

تأثیر مالتودکسترین حاصل از نشاسته ذرت بر ویژگی‌های شیمیایی، حسی و ریزساختار پنیر سفید فراپالایشی کم چرب

سید معین نظری^۱، سید علی مرتضوی^{۲*}، جواد حصاری^۳، فریده طباطبائی یزدی^۴

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲. استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳. استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۴. استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۹۵/۲/۲۶، تاریخ پذیرش: ۹۵/۳/۲۵)

چکیده

تقاضا برای مصرف محصولات لبنی کم چرب از جمله پنیرهای کم چرب به‌طور روزافزون در حال افزایش است. با کاهش چربی، پنیر از لحاظ ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی دچار نقصان خواهد شد، ولی با استفاده از جایگزین‌های چربی این مشکل تا حدی برطرف می‌شود. در این پژوهش مالتودکسترین ($DE=16$) به‌عنوان جایگزین چربی در پنیر فراپالایشی کم چرب مورد استفاده قرار گرفت. محلول شیری مالتودکسترین ۲۵٪ (وزنی/وزنی) در سطح ۱۵ و ۵۰٪ (وزنی/وزنی) جایگزین چربی در پنیر شد و ویژگی‌های شیمیایی (pH، ماده خشک، چربی، WSN/TN% و NPN/TN)، حسی و ریزساختار این پنیرها در مدت ۲ ماه نگهداری در دمای ۸ °C در مقایسه با پنیر فراپالایش با چربی کامل (شاهد) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که تأثیر متقابل زمان رسیدن و نوع تیمار بر pH، ماده خشک، چربی و پروتئولیز (WSN/TN%) و NPN/TN معنی‌دار بود ($p<0/05$). از لحاظ ویژگی‌های حسی، مقبولیت کلی هر دو تیمار در مقایسه با نمونه شاهد تأیید شد. بیش‌ترین و کم‌ترین مقبولیت کلی به‌ترتیب مربوط به نمونه شاهد و تیمار با ۱۵٪ کاهش چربی بود. مقبولیت کلی تیمار با ۵۰٪ کاهش چربی کم‌تر از نمونه شاهد، ولی قابل رقابت با آن بود. با بررسی میکروگراف‌های میکروسکوپ الکترونی روشی مشخص شد که در تیمارهای حاوی مالتودکسترین، با کاهش بیش‌تر چربی و افزایش مالتودکسترین تراکم ساختار پروتئینی کم‌تر شد. ریزساختار تیمار با ۵۰٪ کاهش چربی و نمونه شاهد در پایان روز ۶۰ رسیدگی نسبت به روز ۳۲ بازتر شده بود، ولی در تیمار با ۱۵٪ کاهش چربی متراکم‌تر شده بود. به‌طور کلی، با توجه به نتایج حسی، جنبه‌های اقتصادی و در راستای حفظ سلامت جامعه، تیمار با ۵۰٪ کاهش چربی به‌عنوان تیمار برتر انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: پنیر فتای کم چرب، مالتودکسترین، جایگزین چربی، فراپالایش.

1- مقدمه

علاوه بر ایجاد احساس دهانی چرب، باعث کاهش کالری‌زایی محصول خواهد شد [14].

مالتودکسترین به‌عنوان جایگزین چربی در انواع محصولات لبنی مورد استفاده قرار گرفته است [15]. مالتودکسترین در فراورده شیری هندی بنام خوا¹ از طریق کاهش آب فعال و افزایش آب تک لایه باعث افزایش ماندگاری شد [17]. هم‌چنین در ماست کم‌چرب به‌عنوان جایگزین مناسبی شناخته شد، که تاثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های حسی و بافتی در مقایسه با ماست با چربی کامل نداشت [16].

هدف از این تحقیق، استفاده از مالتودکسترین ذرت به‌عنوان جایگزین چربی در تولید پنیر فتای فراپالایشی کم‌چرب و مقایسه ظاهری، ترکیبات شیمیایی، طعم و بافت و ساختار میکروسکوپی این پنیر با نمونه شاهد (پنیر فراپالایشی با چربی کامل) بود، که با بررسی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی، ریزساختاری و حسی نمونه‌های تولید شده مورد ارزیابی قرار گرفت.

2- مواد و روش‌ها

2-1- مواد

شیر تازه گاو و خامه غیرپاستوریزه بدون مواد نگهدارنده (40٪ چربی) از کارخانه شیر پگاه همدان تهیه گردید. پودر مالتودکسترین از شرکت پوران پودر سپاهان اصفهان تهیه شد. این پودر از هیدرولیز نسبی آنزیمی نشاسته ذرت تهیه گردیده و DE آن 16 بود. از آغازگر RST744 ساخت شرکت کریستین هسن دانمارک استفاده شد، که مخلوطی از گونه‌های ترموفیل لاکتوباسیلوس بولگاریکوس (yoghurt 709) و گونه‌های مزوفیل لاکتوکوکوس کرموریس و لاکتوکوکوس لاکتیس (G3 mix7) و (G3 mix6) و استرپتوکوکوس ترموفیلوس بود. آنزیم رنت مورد استفاده نیز از نوع میکروبی (ریزوپوس موکور و ریزوپوس میهی) و ساخت شرکت DSM فرانسه با مارک تجاری FRAMASE بود. کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده در این طرح ساخت شرکت مرک آلمان با درجه خلوص آزمایشگاهی بودند.

2-2- روش‌ها

2-2-1- تهیه پنیر

دو نمونه پنیر فتا در 2 سطح کاهش 15٪ و 50٪ چربی

متخصصان سلامت توصیه می‌کنند که مصرف روزانه چربی نباید از 30٪ کل کالری در رژیم غذایی تجاوز کند، زیرا عدم رعایت این مسئله منجر به مخاطره افتادن سلامت افراد و گسترش بیماری‌های قلبی و عروقی در جامعه می‌شود [1]. در سال‌های اخیر، تقاضا برای مصرف محصولات غذایی کم‌چرب، سبب توجه محققان به محصولات لبنی کم‌چرب [2-3]، از جمله پنیرهای کم‌چرب شده است [4]. تحقیقات زیادی در دنیا درباره تولید پنیرهای مختلف با مقدار چربی کم‌تر، مانند پنیر چدار [5]، پنیر فتا [6]، پنیر آب‌نمکی اولترافیلتراسیون [7] و پنیر فتای اولترافیلتراسیون [8] انجام شده است.

چربی، جدا از اهمیت تغذیه‌ای، ویژگی‌های زیادی را در پنیر بر عهده دارد. از لحاظ فیزیکی‌شیمیایی باعث ایجاد حالت چرب می‌شود و بر ظاهر و بافت محصول تاثیر می‌گذارد [9]. کاهش چربی باعث افزایش سختی، چسبندگی، انسجام، الاستیسیته و نیز خشکی و دانه دانه شدن پنیر می‌شود، درحالی‌که ویژگی ذوب‌شوندگی آن کاهش پیدا می‌کند [10-11]. از لحاظ حسی نیز باعث کاهش طعم، احساس دهانی، مزه و عطر و بوی ماده غذایی می‌شود [12]. لذا باید از ترکیبات جایگزین چربی استفاده شود تا در کنار تولید محصولی سالم‌تر بتوان به عطر و طعم، بافت و ظاهر مورد قبولی دست پیدا کرد.

مالتودکسترین یکی از مشهورترین جایگزین‌های چربی در 30 سال گذشته بوده که از هیدرولیز نسبی آنزیمی یا شیمیایی نشاسته به‌دست می‌آید. مالتودکسترین حاوی آمیلوز خطی و آمیلوپکتین شاخه‌ای است، که براساس وزن مولکولی شامل الیگوساکاریدها تا پلی‌ساکاریدها می‌باشد و دکستروز اکیوانت آن کم‌تر از 20 است [13]. مشخصه فیزیکی کلیدی در مورد مالتودکسترین، جهت جایگزینی چربی، توانایی تشکیل ژل نرم، قابل پخش و قابل برگشت در اثر حرارت می‌باشد. این ویژگی با ویژگی ذوب‌شوندگی در دهان، که احساس دهانی چرب مانند به محصولات غذایی می‌دهد، مطابقت دارد [9]. مالتودکسترین اگر به‌صورت خالص استفاده شود 4 KCal/g انرژی تولید می‌کند، درحالی‌که، به‌طور معمول با نسبت یک به چهار با آب مخلوط شود، در نتیجه حدود 1 KCal/g انرژی در مقایسه با 9 KCal/g انرژی چربی تولید خواهد کرد. بنابراین

(به ترتیب تیمار 1 و تیمار 2) با جایگزینی مالتودکستریین

2-2-2-1- ترکیب شیمیایی

جهت تشخیص ترکیب شیمیایی پنیرها از اندازه‌گیری pH با وارد کردن مستقیم الکتروود pH متر (WTW، آلمان) به داخل سوسپانسیون پنیر هم‌زده و یکنواخت (10 گرم پنیر در 50 ml آب مقطر همگن شد) [18] استفاده شد. اندازه‌گیری ماده خشک در دمای 2 ± 102 °C در آون [19] و اندازه‌گیری چربی به روش ژربر [20] انجام پذیرفت.

2-2-2-2- ارزیابی پروتئولیز

جهت ارزیابی پروتئولیز اولیه و ثانویه به ترتیب از اندازه‌گیری ازت محلول در $pH=4/6$ به ازت کل (WSN/TN)¹ و اندازه‌گیری ازت محلول در تری کلرواستیک اسید به ازت کل (NPN/TN)² استفاده گردید [21].

2-2-2-2-1- اندازه‌گیری ازت محلول در $pH=4/6$ (WSN)

ابتدا نمونه آماده‌سازی و ازت محلول آن در $pH=4/6$ استخراج گردید. جهت این آزمایش طبق روش اصلاح شده کوچورو و فاکس اقدام گردید. نمونه‌های 30 گرمی پنیر پس از افزودن 60 میلی‌لیتر آب مقطر به آن‌ها، توسط دستگاه اولتراتوراکس (model T10, IKA, Germany) همگن گردیدند. پس از آن pH نمونه‌ها با استفاده از محلول HCl 2 نرمال و NaOH 2 نرمال در $pH=4/6$ تنظیم شد. سپس نمونه‌ها نیم ساعت به حال خود رها و پس از آن دوباره pH نمونه‌ها در $4/6$ تنظیم شد و نمونه‌ها در آون با دمای 40°C به مدت نیم ساعت قرار گرفتند و سپس سانتریفوژ گردیدند (4000 g به مدت نیم ساعت). پس از سانتریفوژ، نمونه‌ها با استفاده از کاغذ صافی واتمن 42 و پشم شیشه صاف و محلول بالایی جهت اندازه‌گیری ازت محلول با روش کج‌جدال مورد استفاده قرار گرفت [21].

2-2-2-2-2- اندازه‌گیری ازت محلول در تری کلرواستیک اسید (NPN)

به 20 میلی‌لیتر از محلول صاف شده در قسمت قبل 5 میلی‌لیتر محلول تری کلرواستیک اسید 60 درصد اضافه گردید.

در خط تولید پنیر UF کارخانه شیر پاستوریزه پگاه همدان به شرح ذیل تولید شد و با پنیر فتای فراپالایشی معمولی (با چربی کامل و بدون مالتودکستریین) به‌عنوان نمونه شاهد مقایسه گردید: ابتدا شیر دریافتی براساس تیمار 50٪ کاهش چربی (به‌عنوان درصد چربی پایه) در دمای 55°C از لحاظ چربی استاندارد شد و پس از دو مرحله باکتوفوگاسیون، تا حدود 99٪ از بار میکروبی شیر کاهش داده شد. سپس در دمای 72°C به مدت 15 ثانیه پاستوریزه گردید. شیر بعد از پاستوریزاسیون اولیه، در دمای 50°C در سیستم غشائی اولترافیلتراسیون به میزان 5 برابر تغلیظ شد. رتنتیت خروجی دارای 50٪ چربی، 8٪ کم‌تر از رتنتیت با چربی کامل بود. به‌منظور جبران چربی در تیمار شماره 1 به رتنتیت خامه 40٪ پاستوریزه اضافه گردید. سپس عمل هموژنیزاسیون در فشار 50 bar جهت یکنواخت نمودن رتنتیت‌ها انجام شد. بعد از این مرحله محلول 25٪ شیری مالتودکستریین در تیمارهای مختلف، به مقدار کاهش چربی (وزنی/وزنی) به رتنتیت افزوده شد (در تیمار 1 و 2 به ترتیب به اندازه 2/4 و 8/8). محلول جایگزین چربی از مخلوط پودر مالتودکستریین به نسبت 25٪ وزنی در شیر پس چرخ، هموژنیزاسیون توسط دستگاه اولتراسونیک در فرکانس 20 KHZ و زمان 15 min و پاستوریزاسیون در دمای 72°C به مدت 15 ثانیه تهیه شده بود. رتنتیت بعد از پاستوریزاسیون نهایی در دمای 78°C به مدت 1 دقیقه، تا دمای 34°C خنک شد و رنت به میزان 003٪ و استارتر به میزان 3٪ به آن اضافه گردید و بلافاصله به داخل بسته‌های 400 گرمی ریخته شد. پس از تشکیل لخته، به مقدار 2٪ نمک بر روی آن ریخته شد و دربندی انجام گردید. نمونه‌های پنیر تهیه شده به مدت 24 ساعت در دمای 27°C در گرمخانه نگهداری شدند. سپس با رسیدن pH به 4/8 به سردخانه با دمای 8°C انتقال یافتند و به مدت 2 ماه نگهداری شدند. درضمن پنیر شاهد با چربی کامل (16٪) و فاقد مالتودکستریین نیز به‌صورت مشابه تولید گردید. از پنیرهای تولیدی در فواصل زمانی 4، 18، 32، 46 و 60 به‌صورت تصادفی نمونه‌برداری شد و آزمایش‌های زیر انجام گردید.

1. Water soluble nitrogen/Total Nitrogen

2. Non Protein Nitrogen/ Total Nitrogen

از جدول آنوا (ANOVA)¹ و مقایسه میانگین‌ها نیز با روش دانکن در سطح احتمال 5٪ توسط نسخه 16 نرم‌افزار SPSS انجام گرفت.

3- نتایج و بحث

3-1- ترکیبات شیمیایی

ترکیب شیمیایی شیر مورد استفاده در انواع تیمارها در جدول (1) نشان داده شده است.

تغییرات شیمیایی انواع پنیرهای تولید شده در طی 60 روز دوره رسیدگی عبارتند از:

3-1-1- تغییرات pH

نتایج به‌دست آمده نشان داد که زمان رسیدن، نوع تیمار و تاثیر متقابل آن‌ها بر روی pH پنیر معنی‌دار بود ($p < 0/05$). با بررسی این نتایج مشخص شد که بیش‌ترین pH مربوط به تیمار 1 در روز چهارم و کم‌ترین pH مربوط به تیمار 2 و نمونه شاهد در روز 46 رسیدگی بود (شکل 1). در هر سه نوع پنیر روند کلی تغییرات pH طی دوره رسیدن تا روز 46 کاهش نشان داد. این نتایج مطابق نتایج به‌دست آمده توسط فاکس و همکاران بود که ناشی از افزایش مخصوصا اسید لاکتیک در اثر تخمیر لاکتوز و نیز تولید اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب در اثر پروتئولیز و لیپولیز در طی زمان می‌باشد. تاثیر اسیدهای آمینه بر روی کاهش pH کم‌تر است، زیرا اکثر اسیدهای آمینه دارای خاصیت اسیدی ضعیف و خنثی هستند و برخی از آن‌ها خاصیت بازی دارند، اما برخی از آن‌ها مانند اسید گلوتامیک خاصیت اسیدی قوی‌تری دارند، در نهایت اسیدهای آمینه باعث کاهش pH پنیر به مقدار جزئی می‌شوند [26]. pH در روز 60 رسیدن نسبت به روز 46، در هر سه تیمار، افزایش داشت. دلیل افزایش pH در روز 60 به احتمال زیاد تجزیه اسید لاکتیک یا تولید آمونیاک در پنیرها بود [27]. در بین تیمار 2 و شاهد در طی دوره رسیدن تفاوت معنی‌داری نبود. در تیمار 1 در بعضی از زمان‌ها pH به‌طور معنی‌دار بیش‌تر از تیمار 2 بود. دلیل آن احتمالا رطوبت بیش‌تر و مالتودکسترین بالاتر (به‌عنوان ترکیب قندی) در تیمار 2 بود. در نتیجه فعالیت میکروبی و به دنبال آن فعالیت هیدرولیزی آنزیم‌های میکروبی افزایش پیدا کرد و باعث کاهش بیش‌تر pH شد. این نتایج با یافته‌های رحیمی و همکارانش در مورد تاثیر صمغ تراگاکانت به‌عنوان جایگزین چربی بر روی پنیر سفید ایرانی کم‌چرب هم‌خوانی داشت [25].

1. Analysis of variance

نمونه‌ها به مدت 0/5 ساعت در دمای معمولی قرار گرفتند، پس از سانتریفیوژ (5000 g) به مدت 10 دقیقه، محلول رویی صاف شد و مقدار ازت آن با روش کجلدال اندازه‌گیری شد [21].

3-2-2- ویژگی‌های حسی

ویژگی‌های حسی شامل ظاهر، عطر، طعم، بافت و مطلوبیت کلی پنیر می‌باشد که با استفاده از 8 نفر پانلیست آموزش دیده در مقیاس 7 نقطه‌ای (1: خیلی بد، 4: متوسط و 7: عالی) مطابق روش بارسانس و همکارانش انجام شد [22].

3-2-2-2- بررسی ریزساختار پنیر

نمونه‌های پنیر مطابق روش اصلاحی مددلو و همکارانش جهت بررسی ریزساختار توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)¹ آماده شدند. مکعب‌های پنیر ابتدا توسط تیغ تیز به ابعاد حدود 5-6 mm³ بریده و در داخل تثبیت کننده 2/5٪ گلوترآلدئید به مدت 3 ساعت غوطه‌ور گردیدند. سپس مکعب‌ها 6 بار (هر بار به مدت یک دقیقه) توسط آب مقطر شسته و به‌وسیله غلظت‌های مختلف اتانول (40، 55، 70، 85، 90 و 96٪) آبیگری شدند (هر غلظت از اتانول به مدت 30 min). سپس عمل چربی‌زدایی در سه نوبت توسط کلروفرم (هر نوبت به مدت 10 min) انجام گردید. نمونه‌های چربی‌زدایی شده در داخل یخچال در درون اتانول 100٪ نگهداری شدند تا این‌که توسط نیتروژن مایع به تکه‌های حدود یک میلی‌متر خرد شدند. این تکه‌ها تا نقطه بحرانی خشک و سپس بر روی استاپ‌های برنجی ثابت شدند و در داخل اسپاتر (model JFC - 1100E, JEOL, Japan) در مدت 6 دقیقه توسط لایه طلا پوشانده شدند. سپس ریزساختار نمونه‌های آماده شده توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (model JSM - 840A, JEOL, Japan) در ولتاژ 15 KV بررسی و فوتومیکروگراف‌ها در بزرگنمایی 1000 و 3000 تهیه گردیدند [23].

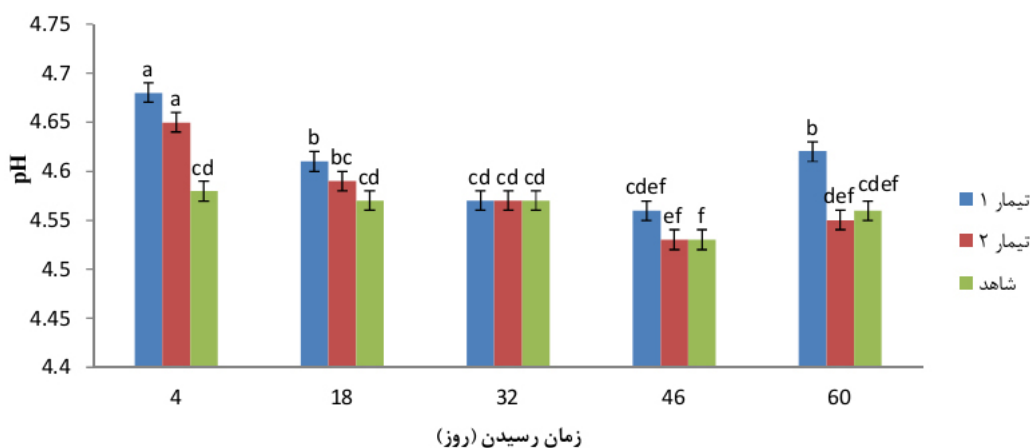
3-2-2- تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق طرح آزمایشی مورد استفاده از نوع فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کاملا تصادفی بود. آنالیز واریانس با استفاده

1. Scanning electron microscopy

جدول (1) ویژگی‌های شیمیایی شیر مورد استفاده در انواع تیمارها (a-b: تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال 5٪ را نشان می‌دهد)

ویژگی	شیر کامل	شیر کم چرب
ماده خشک (%)	12/48 ^a	10/85 ^b
چربی (%)	3/46 ^a	1/69 ^b
پروتئین (%)	3/56 ^a	3/13 ^b
pH	6/68 ^a	6/69 ^a

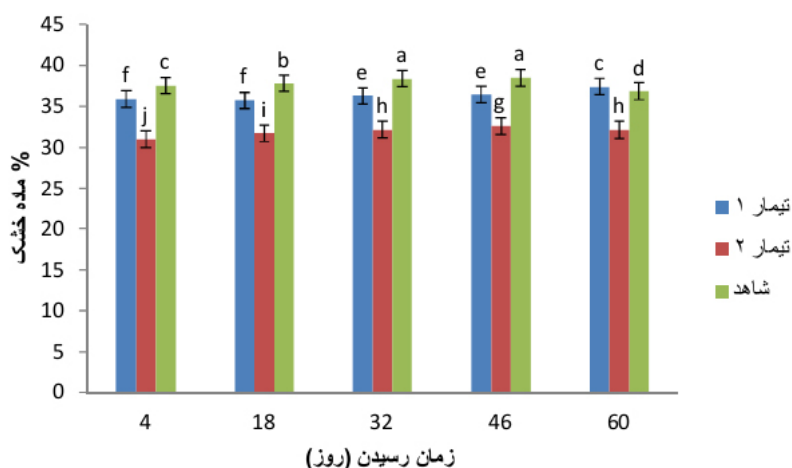


شکل (1) تغییرات pH در نمونه‌های مختلف پنیر در طی مدت رسیدن تیمار 1: 15٪ کاهش چربی، تیمار 2: 50٪ کاهش چربی و شاهد: چربی کامل (a-f: تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال 5٪ را نشان می‌دهد).

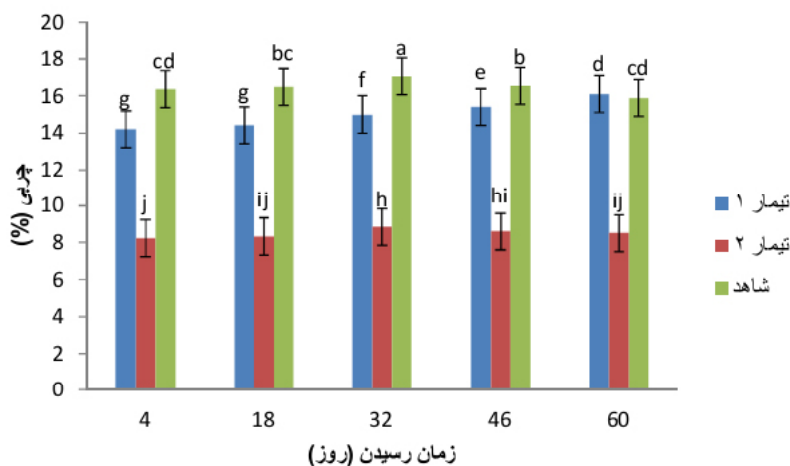
3-2-1- تغییرات ماده خشک

اولترافیلتراسیون کم چرب تولید شده با جایگزین چربی اینولین در طی رسیدن مطابقت داشت [28-29]. در تیمار 2 و نمونه شاهد در روز 60، علیرغم افزایش ماده خشک نسبت به روز چهارم رسیدگی، نسبت به روز 42 کاهش نشان داد، دلیل این کاهش به خروج پروتئین و چربی به داخل آب پنیر در اثر کاهش انسجام این پنیرها در طی رسیدگی بود [30]. البته افت ماده خشک در تیمار 2، علیرغم کم‌ترین ماده خشک اولیه در بین تیمارها، کم‌تر از نمونه شاهد بود، که احتمالاً ناشی از افزایش تشکیل ژل به هنگام هیدراته شدن مالتودکسترین بود [31]. دلیل تأثیر معنی‌دار نوع تیمار در ماده خشک، به جدا کردن چربی در سطوح مختلف از تیمارها و عدم تأمین این میزان کاهش ماده خشک توسط جایگزین‌های چربی به کار رفته مربوط می‌شد.

بر اساس تجزیه و تحلیل داده‌ها معلوم شد که نوع تیمار و اثر متقابل زمان و تیمار در ماده خشک معنی‌دار بود ($p < 0/05$). بیش‌ترین و کم‌ترین میزان ماده خشک به ترتیب مربوط به نمونه شاهد در روز 46 رسیدگی و تیمار 2 در روز 4 رسیدگی بود. به‌طور کلی در همه تیمارها، روند تغییرات ماده خشک در طی دوره رسیدن سیر صعودی داشت (شکل 2). دلیل آن به اختلاف غلظت نمک بین پنیر و آب‌نمک و در نتیجه انتشار رطوبت از داخل پنیر به آب‌نمک و بالعکس نفوذ تدریجی نمک در پنیر بود، این نتایج با تحقیقات انجام شده توسط میستری و کاسپرسون، مبنی بر افزایش ماده خشک با افزایش میزان نمک در پنیر چدار کم‌چرب و بررسی انجام شده توسط میوسینوویک و همکاران در رابطه با افزایش ماده خشک پنیر



شکل (2) تغییرات ماده خشک در نمونه‌های مختلف پنیر در طی مدت رسیدن تیمار 1: 15٪ کاهش چربی، تیمار 2: 5٪ کاهش چربی و شاهد: چربی کامل (a-j: تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال 5٪ را نشان می‌دهد).



شکل (3) تغییرات چربی در نمونه‌های مختلف پنیر در طی مدت رسیدن تیمار 1: 15٪ کاهش چربی، تیمار 2: 50٪ کاهش چربی و شاهد: چربی کامل (a-j: تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال 5٪ را نشان می‌دهد).

و نزولی بود، یعنی ابتدا میزان چربی در طی رسیدن به دلیل افزایش ماده خشک افزایش یافت [30]، ولی در روزهای 46 و 60 رسیدگی به دلیل کاهش انسجام در اثر لیپولیز و پروتئولیز بالا میزان چربی کاهش پیدا کرد [32]. البته برخلاف تیمار 2 و نمونه شاهد، در تیمار 1 روند تغییرات چربی در طی رسیدن پنیر فقط صعودی بود که به احتمال زیاد به دلیل عدم افت ماده خشک این پنیر بود، این نتیجه با تحقیق انجام شده امینی‌فر و امام جمعه بر روی پنیر لیقوان مطابقت داشت [33].

3-1-3- تغییرات چربی

همان‌طور که در شکل (3) نشان داده شده است، نوع تیمار در میزان چربی پنیرها معنی‌دار بود ($p < 0/05$). بیش‌ترین میزان چربی در تمام زمان‌ها مربوط به نمونه شاهد و کم‌ترین میزان مربوط به تیمار 2 بود، دلیل آن به درصد چربی شیر آن‌ها برمی‌گشت. نمونه شاهد از شیر با چربی کامل و تیمار 2 از شیر با 50٪ کاهش چربی تولید شده بود. تاثیر زمان در میزان چربی نمونه‌ها معنی‌دار نبود و روند کلی تغییرات چربی در تیمارهای مختلف در طول زمان رسیدگی به صورت صعودی

3-2- ارزیابی پروتئولیز

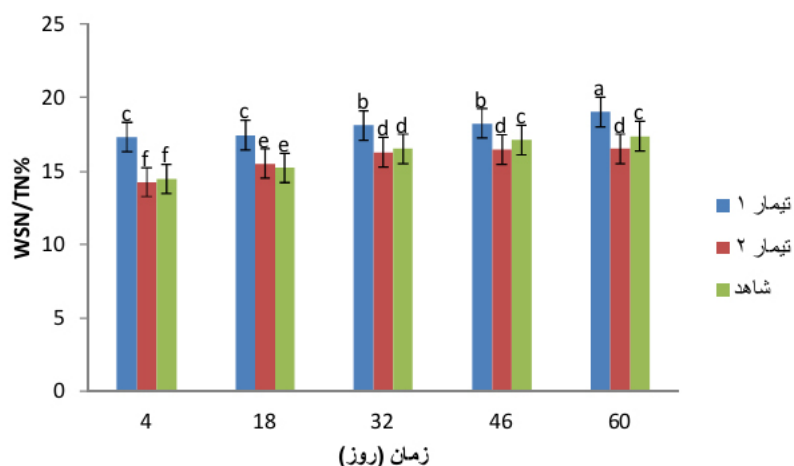
پروتئولیز در پنیر از طریق تعیین درصد ازت محلول در آب به ازت کل و درصد ازت غیر پروتئینی به ازت کل قابل ارزیابی است. ازت محلول در آب، به‌عنوان معیار پروتئولیز اولیه، شامل پروتئین‌های آب پنیر، پپتیدهای درشت مولکول و متوسط مولکول می‌باشد [34] و به‌طور عمده از فعالیت هیدرولیزی آنزیم‌های منعقدکننده کیموزین روی α_1 -کازئین و پلاسمین روی β -کازئین تولید می‌شود و آنزیم‌های آغازگر نقش کم‌تری در آن دارند [35]. ازت غیرپروتئینی نیز، به‌عنوان معیار پروتئولیز ثانویه، شامل پپتیدهای کوچک، اسیدهای آمینه و اوره است، که طی دوره رسیدن پنیر، از هیدرولیز پپتیدهای درشت مولکول و متوسط مولکول، تحت تأثیر آنزیم‌های رینی، پروتئینازها و پپتیدازهای باکتری‌های اسید لاکتیکی آغازگر و غیرآغازگر (NSLAB)¹ به وجود می‌آید. با این حال آنزیم‌های هیدرولیزکننده آغازگر تأثیر بیش‌تری نسبت به آنزیم‌های منعقدکننده در رهاسازی اسیدهای آمینه آزاد دارند [36]. روند کلی تغییرات WSN/TN و NPN/TN در هر سه تیمار از روز چهارم رسیدن تا روز 60 به‌صورت صعودی بود، که با نتایج به‌دست آمده توسط رومیه و همکارانش راجع به پنیر سفید آب‌نمکی کم‌چرب و ساهان و همکارانش در مورد پنیر کم‌چرب کشر مطابقت داشت. آن‌ها روند افزایشی را برای مقادیر WSN/TN و NPN/TN در طی رسیدن گزارش کردند [4]، [37]. نوع تیمار، زمان رسیدن و اثر متقابل آن‌ها بر روی درصد WSN/TN و NPN/TN معنی‌دار بود ($p < 0/05$). دلیل این اختلاف در تیمارهای مختلف احتمالاً به تفاوت در مقدار رنت باقیمانده در ماتریکس کازئینی و از این‌رو سطح متفاوت پروتئولیز مربوط می‌شد [4]. همان‌طور که در شکل‌های (4) و (5) نشان داده شده است، بیش‌ترین مقدار درصد WSN/TN و NPN/TN مربوط به تیمار 1 در روز 60 رسیدگی بود و کم‌ترین مقدار مربوط به روز 4 رسیدگی در تیمار 2 بود. دلیل بالاتر بودن WSN/TN و NPN/TN در تیمار 1 در مقایسه با نمونه شاهد نیز احتمالاً به وجود ترکیبات قندی بیش‌تر (افزودن مالتودکسترین) و رطوبت بالاتر و در نتیجه افزایش فعالیت آنزیم رنت و استارترها مربوط می‌شد. این نتایج با یافته‌های ولیکاکیس و همکاران درباره تأثیر بتا-گلوکان جو

1. Non-starter lactic acid bacteria

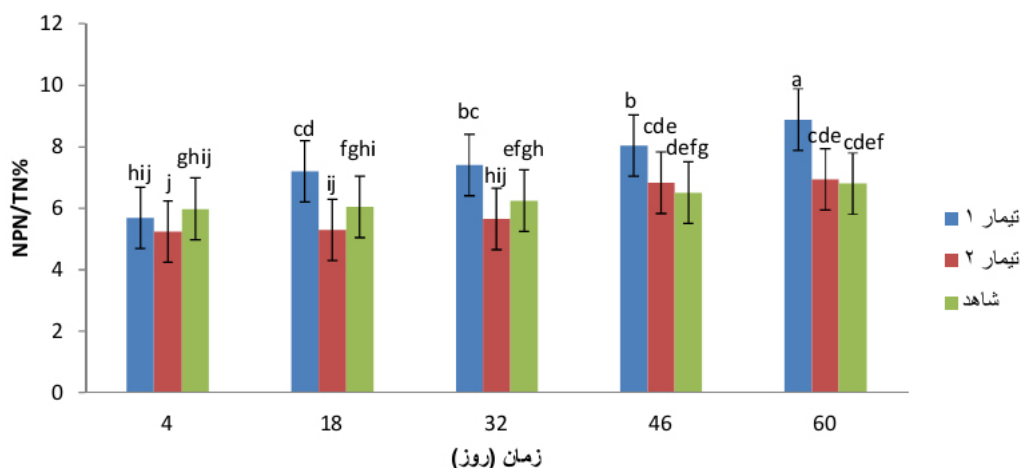
بر پنیر سفید آب‌نمکی هم‌خوانی داشت [24]. دلیل پایین بودن WSN/TN و NPN/TN در تیمار 2 نسبت به سایر تیمارها احتمالاً به خروج بخش عمده رنت از پنیر به‌دلیل سستی بافت بود، که با بررسی‌های رحیمی و همکاران در مورد پنیر سفید ایرانی کم‌چرب تولید شده با صمغ تراگاکانت، به‌عنوان جایگزین چربی، مطابقت داشت [25].

3-3- ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی نمونه‌ها در جدول (2) نشان داده شده است. بر اساس مقایسه میانگین‌ها نوع تیمار تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های حسی پنیرها شامل ظاهر پنیر، عطر، طعم و بافت ($p < 0/05$) داشت. با تغییر درصد چربی در تیمارهای مختلف این ویژگی‌ها تغییر پیدا کرد. دلیل آن به نقش موثر و طبیعی چربی بر ویژگی‌های حسی مربوط بود. این نتایج با تحقیق انجام شده توسط رومیه و همکاران مطابقت داشت، در این تحقیق پانلیست‌ها بیش‌ترین امتیاز مربوط به ظاهر، عطر، طعم و بافت را به پنیر سفید آب‌نمکی با چربی کامل دادند [4]. علیرغم استفاده از جایگزین چربی ویژگی‌های حسی یکسان نبود. البته امتیازها به‌طور کلی در محصولات از متوسط بالاتر بود. تأثیر متقابل زمان رسیدن (روزهای 30 و 60) و نوع تیمار نیز در همه ویژگی‌های حسی به‌جز بافت پنیر معنی‌دار بود. ویژگی ظاهری از لحاظ رنگ و ساختار ظاهری توسط پانلیست‌ها بررسی شد. نمونه‌ها به‌دلیل کاهش چربی و نیز افزودن مالتودکسترین به‌طور معنی‌داری تفاوت داشتند. طبق بررسی‌های انجام شده توسط رحیمی و همکاران مشخص شد که بافت پنیر سفید ایرانی کم‌چرب با کاهش چربی بدون افزودن جایگزین، در مقایسه با پنیر با چربی کامل سفت‌تر می‌شود، ولی با افزایش جایگزین چربی و رطوبت بافت پنیر کم‌چرب نرم‌تر می‌شود و به بافت پنیر با چربی کامل نزدیک می‌گردد [25]. دلیل بهبود بافت در تیمارهای 1 و 2 نیز به‌خاطر تأثیر مالتودکسترین و رطوبت بالاتر بود. به‌همین دلیل اشاره شده، تیمار 2 بافت نرم‌تری نسبت به تیمار 1 داشت. مطابق جدول (2) از لحاظ عطر و طعم، تیمار 1 نسبت به تیمار 2 و نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری داشت. دلیل آن احتمالاً به‌خاطر پروتئولیز بیش‌تر در تیمار 1 نسبت به تیمار 2 و نمونه شاهد بود.



شکل (4) تغییرات درصد WSN/TN در نمونه‌های مختلف پنیر در طی مدت رسیدن تیمار ۱: ۱۵٪ کاهش چربی، تیمار ۲: ۵۰٪ کاهش چربی و شاهد: چربی کامل (a-f: تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۵٪ را نشان می‌دهد).



شکل (5) تغییرات درصد NPN/TN در نمونه‌های مختلف پنیر در طی مدت رسیدن تیمار ۱: ۱۵٪ کاهش چربی، تیمار ۲: ۵۰٪ کاهش چربی و شاهد: چربی کامل (a-j: تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۵٪ را نشان می‌دهد).

جدول (2) نتایج ارزیابی حسی تیمارهای مختلف در طی روزهای 30 و 60 رسیدگی تیمار ۱: ۱۵٪ کاهش چربی، تیمار ۲: ۵۰٪ کاهش چربی و شاهد: چربی کامل (a-c: تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۵٪ را نشان می‌دهد).

تیمار	زمان	ویژگی ظاهری	عطر	طعم	بافت	ارزیابی کلی
1	30	4/57 ^c	3/7 ^b	2/57 ^c	4/86 ^{ab}	3/86 ^c
1	60	5/2 ^b	3/8 ^b	4/2 ^b	4/5 ^b	4/3 ^{bc}
2	30	5/29 ^b	4/86 ^a	4/5 ^b	5 ^{ab}	4/86 ^{ab}
2	60	5/8 ^{ab}	4/8 ^a	4/6 ^b	5/4 ^a	4/4 ^{bc}
شاهد	30	5/64 ^{ab}	4/93 ^a	4/64 ^b	5/28 ^a	4/92 ^{ab}
شاهد	60	6/2 ^a	5/1 ^a	5/3 ^a	5/4 ^a	5/4 ^a

مالتودکستین در این تیمارها، ساختارشان بازتر بود. ذرات پودری مالتودکستین مورد استفاده به صورت گرانولی می‌باشند (شکل 7)، ولی این ذرات، همانند نشاسته، به دلیل قرار گرفتن در ماتریکس پروتئینی و ادغام در میان آن‌ها، به شکل اولیه در ریزساختار پنیر قابل رویت نبودند [41].

میکروگرام همه تیمارها در روز 60 رسیدگی، همانند روز 32، با افزایش مالتودکستین اندازه حفراتشان افزایش یافت و ساختار بازتری از پروتئین‌ها را نشان دادند. با بررسی میکروگرام‌های هر تیمار در طی رسیدن از روز 32 به 60 نیز به دلیل افزایش پروتئولیز و در نتیجه سست شدن شبکه پروتئینی و ادغام بهتر چربی‌ها ساختار تیمارها بازتر بود [42]. البته ساختار تیمار 1 در روز 60 متراکم‌تر شده بود که به احتمال زیاد به افزایش ماده خشک و خروج آب از حفرات مربوط می‌شد (شکل 8).

4- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که ماده خشک در تیمارها با چربی‌های مختلف، به دلیل عدم تأمین ماده خشک کاهش‌یافته توسط جایگزین‌های چربی، تفاوت معنی‌داری داشت. همچنین افت ماده خشک در تیمار 2، علیرغم کم‌ترین ماده خشک اولیه در بین تیمارها، کم‌تر از نمونه شاهد بود. با بررسی ویژگی‌های حسی پنیر فتای فرآپالایشی کم‌چرب، به‌خصوص تیمار 2، مشخص شد که مالتودکستین می‌تواند جایگزین مناسبی برای چربی در پنیر فتای فرآپالایشی با چربی کامل باشد، زیرا ویژگی‌های قابل قبولی از خود نشان داد. همچنین تیمارهای با چربی کم‌تر (تیمار 1 و 2)، به دلیل پایین بودن قیمت محلول جایگزین شیری مالتودکستین نسبت به چربی، از لحاظ اقتصادی به‌صرفه‌تر از نمونه شاهد بودند. در تیمار 1 به دلیل پروتئولیز بالاتر در روزهای پایانی رسیدن، طعم جزئی تلخ ایجاد شد، ولی در تیمار 2 پروتئولیز کم‌تری اتفاق افتاد و فاقد طعم نامطلوب بود. برخلاف پنیرهای کم‌چرب فاقد جایگزین چربی، در تیمارهای تولید شده، با کاهش بیش‌تر چربی ریزساختار پنیرها بازتر شد. در هر تیمار نیز، در طی دوره رسیدن، به دلیل افزایش پروتئولیز ساختار پنیرها بازتر شد. بنابراین با توجه به نتایج حسی، جنبه‌های اقتصادی و

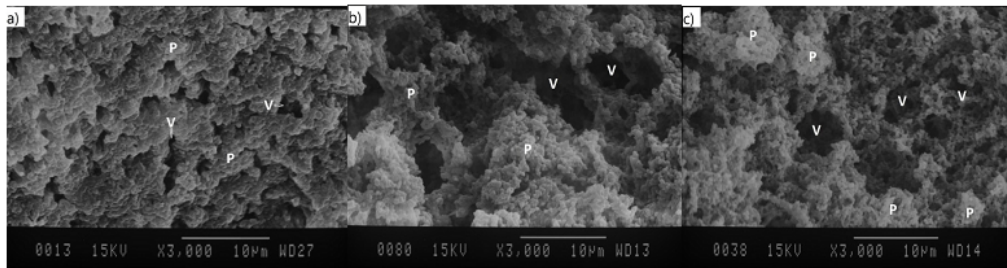
نتایج حاصل از ارزیابی کلی نمونه‌های پنیر، تأثیر متقابل معنی‌داری نشان داد. بیش‌ترین و کم‌ترین امتیاز به‌ترتیب مربوط به نمونه شاهد در روز 60 رسیدگی و تیمار 1 در روز 30 رسیدگی بود. به‌عنوان یک نتیجه مثبت، مطلوبیت کلی تیمار 2 در روز 30 رسیدگی با نمونه شاهد برابری می‌کرد. همچنین همه نمونه‌ها طبق امتیاز داده شده مورد قبول پانلیست‌ها قرار گرفتند (بالاتر از متوسط بودند). دلیل امتیازدهی پایین به تیمار 1، طبق گزارش پانلیست‌ها به ایجاد طعم نسبتاً تلخ در پنیر به‌خاطر پروتئولیز بالا در آن بود.

3-4- ریزساختار پنیر

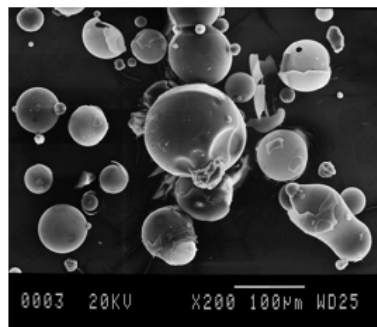
همان‌طور که در شکل (6) مشاهده می‌شود میکروگراف‌های گرفته شده از پنیر توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی شامل دو ساختار متمایز بود: توده‌های پروتئینی (P) و حفره‌های موجود در بین آن‌ها (V). حفره‌ها محل استقرار چربی شیر می‌باشند که باعث کاهش فشردگی ماتریکس پروتئینی می‌شوند. این چربی‌ها طی فرایند آماده‌سازی توسط کلروفرم از پنیر جدا شدند [38]. طبق مطالعات رحیمی و همکارانش با کاهش یا افزایش میزان چربی در پنیر، ساختار پروتئینی به‌ترتیب متراکم‌تر و بازتر می‌شود، که به دلیل تجمع بیش‌تر چربی‌ها در محصولات با چربی بیش‌تر نسبت به محصولات کم‌چرب و در نتیجه ایجاد حفرات بزرگ‌تر بود [25]. ولی در تیمار 1 و 2 برخلاف این یافته، با کاهش بیش‌تر چربی ساختار پروتئینی بازتر بود. دلیل آن به حضور مالتودکستین در این پنیرها مربوط می‌شود، زیرا مالتودکستین، به‌عنوان نشاسته هیدرولیز شده نسبی، از طریق جذب آب باعث ایجاد فاصله بیش‌تر بین توده‌های پروتئینی و در نتیجه کاهش تعداد حفرات و افزایش اندازه آن‌ها می‌شود. این نتایج با تحقیقات تمیم و همکارانش بر روی تأثیر جایگزین چربی بر پایه نشاسته روی ریزساختار ماست مطابقت داشت [39]. دلیل متراکم بودن ساختار نمونه شاهد نیز، علیرغم چربی بیش‌تر، به پروتئین‌های آب‌پنیر دنا توره برمی‌گشت، زیرا این پروتئین‌ها در حالت دنا توره باعث به هم پیوستن بیش‌تر ماتریکس پروتئینی می‌شوند [40]. البته پروتئین‌های آب‌پنیر دنا توره در تیمار 1 و 2 نیز وجود داشت، ولی به دلیل حضور

در راستای حفظ سلامت جامعه، تیمار با 50٪ کاهش چربی به‌عنوان تیمار برتر انتخاب شد. نهایتاً جهت رفع نواقص جزئی پنیرهای کم‌چرب ادامه تحقیق در این باره پیشنهاد می‌شود.

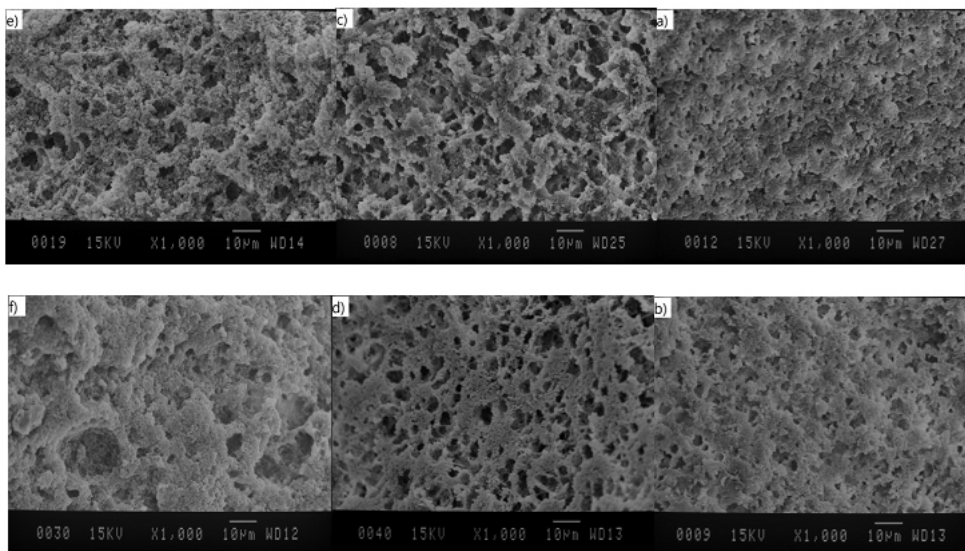
تشکر و قدردانی نگارندگان مقاله مراتب سپاس و قدردانی خود را از کارخانه پگاه همدان به‌دلیل حمایت مالی و نیز همکاری در اجرای این طرح به‌عمل می‌آورند.



شکل (6) میکروگرام میکروسکوپ الکترونی روبشی تیمارهای مختلف با بزرگنمایی 3000 در روز 32 رسیدن. (a) پنیر شاهد (b) تیمار 1 (c) تیمار 2. P: شبکه پروتئینی، V: حفره محل حضور چربی



شکل (7) ریزساختار پودر مالتودکسترین حاصل از نشاسته ذرت مورد استفاده در این تحقیق (DE=16)



شکل (8) تغییرات نشان داده شده در میکروگرام میکروسکوپ الکترونی روبشی تیمارهای مختلف طی رسیدن (بزرگنمایی 1000). (a) پنیر شاهد در روز 32 رسیدن (b) پنیر شاهد در روز 60 رسیدن (c) تیمار 1 در روز 32 رسیدن (d) تیمار 1 در روز 60 رسیدن (e) تیمار 2 در روز 32 رسیدن (f) تیمار 2 در روز 60 رسیدن.

replacers, CRC Press, Inc., New York, pp 16-18.

[10] McMahon, D.J., Alleyne, M.C., Fife, R.L., Oberg, C.J. (1996). Use of Fat replacers in Low Fat Mozzarella Cheese. *J. Dairy Sci.*, 79, 1911-1921.

[11] Poltorak, A., Wyrwicz, J., Moczowska, M., Marcinkowska-Lesiak, M., Stelmasiak, A., Ulanicka, U., Zalewska, M., Wierzbicka, A., Sun, D.W. (2015). Correlation between instrumental texture and colour quality attributes with sensory analysis of selected cheeses as affected by fat contents. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 50, 999-1008.

[12] Mistry, V.V. (2001). Low fat cheese technology. *Int. Dairy J.*, 11, 413-422.

[13] Kennedy, J.F., Knill, C.J., Taylor, D.W. (1995). Maltodextrins, in: Kearsley, M.W., Dziedzic, S.Z. (Eds.), *Handbook of starch hydrolysis products and their derivatives*, Springer-Science+Business Media, Dordrecht, pp 65-82.

[14] Cho, S.S., Prosky, L. (1999). Application of complex carbohydrates to food product fat mimetics. In: Cho, S.S., Prosky, L., Dreher, M. (Eds.), *Complex carbohydrates in foods*, Marcel Dekker, New York, pp 411-430.

[15] Schmidt, K., Lundy, A., Reynolds, J., Yee, L.N. (1993). Carbohydrate or Protein Based Fat Mimicker Effects on Ice Milk Properties. *J. Food Sci.*, 58, 761-763.

[16] Domagała, J., Sady, M., Grega, T., Bonczar, G. (2006). Rheological properties and texture of yoghurts when oat-maltodextrin is Used as a Fat Substitute. *Int. J. Food Prop.*, 9, 1-11.

[17] Ahmad, N., Singh, R.R.B., Singh, A.K., Patel, A.A., Patel, G.R. (2008). Effect of maltodextrin addition on moisture sorption properties of khoa. *Int. J. Dairy Tech.*, 61, 403-410.

منابع

[1] Keeton, J.T. (1994). Low-fat meat products—technological problems with processing. *Meat Sci.*, 36, 261-276.

[2] Karaca, O., Guven, M., Yasar, K., Kaya, s., Kahyaoglus, T. (2008). The functional, rheological and sensory characteristics of ice creams with various fat replacers. *Soci. Dairy Tech.*, 62, 93-99.

[3] Hadnadev, M., Hadnadev, T.D., Torbica, A., Dokic, L., Pajin, B., Krstonosic, V. (2011). Rheological properties of maltodextrin based fat – reduced confectionery spread systems. *Procedia Food Sci.*, 1, 62-67.

[4] Romeih, E.A., Michaelidou, A., Biliaderis, C.G., Zerfiridis, G.K. (2002). Low – fat White – brined cheese made from bovine milk and two commercial fat mimetics: chemical, physical and sensory attributes. *Int. Dairy J.*, 12, 525-540.

[5] Nelson, B.K., Barbano, D.M. (2004). Reduced fat cheddar cheese manufactured using a novel fat removal process. *J. Dairy Sci.*, 87, 841-853.

[6] Michaelidou, A., Katsiari, M.C., Kondyli, E., Voutsinas, L.P., Alichanidis, E. (2003a). Effect of a commercial adjunct culture on proteolysis in low-fat Feta-type cheese. *Int. Dairy J.*, 13, 179-189.

[7] Puđa, P., Đerovski, J., Radulović, Z., Obradović, D. (2008). Effects of probiotics cultures and salt reduction on the characteristics of UF white brined cheeses. In: *Proceedings of the 5th IDF Sympo. on cheese ripening.* (pp. 85), Bern, Switzerland.

[8] Rashidi, H., Mazaheri-Tehrani, M., Razavi, S.M.A., Ghods-Rohany, M. (2015). Improving Textural and Sensory Characteristics of Low-Fat UF Feta Cheese Made with Fat Replacers. *J. Agr. Sci. Tech.*, 17, 121-132.

[9] Roller, S., Jones, S.A. (1996). *Handbook of fat*

- J. Dairy Sci.*, 81, 1214-1221.
- [29] Miočinović, J., Puđa, P., Radulović, Z., Pavlović, V., Miloradović, Z., Radovanović, M., Paunović, D. (2011). Development of low fat UF cheese technology. *Mljekarstvo*, 61, 33-44.
- [30] قدوسی، ح.ب.؛ حبیبی نجفی، م.ب.؛ مظاهری تهرانی، م.؛ رضوی، م.ع. (1383) تولید پنیر فتا به روش صنعتی و سنتی (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ 2، ص 155.
- [31] Colmenero, F.J. (1996). Technologies for developing low-fat meat products. *J. Food Sci. Tech.*, 7: 41-48.
- [32] Baldwin, K.A., Baer, R.J., Parsons, J.G., Seas, S.W., Spurgeon R., Torrey, G.S. (1986). Evaluation of yield and quality of cheddar cheese manufactured milk with added whey protein concentrate. *J. Dairy sci.*, 69, 2543-2550.
- [33] Aminifar, M., Emam-Djomeh, Z. (2014). Changes of texture, microstructure and free fatty acid contents of Lighvan cheese during accelerated ripening with lipase. *J. Agr. Sci. Tech.*, 16, 113-123.
- [34] Marshal, R.T. (1992). *Standard methods for the examination of dairy products*, 16th ed., American Public Health Association, Washington D.C., pp 271- 272.
- [35] Hesari, J., Ehsani, M.R., Khosroshahi, A., MCSweeney, P.L.H. (2006). Contribution of rennet and starter to proteolysis in Iranian UF white cheese. *Lait*, 86, 291-302.
- [36] Mallato, H., Pappa, E.C., Boumba, V.A. (2004). Proteolysis in Teleme cheese made from ewe's, goat's or a mixture of ewe's and goat's milk. *Int. Dairy J.*, 14, 977-987.
- [37] Sahan, N., Yasar, K., Hayaloglu, A.A., Karaca, O.B., Kaya, A. (2007). Influence of fat replacers on chemical composition, proteolysis, texture profiles, meltability and sensory properties of low-fat Kashar cheese. *J. Dairy Res.*, 75, 1-7.
- [38] Aryana, K.J., Haque, Z.U. (2001). Effect of [18] موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، (1366). پنیر- اندازه‌گیری مقادیر pH و اسیدیته. شماره 2852.
- [19] موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، (1356). پنیر- اندازه‌گیری درصد رطوبت و ماده خشک. شماره 1753.
- [20] فرخنده، ع. (1377) روش‌های آزمایش شیر و فراورده‌های آن. انتشارات دانشگاه تهران، جلد 2، چاپ 4، ص 165.
- [21] Kuchroo, C.N., Fox, P.F. (1982). Soluble nitrogen in cheddar cheese. Comparison of extraction procedures. *Michwissenschaft*, 937, 331-335.
- [22] Barcenas, P., Perez-Elortondo, F.J., Albisu, M. (2000). Selection and screening of a descriptive panel for ewe's milk sensory profiling. *J. Sensory Stud.*, 15, 79-99.
- [23] Madadlou, A., Khosroshahi, A., Mousavi. M.E. (2005). Rheology, microstructure and functionality of low-fat Iranian White cheese made with different concentrations of rennet. *J. Dairy Sci.*, 88, 3052-3062.
- [24] Volikakis, P., Biliaderis, C.G., Vamvakas, C., Zerfiridis, G.K. (2004). Effects of a commercial oat-beta-glucan concentrate on the chemical, physicochemical and sensory attributes of a low-fat white-brined cheese product. *Food Res. Int.*, 37, 83-94.
- [25] Rahimi, J., khosrowshahi, A., Madadlou, A., Aziznia, S. (2007). Texture of low fat Iranian white cheese as influenced by gum tragacanth as fat replacer. *Americ. Dairy Sci. Assoc.*, 90, 4058-4070.
- [26] Fox, P.F., Guinee, T.P., MCSweeney, P.L.H. (2000). *Fundamental of cheese science*, Aspen Publisher Inc., Gaithersburg, Maryland, pp 236-278.
- [27] Shakeel-ur-Rehman, Waldron, D., Fox, P.F. (2004). Effect of modifying lactose concentration in cheese curd on proteolysis and on quality of Cheddar cheese. *Int. Dairy J.*, 14, 591-597.
- [28] Mistry, V.V., Kasperson, K.M. (1998). Influence of salt on the quality of reduced fat Cheddar cheese.



- low-fat cheddar cheese. *Int. Food Sci. Tech.*, 36, 169-177.
- [39] Tamime, A.Y., Barrantes, E., Sword, A.M. (1996). The effect of starch based fat substitutes on the microstructure of set-style yogurt made from reconstituted skimmed milk powder. *J. Soci. Dairy Tech.*, 49, 1-10.
- [40] Karami, M., Ehsani, M.R., Ebrahimzadeh Mousavi, M., Rezaei, K., Safari, M. (2008). Microstructural Changes in Fat During the Ripening of Iranian Ultra-filtered Feta Cheese. *Americ. Dairy Sci. Assoc.*, 91, 4147-4154.
- [41] Sipahioglu, O., Alvarez, V.B., Solano-Lopez, C. (1999). Structure, physico-chemical and sensory properties of feta cheese made with tapioca starch and lecithin as fat mimetics. *Int. Dairy J.*, 9, 783-789.
- [42] Oluk, A.C., Guven, M., Hayaloglu, A.A. (2013). Proteolysis texture and microstructure of low-fat Tulum cheese affected by exopolysaccharide producing cultures during ripening. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 49, 435-443.