200 bar, T<sub>4</sub>: 30% of fat and homogenization pressure was 200 bar and T<sub>5</sub> as a control sample: 25% of fat and homogenization pressure was 150 bar. Different letters on the histograms indicate significant differences at the  $p < 0.05$  level.

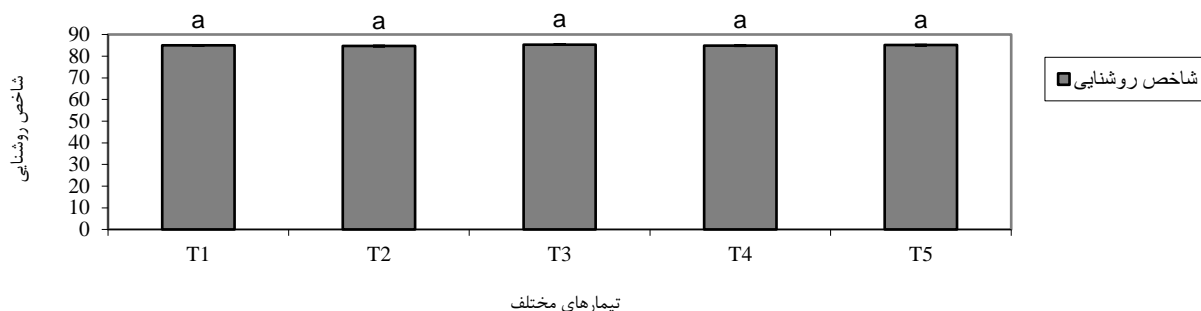
تیمار T<sub>3</sub> حاوی ۲۵ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۲۰۰ بار می باشد (شکل ۵). هموژنیزاسیون با کاهش اندازه های گویچه های چربی مانع رویه بستن شیر می گردد و رنگ فراورده ها سفیدتر می شود و تفرق نور حاصله وابسته به اندازه و تعداد ذرات در نمونه می باشد. هرچقدر تعداد ذرات و اندازه گویچه ها کوچکتر باشد طبیعتاً شاخص روشنایی افزایش می یابد بنابراین تیمار با چربی کمتر و فشار هموژنیزاسیون بالاتر شاخص روشنایی بالاتری را نشان داد و بالعکس نمونه های با چربی بیشتر و فشار هموژنیزاسیون کمتر بیشتر به زردی متمایل تر و شاخص روشنایی L\* کمتری را نشان داد. نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققان مطابقت داشت (Ghoreishi Rad *et al.*, 2011).

#### آزمون رنگ سنجی

شدت رنگ ها با استفاده از پارامترهای هانتر برحسب روشنائی (L\*) قرمز-سبزی (a\*) و زردی-آبی (b\*) تعیین شدند.

#### شاخص روشنایی L\*

بالاترین شاخص رنگی L\* مربوط به تیمار T<sub>3</sub> حاوی ۲۵ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۲۰۰ بار می باشد و کمترین شاخص رنگی L\* مربوط به تیمار T<sub>2</sub> حاوی ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۱۰۰ بار می باشد و نزدیکترین تیمار از نظر شاخص رنگی L\* به تیمار شاهد،



شکل ۵- تغییرات شاخص روشنایی L\* خامه\* با درصد چربی و فشارهای متفاوت هموژنیزاسیون

Figure 5. Changes in L\* Lightness index of cream\*\* with fat percentages and different homogenization pressures

• تیمارها شامل، T<sub>1</sub>: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T<sub>2</sub>: حاوی ۳۰٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T<sub>3</sub>: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار، T<sub>4</sub>: حاوی ۳۰٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار و T<sub>5</sub> به عنوان تیمار شاهد: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۵۰ بار. حروف متفاوت روی هیستوگرام‌ها بیانگر اختلاف معنی دار در سطح  $p < 0.05$  می باشد.

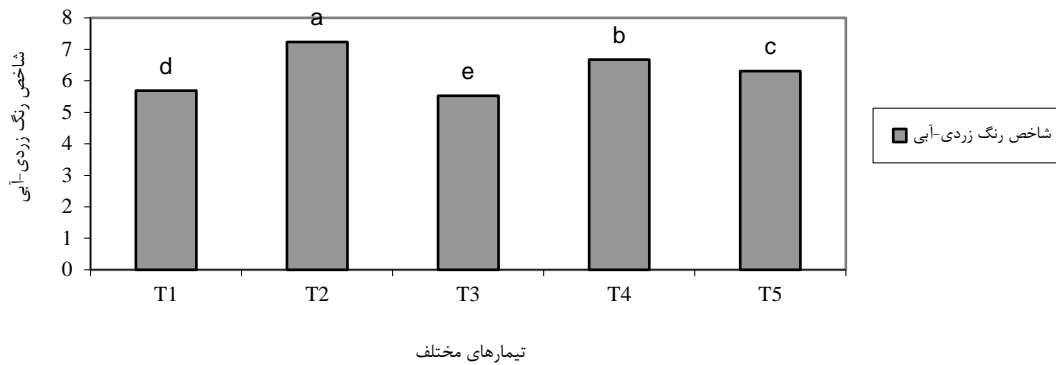
\*\* Treatments prepared as follows: T<sub>1</sub>: 25% of fat and homogenization pressure was 100 bar, T<sub>2</sub>: 30% of fat and homogenization pressure was 100 bar, T<sub>3</sub>: 25% of fat and homogenization pressure was 200 bar, T<sub>4</sub>: 30% of fat and homogenization pressure was 200 bar and T<sub>5</sub> as a control sample: 25% of fat and homogenization pressure was 150 bar. Different letters on the histograms indicate significant differences at the  $p < 0.05$  level.

۲۰۰ بار می باشد (شکل ۶). داده های اندیس زردی -آبی با

افزایش درصد چربی و کاهش فشار هموژنیزاسیون افزایش یافت و این موضوع تایید شده است. افزایش اندازه گویچه های چربی میزان انعکاس نور را کاهش می دهد و سبب افزایش شاخص رنگ زردی بیشتری می شود. نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققان مطابقت داشت (Ghoreishi Rad et al., 2011)

#### شاخص رنگ زردی-آبی (b\*)

بالاترین شاخص رنگی b\* مربوط به تیمار T<sub>2</sub> حاوی ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۱۰۰ بار می باشد و کمترین شاخص رنگی b\* مربوط به تیمار T<sub>3</sub> حاوی ۲۵ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۲۰۰ بار می باشد. نزدیکترین تیمار از نظر شاخص رنگی b\* به تیمار شاهد، تیمار T<sub>4</sub> حاوی ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون



شکل ۶- تغییرات شاخص رنگ زردی-آبی  $b^*$  خامه\* با درصد چربی و فشارهای متفاوت هموژنیزاسیون  
**Figure 6. Changes in yellow-blue color index ( $b^*$ ) of cream\*\* with fat percentages and different homogenization pressures**

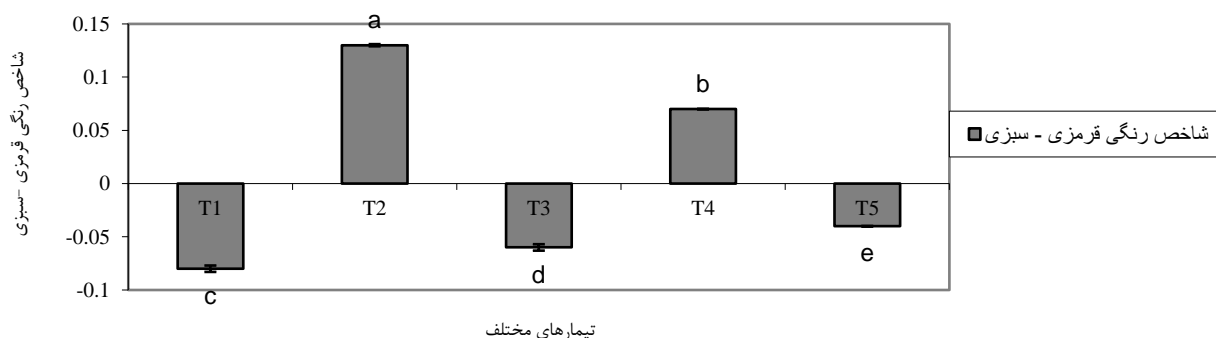
\* تیمارها شامل، T<sub>1</sub>: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T<sub>2</sub>: حاوی ۳۰٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T<sub>3</sub>: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار، T<sub>4</sub>: حاوی ۳۰٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار و T<sub>5</sub> به عنوان تیمار شاهد: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۵۰ بار. حروف متفاوت روی هیستوگرام‌ها بیانگر اختلاف معنی دار در سطح  $p < 0.05$  می باشد.

\*\* Treatments prepared as follows: T<sub>1</sub>: 25% of fat and homogenization pressure was 100 bar, T<sub>2</sub>: 30% of fat and homogenization pressure was 100 bar, T<sub>3</sub>: 25% of fat and homogenization pressure was 200 bar, T<sub>4</sub>: 30% of fat and homogenization pressure was 200 bar and T<sub>5</sub> as a control sample: 25% of fat and homogenization pressure was 150 bar. Different letters on the histograms indicate significant differences at the  $p < 0.05$  level.

T<sub>3</sub>-حاوی ۲۵ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۲۰۰ بار می باشد (شکل ۷). این پارامتر شاخص قرمزی-سبزی می باشد. هرچه قدر درصد چربی نمونه‌ها بیشتر باشد شاخص قرمزی-سبزی نیز بیشتر می گردد و تیمار حاوی ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۲۰۰ بار دارای بیشترین شاخص قرمزی-سبزی بود. نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققان مطابقت داشت (Ghoreishi Rad *et al.*, 2011).

#### شاخص رنگی قرمزی-سبزی $a^*$

تیمارهای T<sub>1</sub> و T<sub>3</sub> و T<sub>5</sub> (به عنوان تیمار شاهد) دارای فاکتور  $a^*$  منفی به ترتیب (-۰/۰۸، -۰/۰۶، -۰/۰۴) و تیمارهای T<sub>2</sub> و T<sub>4</sub> دارای فاکتور  $a^*$  مثبت به ترتیب (+۰/۱۳ و +۰/۰۷) می باشد. هرچه قدر درصد چربی افزایش می یابد فاکتور  $a^*$  افزایش پیدا می کند و بالاترین میزان فاکتور  $a^*$  مربوط به تیمار T<sub>2</sub> می باشد و نزدیکترین تیمار به تیمار شاهد، تیمار



شکل ۷- تغییرات شاخص رنگی قرمزی- سبزی\*خامه\* با درصد چربی و فشارهای متفاوت هموژنیزاسیون

Figure 7. Changes in red-green color index (a\*) of cream\*\* with fat percentages and different homogenization pressures

\* تیمارها شامل، T<sub>1</sub>: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T<sub>2</sub>: حاوی ۳۰٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T<sub>3</sub>: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار، T<sub>4</sub>: حاوی ۳۰٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار و T<sub>5</sub> به عنوان تیمار شاهد: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۵۰ بار. حروف متفاوت روی هیستوگرام ها بیانگر اختلاف معنی دار در سطح  $p < 0.05$  می باشد.

\*\* Treatments prepared as follows: T<sub>1</sub>: 25% of fat and homogenization pressure was 100 bar, T<sub>2</sub>: 30% of fat and homogenization pressure was 100 bar, T<sub>3</sub>: 25% of fat and homogenization pressure was 200 bar, T<sub>4</sub>: 30% of fat and homogenization pressure was 200 bar and T<sub>5</sub> as a control sample: 25% of fat and homogenization pressure was 150 bar. Different letters on the histograms indicate significant differences at the  $p < 0.05$  level.

۲۰۰ بار می باشد (جدول ۲). به طور کلی هر قدر درصد چربی

نمونه ها و فشار هموژنیزاسیون بیشتر باشد ارزیابان حسی بیشتر نمونه را مورد پذیرش قرار دادند زیرا پراکندگی بیشتر چربی با اندازه کوچکتر در بستر چربی منجر به یک عطر و بوی مطلوب در نمونه ها شد بدین جهت نمونه های با فشار هموژنیزاسیون بالاتر و چربی بالاتر از امتیاز حسی بالاتری برخوردار بودند. این تحقیق هم راستا با نتایج بدست آمده توسط کاتوزیان وهمکاران (۱۳۹۵) بود (Katouzian et al., 2016).

#### امتیاز حسی بافت

بالاترین امتیاز حسی بافت مربوط به تیمار T<sub>4</sub> حاوی ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۲۰۰ بار می باشد و کمترین امتیاز حسی بافت مربوط به تیمار T<sub>1</sub> حاوی ۲۵ درصد چربی و هموژنیزاسیون ۱۰۰ بار می باشد. و نزدیکترین تیمار از نظر امتیاز حسی بافت به تیمار شاهد، تیمار T<sub>4</sub> حاوی ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۲۰۰ بار می باشد (جدول ۲). همان طور که انتظار می رفت کاهش میزان چربی به طور قابل توجهی، طعم، بافت، رنگ و مطلوبیت نهایی را تحت تاثیر قرار داد و خامه کم چرب کمترین امتیازها را از دید تمامی صفت ها کسب کرد. نمونه ها با چربی بالاتر بافت سفت تر و احساس دهانی مطلوب تری را ارائه نمودند و همین عامل باعث شد این نمونه ها از امتیاز حسی بالاتری برخوردار باشند. نتایج این تحقیق با نتایج بدست آمده توسط اروچی وهمکاران مطابقت داشت (Orouji et al., 2017).

#### امتیاز حسی طعم و مزه

#### تغییرات امتیاز حسی رنگ

بالاترین میزان امتیاز حسی رنگ مربوط به تیمارهای T<sub>4</sub> و T<sub>5</sub> به ترتیب حاوی ۳۰ و ۲۵ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۲۰۰ و ۱۵۰ بار می باشد و کمترین میزان امتیاز حسی رنگ مربوط به تیمارهای T<sub>1</sub> و T<sub>2</sub> و T<sub>3</sub> حاوی ۲۵، ۳۰ و ۲۵ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۱۰۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ بار می باشد و نزدیکترین تیمار از نظر امتیاز حسی رنگ به تیمار شاهد، تیمار T<sub>4</sub> حاوی ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۲۰۰ بار می باشد (جدول ۲). از نظر امتیاز حسی رنگ بین نمونه ها اختلاف معنی داری  $p > 0.05$  مشاهده نشد زیرا تغییرات بسیار جزئی در رنگ باعث عدم امکان تشخیص توسط گروه ارزیابان حسی شد و افزایش چربی در تیمارها تا سطح ۵ درصد باعث تفاوت چشمگیر در رنگ نمونه های تولیدی نشد ولی گروه ارزیابان حسی نمونه هایی که دارای سفیدی محسوس تری بودند و بالطبع تحت فشار هموژنیزاسیون بالاتری قرار داشتند بیشتر مورد پذیرش قرار دادند. این تحقیق هم راستا با نتایج بدست آمده توسط کاتوزیان وهمکاران (۱۳۹۵) بود (Katouzian et al., 2016).

#### امتیاز حسی عطر و بو

بالاترین امتیاز حسی عطر و بو مربوط به تیمار T<sub>4</sub> حاوی ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۲۰۰ بار می باشد و کمترین امتیاز حسی عطر و بو مربوط به تیمار T<sub>1</sub> حاوی ۲۵ درصد چربی و هموژنیزاسیون ۱۰۰ بار می باشد. و نزدیکترین تیمار از نظر امتیاز حسی عطر و بو به تیمار شاهد، تیمار T<sub>4</sub> حاوی ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون

باشد. و نزدیکترین تیمار از نظر امتیاز حسی مطلوبیت نهایی به تیمار شاهد، تیمار T<sub>4</sub> حاوی ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۲۰۰ بار می باشد (جدول ۲). به طور کلی نمونه ها از نظر شاخص های حسی از قبیل رنگ، بو، بافت و طعم مورد ارزیابی قرار گرفتند و نمونه هایی که از نظر شاخص های فوق دارای بیشترین امتیاز حسی باشند به عنوان تیمار برتر معرفی می شوند در این راستا تیمار T<sub>4</sub> حاوی ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۲۰۰ بار حائز بیشترین امتیازات حسی شد و از نظر مطلوبیت نهایی بالاترین امتیاز را به خود اختصاص داد نتایج این تحقیق با نتایج بدست آمده توسط اروجی و همکاران مطابقت داشت (Orouji et al., 2017).

بالاترین امتیاز حسی طعم و مزه مربوط به تیمار T<sub>4</sub> حاوی ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۲۰۰ بار می باشد و کمترین امتیاز حسی طعم و مزه مربوط به تیمار T<sub>4</sub> حاوی ۳۰ درصد چربی و هموژنیزاسیون ۲۰۰ بار می باشد. و نزدیکترین تیمار از نظر امتیاز حسی طعم و مزه به تیمار شاهد، تیمار T<sub>4</sub> حاوی ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۲۰۰ بار می باشد (جدول ۲). هر قدر درصد چربی خامه و فشار هموژنیزاسیون افزایش می یافت نمونه های تولیدی از مقبولیت بیشتری از نظر طعم و مزه توسط ارزیابان حسی بهره مند بود و نمونه های با چربی بالاتر و توزیع یکنواخت همراه با اندازه های کوچکتر گویچه های چربی در بستر چربی باعث طعم و مزه بهتر و احساس دهانی مطلوب تر شد نتایج این تحقیق با نتایج بدست آمده توسط اروجی و همکاران مطابقت داشت (Orouji et al., 2017).

#### امتیاز حسی مطلوبیت نهایی

بالاترین امتیاز حسی مطلوبیت نهایی مربوط به تیمار T<sub>4</sub> حاوی ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۲۰۰ بار می باشد و کمترین امتیاز حسی مطلوبیت نهایی مربوط به تیمار T<sub>1</sub> حاوی ۲۵ درصد چربی و هموژنیزاسیون ۱۰۰ بار می

جدول ۲- تغییرات ویژگی های حسی خامه\* صبحانه با درصد های چربی و فشار هموژنیزاسیون متفاوت

Table 2. Changes in sensory characteristics of cream\*\* with different fat percentages and homogenization pressure

مطلوبیت نهایی	شاخص های ارزیابی حسی				تیمارها
	طعم و مزه	بافت	عطر و بو	رنگ	
۵/۱۴ <sup>c</sup>	۶/۳۰ <sup>c</sup>	۵/۳۰ <sup>c</sup>	۶/۷۱ <sup>ab</sup>	۷/۸۶ <sup>a</sup>	T1
۶/۸۶ <sup>b</sup>	۷/۰۰ <sup>ab</sup>	۶/۸۶ <sup>b</sup>	۷/۱۴ <sup>ab</sup>	۷/۸۶ <sup>a</sup>	T2
۵/۵۷ <sup>c</sup>	۵/۸۶ <sup>c</sup>	۵/۴۳ <sup>c</sup>	۶/۷۱ <sup>ab</sup>	۷/۸۶ <sup>a</sup>	T3
۸/۰۰ <sup>a</sup>	۸/۰۰ <sup>a</sup>	۸/۰۰ <sup>a</sup>	۷/۸۶ <sup>a</sup>	۸/۰۰ <sup>a</sup>	T4
۷/۱۴ <sup>b</sup>	۷/۴۳ <sup>ab</sup>	۷/۳۰ <sup>b</sup>	۷/۴۳ <sup>ab</sup>	۸/۰۰ <sup>a</sup>	T5 شاهد

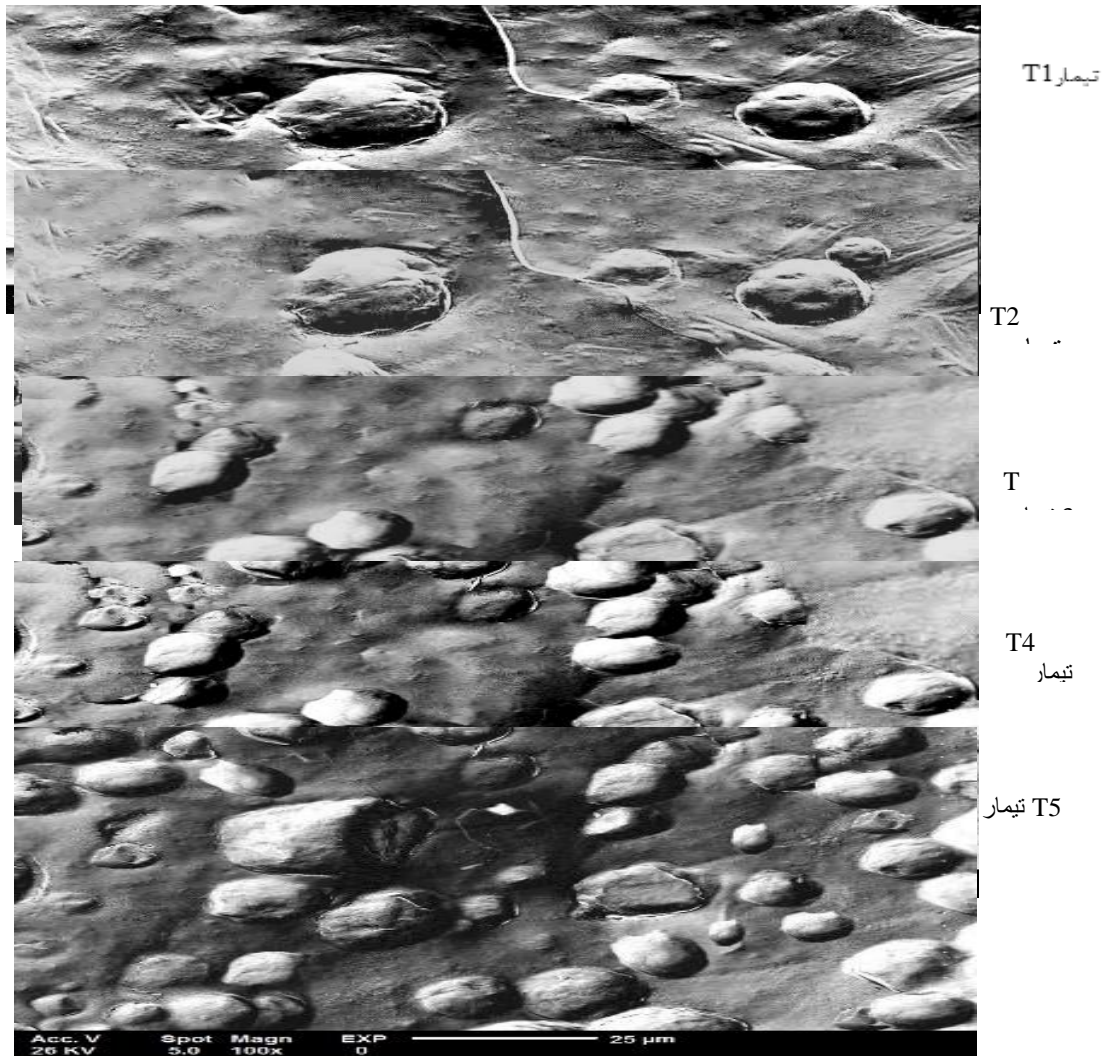
\* تیمارها شامل، T<sub>1</sub>: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T<sub>2</sub>: حاوی ۳۰٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T<sub>3</sub>: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار، T<sub>4</sub>: حاوی ۳۰٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار و T<sub>5</sub> به عنوان تیمار شاهد: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۵۰ بار. حروف متفاوت در هرستون بیانگر اختلاف معنی دار در سطح  $p < 0.05$  می باشد

\*\* Treatments prepared as follows: T<sub>1</sub>: 25% of fat and homogenization pressure was 100 bar, T<sub>2</sub>: 30% of fat and homogenization pressure was 100 bar, T<sub>3</sub>: 25% of fat and homogenization pressure was 200 bar, T<sub>4</sub>: 30% of fat and homogenization pressure was 200 bar and T<sub>5</sub> as a control sample: 25% of fat and homogenization pressure was 150 bar. Different letters in each column indicate significant differences at  $p < 0.05$  level.

## ارزیابی تصاویر ریز نگاره های الکترونی

همان طور که در تصاویر ریزنگاره های الکترونی نشان داد (شکل ۸) هر چقدر فشار هموژنیزاسیون افزایش می یابد اندازه گویچه های چربی کوچکتر و توزیع پراکندگی آنها در

بستر چربی یکنواخت تر می باشد و بالعکس در فشارهای پایین هموژنیزاسیون اندازه گویچه ها درشت تر و توزیع پراکندگی گویچه های چربی در بستر چربی غیر یکنواخت تر می باشد



شکل ۸- تغییرات گلبول های چربی خامه\* صبحانه با درصد های چربی و فشارهای متفاوت هموژنیزاسیون

**Figure 8. Changes in fat globules of cream\*\* with fat percentages and different homogenization pressures**

\* تیمارها شامل، T<sub>1</sub>: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T<sub>2</sub>: حاوی ۳۰٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۰۰ بار، T<sub>3</sub>: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار، T<sub>4</sub>: حاوی ۳۰٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۲۰۰ بار و T<sub>5</sub> به عنوان تیمار شاهد: حاوی ۲۵٪ چربی و فشار هموژنیزاسیون معادل ۱۵۰ بار.

\*\* Treatments prepared as follows: T<sub>1</sub>: 25% of fat and homogenization pressure was 100 bar, T<sub>2</sub>: 30% of fat and homogenization pressure was 100 bar, T<sub>3</sub>: 25% of fat and homogenization pressure was 200 bar, T<sub>4</sub>: 30% of fat and homogenization pressure was 200 bar and T<sub>5</sub> as a control sample: 25% of fat and homogenization pressure was 150 bar.

## ۴- نتیجه گیری کلی

G" بیشتر و همین طور ویسکوزیته افزایش می یافت و تاثرات افت کاهش می یافت و از نظر شاخص های رنگی نمونه های با درصد چربی بیشتر دارای رنگ زردتری بود بررسی های ارزیابی حسی نشان داد نمونه های با چربی بالاتر فشار هموژنیزاسیون بالاتر دارای درجه پذیرش بالاتری نیز می باشند با این حال با توجه به ویژگی های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی و شاخص های رنگی و نیز ارزیابی ریز ساختار خامه، تیمار T<sub>4</sub> با ۳۰ درصد چربی و فشار هموژنیزاسیون ۲۰۰ بار به تیمار شاهد شبیه تر بود به عنوان تیمار برتر شناخته شد.

از نظر ویژگیهای فیزیکوشیمیایی مقدار pH در تیمارهای حاوی چربی بالاتر کاهش و اسیدیته افزایش یافت و تیمارهای با چربی کم و فشار هموژنیزاسیون پایین به دلیل افزایش ویسکوزیته و پایداری بیشتر افزایش سختی درصد ماده خشک بالاتری نشان داد و تیمارهای با فشار هموژنیزاسیون بالاتر به دلیل پایداری بافت ضعیف تر آب اندازی بالاتری را نشان دادند و هر قدر درصد چربی افزایش و فشار هموژنیزاسیون کاهش می یابد شاخص های رئولوژیکی G' و G" افزایش که شدت افزایش G' نسبت به

## ۵- منابع

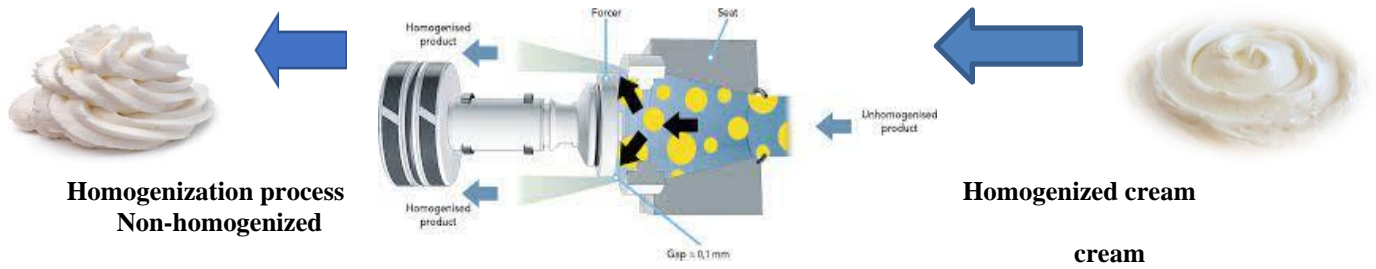
- [1] Baghdadi, F., Aminifar, M., Farhoodi, M., and ShojaeeAliabadi. S. 2017. Investigation on the Relation between FTIR Spectrum and Characteristics of Low Fat Iranian White Cheese Modified with Gum Tragacanth Species "*Astragalus Parrowianus*". Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, 12(3):109-120. [In Persian]
- [2] Brooker, B. 1990. The adsorption of crystalline fat to the air-water interface of whipped cream. Journal of Food Structure, 9(3): 5.
- [3] Clement, A., and Prins. A. 1987. MK44 1LQ). Food emulsions and foams In: proceedings of an international symposium organized by the Food Chemistry Group of the Royal Society of Chemistry. 24 th-26<sup>th</sup> March. Royal Society of chemistry. leeds.UK. PP. 128.
- [4] Ghoreishi Rad, S. M., Ghanbarzadeh, B., and Ghiassi Tarzi. B. 2011. The Effects of Hydrocolloids (Guar & carrageenan) on Physical and Sensory Properties of Barbary Bread. Food Technology & Nutrition, 8(2): 25-37.
- [5] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2016). Pasteurized & UHT Cream-
- [6] Specifications & test method. Amendment No.1, ISIRI No. 191
- [7] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (1987). Milk and its products - determination of acidity and pH Specifications and test methods. ISIRI No. 2852.
- [8] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2008). Milk, cream and evaporated milk - measurement of total dry matter (reference test method). ISIRI No. 11328.
- [9] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2010). Pasteurized cream and Ultra High Temperature (UHT) Cream-Specifications and test methods, ISIRI No. 191.
- [10] Ihara, K., Hirota, M., Akitsu, T., Abe, K. T., Sumi, M., Okawa, T., and Fujii. T. 2015. Effects of emulsifying components in the continuous phase of cream on the stability of fat globules and the physical properties of whipped cream. Journal of Dairy Science, 98(5): 2875-2883.
- [11] Katouzian, I., Motamedzadegan, A., and Daneshi, M. 2016. Effects of sucralose and maltodextrin on rheological, physico-chemical and sensory properties of whipped cream. Food Processing and Preservation Journal, 8(1): 23-40.
- [12] Korhonen, M., Hellen, L., Hirvonen, J., and Yliruusi, J. 2001. Rheological properties of creams with four different surfactant combinations-effect of storage time and conditions. International Journal of Pharmaceutics. 221(1-2):187-196.
- [13] Orouji, I. B., Ghanbarzadeh, B., and Danesh. E. 2017. Study of texture and sensory properties of prebiotic cream containing inulin and polydextrose by using response surface methodology. Journal of Food Research, 27(4): 193-207.



[14] Siamak, F., and Jafarpour. D. 2022. Study the Effect of Konjac Gum as a Fat Substitute on the Physico-Chemical, Rheological and Sensory Properties of Low-fat Cream. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 13(4): 163-176.

[15] Smith, A., Goff, H., and Kakuda, Y. 2000. Microstructure and rheological properties of whipped cream as affected by heat treatment and addition of stabilizer. *International Dairy Journal*. 10(4): 295-301

**The study of effect of different percentages of fat and Homogenization pressure on physicochemical, rheological and sensory properties of cream**





## Scientific Research

### The study of effect of different percentages of fat and Homogenization pressure on rheological, physicochemical and sensory properties of cream

Alireza Shahab Lavasani<sup>1\*</sup>, Ali Mansori<sup>2</sup>

1. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
2. MSc student, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

## ARTICLE INFO

## ABSTRACT

**Article History:**

Received: 2023/9/19

Accepted: 2024/5/8

**Keywords:**

Cream,  
Rheological properties,  
physicochemical properties,  
Colorimetry,  
Homogenization

**DOI:** 10.22034/FSCT.21.156.1.

\*Corresponding Author E-  
shahabam20@yahoo.com

**ABSTRACT:** In this research, a type of cream was produced according to the standard method with different percentages of fat and different pressures of homogenization. Five treatments were prepared as follows: T<sub>1</sub>: 25% of fat and homogenization pressure was 100 bar, T<sub>2</sub>: 30% of fat and homogenization pressure was 100 bar, T<sub>3</sub>: 25% of fat and homogenization pressure was 200 bar, T<sub>4</sub>: 30% of fat and homogenization pressure was 200 bar and T<sub>5</sub> as a control sample: 25% of fat and homogenization pressure was 150 bar. Completely randomized design was used as a design experiment and experiments were carried out at 3 replications. The results showed that treatments with higher fat% had higher acidity (dornic) and lower pH, and treatment with less fat and homogenization pressure had higher dry matter and treatments with higher homogenization pressure showed more syneresis%. The results obtained from rheological properties, showed that with the increase of fat percentage and decrease of homogenization pressure, the rheological indices of G' and G'' increased and simultaneously with the increase of G', the viscosity also increased, and the loss tan $\alpha$  decreased when G' increased. The colorimetric test showed that samples with more fat have more yellowness than other treatments. Sensory evaluation showed that samples with higher fat and higher homogenization pressure were more accepted by panelists. According to above mentioned, T<sub>4</sub> with 30 percentages of fat and 200 bar of homogenization pressure was the best treatments among others.