(مقاله پژوهشی)

تأثیر نوع و مقدار اینولین‌های استخراج‌شده از منابع مختلف بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی خامه کم‌چرب

ساناز پیرایش [۱]، آتوسافرخ [۲*]

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

۲-استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۸ تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۰۴/۲۶

چکیده

این مطالعه به بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی (pH، اسیدیته، ویسکوزیته ظاهری، مؤلفه‌های رنگی) و حسی خامه‌کم‌چرب (۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد چرب) حاوی اینولین در مقایسه با نمونه‌ی شاهد (۳۰ درصد چربی) می‌پردازد. از اینولین کاسنی (*Cichorium intybus* L.)، آرتیشو (*Artichoke Jerusalem* L.) و باباآدم (*Arctium lappa* L.) در غلظت ۱/۵، ۲ و ۳ درصد وزنی/وزنی به‌عنوان جایگزین چربی استفاده شد. نتایج نشان داد، مدت‌زمان نگهداری، نوع و غلظت اینولین تأثیر معنی‌داری بر pH واسیدیته خامه داشت (P<۰/۰۵). حداکثر اسیدیته زمانی حاصل شد که از اینولین کاسنی به‌عنوان جایگزین چربی استفاده شد. در غلظت ۳ درصد اینولین آرتیشو یا باباآدم و همچنین غلظت بیش از ۱/۵ درصد اینولین کاسنی، pH و اسیدیته خامه به بالاتر از آستانه قابل‌پذیرش رسید. باگذشت زمان، ویسکوزیته نمونه‌ی شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، اما ویسکوزیته‌ی نمونه‌های حاوی اینولین از پایداری بیش‌تری برخوردار بود (P> ۰/۰۵). نمونه غنی‌شده با ۱/۵ درصد اینولین کاسنی به‌طور معنی‌داری بیشترین ویسکوزیته را نشان داد. بیشترین مقدار اختلاف کل رنگ (ΔE) برای خامه حاوی اینولین کاسنی به دست آمد. پایداری رنگ نمونه‌های حاوی اینولین بیشتر از نمونه شاهد بود. تمام نمونه‌های حاوی اینولین در پارامترهای حسی به نمره‌های قابل‌قبول دست یافتند و تفاوت بین نمونه‌های حاوی اینولین باباآدم و آرتیشو با نمونه‌ی شاهد (۳۰٪ چربی) در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. به‌طورکلی، اینولین باباآدم یا آرتیشو در غلظت ۲ درصد می‌توانند یک جایگزین چربی پری‌بیوتیک مناسب برای تولید خامه کم‌چرب (۱۵٪) باشند.

واژه های کلیدی: اینولین آرتیشو، اینولین کاسنی، اینولین باباآدم، خامه کم‌چرب، پری‌بیوتیک.

[*] مسئول مکاتبات: atoosafarrokh@yahoo.com

۱- مقدمه

مطالعات نشان داده است که بین مصرف بیش از حدچربی گیاهی و حیوانی با بیماری‌هایی چون چاقی، فشارخون، بیماری‌های قلبی-عروقی، سرطان، دیابت وغیره ارتباط نزدیکی وجود دارد (۳۴). درسال‌های اخیر همگام با افزایش آگاهی‌مصرف‌کننده، تمایل به یک رژیم غذایی سالم افزایش یافته است و صنعت غذا با تقاضای روزافزونی برای تولید مواد غذایی کم‌چرب مواجه است (۲)، اما چربی‌ها مواد مهمی‌درایجاد طعم و مزه، احساس دهانی و ویژگی‌های رئولوژیکی و بافتی ماده غذایی هستند و حذف آن‌ها بدون یافتن جایگزینی مناسب، به‌شدت از مطلوبیت ماده‌ی غذایی می‌کاهد؛ بنابراین در فرمولاسیون مواد غذایی کم‌چرب استفاده از ترکیبات جایگزین چربی قابل پیشنهاد است (۱۷). جایگزین‌های چربی ماکرومولکول‌هایی هستند که نسبت به چربی کالری کم‌تری دارند و به‌منظور تأمین تمام یا قسمتی از وظایف چربی در ماده‌ی غذایی به کار گرفته می‌شوند. هیدروکلوئیدها ترکیباتی هستند که باعث ایجاد بافت و قوام شده و افزایش پایداری محصول را به دنبال دارند (۳). به عبارتی هیدروکلوئیدها با جذب و به دام انداختن آب یک ساختار ژله‌ای شبه‌چربی را ایجاد می‌کنند که این ساختار در طول نگهداری محصول باقی می‌ماند. این ساختار شبه ژل در دهان به‌صورت مطلوبی ذوب می‌شود و احساس دهانی چربی‌راالقا می‌کنند (۲۸). اینولین یکی از ترکیبات جایگزین چربی است که به دلیل ویژگی پری‌بیوتیک در سال‌های اخیر موردتوجه ویژه قرارگرفته است (۱۷, ۱۲-۴۳). اینولین، ذخیره اصلی کربوهیدراتی حدود ۴۵۰۰۰ گونه گیاهی (۱۵٪ گیاهان‌گل‌دار)است(۴۲).این‌ترکیب‌الیگوو پلی‌ساکاریدهایی را شامل می‌شودکه درآن منومرهای فروکتوز با پیوند گیلکوزیدی و با ساختار β [β(2→1)] به یکدیگر متصل هستند و همین امر باعث شده تا اینولین نسبت به هیدرولیز آنزیمی درسیستم‌گوارش انسان مقاومت نشان دهد و به‌عنوان کربوهیدراتی غیرقابل‌هضم (فیبر) در نظر گرفته شود (۲). کربوهیدرات‌های‌غیرقابل‌هضم می‌توانند باعث تحریک رشد و فعالیت باکتری‌های پروبیوتیک در روده بزرگ شده (ویژگی پری‌بیوتیک) و تأثیر مثبتی بر جذب مواد معدنی، ترکیب خون و پیشگیری از سرطان روده بزرگ و بهبود سلامت‌میزبان‌دارند(۲۵).خواص‌پری بیوتیک و بیفیدوژنیک[1] اینولین باعث شده تا این ماده به‌عنوان یک ترکیب عمل‌گرا (فراسودمند) در نظر گرفته شود (۳۱). غده‌های سیب‌زمینی ترشی یا آرتیشو[2]، کوکب[3]، سیب‌زمینی شیرین (یاکون)[4]، کاسنی[5] و ریشه گیاه بابا آدم[6] از مهم‌ترین منابع اینولین هستند(۲۴).در میان مواد غذایی مختلف محصولات لبنی به عنوان پرمصرف‌ترین فرآورده‌های غذایی، گزینه‌ی مناسبی جهت توسعه فرآورده‌های کم‌چرب هستند. در این میان خامه‌ی‌کم‌چرب‌باخصوصیات‌حسی مناسب، محصول جذابی برای مصرف‌کننده است. خامه محصولی لبنی غنی از چربی است که طی فرایند خامه‌گیری از شیر حاصل شده و به حالت امولسیون چربی در شیر بدون چربی است. مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۱ خامه ازنظر درصد چربی در سه دسته خامه کم‌چرب (۱۸-۱۰٪)، نیم‌چرب (۳۵-۱۸٪)، خامه چرب (بالای ۴۸-۳۵٪) و خامه پرچرب (بالاتر از ۴۸٪) طبقه‌بندی می‌شود (۲۲). در سال‌های اخیر اینولین به‌عنوان جایگزین چربی درمحصولات لبنی مختلفی همچون ماست (۱۷, ۱۲, ۱۹)، پنیر (۲۴)، بستنی(۴) و خامه (۴۳) مورد سنجش قرارگرفته است. نتایج این پژوهش‌های حاکی از این است که اینولین جانشین چربی مناسبی در تولید محصولات لبنی کم‌چرب است. بااین‌حال، ویژگی‌های عملکردی اینولین می‌تواند بسته به نوع گیاه، زمان برداشت، شرایط و فصل رشد و مدت‌زمان نگهداری تغییر کند. پژوهش‌های مختلف نشان داده است، اینولین‌های حاصل از منابع گیاهی مختلف ترکیب، pH و درجه‌ی پلیمریزاسیون

1- Bifidogenic
2 -Helianthus tuberosus (*Jerusalem artichoke)*
3- Dahlia (*Dahlia pinnata*)
4 -Yacon (*Polymnia sonchifolia*)
5 -Chicory (*Cichorium intybus*)
6 -Burdock (*Arctium lappa*)

مختلفی را نشان می‌دهند (۳, ۱۲, ۱۳). بنابراین بررسی تأثیر نوع اینولین بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ماده‌ی غذایی می‌تواند موضوع جذابی باشد. به این ترتیب، در پژوهش حاضر تأثیر غلظت‌های مختلف سه نوع اینولین مختلف شامل اینولین حاصل از گیاه باباآدم، کاسنی و آرتیشو به‌عنوان جایگزین چربی بر ویژگی‌های حسی و فیزیکوشیمیایی خامه کم‌چرب مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

خامه استرلیزه با ۳۰ درصد چربی و شیر پاستوریزه با ۱/۵ درصد چربی از شرکت کاله (آمل، ایران) خریداری شد. ریشه گیاه باباآدم و آرتیشو و کاسنی نیز به صورت خشک از بازار محلی (مازندران، ایران) تهیه شد. معرف‌ها و حلال‌های مورد استفاده، درجه‌ی آزمایشگاهی داشتند.

۲-۲- استخراج اینولین

اینولین کاسنی به کمک روش Paseephol و همکاران (۲۰۰۷) با کمی اصلاحات استخراج شد. ریشه‌های خشک‌شده آسیاب و با الک ۱۰۰ مش صاف شدند. عصاره‌ی خام اینولین‌های مختلف با افزودن آب به پودر اینولین (۱۰ به ۱ وزنی) در دمای ۲ ± ۸۰ درجه سلسیوس تهیه شد. این عصاره به مدت ۱ ساعت روی استیرر هم زده شد و بقای نامحلول به کمک پارچه صافی حذف شد. محلول حاصل به دلیل وجود مواد کلوئیدی (همچون پروتئین، پکتین و دیواره سلول)، کدر بود. به‌منظور حذف این ناخالصی‌ها، عصاره خام در دمای ۵۰ درجه سلسیوس با محلول ۵٪ هیدروکسید کلسیم به مدت ۳۰ دقیقه مخلوط شد. پس از فیلتراسیون در خلأ با استفاده از کاغذ صافی (واتمن شماره ۴)، میزان ۱۰٪ اسید فسفریک (H_3PO_4) عصاره اضافه شد. مواد آلی و کلسیم با تنظیم pH روی ۸-۹ رسوب داده شدند. سپس این محلول مجدداً به کمک کاغذ صافی (واتمن شماره ۴) فیلتر شد. ترکیب حاصل به مدت ۳-۲ ساعت در دمای ۶۰ درجه‌ی سلسیوس باقی ماند و شفاف‌سازی مجدد انجام شد.

به‌منظور حذف مواد رنگی ۲۰ گرم کربن فعال به ازای هر کیلوگرم ریشه به محلول فیلتر شده اضافه و به مدت ۳۰ دقیقه دیگر روی استیرر قرار گرفت. عصاره شفاف شده مجدداً توسط کاغذ صافی (شماره ۱) فیلتر شد. به منظور تغلیظ عصاره‌ها (تا بریکس ۴۰ درجه)، از اواپراتور دوار در دمای ۶۰ درجه سلسیوس استفاده شد. عصاره‌ی تغلیظ شده اینولین با اتانول (۹۶٪) ترکیب (به نسبت ۸ به ۱) و به مدت ۴ روز در دمای ۲۰-۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شد. پس از ۴ روز، مواد رویی[1] توسط آسپیراتور حذف و رسوبات (اینولین) با اتانول شسته و به‌منظور تبخیر حلال اضافی، در آون با دمای ۴۰ درجه سلسیوس به مدت ۱ ساعت قرار داده شدند. سپس اینولین حاصل در دمای ۲۰ - درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت منجمد و بعدازآن توسط خشک‌کن انجمادی خشک شد (Vaco 2 Zirbus، آلمان؛ به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴۵- درجه سلسیوس و تحت شرایط خلأ mbar ۲). اینولین خشک‌شده، از الک ۱.۰ میلی‌متری عبور داده شد و دربسته‌های هواگیری شده تا زمان آزمایش نگهداری شد (۳۶)

۲-۳- تولید خامه کم‌چرب حاوی اینولین

خامه کم چرب با مخلوط کردن شیر ۱/۵ درصد چربی و خامه ۳۰ درصد چربی به کمک مربع پیرسون حاصل شد. در این پژوهش از سه نوع اینولین استخراج‌شده از باباآدم، آرتیشو و کاسنی در غلظت‌های ۰، ۱/۵، ۲ و ۳ درصد استفاده شد که جزئیات آن در جدول ۱ ارائه شده است. مراحل تولید خامه به این شکل بود که مقدار محاسبه‌شده شیر با ۱/۵ درصد چربی در یک بشر تا دمای حدود ۴۰ درجه‌ی سلسیوس حرارت داده شد و اینولین موردنظر به آن افزوده شد. بعد از یکدست شدن خامه‌های تهیه‌شده فرایند پاستوریزاسیون انجام و پس از بسته‌بندی به مدت ۳۰ روز در دمای یخچال ($4 \pm 1\ ^oC$) نگهداری شد. ویژگی‌های مختلف نمونه‌ها به فواصل ۱۵ روز آزمایش مورد بررسی قرار گرفت.

1-Supernatants

جدول۱-تیمار بندی نمونه‌های مورد پژوهش

تیمار	مقدار اینولین (%w/w)	مقدار چربی خامه (٪)
خامه نمونه شاهد	–	۳۰
خامه حاوی اینولین باباآدم	۱/۵	۲۰
خامه حاوی اینولین باباآدم	۲	۱۵
خامه حاوی اینولین باباآدم	۳	۱۰
خامه حاوی اینولین کاسنی	۱/۵	۲۰
خامه حاوی اینولین کاسنی	۲	۱۵
خامه حاوی اینولین کاسنی	۳	۱۰
خامه حاوی اینولین آرتیشو	۱/۵	۲۰
خامه حاوی اینولین آرتیشو	۲	۱۵
خامه حاوی اینولین آرتیشو	۳	۱۰

۲-٤ -اندازه‌گیری pH

مقدار pH نمونه‌ها بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۵۲ و به کمک pH متر (مدل ۵-۵۰۱، بارسلونا، اسپانیا) در سه تکرار اندازه‌گیری شد (۲۳).

۲-۵ -اندازه‌گیری اسیدیته

برای این کار مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از نمونه در یک بشر مناسب ریخته و مقدار ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فنل‌فتالئین به آن افزوده می‌شود. عیارسنجی مخلوط خامه و فنل‌فتالئین به کمک هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال صورت گرفت. این عمل تا ظهوررنگ صورتی روشن ادامه یافت. نتایج بر حسب درصد اسیدلاکتیک بیان می‌شود (۲۳).

۲-٦- اندازه‌گیری ویسکوزیته

ویسکوزیته‌نمونه‌هاتوسط‌ویسکومتر(مدلVisco88، Bohlin Reologi UK Ltd، انگلستان) در درجه‌ی برشی ۲۷۰ s^{-1} با پروب ۳۰C و دمای ۹ درجه‌ی سلسیوس اندازه‌گیری شد (۱).

۲-۷- اندازه‌گیری شاخص‌های رنگی

تصاویر خامه به کمک دوربین تلفن همراه (۶۴ مگاپیکسل، ۰/۸ میکرومترسایز پیکسل، ۱ به روی ۱/۷ اینچ سایز سنسور، لنزواید۲۶میلی‌متری،f/1.8؛ سامسونگ، کره جنوبی)، گرفته شد. برای تصویربرداری از یک جعبه MDF (۱×۰/۶ m^3 ×۱) مجهز به چهار لامپ فلوئورسنت (Philips Master Graphica TLD 965) و یک صفحه‌ی پلاستیکی منتشرکننده نورکمک گرفته شد. فرایند پردازش تصویر و برآورد مؤلفه‌های رنگی (L^*: روشنایی؛ a^*: قرمزی-سبزی؛ b^*:زردی-آبی)به‌کمک‌نرم‌افزار(Adobe Photoshop® CC2019, Adobe system Inc. San Joes, California, USA) انجام شد. تفاوت رنگ کلی (ΔE) نیز توسط معادله‌ی ۱ به دست آمد (۱۶, ۲۷).

(معادله‌ی ۱)

$$\Delta E = \sqrt{(L_t^* - L_{t0}^*)^2 + (a_t^* - a_{t0}^*)^2 + (b_t^* - b_{t0}^*)^2}$$

که زیرنویس t وt_0 به ترتیب مربوط به مولفه‌ی رنگی نمونه‌های مختلف در بازه‌های زمانی متفاوت و مولفه رنگی خامه نمونه‌ی شاهد (با ۳۰ درصد چربی) در روز صفر است.

۲-۸-آزمون حسی

خامه‌های با ۳۰ درصد چربی (نمونه‌ی شاهد) و سایر نمونه‌ها در روزهای مختلف نگهداری از نظر طعم، بو، رنگ و بافت توسط یک گروه ارزیاب یازده نفره (۶ زن و ۵ مرد؛ بین ۲۵-۴۵ سال) نیمه‌آموزش‌دیده مورد بررسی قرار گرفتند. نمونه‌ها به صورت‌تصادفی‌شماره‌گذاری‌ودر اختیار ارزیاب‌ها قرار داده شدند. ویژگی‌های حسی بر پایه‌ی آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای انجام شد که ۱ به معنی بسیار بد و ۵ به معنی بسیار خوب بود. قبل از انجام آزمون، آموزش‌های لازم در مورد

ویژگی‌های حسی (طعم، رنگ و بافت) به ارزیابان داده شد. آزمون در زیر نور لامپ فلوئورسنت و در دمای اتاق انجام شد، ضمن این‌که آب تازه برای نوشیدن بین هر مرحله تشخیص در دسترس ارزیاب‌ها قرار گرفت (۴۱).

۲-۹- تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها به شکل میانگین ± انحراف از استاندارد حاصل از حداقل سه تکرار گزارش شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها بر پایه طرح کاملا تصادفی در قالب فاکتوریل توسط نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۲۲ (SPSS 22.0 for windows, SPSS Inc. Chicago, IL, USA) و بر پایه‌ی آنالیز واریانس داده‌ها و مدل خطی تعمیم‌یافته انجام شد. وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها بر پایه‌ی آزمون چند دامنه‌ای فیشر ($P < ۰/۰۵$) انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تأثیر نوع و میزان اینولین بر pH خامه

آنالیز واریانس بررسی تأثیر نوع اینولین، درصد اینولین، زمان نگهداری و اثرات متقابل آن‌ها نشان داد که اثرات ساده متغیرها به‌طور بسیار معنی‌داری بر شاخص pH تأثیر داشته است ($p< ۰/۰۱$). بررسی اثر نوع اینولین بر میزان pH نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین pH (میانگین ۶/۴۶ و ۶/۳۰) زمانی حاصل شده است که به ترتیب از اینولین باباآدم و کاسنی در ترکیب خامه استفاده شد که این تفاوت در سطح ۵درصد معنی‌دار بود. همچنین زمانی که تهیه خامه کم‌چرب به کمک اینولین آرتیشو تهیه شد، مقدار pH هیچ تفاوت معنی‌داری با میزان pH خامه حاوی اینولین استخراج‌شده از گیاه باباآدم نداشت. این اختلاف بین pH نمونه‌ها می‌تواند ناشی‌ازاختلاف pH اینولین‌های‌استخراج‌شده از منابع مختلف باشد. تحقیقات نشان داده است که pH انواع اینولین بین ۷-۵ است که افزودن آن به فرمولاسیون ماده‌ی غذایی می‌تواند موجب‌تغییر pH شود (۱۳). در منابع‌پیشین pH اینولین کاسنی حدود ۵/۸ و اینولین حاصل از باباآدم و آرتیشو حدود ۶/۴ گزارش‌شده‌است (۱۲, ۱۳). ازآن‌جایی‌که pH اینولین کم‌تر از شیر و خامه (حدود ۷) است، افزایش میزان غلظت اینولین با کاهش معنی‌دار pH همراه بود. به‌طوری‌که متوسط pH در نمونه‌های بدون اینولین ۶/۵۸ درحالی‌که در نمونه‌های حاوی ۱/۵، ۲ و ۳ درصد اینولین به ترتیب ۶/۴۴، ۶/۳۶ و ۶/۱۹ بود ($P<۰/۰۵$). نتایج‌تأثیراینولین‌بر کاهش pH نمونه‌ها با آنچه در پژوهش‌های پیشین در مورد تأثیر اینولین‌های مختلف بر pH محصولات لبنی مختلف آمده است مطابقت دارد. برای مثال El-Kholy و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند زمانی‌که غلظت اینولین‌کاسنی در فرمولاسیون ماست پروبیوتیک افزایش می‌یابد (۰ تا ۲ درصد) pH نیز با شیب بسیار ملایمی کاهش می‌یابد(۱۳). همچنین Yousefi و همکاران (۲۰۱۸) نیز با مقایسه ویژگی‌های خامه حاوی ۳۰ درصد چربی (بدون اینولین) و خامه‌های تیمار شده با ۰/۵ تا ۲/۵ درصد وزنی/وزنی‌اینولین (به ازای هر نیم درصد اینولین از میزان چربی محصول ۵ درصد کاسته شد) به این نتیجه رسیدند که با افزایش میزان اینولین و کاهش میزان چربی، pHخامه از ۶/۶ به ۵/۷ و میزان اسیدیته از ۰/۱۵ به ۰/۰۹ می‌رسد. اما در روز سی نگهداری روند تغییر pH ثابت شد (۴۳). بااین‌حال نتایج برخی از پژوهش‌ها نشان داده است که افزودن هیدروکلوئیدها ازجمله اینولین تأثیر معنی‌داری بر pHمحصولات‌لبنی‌نداشته‌است (۴, ۱۹). این تفاوت می‌تواند به نوع ماده غذایی، نوع و غلظت ترکیبات هیدروکلوئیدی نسبت داده شود. همچنین نتایج حاکی از این بود که به مرور زمان pH تمام نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. هیدرولیز چربی‌ها و گروه‌های استری و تولید اسیدهای چرب آزاد در خامه می‌تواند دلیل این کاهش pH طی دوران نگهداری خامه باشد(۱۸). همچنین متابولیسم کربوهیدرات‌ها توسط باکتری‌های غیر بیماری‌زا همچون لاکتوباسیلوس‌ها نیز می‌تواند محتوی اسیدلاکتیک و اسید استیک خامه را تا حدودی افزایش دهد (۱۸). تأثیر اینولین (نوع و غلظت) بر میزان pH خامه طی ۳۰ روز نگهداری در دمای یخچال در جدول ۲ ارائه شده است. ازآنجایی‌که طبق جدول آنالیز واریانس اثر متقابل متغیرها در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود، برای دوری از پیچیدگی بررسی جدول، از حروف‌گذاری اعداد خودداری شد. ازآن جایی‌که طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۱، pH قابل‌قبول برای انواع خامه ۶/۸ تا ۶/۵ در است، نتایج جدول ۲ حاکی از آن است

که غلظت‌های بالاتر از ۲ درصد اینولین باباآدم و آرتیشو و همچنین غلظت بالاتر از ۱/۵ درصد اینولین کاسنی باعث کاهشpH نمونه به زیر آستانه‌ی قابل پذیرش می‌شود؛ بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از غلظت بیش از ۲ درصد اینولین در فرمولاسیون خامه، مناسب نباشد. همچنین بین اینولین‌های مختلف اینولین باباآدم وآرتیشو برای خامه مناسب‌تر از کاسنی است، چرا که استفاده از اینولین کاسنی میزان شاخص مهم pH را به‌سرعت به زیر آستانه مورد قبول می‌رساند.

۳-۲- تأثیر نوع و میزان اینولین بر اسیدیته خامه

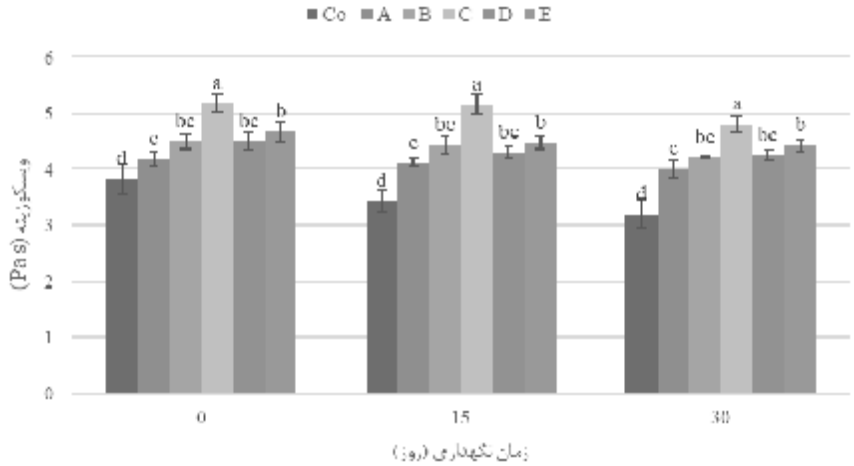
نتایج تأثیر نوع اینولین بر اسیدیته نشان داد که خامه حاوی اینولین باباآدم کم‌ترین و خامه حاوی اینولین کاسنی (۰/۱۷۸) به ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین اسیدیته را داشتند که تفاوت اسیدیته این دو خامه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. این نتایج در راستای نتایج برآورد تأثیر نوع اینولین بر pH خامه بود، بااین‌حال، اگرچه اختلاف pH بین خامه حاوی اینولین باباآدم و آرتیشو در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود اما اسیدیته خامه حاوی اینولین آرتیشو به‌طور معنی‌داری بیش از اسیدیته خامه حاوی اینولین باباآدم بود (اسیدیته باباآدم: ۰/۱۵۲، اسیدیته خامه حاوی اینولین آرتیشو: ۰/۱۶۳). همچنین غلظت اینولین نیز بر اسیدیته خامه تأثیر دارد و با افزایش غلظت اینولین، اسیدیته افزایش می‌یابد ($P < ۰/۰۵$) و زمانی‌که غلظت‌اینولین‌ازصفر به ۳ درصد می‌رسد اسیدیته از ۰/۱۳۳ به ۰/۱۹۲ می‌رسد. علت آن می‌تواند افزایش ماده خشک محصول و تحریک فعالیت متابولیکی میکروارگانیسم‌های‌اسیدزا توسط هیدروکلوئیدها باشد (۱۰). بااین‌حال در برخی از تحقیقات افزودن هیدروکلوئیدها به محصولات لبنی تأثیر معنی‌داری بر اسیدیته نمونه‌ها نداشته است (۱۹, ۲۰)؛ که این عدم همخوانی را می‌توان به تفاوت در نوع و مقدار هیدروکلوئید به‌کاربرده شده نسبت داد. زمان نیز به‌طور معنی‌داری بر اسیدیته خامه تأثیر می‌گذارد به‌طوری‌که اسیدیته از ۰/۱۳۳ در زمان صفر به بیش از ۰/۱۹۸ در روز ۳۰ نگهداری خامه رسیده است ($P < ۰/۰۵$) که این نتایج منطبق بر یافته‌های پژوهش حاضر در مورد تأثیر زمان بر تغییرات pH بود. ازآنجایی‌که طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۱، اسیدیته‌ی قابل‌قبول برای خامه ۰/۱۵-۰/۰۹ بود. جدول ۲ نشان می‌دهد غلظت‌های بالاتر از ۲ درصد اینولین باباآدم و آرتیشو و همچنین غلظت بالاتر از ۱/۵ درصد اینولین کاسنی، اسیدیته خامه را به بالاتر از حد استاندارد رسانده است؛ بنابراین این فرمولاسیون‌ها به دلیل خروج از محدوده‌ی استاندارد، از بررسی‌های بعدی حذف شدند.

جدول۲-اثر نوع و غلظت اینولین بر pH و اسیدیته خامه کم‌چرب طی ۳۰ روز نگهداری در دمای یخچال (^{o}C ۱±٤)

اینولین		pH			اسیدیته قابل تیتراسیون		
		زمان نگهداری (روز)			زمان نگهداری (روز)		
نوع	غلظت	۰	۱۵	۳۰	۰	۱۵	۳۰
نمونه شاهد		٦/٧٨ ± ۰/۱۳	٦/٥٥ ± ۰/۰۸	٦/٤٠ ± ۰/۱٦	۰/۱۱٦ ± ۰/۰۲	۰/۱٤۰ ± ۰/۰۱	۰/۱٦٥ ± ۰/۰۲
باباآدم	۱/۵	٦/٦٩ ± ۰/۱٤	٦/٤٩ ± ۰/۰٤	٦/٣٣ ± ۰/۱۳	۰/۱۲۷ ± ۰/۰۲	۰/۱٤٥ ± ۰/۰۱	۰/۱۷۰ ± ۰/۰۱
	۲	٦/٦٢ ± ۰/۱۰	٦/٣٩ ± ۰/۰۲	٦/٣١ ± ۰/۰۸	۰/۱۳٥ ± ۰/۰۳	۰/۱٥٥ ± ۰/۰۱	۰/۱۷٥ ± ۰/۰۲
	۳	٦/٤٤ ± ۰/۱۰	٦/٣۰ ± ۰/۰۹	٦/٢٣ ± ۰/۰۹	۰/۱٥ ± ۰/۰۳	۰/۱۸ ± ۰/۰۱	۰/۲۱ ± ۰/۰۱
کاسنی	۱/۵	٦/٤٣ ± ۰/۰۷	٦/٣٥ ± ۰/۰٤	٦/۱۷ ± ۰/۰۲	۰/۱٥ ± ۰/۰۱	۰/۱۷ ± ۰/۰۱	۰/۲۲ ± ۰/۰۱
	۲	٦/٣٨ ± ۰/۰٥	٦/٢٧ ± ۰/۰٤	٥/٩٩ ± ۰/۱٦	۰/۱٦٥ ± ۰/۰۱	۰/۱۹۰ ± ۰/۰۱	۰/۲۳٥ ± ۰/۰۱
	۳	٦/۲۱ ± ۰/۰۳	٦/۱۷ ± ۰/۰۹	٥/٨٩ ± ۰/۳۳	۰/۱۸۰ ± ۰/۰۱	۰/۱۸۰ ± ۰/۰۱	۰/۲٥۰ ± ۰/۰٤
آرتیشو	۱/۵	٦/٦٤ ± ۰/۱۰	٦/٥٤ ± ۰/۰٥	٦/٢٧ ± ۰/۱۳	۰/۱۲۰ ± ۰/۰۱	۰/۱٥٥ ± ۰/۰۱	۰/۱۹۰ ± ۰/۰۳
	۲	٦/٥٨ ± ۰/۰۹	٦/٤۱ ± ۰/۱۱	٦/٢٦ ± ۰/۰٤	۰/۱۳٥ ± ۰/۰۱	۰/۱۷۰ ± ۰/۰۱	۰/۲۱۰ ± ۰/۰۳
	۳	٦/٣٣ ± ۰/۰۸	٦/٢٢ ± ۰/۱۱	٦/۰۰ ± ۰/۰۳	۰/۱۷۰ ± ۰/۰۰	۰/۱۹۰ ± ۰/۰۱	۰/۲۲٥ ± ۰/۰۱

۳-۳- تأثیر نوع و میزان اینولین بر ویسکوزیته خامه

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های مورد بررسی در تولید خامه‌ی کم‌چرب، بررسی ویسکوزیته خامه است که نقش مهمی در میزان پذیریش محصول توسط مصرف‌کننده دارد (۳۳). عموماً به دنبال کاهش چربی خامه، ویسکوزیته به دلیل کاهش مقاومت مکانیکی شبکه پروتئین کاهش می‌یابد. افزودن هیدروکلوئیدها به فرمولاسیون خامه ضمن کاهش آب‌اندازی، ویسکوزیته خامه را نیز بهبود می‌بخشد (۳۷). همان‌طور که شکل ۱ مشخص است، افزودن اینولین به‌طور معنی‌داری موجب افزایش ویسکوزیته خامه می‌شود نسبت به نمونه‌ی شاهد می‌شود ($P < ۰/۰۵$). اگرچه با افزایش غلظت اینولین از غلظت ۱/۵ درصد به ۲ درصد (اینولین باباآدم و آرتیشو) ویسکوزیته نیز افزایش می‌یابد اما این تفاوت در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. افزودن اینولین باباآدم یا آرتیشو به خامه باعث ایجاد ویسکوزیته‌ای بیش از نمونه شاهد شده است. اما در روز صفر، این اختلاف علی‌رغم معنی‌دار بودن، چندان زیاد نیست. افزودن اینولین به خامه موجب بهبود پایداری خامه شده و آب‌اندازی آن را کاهش می‌دهد. این امر به دلیل واکنش اینولین با میسل‌های کازئین است که منجر به پیوند بین غشای چربی و آب موجود در خامه می‌شود و افزایش یکپارچگی و پایداری امولسیون را به همراه دارد (۴). همچنین نتایج نشان داد، به مرور زمان از ویسکوزیته خامه نمونه شاهد کاسته می‌شود اما میزان ویسکوزیته در نمونه‌های حاوی اینولین در طول زمان از ثبات بیش‌تری برخوردار است. در طول زمان نگهداری با تجزیه بیشتر اسیدهای چرب، سطح چربی افزایش می‌یابد و تعادل بیشتری برای کاهش کشش سطحی بین فاز چربی و فاز آب لازم است. پلی‌ساکاریدهایی‌همچون اینولین با افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته و کاهش حرکت قطرات روغن و تشکیل فیلم‌های ویسکوالاستیک در اطراف قطرات روغن، موجب تثبیت امولسیون می‌شوند. همچنین افزودن هیدروکلوئیدها ظرفیت جذب آب را افزایش می‌دهد که منجر به کاهش آب‌اندازی و افزایش ویسکوزیته ظاهری محصول می‌شوند(۶). به عبارتی اینولین به‌عنوان یک ترکیب هیگروسکوپیک با محبوس کردن آب و ایجاد ساختار ژلی از نشت آب ممانعت به عمل می‌آورد (۲۶, ۱۳, ۱۴). در این راستا Yousefi و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان دادند که با افزایش میزان اینولین بر میزان ویسکوزیته خامه نیز افزوده می‌شود (۴۳). همچنین همان‌طور که شکل ۲ نشان می‌دهد، در هر بازه‌ی زمانی بیش‌ترین مقدار ویسکوزیته مربوط به خامه حاوی اینولین کاسنی (۱/۵ درصد وزنی/وزنی) بود ($P<۰/۰۵$). علت این امر را شاید بتوان به pH کم‌تر خامه حاوی اینولین کاسنی و واکنش بین کازئین و پروتئین آب‌پنیر تحت تأثیر pH نسبت داد (۸). در این راستا بررسی ویسکوزیته پنیر فرایند شده در بازه‌های pH ۵ تا ۷ نشان داد که با افزایش pH از فشردگی میکروساختار پروتئین کاسته می‌شود که‌این‌امرمی‌تواندموجب‌کاهش ویسکوزیته محصول شود (۳۹). در مجموع به نظر می‌رسد افزودن ۲ درصد اینولین باباآدم یا آرتیشو موجب تولید خامه‌ی کم‌چربی (۱۵ درصد چربی) می‌شود که ضمن داشتن ویسکوزیته نزدیک به نمونه شاهد، از پایداری بافتی بیش‌تری طی دوره‌ی نگهداری برخوردار است.



شکل۱-تأثیر انواع اینولین بر ویسکوزیته خامه؛ حروف کوچک مشابه، عدم تفاوت معنی‌دار بین نمونه‌ها در هر دوره‌ی زمانی را نشان می‌دهد (P < ۰/۰۵). Co: نمونه شاهد با ۳۰ درصد چربی؛ **A**: خامه با ۱/۵ درصد اینولین باباآدم (۲۰ درصد چربی)؛ **B**: خامه با ۲ درصد اینولین باباآدم (۱۵ درصد چربی)؛ **C**: خامه با ۱/۵ درصد اینولین کاسنی (۲۰ درصد چربی)؛ **D**: خامه با ۱/۵ درصد اینولین آرتیشو (۲۰ درصد چربی)؛ **E**: خامه با ۲ درصد اینولین آرتیشو (۱۵ درصد چربی)

۳-٤- تأثیر نوع و میزان اینولین بر مؤلفه‌های رنگی خامه

رنگ محصول نقش مهمی در انتخاب مصرف‌کننده دارد. نمای سفید شیر و محصولات لبنی به نوع ساختار فیزیکی آن وابسته است، همچنین رنگ نیز تحت تأثیر کارتنوئیدهای موجود در شیر شامل لوتئین (a^*) و بتاکاروتن (b^*) است. مقدارL^* میزان روشنی‌یک‌جسم را نشان‌می‌دهد که می‌تواند عددی بین ۰ تا ۱۰۰ (به ترتیب تیره‌ترین تا روشن‌ترین) باشد، به عبارتی هر چه L^* بالاتر باشد محصول روشن‌تر است (۲۹). روشنی فرآورده‌های لبنی می‌تواند تحت تأثیر ماتریکس‌چربی و پروتئین قرارگیرد (۳۰). نتایج تأثیر افزودن اینولین و زمان بر رنگ خامه در جدول ۳ آمده است؛ اما برای دید بهتر ابتدا به بررسی اثرات ساده متغیرها می‌پردازیم. از نظرشاخصL^* که نماینده روشنی خامه‌هاست، نتایج نشان داد اثر ساده‌ی فرمولاسیون تأثیر معنی‌داری بر این مخلفه دارد و افزودن اینولین منجر به تیره شدن اندک اما معنی‌دار خامه می‌شود. بیش‌ترین‌میزان‌روشنایی‌در نمونه شاهد (به‌طور متوسط ۹۰/۸) و کم‌ترین آن در فرمولاسیون حاوی ۱/۵ درصد اینولین کاسنی (۸۸/۰۳) مشاهده شد که تفاوت بین این دو نمونه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود؛ اما تفاوت بین نمونه شاهد و نمونه‌ی حاوی ۱/۵ درصد اینولین باباآدم در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود (P > ۰/۰۵). پراکندگی نور در هر ماده‌ای مرتبط به ساختار موکولی و یا حتی اتم آن است. تغییردر روشنایی تیمارهای می‌تواند ناشی از تغییرات ساختار و پراکنش متفاوت نور در اثر افزودن اینولین باشد (۳۲). ارتباط بین پلیمر اینولین و میسل کازئین و مقدار گویچه‌های چربی می‌توانند در پراکنش نور نقش داشته باشند (۳۰). بااین‌حال Iftikhar و Dutta (۲۰۲۰) گزارش‌کردند که افزودن نشاسته به‌عنوان جایگزین چربی در خامه قنادی موجب روشن شدن رنگ خامه می‌شود که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی ندارد (۲۱). همچنین در پنیر موزارلا با کاهش چربی سفیدی پنیرها افزایش یافت. آن‌ها بیان کردند که حضور چربی می‌تواند با پراکنش نور در سفیدی نمونه‌ها نقش داشته باشد (۹). دلیل تفاوت بین نتایج پژوهش‌های مختلف، می‌تواند به تغییرات ساختاری متفاوت در پی افزودن ترکیبات جانشین چربی متفاوت و نوع خامه (خامه قنادی عموماً به دلیل داشتن چربی بالاتر تیره‌تر است) نسبت داده شود. زمان نیز باعث تیره‌تر شدن نمونه‌ها می‌شود که می‌تواند ناشی از تبخیر رطوبت و تغلیظ رنگ‌دانه‌ها و همچنین تأثیر بافت ویسکوزتر در پراکنش نور باشد. Dai و همکاران ۲۰۱۸ نیز بیان کردند که باگذشت زمان از روشنی پنیر موزارلا کاسته می‌شود که این امر به تخریب ماتریکس کازئین طی دوران نگهداری نسبت داده شد (۹). بیش‌ترین

میزان تغییر روشنایی در نمونه حاوی اینولین کاسنی مشاهده شد که می‌توان آن را به ویسکوزیته بیش‌تر این نمونه نسبت داد. در این راستا Akesowan (۲۰۰۹) نشان داد که افزودن ایزوله پروتئین سویا به بستنی منجر به افزایش ویسکوزیته و تیره شدن رنگ بستنی می‌شود (۵). بااین‌حال، فرحناکی و همکاران (۲۰۱۱)، افزودن ژلاتین به خامه را موجب تغییر معنی‌دار شاخص L* خامه ندانستند (۱۵).همچنین نتایج نشان داد، گذشت‌زمان‌روی‌شاخص‌سبزی–قرمزی (a*) نمونه‌های حاوی اینولین تأثیر معنی‌داری نداشته است اما در نمونه شاهد با گذشت زمان از سبزی (a*-) نمونه‌ها کاسته شد ($P < ۰/۰۵$). Dai و همکاران (۲۰۱۸) نیز بیان کردند که طی ۲۸ روز نگهداری از میزان ته رنگ سبزی (مقادیر منفی a^* مقدار) نمونه‌های پنیر کاسته شد(۹). نمونه شاهد و نمونه حاوی ۱/۵ درصد اینولین باباآدم ته رنگ سبزی داشتند اما سایر نمونه‌های حاوی اینولین ته رنگ قرمزی را نشان دادند (a*+) که تفاوت بین نمونه شاهد و نمونه‌ی حاوی اینولین باباآدم با سایر نمونه‌ها در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). این امر می‌تواند به دلیل تغییر ساختاری ناشی از افزودن اینولین و یا ته رنگ مربوط به این ترکیب باشد. Balthazar و همکاران (۲۰۱۵) نیز ته رنگ ماست حاوی اینولین را قرمز اعلام کردند و زردی نمونه‌ی حاوی اینولین را بیش‌تراز نمونه‌ی شاهد گزارش کردند (۷).Farahnaky و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند که قرمزی خامه حاوی ۰/۷۵ درصد ژلاتین کم‌تر از سایر نمونه‌ها بود اما در مقادیر ژلاتین بالاتر و پایین‌تر از این مقدار اختلاف رنگی معنی‌داری مشاهده نشد. بااین‌حال، در پژوهش حاضر در نمونه شاهد و نمونه‌ی حاوی ۱/۵ درصد اینولین باباآدم مقدار بسیار اندکی سبزی (مقادیرمنفی a^*) و در سایر نمونه‌ها مقدار اندکی قرمزی(مقادیر مثبت a^*) مشاهده شد. (۱۵).درمورد شاخص زردی (b^*) نیز تایج نشان داد افزودن اینولین تأثیر معنی‌داری بر زردی نمونه‌ها نداشته است. بااین‌حال، زردی نمونه‌های حاوی اینولین بیش‌تر از نمونه‌ی شاهد بود (جدول ۳). Ehsani وهمکاران (۲۰۱۸)نیزپارامتر b^* برای نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی اینولین تجاری و اینولین آرتیشو را بالاترازماست‌پروبیوتیک‌ساده‌گزارش کردند. آن‌ها هیدرولیز اسیدی و pHکم‌تر نمونه‌های ماست حاوی اینولین را دلیل این امر اعلام کردند (۱۲). نکته جالب‌توجه این بود که نمونه شاهد با گذشت زمان زردی بیش‌تری نسبت به نمونه‌های حاوی اینولین نشان داد ($P < ۰/۰۵$) که می‌تواند به دلیل تجزیه چربی، تبخیر رطوبت و تغییرات ساختاری بیش‌تر در این نمونه باشد. عموماً بعد از گذشت ۱۵ روز از زمان نگهداری خامه، تغییرات شاخص b^* در تمام نمونه‌ها تثبیت شده است و بعد از آن تغییر معنی‌داری نداشته است. بااین‌حال، Dai و همکاران (۲۰۱۸) زردی پنیر موزارلا را طی نگهداری ثابت اعلام کردند. (۹).تفسیر تغییرات رنگی مربوط به دو مؤلفه a* و b* عموماً مشکل است و این دو شاخص رنگی می‌توانند اثر یکدیگر را تا حدودی خنثی و یا حتی تشدید کنند؛ بنابراین شاخص ΔE* می‌تواند معیار مناسب‌تری را ارائه کند. چرا که تغییرات رنگی نسبت به نمونه‌ی شاهد در روز صفر را نشان می‌دهد. برآیند رنگ‌ها روی یکدیگر می‌توانند در این شاخص نمود یابند. همان‌طور که جدول۳نشان‌می‌دهد، در زمان صفر تفاوت بین نمونه‌های حاوی اینولین معنی‌دار نبود (تنها تفاوت بین نمونه حاوی ۱/۵ درصد اینولین باباآدم و سایر نمونه‌های حاوی اینولین معنی‌دار بود). بااین‌حال، بیش‌ترین اختلاف رنگ با نمونه‌ی شاهد مربوط به نمونه‌ی حاوی اینولین کاسنی بود. با گذشت زمان تغییرات معنی‌داری در رنگ همه نمونه‌ها مشاهده شد اما این تغییر رنگ در نمونه شاهد با شیب تندتری صورت گرفت. دلایل این تغییرات همان‌طور که پیش‌تر گفته شد می‌تواند به دلیل تبخیرآب وتغییرساختارکازئین–میسل چربی باشد.

جدول۳- اثر عصاره‌ی فرمولاسیون‌های مختلف بر مؤلفه‌های رنگی خامه

تیمار	زمان نگهداری (روز)		
	۰	۱۵	۳۰
	L*		
Co	۹۲٫۷۵±۱٫۰۶^{aA}	۹۰٫۹۵±۰٫۶۴^{aB}	۸۸٫۷۰±۰٫۷۱^{aC}
A	۹۱٫۰۰±۰٫۸۵^{abA}	۸۹٫۸۰±۰٫۵۷^{abA}	۸۶٫۸۴±۰٫۳۵^{bB}
B	۸۹٫۹۵±۰٫۴۹^{bcA}	۸۹٫۴۵±۱٫۹۱^{abA}	۸۸٫۵۵±۰٫۴۹^{abB}
C	۸۸٫۸۰±۰٫۵۷^{cA}	۸۷٫۷۵±۰٫۹۲^{cB}	۸۷٫۵۵±۰٫۳۵^{abB}
D	۸۹٫۹۰±۰٫۴۲^{bcA}	۸۹٫۰۵±۰٫۹۱^{bcA}	۸۷٫۸۰±۰٫۵۷^{abB}
E	۸۹٫۸۵±۲٫۰۴^{bcA}	۸۸٫۱۰±۱٫۰۶^{bcB}	۸۷٫۰۰±۰٫۴۲^{abC}
	a*		
Co	-۲٫۴±۰٫۷۱^{cA}	-۰٫۶۱۵±۰٫۸۷^{aB}	-۰٫۵±۰٫۷۰۷^{abB}
A	-۰٫۵±۰٫۶۷^{bA}	-۰٫۵۰±۰٫۷۱^{aA}	-۱٫۸۰±۰٫۴۲^{bA}
B	۰٫۸۷±۰٫۱۸^{abA}	-۰٫۵۰±۰٫۵۶^{aA}	۰٫۵۰±۰٫۵۵^{aA}
C	۰٫۵۰±۰٫۶۰^{abA}	۰٫۲۵±۰٫۳۵^{aA}	۱٫۷۰±۰٫۴۲^{abA}
D	۰٫۸۰±۰٫۲۸^{abA}	۰٫۵۰±۰٫۳۶^{aA}	۰٫۵۹±۰٫۸۳^{aA}
E	۱٫۰۰±۰٫۰۰^{aA}	۰٫۰۰±۱٫۱۴^{aB}	۰٫۵۰±۰٫۷۱^{aAB}
	b*		
Co	۴٫۷۵±۱٫۰۶ ^{aB}	۹٫۰۰±۱٫۴۱ ^{aA}	۹٫۵۰±۰٫۷۰^{aA}
A	۵٫۰۰±۱٫۱۰ ^{aB}	۷٫۵۰±۰٫۷۵^{aA}	۵٫۸۵±۰٫۲۱^{cB}
B	۵٫۰۰±۱٫۴۱ ^{aB}	۸٫۲۵±۱٫۰۶^{aA}	۸٫۰۰±۰٫۷۱^{abA}
C	۵٫۷۰±۰٫۹۹ ^{aB}	۶٫۴۰±۰٫۵۷^{bcB}	۸٫۳۵±۰٫۴۹^{abA}
D	۵٫۵۰±۰٫۷۰ ^{aB}	۵٫۲۰±۰٫۲۸^{cB}	۷٫۳۵±۰٫۹۲^{bcA}
E	۴٫۵۰±۰٫۶۶ ^{aB}	۶٫۹۵±۰٫۰۷^{bcA}	۸٫۲۰±۱٫۱۳^{abA}
	ΔE		
Co	۰٫۰۰±۰٫۰۰^{cC}	۳٫۹۹±۱٫۳۸^{abB}	۵٫۴۷±۰٫۱۰^{abA}
A	۲٫۲۴±۰٫۴۱^{bB}	۳٫۴۱±۰٫۴۷^{bB}	۵٫۱۸±۰٫۳۲^{abA}
B	۳٫۷۲±۰٫۳۳^{aA}	۴٫۳۲±۰٫۷۰^{abA}	۴٫۹۵±۱٫۰۶^{bA}
C	۴٫۱۲±۰٫۹۲^{aB}	۴٫۹۰±۱٫۰۶۳^{aB}	۶٫۴۷±۰٫۲۷^{aA}
D	۳٫۵۴±۰٫۴۸^{abB}	۳٫۹۷±۰٫۲۲^{abB}	۵٫۳۴±۰٫۵۳^{abA}
E	۳٫۹۵±۰٫۵۵^{aB}	۴٫۸۲±۰٫۲۶۱^{aB}	۶٫۲۸±۴٫۳۰^{abA}

* برای هر پارامتر رنگی، حروف متفاوت کوچک در هر ردیف و حروف بزرگ متفاوت در هر ستون به تفاوت معنی‌دار بین نمونه‌های مختلف است ($P < ۰/۰۵$). Co: نمونه شاهد با ۳۰ درصد چربی؛ A: خامه با ۱/۵ درصد اینولین باباآدم (۲۰ درصد چربی)؛ B: خامه با ۲ درصد اینولین باباآدم (۱۵ درصد چربی)؛ C: خامه با ۱/۵ درصد اینولین کاسنی (۲۰ درصد چربی)؛ D: خامه با ۱/۵ درصد اینولین آرتیشو (۲۰ درصد چربی)؛ E: خامه با ۲ درصد اینولین آرتیشو (۱۵ درصد چربی)

۳-۵- تأثیر نوع و میزان اینولین بر ویژگی‌های حسی خامه

نتایج حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌های خامه در جدول ۴ نشان داده شده است. اگرچه امتیاز حسی نمونه‌های حاوی اینولین نسبت به نمونه‌ی شاهد پایین‌تر بود اما زمانی که از اینولین باباآدم و آرتیشو استفاده شد این تفاوت در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. نمونه حاوی اینولین کاسنی کم‌ترین امتیاز مربوط به بافت (۳/۸۲) را دریافت کرد. ارزیاب‌های حسی بیان داشتند که بافت این نمونه کمی شبیه بافت پنیر خامه‌ای شده و آن روانی قابل‌انتظار در نمونه‌ی خامه را ندارد. در همین راستا Srisuvor و همکاران (۲۰۱۳) نیز بیان کردند که افزودن پری‌بیوتیک‌هایی مانند پلی‌دکستروز و اینولین‌درغلظت‌های متوسط (حدود ۲ درصد) اثر معنی‌داری برعطروطعم ماست ندارد(۴۰). همچنین El-Kholy و همکاران (۲۰۲۰) نیز افزودن غلظت‌های مختلف اینولین به ماست را فاقد تأثیر معنی‌داری بر رنگ دانستند (۱۳). Orouji و همکاران (۲۰۱۷) نیز بیان کردند اگرچه غلظت‌های اینولین بیش از ۳ درصد به‌طور معنی‌داری بر عطر و طعم خامه تأثیر منفی داشته است، اما غلظت بهینه پلی‌دکستروز و اینولین (به ترتیب۱/۵۸و۱/۹۲درصدوزنی/وزنی)می‌تواندخامه‌کم‌چربی را تولید کند که از نظر ویژگی‌های حسی نزدیک به خامه پرچرب باشد (۳۵).

جدول٤- اثر عصاره‌ی فرمولاسیون‌های مختلف بر ویژگی‌های حسی خامه

تیمار	طعم	بو	بافت	رنگ
Co	٤٫٦٤±٠٫٥٠٥^{A}	٤٫٦٤±٠٫٥٠٥^{A}	٤٫٨٢±٠٫٤٠٥^{A}	٤٫٨٠±٠٫٤٠٥^{A}
A	٤٫٥٥±٠٫٨٢٠^{A}	٤٫٦٤±٠٫٦٧٤^{A}	٤٫٦٤±٠٫٥٠٥^{A}	٤٫٧٣±٠٫٤٦٧^{AB}
B	٤٫٤٦±٠٫٦٨٨^{A}	٤٫٤٦±٠٫٨٢٠^{A}	٤٫٥٤±٠٫٨٢٠^{A}	٤٫٤٦±٠٫٥٢٢^{AB}
C	٤٫٢٧±٠٫٦٤٧^{A}	٤٫٣٦±٠٫٨٠٩^{A}	٣٫٨٢±٠٫٧٥١^{B}	٤٫٢٧±٠٫٩٠٥^{B}
D	٤٫٤٦±٠٫٥٢٢^{A}	٤٫٥٤±٠٫٦٨٨^{A}	٤٫٥٤±٠٫٥٢٢^{A}	٤٫٥٤±٠٫٦٨٨^{AB}
E	٤٫٤٦±٠٫٦٨٨^{A}	٤٫٣٦±٠٫٨٠٩^{A}	٤٫٢٧±٠٫٩٠١^{AB}	٤٫٤٦±٠٫٦٨٨^{AB}

اعداد به شکل میانگین ± انحراف از استاندارد گزارش شده است. برای هر ویژگی حسی، حروف متفاوت نشانگر تفاوت معنی‌دار بین نمونه‌های مختلف است ($P < ۰/۰۵$). Co: نمونه شاهد با ۳۰ درصد چربی؛ A: خامه با ۱/۵ درصد اینولین باباآدم (۲۰ درصد چربی)؛ B: خامه با ۲ درصد اینولین باباآدم (۱۵ درصد چربی)؛ C: خامه با ۱/۵ درصد اینولین کاسنی (۲۰ درصد چربی)؛ D: خامه با ۱/۵ درصد اینولین آرتیشو (۲۰ درصد چربی)؛ E: خامه با ۲ درصد اینولین آرتیشو (۱۵ درصد چربی).

٤- نتیجه‌گیری

نتایج حاکی از این بود نوع اینولین و غلظت آن تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی نمونه‌های خامه دارد. در مجموع نتایج نشان داد که اینولین کاسنی به دلیل pH ذاتی پایین‌تر می‌تواند ترکیب مناسبی برای محصولات لبنی تخمیری باشد و استفاده از این اینولین نتوانست با حفظ محدوده‌ی pH و اسیدیته استاندارد مربوط به خامه، میزان چربی این محصول را به زیر ۲۰ درصد برساند؛ اما افزودن ۲ درصد اینولین آرتیشو یا باباآدم می‌تواند ضمن القای اثر پری‌بیوتیکی به خامه، محتوای چربی آن را بدون این‌که تأثیر معنی‌داری برویژگی‌های حسی محصول داشته باشد به نصف تقلیل دهد.

٥-منابع

1. Adapa, S. and Schmidt, K. 1998. Physical Properties of Low-fat Sour Cream Containing Exopolysaccharide Producing Lactic Acid. *Journal of food science*, 63(5):901-3.
2. Ahmed, W. and Rashid, S. 2019. Functional and therapeutic potential of inulin: A comprehensive review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(1):1-13.
3. Akbari, M., Eskandari, M. H. and Davoudi, Z. 2019. Application and functions of fat replacers in low-fat ice cream: A review. *Trends in food science & technology*, 86:34-40.

4. Akbari, M., Eskandari, M. H., Niakosari, M. and Bedeltavana, A. 2016. The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream. *International Dairy Journal*, 57:52-5.
5. Akesowan, A. 2009. Influence of soy protein isolate on physical and sensory properties of ice cream. *Thai Journal of Agricultural Science*, 42(1):1-6.
6. Aminigo, E. R., Metzger, L. and Lehtola, P.S. 2006. Biochemical composition and storage stability of a yogurt-like product from African yam bean (Sphenostylis stenocarpa). *International journal of food science & technology*,44(3):560-566 .
7. Balthazar, C.F., Gaze, L.V., Azevedo Da Silva, H. L., Pereira, C. S., Franco, R. M. and Conte-Júnior CA, et al. 2015 . Sensory evaluation of ovine milk yoghurt with inulin addition. *International Journal of Dairy Technology*, 68(2):281-90.
8. Benoit, S., Afizah, M. N., Ruttarattanamongkol, K. and Rizvi, S. 2013. Effect of pH and temperature on the viscosity of texturized and commercial whey protein dispersions. *International Journal of Food Properties*, 16(2):322-30.
9. Dai, S., Jiang, F., Corke, H. and Shah, NP. 2018. Physicochemical and textural properties of mozzarella cheese made with konjac glucomannan as a fat replacer. *Food Research International*,107:691-9.
10. Dakhteh, R., Khani, M. and Dabiriyan, S. 2021.Comparison of the effects of Qodume shirazi (Alyssum homolocarpum) and Persian gums (Amygdalus scoparia) as fat replacer hydrocolloid on physicochemical properties of low-fat table cream. *Iranian Journal Food Science and Technology Research*, 17(1):205-16.
11. de Souza Oliveira, R. P., Perego, P., de Oliveira, M. N. and Converti, A. 2011. Effect of inulin as prebiotic and synbiotic interactions between probiotics to improve fermented milk firmness. *Journal of Food Engineering*, 107(1):36-40.
12. Ehsani, J., Mohsenzadeh, M., Khomeiri, M. and Ghasemnezhad, A. 2018. Chemical Characteristics, and Effect of Inulin Extracted from Artichoke (Cynara scolymus L.) Root on Biochemical Properties of Synbiotic Yogurt at the End of Fermentation. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 37(2):219-30.
13. El-Kholy, W. M., Aamer, A. and Ali, A. N. A. 2020. Utilization of inulin extracted from chicory (Cichorium intybus L.) roots to improve the properties of low-fat synbiotic yoghurt. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(1):59-67.
14. El-Nagar, G., Clowes, G., Tudorică, C., Kuri, V. and Brennan, C. 2002. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. *International Journal of Dairy Technology*, 55(2):89-93.
15. Farahnaky, A., Safari, Z., AHMADI, G. F. and Mesbahi, G. 2011. Use of gelatin as a fat replacer for low fat cream production. *Iranian Journal of Food science an Technology*,8(13):45-52
16. Fathi, M., Mohebbi, M. and Razavi, S.M.A . 2011. Application of image analysis and artificial neural network to predict mass transfer kinetics and color changes of osmotically dehydrated kiwifruit. *Food and Bioprocess Technology*, 4(8):1357-66.
17. Guven, M., Yasar, K., Karaca, O. and Hayaloglu, A. 2005. The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat yogurt manufacture. *International Journal of Dairy Technology*, 58(3):180-4.
18. Hedayati Rad, F., Khanjari, N. and Sharifan, A. 2021. Synbiotic Cocoa Cream Produced via Incorporation of Microencapsulated Bifidobacterium animalis subsp. Lactis and Inulin: Physicochemical, Rheological, and Sensory Properties. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 23(1):97-106.
19. Helal, A., Rashid, N., Dyab, M., Otaibi, M. and Alnemr, T. 2018. Enhanced Functional, Sensory, Microbial and Texture Properties of Low-Fat Set Yogurt Supplemented With High-Density Inulin. *Journal of Food Processing & Beverages*, 6(1):1-11.
20. Huang, L., Abdel-Hamid, M., Romeih, E ., Zeng, Q-K., Yang, P. and Walker, G. et al. 2020.Textural and organoleptic properties of fat-free buffalo yogurt as affected by polydextrose. *International Journal of Food Properties*, 23(1):1-8.
21. Iftikhar, S. A. and Dutta, H. 2020. Use of raw and physically modified rice starches as fat replacer in whipping cream. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 8(1):122-30.
22. INSO. 2019. Pasteurized and UHT cream-Specifications and test methods. Iran: Karaj:

Iranian National Standardization Organization, p. 1-21
23. ISIRI. 2006. Milk and milk products-determination of titrable acidity and value pH-test method. Karaj, Iran: Insritute of Standards and Industrial Research of Iran.
24. Kays, S. J. and Nottingham, S. F. 2007 .Biology and chemistry of Jerusalem artichoke: Helianthus tuberosus L: CRC press.
25. Kelly, G. 2008. Inulin-type prebiotics-a review: part 1. *Alternative Medicine Review*,13(4).
26. Khalaf, D. S. 2019. Using Different Level Of Inulin As A Cream Replacer To Produced Cottage Cheese. *Euphrates Journal of Agriculture Science*,11(2) .
27. Khoshnoudi-Nia, S., Moosavi-Nasab, M., Nassiri, S. M. and Azimifar, Z. 2018. Determination of Total viable count in rainbow-trout fish fillets based on hyperspectral imaging system and different variable selection and extraction of reference data methods. *Food analytical methods*, 11(12):3481-94.
28. Koca, N. and Metin, M. 2004. Textural melting and sensory properties of low-fat fresh kashar cheeses produced by using fat replacers. *International dairy journal*, 14(4):365-73.
29. Leon, K., Mery, D., Pedreschi, F. and Leon, J. 2006. Color measurement in L∗ a∗ b∗ units from RGB digital images. *Food research international*, 39(10):1084-91.
30. Metzger, L., Barbano, D., Rudan, M., Kindstedt, P and. Guo, M. 2000.Whiteness change during heating and cooling of Mozzarella cheese. *Journal of dairy science*, 83(1):1-10.
31. Meyer, D. and Stasse-Wolthuis, M. 2009. The bifidogenic effect of inulin and oligofructose and its consequences for gut health. *European journal of clinical nutrition*, 63(11):1277-89.
32. Mohammadi, S. A., Najafi, M. and Kashaninejad, M. 2021. Evaluation and comparison of sensory, color, and rheological properties of low fat cream containing Konjac gum by Principal component analysis (PCA) and Partial least squares (PLS) regression regression. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 17(1):107-20.
33. Morison, K. R., Phelan, J. P. and Bloore, C.G. 2013.Viscosity and non-Newtonian behaviour of concentrated milk and cream. *International journal of food properties*, 16(4):882-94.
34. Mozaffarian, D. 2016. Dietary and policy priorities for cardiovascular disease, diabetes, and obesity: a comprehensive review. *Circulation*, 133(2):187-225.
35. Orouji, I., Dhanbarzadeh, 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.
36. Paseephol, T., Small, D. and Sherkat, F. 2007. Process optimisation for fractionating Jerusalem artichoke fructans with ethanol using response surface methodology. *Food Chemistry*, 104(1):73-80.
37. Sahan, N., Yasar, K. and Hayaloglu, A. 2008. Physical, chemical and flavour quality of non-fat yogurt as affected by a β-glucan hydrocolloidal composite during storage. *Food Hydrocolloids*, 22(7):1291-7.
38. Sandrou, D. and Arvanitoyannis, I. 2000. Low-fat/calorie foods: current state and perspectives. *Critical reviews in food science and nutrition,* 40(5):427-47.
39. Solowiej, B. 2007. Effect of pH on rheological properties and meltability of processed cheese analogs with whey products. *Polish journal of food and nutrition sciences*, 57(3 [A]).
40. Srisuvor, N., Chinprahast, N., Prakitchaiwattana, C and Subhimaros, S. 2013. Effects of inulin and polydextrose on physicochemical and sensory properties of low-fat set yoghurt with probiotic-cultured banana purée. *LWT-Food science and Technology*, 51(1):30-6.
41. Stone, H., Sidel, J., Oliver, S., Woolsey, A. and Singleton, R.C. 2008. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Descriptive Sensory Analysis in Practice*, 28:23-34.
42. Van Dijk, C. and Van Den Ende, J. 2002. Suggestion systems: transferring employee creativity into practicable ideas. *R&D Management*, 32(5):387-95.
43. Yousefi, M., Asadollahi, S. and Hosseini, E. 2018. Investigating the effects of inulin as a carbohydrate based fat replacer on rheological and sensory properties of UHT cream. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 6(2):87-94.

(Original Research Paper)

The Effect of Type And Concentration Of Various Inulin Sources On Physicochemical and Sensory Properties Of Low-Fat Cream

Sanaz Pirayesh [1], Atoosa Farrokh [2*]

1-MS.c Graduated of Food Science and Technology, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.
2-Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

Received:08/06/2021 Accepted:17/07/2021

Abstract

This study focused on the physicochemical (pH, acidity, apparent viscosity, color) and sensory properties of low-fat cream (10, 15, and 20% fat content) containing inulin as compared to control sample (30% fat content). chicory (*Cichorium intybus* L.), artichoke (*Jerusalem* L. *Artichoke*), and burdock (*Arctium lappa* L.) inulin at the concentration of 1.5, 2, and 3% *w/w* was used as a fat substitute. The results showed that the storage time, type, and concentration of inulin had a significant effect on the pH and acidity of the cream ($P < 0.05$). Maximum acidity was obtained when chicory inulin was used. at a concentration of 3% artichoke or burdock inulin as well as more than 1.5% of chicory inulin, the pH and acidity of the cream were beyond the acceptable threshold. Over time, the viscosity of the control samples significantly decreases, but the viscosity of the inulin-containing samples was more stable. The sample fortified with 1.5% chicory inulin had the highest viscosity ($P < 0.05$). The highest total color difference (ΔE) value was recorded for the cream containing chicory inulin. The color stability of the sample containing inulin was higher than the control sample. Although, the produced samples achieved the required scores in sensory parameters, the difference between the samples containing artichoke or burdock inulin and control one (30 % fat) was not significant at the 5% level. Overall, the use of artichoke or burdock inulin in the concentration of 2 % *w/w* showed a good potential as a prebiotic fat replacer for developing creams with low-fat (15%).

Keywords: Artichoke Inulin; Chicory Inulin; Burdock Inulin; Low-Fat Cream; Prebiotic.

*Corresponding Author: atoosafarrokh@qiau.ac.ir