نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۶ شماره ۳/ سال ۱۳۹۵

تاثیر صمغ کتیرا و آغازگر تولید کننده اگزوپلی ساکارید بر خصوصیات کیفی، بافتی و ریزساختاری پنیر چدار

فرناز نبی زاده[۱]، اصغر خسروشاهی اصل[۲]*، شهین زمردی[۳] و محسن اسمعیلی[۴]

تاریخ دریافت: ۹٤/٦/٦ تاریخ پذیرش: ۹٤/۹/۲۲

[۱] دانشجوی دوره دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

[۲] استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

[۳] دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی ارومیه

[٤] دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

*مسئول مکاتبه: Email: a.khosrowshahi@gmail.com

چکیده

صمغ کتیرا و اگزوپلی ساکاریدها دارای خصوصیاتی هستند که می توانند جایگزین چربی در پنیر شوند. تاثیر صمغ کتیرا و آغازگر تولید کننده اگزوپلی ساکارید (EPS) بر خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و ریزساختاری پنیر چدار کم چرب طی دوره رسیدن مورد بررسی قرار گرفت. پنیر چدار در ٥ تیمار، شامل تیمارهای کم چرب و پرچرب شاهد، حاوی ۰/۰٦ ٪ صمغ کتیرا، حاوی آغازگر تولیدکننده EPS و حاوی ۰/۰٦ ٪ صمغ کتیرا و آغازگر EPS به صورت ترکیبی تهیه شد. نمونه‌ها تحت خلا بسته بندی و در دمای ۱± ٦ °C بمدت ٦ ماه نگهداری شدند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که با افزودن صمغ کتیرا، نسبت به نمونه شاهد پرچرب، ماده خشک و چربی در ماده خشک نمونه‌های پنیر کاهش و درصد نمک و راندمان پنیرسازی افزایش یافت ($P<0.05$). اما افزودن آغازگر تولید کننده EPS، تاثیر معنی داری بر این ویژگی‌ها نداشت ($P>0.05$). با توجه به نتایج ارزیابی بافت، آغازگر تولید کننده EPS موجب افزایش معنی دار سفتی و پیوستگی نسبت به نمونه شاهد پرچرب شد ($P<0.05$). اما صمغ کتیرا تاثیر معنی دار بر پارامترهای TPA نداشت ($P>0.05$). در تصاویر میکروسکوپ الکترونی نمونه‌های حاوی صمغ کتیرا ماتریکس پروتئینی با حفرات زیاد مشاهده شد، ولی نمونه‌های حاوی آغازگر تولیدکننده EPS ساختار یکنواخت‌تری داشتند و نمونه‌های حاوی هر دو نوع جایگزین چربی حالت بینابین این دو وضعیت را نشان دادند. نتایج ارزیابی حسی نیز حاکی از عدم تاثیر معنی‌دار صمغ کتیرا و آغازگر بر فاکتورهای حسی نمونه‌ها بود ($P>0.05$). با توجه به نتایج این بررسی، می‌توان از صمغ کتیرا و آغازگر تولید کننده EPS به عنوان جایگزین چربی در تهیه پنیر چدار، با خواص بافتی مطلوب استفاده نمود.

واژگان کلیدی: آغازگر تولید کننده EPS، پنیر چدار، جایگزین چربی، صمغ کتیرا و ریز ساختار

مقدمه

پنیر چدار نوعی پنیر سفت به رنگ زرد و با طعم ملایم و تند می باشد که معروف ترین پنیر مصرفی در انگلستان و دومین پنیر معروف (بعد از موزارلا) در آمریکا می-باشد. مبدا این پنیر روستایی به نام چدار در سامرست انگلستان است. روش تهیه این پنیر کاملا متفاوت از روش تولید پنیر سفید است. بدین معنی که تا مرحله برش مشابه بوده و سپس مراحل پخت و چدارینگ به منظور تولید اسید، تشدید سینرزیس و ایجاد بافت مناسب پنیر چدار انجام می‌گیرد. طول دوره رسیدن این نوع پنیر متغیر بوده و بسته به خواست مصرف کننده از ۳ تا ۱۵ ماه نگهداری می‌شود (کک و همکاران ۲۰۱۳).

امروزه تقاضا برای مصرف غذاهای کم چرب به شدت افزایش یافته است. از آنجاییکه چربی نقش اساسی در طعم، بافت و ظاهر پنیر دارد، حذف چربی می‌تواند موجب افت خواص حسی، بافتی و عملکردی پنیر شود (میستری ۲۰۰۱). یکی از راهکارهای بهبود خصوصیات پنیر کم چرب افزایش محتوای رطوبتی آن به مقدار کافی می‌باشد تا نسبت رطوبت به پروتئین برابر یا بیشتر از گونه پرچرب شود (برادبنت و همکاران ۲۰۰۱). افزودن جایگزین‌های چربی از جمله صمغ‌ها به شیر پنیرسازی از جمله روش‌هایی است که بدین منظور انجام می‌شود. این ترکیبات خصوصیات چربی شیر را در پنیر ایفا می-کنند.

کتیرا از گیاه آستراگالوس (*Astragalus* (*Leguminosae* تهیه می‌شود که بومی ایران، سوریه و یونان است. این صمغ متشکل از دو بخش محلول در آب و نامحلول در آب است که در آب بصورت متورم در می‌آید و محتوی ۶۰-۷۰ ٪ پلیمر و ٤ ٪ پروتئین می‌باشد. این صمغ بطور وسیعی به عنوان پایدارکننده، قوام دهنده و امولسیفایر در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی استفاده می‌شود (رحیمی و همکاران ۲۰۰۷).

استفاده از باکتری‌های اسید لاکتیک تولید کننده اگزوپلی ساکاریدها (EPS) یکی دیگر از راهکارهایی ا ست که به عنوان عوامل قوام دهنده برای افزایش محتوای رطوبتی و بهبود خصو صیات بافتی پنیر چدار کم چرب بکار می روند. EPS در محیط رشد بصورت لعاب ترشح شده و یا بصورت باقی مانده به دیواره سلولی باکتری چسبیده و تشکیل EPS کپسولی را می‌دهند (سرنینگ ۱۹۹۰). باکتری های اسید لاکتیک تولید کننده EPS بطور گسترده در محصولات لبنی تخمیری بویژه ماست جهت بهبود خواص فیزیکی آن و کاهش سینرزیس از طریق اتصال آب بکار می روند (رواس مدید ۲۰۰۲). در صنعت پنیرسازی نیز از آغازگرهای تولید کننده EPS در تهیه پنیر های کم چرب جهت افزایش رطوبت باقی مانده و بهبود خصوصیات عملکردی آن استفاده شده است (دبور و همکاران ۲۰۰۵ و کوستا و همکاران ۲۰۱۲). کک و همکاران (۲۰۱۳) تاثیر صمغ کتیرا را بر خواص رئولوژیکی، عملکردی و حسی پنیر پرچرب و نیم چرب چدار طی رسیدن بررسی کردند و نشان دادند که با افزودن صمغ کتیرا در صد رطوبت و نسبت رطوبت به پروتئین افزایش و مقدار چربی، سفتی و فنریت کاهش یا فت. رحیمی و همکاران (۲۰۰۷) تاثیر غلظت های متفاوت صمغ کتیرا را بر خواص بافتی پنیر سفید ایرانی کم چرب طی رسیدن مطالعه کردند. کاهش مقدار چربی تاثیر منفی بر راندمان پنیر، خواص حسی و بافت پنیر داشته و افزایش غلظت صمغ کتیرا منجر به کاهش این پارامترها و افزایش سفیدی پنیرها شد. کوستا و همکاران (۲۰۱۳) تاثیر اگزوپلی ساکارید تولید شده توسط آغازگر بر انعقاد شیر و سینرزیس دلمه در پنیر چدار نیم چرب را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که اگزوپلی ساکارید تولید شده توسط آغازگر تاثیری بر انعقاد نداشته ولی باعث کاهش قابل توجه سینرزیس شد. توزیع اگزوپلی ساکارید در ماتریکس یکنواخت بوده خصوصاً در اطراف فضاهای آبکی قرار گرفتند و از طریق اتصال با آب موجب کاهش سینرزیس شدند.

هدف مطالعه حاضر بررسی تاثیر صمغ کتیرا و آغازگر تولیدکننده EPS بر خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و

ریزساختاری پنیر چدار کم چرب طی دوره رسیدن می-باشد.

مواد و روش ها

شیر گاو از دامداری دانشگاه ارومیه تهیه شد و چربی آن روی ۱/۵ و ۳/۵ ٪ تنظیم شد. صمغ کتیرا (مرک آلمان) و آغازگر مزوفیل هموفرمانتاتیو (R-704) *لاکتوکوکوس لاکتیس* زیرگونه *لاکتیس* و *کرموریس* و آغازگر مزوفیل و ترموفیل تولید کننده EPS (RST-743) مخلوط *لاکتوکوکوس لاکتیس* زیرگونه *لاکتیس* و *استرپتوکوکوس ترموفیلوس* بصورت خشک شده انجمادی از شرکت کریستن هانسن دانمارک تهیه شد.

روش تولید پنیر چدار

پنیر چدار در ۵ تیمار مختلف تهیه شد:

۱- کم چرب شاهد (C۱/۵)،

۲- پرچرب شاهد (C۳/۵)،

۳- حاوی۰/۰۶ ٪ صمغ کتیرا (T)،

٤- حاوی آغازگر تولیدکننده EPS (E) طبق توصیه شرکت تولید کننده به مقدار ۰/۰۰۱ ٪).

٥- حاوی ۰/۰٦ ٪ صمغ کتیرا و آغازگر EPS (ET) طبق توصیه شرکت تولید کننده به مقدار ۰/۰۰۱ ٪).

جهت تولید همه تیمارها به غیر از C۳/۵ از شیر کم چرب ۱/۵ ٪ استفاده شد. جهت تولید پنیر چدار مقدار لازم از شیر (برای هر تیمار ۱٦ کیلوگرم) در وت پنیرسازی توزین شد و برای تیمارهای T و ET در حمام آب گرم تا دمای C° ٤٥ گرم شد. کتیرا به مقدار ۰/۰٦ ٪ به شیر اضافه و کاملا مخلوط گردید. تمام تیمارها در دمای C° ٦٥ بمدت ٥ دقیقه پاستوریزه شدند (خسروشاهی و همکاران ۲۰۰٦). پس از سرد شدن تا دمای°C۳۲، تیمارهای C۱/۵، C۳/۵ و T با مقدار ۰/۰۰۱ ٪ آغازگرمزوفیل (R-704) و تیمارهای E و ET با آغازگر (RST-743) (۰/۰۰۱ ٪) تلقیح شدند و تا افزایش اسیدیته به مقدار ۰/۰۲ ٪ بر حسب اسید لاکتیک در همان دما نگهداری گردیدند. سپس رنت (CHR Hansen) به نسبت (۰/۰۱ ٪) اضافه و همزده شد. بعد از گذشت یک ساعت دلمه تشکیل شده، برش داده شد. پس از گذشت ٥ دقیقه عمل پخت[1] انجام گرفت، بطوری که در مدت یک ساعت به تدریج دما از C° ۳۰ به C° ٤۰ افزایش یافت. در این مرحله دلمه ها مرتب هم زده شدند. پس از آبکشی، دلمه‌ها به شکل مکعب‌های آجری شکل برش داده شده و تا رسیدن اسیدیته آب پنیر به D° ۷٥، دلمه‌ها زیر و رو شدند (حدود ۲ ساعت). در نهایت دلمه‌ها به اندازه بند انگشت آسیاب شدند و با ۲ ٪ نمک تصفیه شده بدون ید مخلوط گردیدند. دلمه‌های آسیاب شده به داخل قالب استوانه ای منتقل و پرس شدند (۰/۵ بار). بعد از گذشت ۲٤ ساعت پرس باز و پنیر داخل قالب وارونه شد و مجددا با افزایش میزان فشار نسبت به مرحله اول (٤ بار)، مدت ۲٤ ساعت دیگر عمل پرس ادامه یافت. سپس پنیرها از پرس خارج و توزین شدند. پنیر چدار تولیدی تحت خلا بسته‌بندی گردید و در دمای °C ±۱ ٦ بمدت ٦ ماه نگهداری شد. هر تیمار در ۳ تکرار تولید شد.

روش‌های آزمایش

ماده خشک با خشک کردن در آون C۱۰۳±C° ۲، چربی به روش ژربر و نمک با روش ولهارد تعیین شد (AOAC, 1977). راندمان ظاهری تولید پنیر با تعیین نسبت وزن دلمه به شیر بکار رفته اندازه‌گیری شد (دبور ۲۰۰۵).

برای شمارش آغازگر، میزان ٥ گرم از پنیر توسط چاقو استریل به داخل کیسه استومیچر منتقل و ٤٥ میلی لیتر محلول پپتون واتر ۰/۱ ٪ استریل به آن اضافه گردید ومدت دو دقیقه با دور ۲٦۰ در دقیقه در استومکر کاملا همگن شد. سری رقت‌ها با افزایش ۱ میلی لیتر از هر رقت به محلول پپتون واتر ۰/۱ ٪ استریل تهیه شد. سپس رقت مورد نظر در محیط کشت M17 آگار به روش پور پلیت

[1]scalding

کشت داده شد. پلیت‌ها در دمای ۳۷ °C بمدت ۷۲ ساعت انکوبه شدند (دبور و همکاران ۲۰۰۵).

پروفیل بافت (TPA) با استفاده از دستگاه آنالایزر بافت (TA.XT Plus) تعیین شد. بدین منظور نمونه‌هایی به شکل استوانه به ارتفاع ۲۰mm و قطر ۱۵ mm تهیه و پارامترهای سفتی[2]، پیوستگی[3] و فنریت[4] در دو تکرار تعیین گردید و نمودارهای نیرو- تغییر شکل رسم شد.

برای بررسی ریز ساختار نمونه‌ها، قطعه مکعب‌هایی از پنیر با ابعاد تقریبی mm^3 ۵ تهیه شد و در گلوترآلدئید ۲/۵ ٪ (مرک، آلمان) به مدت ۳ ساعت غوطه ور شدند. سپس مکعب ها ٦ بار با آب مقطر (هر بار ۱ دقیقه) شستشو داده شدند و مدت ۳ دقیقه به ترتیب در اتانول با غلظت های٤٠، ٥٥، ٧٠، ٨٥، ٩٠ و ٩٥ ٪آبگیری شدند. مدت ۱۰ دقیقه با کلروفرم چربی زدایی شدند. این عمل ۳ بار تکرار شد. نمونههای چربی گیری شده تا زمان عکسبرداری داخل اتانول در یخچال نگهداری شدند. سپس نمونه ها به قطر حدود mm^3 ۱ برش داده شدند و تا نقطه بحرانی خشک گردیدند. سپس با طلا به روش P.V.D[5] روکش داده شدند. بدین منظور از دستگاه sputter coater (مدل DPC 12 ساخت شرکت KYKY) استفاده شد. عمل عکسبرداری توسط میکروسکوپ الکترونی (مدل EM3200 ساخت شرکت KYKY) با ولتاژ ٢٦ kv انجام گرفت (مددلو و همکاران ٢٠٠٤).

ارزیابی حسی

نمونه‌ها از نظر طعم، رنگ و بافت بر اساس روش هدونیک ۵ نقطه‌ای (۵: مطلوب‌ترین و ۱: نامطلوب‌ترین) توسط ۱۰ نفر ارزیاب آموزش دیده ارزیابی شدند.

آنالیز آماری

در این تحقیق از طرح فاکتوریل کامل استفاده شد. متغیرهای مستقل شامل ۵ سطح (C۱/۵، C۳/۵، T، E و ET) و زمان نگهداری بسته به نوع آزمایش در زمان‌های ۱، ٦٠، ١٢٠ و ١٨٠ روز (برای آزمایشات شیمیایی)، ۱، ۳۰، ٦٠، ٩٠، ١٢٠، ١٥٠و ١٨٠ (ارزیابی بافت) و در دو سطح ۹۰ و ۱۸۰ روز (ارزیابی رنگ و حسی) بود. داده‌ها با استفاده از نرم افزار Minitab 16.2.4.0 تجزیه و تحلیل شدند.

بحث و نتایج

ترکیبات شیمیایی

با توجه به نتایج آنالیز واریانس، تیمارها بر ماده خشک، نمک، چربی در ماده خشک نمونه ها تاثیر معنی‌دار داشت ($P< 0.05$). میانگین ترکیبات شیمیایی نمونه‌های پنیر چدار در جدول ۱ آورده شده است. همانطوریکه در جدول ۱ مشخص است تیمارهایی که حاوی صمغ کتیرا می‌باشند، کمترین ماده خشک و بیشترین مقدار نمک را داشتند. علت این امر را می‌توان به خاصیت جذب آب توسط صمغ کتیرا نسبت داد. زیرا آب می‌تواند مستقیما به جایگزین‌های چربی (همچون کتیرا) متصل شده و در نتیجه از خروج آب از ذرات دلمه جلوگیری نماید (کوکا و متین ٢٠٠٤). همچنین صمغ کتیرا با بار منفی با گروه‌های با بار مثبت کازئین پیوند برقرار کرده و باعث تثبیت فضایی می‌شود (دیکینسون ۱۹۹۸). این شرایط احتمالا باعث کاهش انعقاد به علت ایجاد فاصله بین میسل‌های کازئین و نهایتا کاهش پیوند هیدروفوبی بین میسل های پاراکازئین در مرحله رنت زنی می‌شود. تثبیت آب توسط صمغ کتیرا موجب باقی ماندن مقدار بیشتری آب پنیر داخل ماتریکس اولیه ژل پارا کازئین شده و ایجاد ماتریکس پروتئینی باز در ساختار نهایی پنیر می‌نماید (کک و همکاران ۲۰۱۳). از آنجاییکه ماده خشک نمونه ها با افزودن کتیرا کاهش و رطوبت افزایش یافته است، لذا میزان نمک بدلیل محلول بودن در آب نیز با افزودن صمغ کتیرا بطور معنی‌دار ($P<0.05$) افزایش یافت. این نتایج با نتایج کک و همکاران (۲۰۱۳) و رحیمی و همکاران (۲۰۰۷)

[2]Hardness
[3]Cohesiveness
[4]Springiness
[5]Physical Vapor Deposition

مطابقت داشت. نمونه شاهد پرچرب (C۳/۵) بیشترین ماده خشک و کمترین مقدار نمک را داشت. اختلاف معنی-داری بین ماده خشک تیمار E و شاهد کم چرب مشاهده نشد(P>0.05). ولی بطور معنی‌داری ماده خشک تیمار E کمتر از پنیر شاهد پرچرب بود (P<0.05). این نتایج مشابه نتایج بدست آمده توسط کوستا و همکاران (۲۰۱۲) و دبور و همکاران (۲۰۰۵) می‌باشد. علت باقی ماندن رطوبت بیشتر در ماتریکس پنیرهای حاوی EPS هنوز بطور واضح مشخص نیست، فرض بر این است که EPS ها می‌توانند با آب پیوند برقرار کرده و آن را در ماتریکس پروتئینی به دام اندازند (حسن ۲۰۰۸).

نمونه‌های حاوی صمغ کتیرا بطور قابل ملاحظه‌ای (P<0.05) چربی در ماده خشک کمتری داشتند. علت این امر را می‌توان به جذب آب توسط صمغ کتیرا نسبت داد. به عبارتی رطوبت جایگزین چربی در ماتریکس پروتئینی شده است (میستری ۲۰۰۱). رحیمی و همکاران (۲۰۰۷) نیز به نتایج مشابهی در مورد پنیر سفید ایرانی غنی شده با صمغ کتیرا دست یافتند. نمونه‌های حاوی EPS نیز چربی در ماده خشک کمتری نسبت به نمونه های شاهد پرچرب داشتند (P<0.05). احتمالا EPS ها جایگزین چربی در ماتریکس پروتئینی شده اند. کوستا و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند اختلاف معنی‌دار بین چربی نمونه های حاوی EPS و نمونه پرچرب وجود دارد، ولی چربی نمونه های دارای EPS با نمونه نیم چرب مشابه بود. دبور و همکارانش (۲۰۰۵) نیز اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های حاوی EPS و نمونه کم چرب مشاهده نکردند.

جدول ۱- تاثیر تیمارهای مختلف بر ترکیبات شیمیایی پنیر

ترکیب	تیمار				
	C۱/۵	C۳/۵	T	E	ET
ماده خشک (٪)	۶۲/۰±۱۲/۷۲^{a}	۶۵/۷۳ ± ۳/۱۸^{b}	۵۵/۱±۰۵/۱۹^{c}	±۶۶/۶۱ ۰/۵۴ ^{a}	۵۵/۴۳ ± ۱/۱۹ ^{c}
نمک (٪)	۱/۰±۳۵/۰۲^{ad}	۱/۰۳ ± ۰/۳۱ ^{b}	±۸۸/۱ ۰/۰۲^{c}	۱/۱۵ ± ۰/۲۹^{d}	۱/۵۸ ± ۰/۲۰ ^{a}
چربی در ماده خشک (٪)	۳۲/۰±۹۶/۵۳^{a}	۵۶/۳۵ ۰±/۴۷ ^{b}	±۴۰/۲۹ ۱/۶۵^{c}	۳۱/۸۵ ± ۲/۱۴ ^{ac}	۲۹/۹۹ ۱±/۹۶^{c}
راندمان ظاهری (٪)	±۱۸/۶ ۰/۱۷^{a}	۸/۳۳ ± ۰/۲۴ ^{b}	±۳۶/۷ ۰/۵۲^{bc}	۶/۵۲ ± ۰/۰۷^{ac}	۷/۲۰ ± ۰/۳۸ ^{ac}
آغازگر (cfu/g)	۸/۲۴ ± ۰/۴۰^{a}	۸/۲۶ ± ۰/۶۸ ^{a}	۸/۳۷ ± ۰/۴۵^{a}	۷/۹۹ ± ۰/۳۹ ^{a}	۸/۳۲ ± ۰/۳۱^{a}

حروف متفاوت در هر ردیف نشان می دهد که اختلاف معنی دار بین میانگین ها وجود دارد (P<0.05).

راندمان ظاهری

افزودن صمغ کتیرا منجر به افزایش معنی‌دار (P<0.05) راندمان ظاهری پنیر تولیدی نسبت به نمونه‌های شاهد کم چرب گردید (جدول ۱). بطوریکه راندمان این تیمار مشابه پنیر شاهد پرچرب بود. علت این افزایش را می‌توان خاصیت جذب آب توسط صمغ کتیرا و باقی ماندن آن در ساختمان دلمه دانست (رحیمی و همکاران ۲۰۰۷). تیمار دارای EPS نیز راندمان مشابه نمونه های حاوی صمغ کتیرا داشت ولی در مقایسه با نمونه شاهد پرچرب کمتر بود (P<0.05). به هر حال افزودن آغازگر تولید کننده EPS منجر به افزایش قابل ملاحظه راندمان نشد (P>0.05).

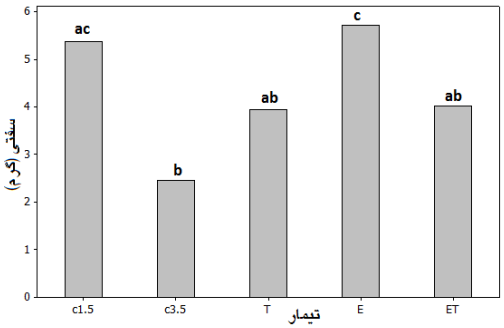
باکتری‌های آغازگر

نتایج آنالیز واریانس داده‌های حاصل از شمارش باکتری‌های آغازگر نشان داد که تعداد باکتری‌های آغازگر با گذشت زمان بطور معنی‌دار کاهش یافت (P<0.05) و از ۸/۲۹±۰/۵۶ در روز تولید به ±۰/۴۱ ۷/۸۳ سیکل لگاریتمی در روز ۱۸۰ رسید. ولی تیمارها تاثیر معنی‌دار بر تعداد باکتری‌ها نداشتند (P>0.05). کک و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که افزودن صمغ کتیرا به پنیر چدار تاثیری بر تعداد باکتری‌های استارتر نداشت.

سفتی بافت

سفتی نشان دهنده مقدار نیروی لازم برای بدست آوردن یک تغییر شکل مشخص می باشد (اونگ و همکاران ۲۰۱۲). با توجه به نتایج آنالیز واریانس، تیمارها تاثیر معنی‌دار بر سفتی بافت پنیرها داشتند ($P<0.05$). شکل ۱ تغییرات سفتی بافت را تحت تاثیر تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. همانطوری که در شکل مشخص است، سفتی پنیر شاهد پر چرب بطور معنی‌دار کمتر از پنیر شاهد کم چرب بود، که علت آن وجود چربی بیشتر در ساختمان پنیر می-باشد.

سایر محققان نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. آنها نیز نشان دادند با کاهش مقدار چربی در پنیر، سفتی بافت افزایش می‌یابد (فنلون و گونی ۲۰۰۰، گونی و همکاران ۲۰۰۰). این امر به سبب کاهش حجم پرکننده و در نتیجه ساختار پروتئینی با دانسیته بیشتر در این پنیرها است (کک و همکاران ۲۰۱۳). اختلاف معنی‌داری بین سفتی پنیرهای حاوی صمغ کتیرا (ET و T) و نمونه‌های شاهد وجود نداشت.



شکل ۱- تاثیر نوع تیمار بر سفتی پنیر چدار

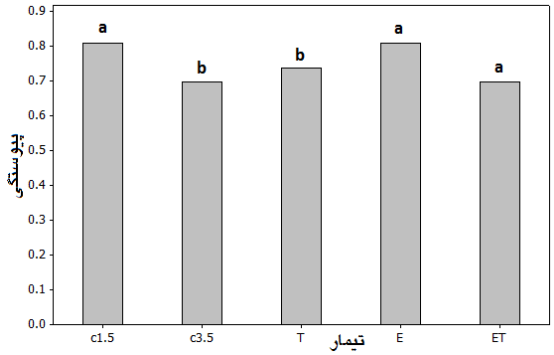
حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار بین میانگین‌ها است ($P<0.05$).

اما پنیر حاوی آغازگر تولید کننده EPS نسبت به پنیر شاهد پرچرب و پنیرهای حاوی صمغ کتیرا سفتی بیشتری داشتند ($P<0.05$). همچنین اختلاف معنی‌داری بین سفتی پنیر حاوی EPS و پنیر شاهد کم مشاهده نشد. با توجه به عدم وجود اختلاف معنی‌داری بین مقدار ماده خشک و چربی این نمونه‌ها (جدول۱)، تشابه سفتی این دو نوع پنیر نیز قابل پیش بینی بود.

پیوستگی

پیوستگی مقدار تغییر شکلی است که پنیر قبل از گسیختن بافت می‌تواند نشان دهد (اونگ و همکاران ۲۰۱۲).

نتایج آنالیز واریانس پیوستگی حاکی از تاثیر معنی‌دار تیمارها و زمان نگهداری بر شاخص پیوستگی نمونه‌ها بود ($P<0.05$). نمونه شاهد پرچرب بطور معنی‌دار پیوستگی کمتری از نمونه شاهد کم چرب داشت (شکل ۲). نتایج مشابهی توسط کک و همکاران (۲۰۱۳) در پنیر چدار و کوکا و متین (۲۰۱۳) در پنیر کاشار نیز گزارش شده است. افزودن صمغ کتیرا به پنیر کم چرب باعث کاهش معنی‌دار پیوستگی نسبت به نمونه شاهد کم چرب شد. اختلاف معنی دار بین پیوستگی نمونه حاوی آغازگر تولید کننده EPS و نمونه شاهد کم چرب مشاهده نشد.



شکل ۲- تاثیر تیمارها برشاخص پیوستگی پنیر چدار

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار بین میانگین ها است ($P<0.05$).

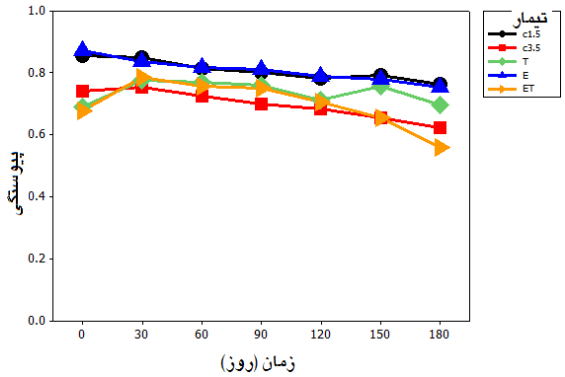
کاهش پیوستگی در اثر افزودن صمغ کتیرا احتمالا به علت تجزیه فیزیکی ماتریکس کازئین توسط صمغ کتیرا می‌باشد. پیوستگی همه تیمارها طی نگهداری کاهش یافت (شکل۳). کک و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش کردند که در طی ٦ ماه نگهداری پیوستگی نمونه‌های پنیر چدار حاوی صمغ کتیرا کاهش یافت. به هر حال کوکا و متین نتایجی مغایر در مورد پنیر کاشار ارائه نمودند. این محققین

گزارش کردند با افزودن جایگزین چربی کربوهیدراتی به پنیر کم چرب کاشار پیوستگی افزایش می‌یابد.

فنریت

فنریت مقدار بازیافت شکل اولیه بعد اینکه نیروی فشرش مرحله اول حذف شده را نشان می‌دهد (اونگ و همکاران ۲۰۱۲). نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تاثیر تیمارها، زمان نگهداری و اثر متقابل زمان نگهداری و تیمارها بر فنریت نمونه‌ها معنی‌دار بود ($P<0.05$).

همانطور که در شکل ٤ مشاهده می‌شود در روز تولید فنریت نمونه شاهد کم چرب بطور معنی‌دار بیشتر از نمونه شاهد پرچرب و نمونه های تیمار شده می‌باشد ولی با گذشت زمان و با رسیدن پنیر اختلاف معنی‌دار از بین می‌رود. در پایان دوره نگهداری (پس از ۱۸۰ روز) اختلاف معنی دار بین تیمارهای مختلف وجود نداشت. با گذشت زمان طی رسیدن پنیر فنریت تمام تیمارها کاهش یافت. کاهش فنریت، همانند کاهش سفتی و پیوستگی به علت تجزیه پروتئولیتیک ماتریکس پاراکازئین طی رسیدن می‌باشد.



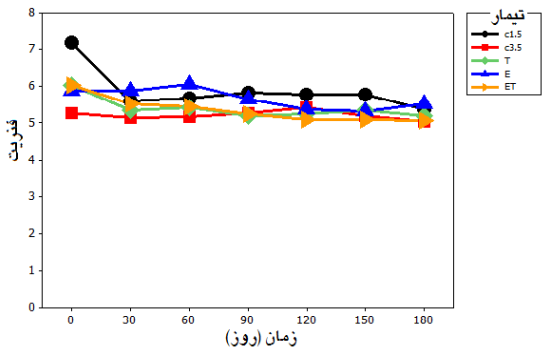
شکل۳- تغییرات پیوستگی تیمارهای مختلف پنیر چدار طی زمان نگهداری

بطور کلی با کاهش محتوای چربی پنیر پارامترهای TPA شامل سفتی، پیوستگی و فنریت افزایش یافت. نتایج مشابهی توسط برایانت و همکاران (۱۹۹۵) مشاهده شده است. این محققان گزارش کردند که با کاهش چربی در پنیر چدار، مقدار رطوبت، سفتی، پیوستگی و فنریت افزایش می یابند. همچنین رودان و همکاران (۱۹۹۸) اظهار داشتند با کاهش چربی در پنیر موزارلا پارامترهای TPA (سفتی، پیوستگی و فنریت) افزایش می یابند.

ریزساختار

شکل ٥ ریزساختار تیمارها را نشان می‌دهد. ریزساختار نمونه شاهد پرچرب کاملا متفاوت از نمونه شاهد کم چرب است. هرچه گلبول های چربی کاهش می یابد، شبکه پروتئینی سفت تر می‌شود.

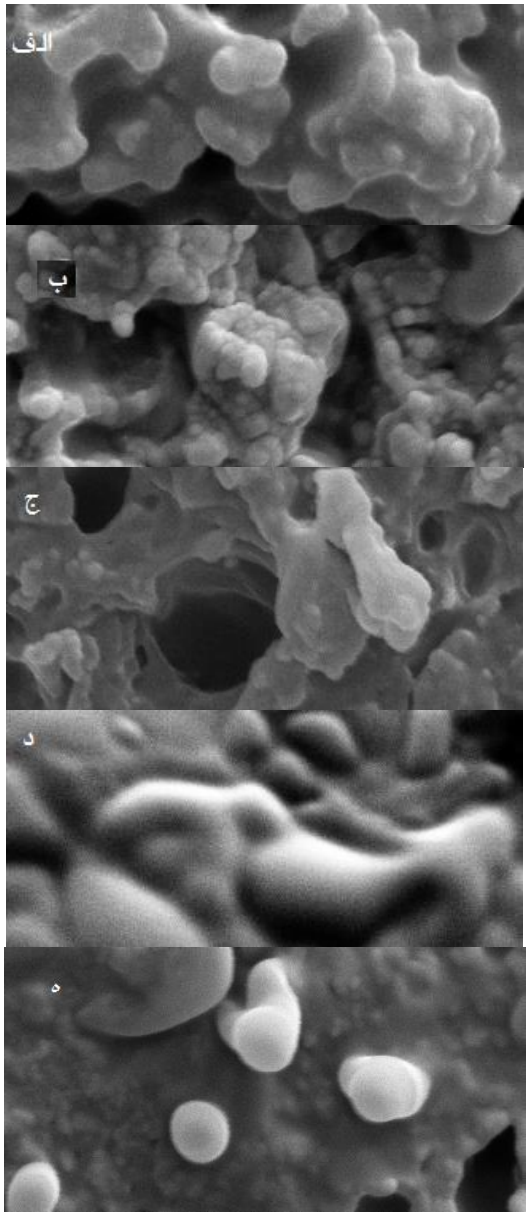
در پنیرهای کم چرب تجزیه ناکافی کازئین رخ می‌دهد، در نتیجه پنیر بافت سفت تری را نشان می‌دهد (شکل ۱). pH بالاتر آب پنیر منجر به باقی ماندن مقدار کمتر کیموزین در پنیر کم چرب و فعالیت کمتر پلاسمین در این نوع پنیرها می شود که می‌تواند تا حدودی دلیل تجزیه کم پروتئین طی رسیدن در این نوع پنیرها باشد (میستری ۲۰۰۱). همانطوریکه در شکل ٥ج مشاهده می‌شود، ماتریکس پروتئینی پنیر حاوی کتیرا دارای ساختار بازتری نسبت به نمونه های شاهد می باشد. نمونه‌های حاوی صمغ کتیرا محتوای رطوبتی بالاتر داشتند.



شکل۴- تغییرات فنریت تیمارهای مختلف پنیر چدار طی زمان نگهداری

می‌توان این فضاهای خالی را به حذف رطوبت در طی آماده سازی نمونه ها نسبت داد (رحیمی و همکاران ۲۰۰۷). در حالیکه نمونه های شاهد دارای ماتریکس پروتئینی بسته، منسجم تر و فضاهای خالی کمتر هستند. ریزساختار نمونه حاوی EPS یکنواخت تر بود. توزیع

EPS ها در ماتریکس پروتئینی از لحاظ محل و اندازه مشابه توزیع گلبول‌های چربی می باشد (کوستا و همکاران ۲۰۱۲).



شکل ۵- ریزساختار پنیر چدار

الف) شاهد کم چرب ب) شاهد پرچرب ج) T د) E و ه) ET

احتمالا همین علت موجب یکنواختی ریز ساختار شده است. میزان ماده خشک نمونه های حاوی EPS نیز مشابه نمونه های شاهد کم چرب بود (جدول ۱). در حالیکه در نمونه های حاوی صمغ کتیرا و EPS ساختاری بازتر و دارای فضاهای خالی بیشتر نسبت به نمونه های حاوی فقط EPS دیده شد که علت آن وجود صمغ کتیرا و جذب آب توسط آن بوده است.

ارزیابی حسی

نتایج آنالیز واریانس نشان داد زمان نگهداری بر فاکتورهای حسی رنگ، بافت و طعم تاثیر معنی دار داشت ($P<0.05$). با گذشت زمان پنیرها امتیاز حسی بیشتری کسب کردند (جدول ۲). علت این امر را می توان فرایندهای بیوشیمیایی طی رسیدن و ترکیبات آزاد شده در این فرایندها دانست. از نظر ارزیاب‌ها تیمارها تاثیری بر طعم و بافت نمونه‌ها نداشتند. ولی امتیاز رنگ نمونه‌ها تحت تاثیر تیمارها قرار گرفت. بطوریکه نمونه‌های شاهد با امتیاز ۳/۶۲±۰/۴۹ (شاهد کم چرب)، ۰/۵۰ ± ۴/۱۳ (شاهد پرچرب) و نمونه حاوی EPS با امتیاز رنگ ۳/۰±۶۳/۴۸ نسبت به نمونه‌های حاوی صمغ کتیرا با امتیازهای ۳/۲۱±۱/۱۳ (T) و ۳/۲۶±۰/۳۸ (ET) امتیاز رنگ بیشتری را کسب کردند. اما افزودن صمغ کتیرا تاثیر معنی‌دار بر طعم و بافت پنیر چدار کم چرب نداشت. رحیمی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند تاثیر صمغ کتیرا بر طعم پنیر سفید ایرانی بستگی به مقدار افزوده شده دارد. ایجاد طعم پنیر پرچرب در نوع کم چرب آن مشکلترین بخش تولید این پنیر کم چرب می باشد. علت اختلاف طعم پنیر پرچرب و کم چرب اختلاف در ترکیب، آزاد سازی طعم و فرایندهای بیوشیمیایی طی رسیدن می باشد (درک و همکاران ۲۰۱۰). کاهش غلظت ترکیبات فرار عامل طعم و بوی حاصل از تجزیه چربی به همراه تلخی علت اصلی طعم خاص پنیرهای کم چرب می باشد (بنکس ۲۰۰۴). کوکا و متین (۲۰۰۴) طعم‌های بد مزه در پنیر کاشار حاوی جایگزین‌های چربی کربوهیدراتی مشاهده کردند.

جدول۲- فاکتورهای حسی تحت تاثیر تیمارهای مختلف

فاکتورهای حسی	زمان نگهداری (روز) ۹۰	۱۸۰
رنگ	۳/۲۲ ± ۰/۵۹ a	۳/۹۲ ± ۰/۵۷ a
بافت	۳/۵۳ ± ۰/۲۰ a	٤/۰۸ ± ۰/۲٤ b
طعم	۲/۹۳ ± ۰/۳٤ a	۳/٦۷ ± ۰/۵۲ b

حروف متفاوت در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار بین میانگین‌ها است ($P<0.05$).

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که صمغ کتیرا و آغازگر تولید کننده EPS خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی پنیر چدار را تحت تاثیر قرار دادند. صمغ کتیرا موجب کاهش ماده خشک، چربی در ماده خشک و افزایش نمک نمونه‌ها شد. نمونه‌های حاوی آغازگر تولید کننده EPS دارای ماده خشک، چربی در ماده خشک، نمک مشابه نمونه شاهد کم چرب داشتند. افزودن صمغ کتیرا به نمونه‌های حاوی آغازگر تولید کننده EPS اثری مشابه نمونه‌های حاوی فقط صمغ کتیرا بر میزان ماده خشک، چربی در ماده خشک داشت. هیچ یک از تیمارها تعداد باکتری‌های آغازگر را تحت تاثیر قرار ندادند. صمغ کتیرا با افزایش محتوای رطوبتی راندمان ظاهری نمونه‌ها را افزایش داد. EPSها تاثیر معنی‌دار بر راندمان ظاهری نداشت. پارامترهای TPA با کاهش مقدار چربی افزایش یافتند. افزودن صمغ کتیرا موجب کاهش غیرمعنی_دار سفتی و کاهش معنی‌دار پیوستگی شد. نمونه‌های حاوی EPS سفتی و پیوستگی مشابه نمونه‌های شاهد کم چرب داشتند. فنریت نمونه‌های شاهد کم چرب در روز تولید بطور معنی‌دار بیشتر از نمونه‌های تیمار شده بود در حالی که با گذشت زمان فنریت تیمارها مشابه شد. با گذشت زمان پیوستگی و فنریت نمونه‌ها کاهش یافت. در تصاویر میکروسکوپ الکترونی پنیرهای کم چرب ساختار پروتئینی یکنواخت‌تر و با دانسیته بیشتر نشان دادند. نمونه‌های حاوی صمغ کتیرا، ساختار پروتئینی بازتری داشتند. در نمونه‌های حاوی آغازگر تولید کننده EPS، ساختار یکنواخت‌تری نشان دادند. نمونه‌های حاوی هردو نوع جایگزین چربی حالت بینابینی داشتند. از نظر ارزیاب ها فقط زمان نگهداری بر فاکتورهای حسی تاثیر معنی‌دار داشت و با رسیدن پنیرها، امتیاز حسی افزایش یافت.

تشکر و قدردانی

نگارندگان مقاله مراتب سپاس خود را از همکاری آزمایشگاه صنایع غذایی بخش فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی به دلیل قرار دادن امکانات آزمایشگاهی و از شرکت پگاه آذربایجان شرقی به دلیل تامین بخشی از هزینه‌های این پروژه اعلام می‌دارد.

منابع مورد استفاده

AOAC.1997. Official Methods of Analysis.16th ed. 3rd rev. AOAC, Arlington, VA.

Broadbent JR, McMahon DJ, Oberg CJ and Welker DL, 2001.Use of exopolysaccharide-producing cultures to improve the functionality of low fat cheese. International Dairy Journal 11: 433-439.

Bryant A, Ustunol Z and Steffe J, 1995.Texture of Cheddar cheese as influenced by fat reduction. J Food Science 60(6): 1216-1219.

Cerning J, 1990. Exocellular polysaccharides produced by lactic acid bacteria. FEMS Microb Letters, 87: 113–130.

Cooke DR, Khosrowshahi A and McSweeney PLH, 2013.Effect of gum tragacanth on the rheological and functional properties of full-fat and half-fat cheddar cheese. Dairy Science and Technology 93: 45-62.

Costa NE, O'Callaghan DJ, Mateo MJ, Chaurin V, Castillo M, Hannon JA, McSweeney PLH and Beresford TP, 2012. Influence of an exopolysaccharide produced by a starter on milk coagulation and curd syneresis. International Dairy Journal 22: 48:57.

Dabour N, Kheadr E, EFliss I and LaPointe G, 2005.Impact of ropy and capsular exopolysaccharide-producing strains of *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* on reduced-fat Cheddar cheese production and whey composition. International Dairy Journal 15:459-471.

Dickinson E, 1998.Stability and rheological implication of electrostatic milk protein-polysaccharide interactions. Trends of Food Science Technology 9: 347-354.

Drake MA, Boylston TD and Swanson BG, 1996. Fat mimetics in low-fat Cheddar cheese. Journal of Food Science 61: 1267–1270.

Drake MA, Miracle RE and McMahon DJ, 2010. Impact of fat reduction on flavor and flavor chemistry of cheddar cheeses. Journal of Dairy Science 93: 5069-5081.

Fenelon MA and Guinee TP, 2000. Primary proteolysis and textural changes during ripening in cheddar cheeses manufactured to different fat contents. International Dairy Journal 10: 151-158.

Guinee TP, Auty M and Fenelon MA, 2000. The effect of fat content on the rheology, microstructure and heat-induced functional characteristics of cheddar cheese. International Dairy Journal 10: 277- 288

Hassan AN, 2008. ADSA Foundation Scholar Award: possibilities and challenges of exopolysaccharide-producing lactic cultures in dairy foods. Journal of Dairy Science 91: 1282-1298.

Khosrowshahi A, Madadlou, A, Ebrahimzadeh mousavi, A and Emam-DJomehe Z, 2006. Monitoring the Chemical and textural changes during ripening of Iranian white cheese made with different concentrations of starter. Journal of Dairy Science 89: 3318- 3325.

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: 365-373.

Madadlou A, Khosroshahi A and Mousavi ME, 2004. Rheology, Microstructure and functionality of low-fat Iranian White Cheese made with different concentrations of rennet. Journal of Dairy Science 88: 3052-3062.

Mistry VV, 2001. Low fat cheese technology. International Dairy Journal 11: 413:422.

Ong L, Dagastine RR, Kentish SE and Grass SL, 2012. The effect of pH at renneting on the microstructure, composition and texture of cheddar cheese. Food Research International 48: 119-130.

Rahimi J, Khosrowshahi A, Madadlou A and Aziznia S, 2007. Texture of low-fat Iranian white cheese as influenced by gum tragacanth as a fat replacer. Journal of Dairy Science 90: 4058-4070.

Ruas-Madiedo P, Tuinier R, Kanning M and Zoon P, 2002. Role of exopolysaccharides produced by Lactococcuslactissubsp.cremoris on the viscosity of fermented milks. International Dairy Journal 12: 689–695.

Rudan MA, Barbano DM andKindstedt PS, 1998. Effect of fat replacer (*Salatrims*) on composition, proteolysis, functionality and yield of reduced fat Mozzarella cheese. Journal of Dairy Science 81, 2077–2088.

Effect of tragacanth gum and exopolysaccharide producing starter on quality, textural and microstructural properties of cheddar cheese

F Nabizadeh[1], A khosrowshahi Asl[2*], Sh Zomorodi[3], M Esmaiili[4]

Accepted: August 28, 2015 Received: December 13, 2015

[1]PhD Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran
[2]Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran
[3]Associate Professor, Engineering Research Department, West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran
[4]Assistance Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran
[*]Corresponding author: Email: a.khosrowshahi@gmail.com

Abstract

Tragacanth gum and EPSs have properties that they can be fat replacers in cheese. The effect of tragacanth gum and EPS producing starter on physicochemical, textural and microstructure properties of low-fat cheddar cheese was investigated during ripening. Cheddar cheese was produced in 5 treatments, including: low fat and full fat control, containing 0.06 % tragacanth gum, containing EPS producing starter and containing combination of 0.06 % tragacanth gum and EPS producing starter. Samples were vacuum packed and stored for 6 months in 6 ± 1°C. The results of ANOVA showed that with addition of tragacanth gum, dry matter and fat in dry matter of cheeses decreased and salt and cheese production yield increased in comparison to full- fat control sample ($P<0.05$). But addition of EPS producing starter had no significant effect on these properties. Regarding the texture analysis results, EPS producing starter increased hardness and cohesiveness considerably in comparison to full- fat control cheese ($P<0.05$). But the effect of tragacanth gum on TPA parameters was not significant ($P>0.05$). In images of samples containing tragacanth gum obtained by scanning electron microscopy, a protein matrix with many holes was observed while the samples containing EPS producing starter, had more homogeneous structure and samples containing both fat replacers, were between two conditions. The results of sensory evaluation also showed that adding of tragacanth gum and EPS producing starter had no significant effect on sensory factors ($P>0.05$.).The results of this research showed that tragacanth gum and EPS producing starter can be used as fat replacers with desirable textural properties in cheddar cheese production.

Key words: Cheddar cheese, EPS producing starter, Fat replacer, Tragacanth gum