مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال دوازدهم، شماره 3، پاییز 1396، صفحات 120-109

بررسی ارتباط طیف FTIR و ویژگی‌های پنیر سفید ایرانی کم‌چرب اصلاح‌شده با صمغ کتیرا گونه *Astragalus Parrowianus*

فاطمه بغدادی[1]، مهرناز امینی فر[2]، مهدی فرهودی[3]، سعیده شجاعی علی‌آبادی[4]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

2- نویسنده مسئول: استادیار گروه پژوهشی مواد غذایی، پژوهشکده غذایی و کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد، کرج، ایران. پست الکترونیکی: aminifar.m@standard.ac.ir

3- نویسنده مسئول: استادیار انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
پست الکترونیکی: farhoodi@sbmu.ac.ir

4- استادیار انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: 95/6/5 تاریخ پذیرش: 95/9/4

چکیده

سابقه و هدف: به سبب ویژگی‌های حسی و فیزیکی ضعیف در پنیرهای کم‌چرب، استفاده از جایگزین‌های چربی در این نوع پنیرها پیشنهاد می‌شود. اثر پلی‌ساکاریدها به عنوان جایگزین چربی با هدف بهبود ویژگی‌های پنیر کم چرب، توسط محققان متعددی مورد مطالعه قرار گرفته است. در این پژوهش، برای بهبود ویژگی‌های پنیر سفید ایرانی کم‌چرب، صمغ کتیرا گونه (*Astragalus Parrowianus*) (در دو سطح 0/05 درصد و 0/1 درصد) – درصدها به‌صورت وزنی/ وزنی می‌باشند – به شیر پنیرسازی برای تولید پنیر سفید ایرانی کم‌چرب اضافه گردید.

مواد و روش‌ها: تغییر در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی، حسی و ریزساختار نمونه‌ها در روزهای 1 و 60 از زمان رسیدن مورد ارزیابی قرارگرفته و مقایسه بین نمونه‌های حاوی صمغ و نمونه‌های شاهد کم‌چرب و پرچرب صورت گرفت. برای بررسی بهتر برهم‌کنش‌های بین پروتئین و پلی‌ساکارید در ساختار پنیر از روش FTIR استفاده گردید.

یافته‌ها: افزودن صمغ کتیرا منجر به بهبود بافت و ساختار پنیر سفید ایرانی کم‌چرب شده و توانست تا حد نسبتاً مناسبی ویژگی‌هایی نزدیک به ویژگی‌های پنیر پرچرب شاهد در پنیر کم‌چرب ایجاد کند. افزودن صمغ‌ها به پنیر کم‌چرب منجر به ایجاد تغییراتی در طیف FTIR نمونه‌ها گردید؛ همچنین پس از گذشت مدت زمان رسیدن، تغییراتی در طیف FTIR نمونه‌ها ایجاد شد.

نتیجه‌گیری: افزودن صمغ کتیرا می‌تواند موجب بهبود بافت، ویژگی‌های حسی و ریزساختاری پنیر سفید ایرانی کم‌چرب گردد. FTIR می‌تواند به‌عنوان ابزاری مناسب برای مطالعه‌ی دقیق‌تر ماتریکس پنیرها به کار گرفته شود.

واژگان کلیدی: پنیر سفید ایرانی کم‌چرب، صمغ کتیرا گونه *Astragalus Parrowianus*، ریزساختار، طیف‌بینی مادون‌قرمز

• مقدمه

پنیرهای آب‌نمکی بخش مهمی از سبد غذایی خانوار را تشکیل می‌دهد. این پنیرها همانند دیگر پنیرهای رسیده، نیاز به رسیدن دارند تا ویژگی‌های حسی موردنیاز را به دست آورند (1). پنیرهای رسیده در آب‌نمک در محلول نمکی (12-6 درصد) نگه‌داری می‌شوند که این نوع نگه‌داری بر روی تغییرات بیوشیمیایی، بافتی، ساختاری و طعم در طول رسیدن اثر می‌گذارد (2). چربی به ویژگی‌های کاربردی و حسی پنیر کمک کرده و حذف آن از پنیر، منجر به بافت و ظاهر ناپسند، کاهش طعم و کیفیت ضعیف می‌شود. پنیرهای کم‌چرب، مخصوصاً انواع سخت آن‌ها معمولاً دارای بدنه‌ای پلاستیکی و شاخصه‌های طعمی غیرمعمولی نسبت به انواع پرچرب می‌باشند (3). جایگزین‌های چربی پراکنده در آب که برای استفاده در محصولات پنیری توصیه‌شده‌اند، شامل مواد پروتئینی یا کربوهیدراتی می‌باشند و با به دام انداختن مکانیکی آب، به دادن احساس نرمی و خامه‌ای به پنیر کمک می‌کنند. اگرچه، نمی‌توانند به‌طور مؤثری جایگزین ویژگی‌های

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

غیر قطبی چربی، همانند ظرفیت حامل بودن طعم باشند. استفاده از پلی ساکارید ها بر روی ویژگی‌های پنیر کم‌چرب توسط محققان مختلفی موردبررسی قرارگرفته است (7-4). صمغ کتیرا تراویده‌ای از ساقه‌ها و شاخه‌های گونه‌ی آسیایی *Astragalus*، یک پلی ساکارید آنیونی هتروژن با وزن مولکولی بالا است و در سال 1961 به‌عنوان (Generally Recognized As Safe) GRAS در سطح 0/2-1/3 درصد پذیرفته شد. این صمغ شامل دو بخش اصلی می‌باشد؛ یک بخش نامحلول در آب که باسورین نامیده شده و ظرفیت جذب و تشکیل ژل دارد؛ همچنین یک بخش محلول در آب که تراگاکانتین نام دارد. گزارش‌شده که صمغ کتیرا از گونه‌های مختلف *Astragalus*، نسبت‌های مختلفی از دو جزء داشته و ترکیب شیمیایی مختلف و بنابراین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی متفاوتی را دارا می‌باشد. در این تحقیق از گونه‌ی *Astragalus parrowianus* استفاده شد. آنالیز شیمیایی این‌گونه نشان داد که حاوی 87/25 درصد کربوهیدرات، 6/86 درصد رطوبت و 3/05 درصد پروتئین بوده و نسبت جزء محلول به نامحلول آن 1/74 درصد می‌باشد (8).

طیف بینی مادون‌قرمز یا FTIR (Fourier Transform-Infrared Spectroscopy) تکنیکی ساده و سریع برای پایش ارتعاشات مولکولی تهییج شده به‌وسیله‌ی اجزای مختلف، تحت نور مادون‌قرمز می‌باشد. FTIR می‌تواند تغییرات و ساختار پروتئین‌ها و برهم‌کنش آن‌ها را در طول رسیدن پنیر بررسی نماید (9). این تکنیک برای مطالعه برهم‌کنش پروتئین و پلی ساکارید در سیستم مخلوط مورداستفاده قرارگرفته است(10). بررسی ارتباط طیف FTIR با ویژگی‌های پنیر سفید ایرانی کم‌چرب اصلاح‌شده با صمغ، توجه زیادی به خود جلب ننموده است.

در این تحقیق اثر صمغ کتیرا گونه‌ی *Astragalus parrowianus* در دو غلظت 0/05 و 0/1 بر روی برخی ویژگی‌های پنیر سفید ایرانی کم‌چرب در روزهای 1 و 60 از زمان رسیدن بررسی شد. برای دست‌یابی به اطلاعات دقیق‌تر از ساختار پنیر از تکنیک‌هایی نظیر میکروسکوپ الکترونی روبشی و نیز FTIR استفاده گردید.

• مواد و روش‌ها

مایه کشت، رنت و صمغ‌ها: برای انجام عمل تخمیر از مایه کشت مستقیم به وت لیوفلیزه نوع FD-DVS FRC-65 (مایه کشت شرکت لبنی کریستین هنسن دانمارک) استفاده شد که حاوی باکتری‌های *استرپتوکوکوس ترموفیلوس*، *لاکتوباسیلوس دلبروکی* زیرگونه‌ی بولگاریکوس، *لاکتوکوکوس لاکتیس* زیرگونه‌ی لاکتیس، *لاکتوکوکوس لاکتیس* زیرگونه‌ی کرموریس بود. آنزیم مورداستفاده برای تولید لخته، آنزیم رنت به‌دست‌آمده از *ریزوموکور مهی* و *ریزوموکور پوسیلوس*، شرکت Sangyo Co.,Ltd Meito ژاپن با قدرت (یک گرم برای یک‌صد لیتر شیر) استفاده شد. صمغ کتیرا (گونه‌ی *Astragalus parrowianus*) که با تأیید کارشناسان منابع طبیعی از استان اصفهان تهیه‌شده بود، آسیاب و سپس الک گردید. پودر صمغ با مش بین 200 تا 500 میکرون در این مطالعه مورداستفاده قرار گرفت.

روند تولید پنیر: شیر خام با 0/5 درصد چربی برای تولید پنیر کم‌چرب و شیر خام با 3/5 درصد چربی برای تولید پنیر پرچرب استانداردسازی شدند. برای تولید پنیر سفید ایرانی حاوی صمغ، ابتدا 7 کیلوگرم شیر خام به دمای $35^{\circ}C$ رسانیده شد. 1 کیلوگرم از شیر با مقدار مشخصی از صمغ‌ها مخلوط و به مدت 10 دقیقه هم زده شد تا کاملاً در شیر حل گردد و سپس به کل شیر اضافه گردید. پس از فلش پاستوریزاسیون در دمای $75^{\circ}C$ به مدت 15 ثانیه، تا دمای $35^{\circ}C$ سرد و به مقدار 0/15 گرم کلسیم کلرید به ازای هر کیلوگرم شیر به آن افزوده شد. پس از آن، به میزان 0/014 گرم استارتر به آن افزوده و به مدت 1 ساعت در دمای $35^{\circ}C$ برای فعالیت استارتر باقی ماند. سپس رنت، افزوده‌شده و به مدت 30 دقیقه برای تشکیل لخته به آن فرصت داده شد. بعد از پایان این دوره، لخته‌ی حاصل به مکعب‌های $1cm^3$ بریده شد. پس از مدت 5 دقیقه، به‌آرامی به مدت 10 دقیقه هم زده شد تا آب اندازی تسهیل گردد. بعد از قرارگیری در پارچه‌های مخصوص، به مدت 30 دقیقه، با وزنه‌های 7 کیلوگرمی تحت‌فشار قرار گرفت تا آب اندازی کامل گردد. سپس به بلوک‌های 5cm×5cm×2cm بریده‌شده و در ظرف‌های حاوی آب‌نمک 12 درصد در دمای $5^{\circ}C$ به مدت 60 روز نگه‌داری شد. لازم به ذکر است که آب‌نمک، در دمای $85^{\circ}C$ به مدت 15 دقیقه پاستوریزه شده بود. برای تولید پنیر کم‌چرب و پرچرب هم از روشی مشابه البته بدون افزودن صمغ استفاده گردید.

توضیحات مربوط به تیمارها:

- پنیر پرچرب: پنیر حاصل از شیر 3/5 درصد چربی
- پنیر کم‌چرب: پنیر حاصل از شیر 0/5 درصد چربی
- پنیر AP 0.05: شیر 0/5 درصد چربی + 0/05 درصد (وزنی/ وزنی) صمغ کتیرا ((*A. parrowianus*))
- پنیر AP 0.1: شیر 0/5 درصد چربی + 0/1 درصد (وزنی/ وزنی) صمغ کتیرا ((*A. parrowianus*))

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

آزمایشات فیزیکوشیمیایی: خواص فیزیکوشیمیایی نمونه‌های پنیر که در 1 و 60 روز بعد از تولید پنیر مورد ارزیابی قرار گرفتند، عبارت بودند از: رطوبت، چربی، پروتئین، pH، درصد نمک. برای اندازه‌گیری رطوبت از روش آون تحت خلأ استفاده گردید. اندازه‌گیری مقدار چربی طبق استاندارد ملی ایران " روش تعیین مقدار چربی پنیر و پنیرهای ذوب‌شده" به شماره‌ی 760 انجام گرفت. اندازه‌گیری پروتئین به روش " اندازه‌گیری نیتروژن کل بر اساس کلدال در پنیر (ASN 3139)" انجام‌گرفته و مقدار پروتئین از ضرب کردن مقدار نیتروژن کل به دست آمده در عدد 6/38 به دست آمد. تعیین pH طبق استاندارد ملی ایران به شماره (2852 روش تعیین pH با تراکم یون‌های H^+ در شیر و فرآورده‌های آن) با استفاده از دستگاه (Jenway, 3510 pH meter) صورت گرفت. برای اندازه‌گیری درصد نمک نیز از روش مور استفاده شد.

آزمون آنالیز بافتی: بافت نمونه‌های پنیر پس از 1 و 60 روز پس از تولید، در سه تکرار با استفاده از دستگاه (Testometric, M355-10 CT,U.K) مورد ارزیابی قرار گرفت. ابتدا مکعب‌هایی با ابعاد (20mm×20×20) از پنیر آماده و دمای آن‌ها در $12\pm1^{\circ}C$ تنظیم شد. از پیستونی با قطر 40 میلی‌متر و با سرعت 60 میلی‌متر بر دقیقه برای انجام تست فشردگی استفاده گردید و نمونه‌های پنیر تا 70% درصد ارتفاع اولیه‌شان، فشرده شدند. سختی پنیر بر اساس نیرویی که لازم است تا نمونه‌ی پنیر به اندازه‌ی 70% ارتفاع اولیه‌ی خود تغییر شکل دهد، تعریف می‌گردد (6).

ارزیابی ریزساختار پنیر: برای ارزیابی ریزساختار نمونه‌های پنیر، نمونه‌های کم‌چرب، پرچرب و AP 0.1 در روزهای 1 و 60 دوره رسیدن توسط میکروسکوپ الکترونی (SEM) (مدل VEGA II، ساخت شرکت TESCAN، جمهوری چک) عکس‌برداری شدند. برای آماده‌سازی نمونه‌ها پیش از عکس‌برداری توسط میکروسکوپ الکترونی مطابق روش مددلو و همکاران (11) عمل شد. برای جلوگیری از ایجاد تغییر در نمونه، نمونه‌ها در دستگاه خشک‌کن تحت خلأ خشک و به مدت 300 ثانیه در دستگاه طلا افشانی با طلا پوشش داده شدند (دستگاه پوشش طلا، K450X، ساخت شرکت EM Technologies LTD کشور انگلستان). پس از قرار دادن نمونه‌ها در داخل میکروسکوپ و ایجاد خلأ، بمباران الکترونی با 3 KV انجام گرفت و تصاویری با بزرگنمایی 1000 تهیه شد.

ارزیابی حسی نمونه‌ها: ارزیابی پذیرش حسی نمونه‌های پنیر (پس از طی 60 روز دوره‌ی رسیدگی) توسط ارزیاب‌ها با کد کردن پنیرها به‌صورت تصادفی انجام شد. ارزیابان حسی شامل 60 عضو (28 مرد و 32 زن در گروه سنی 15 تا 45 سال) بودند. از ارزیابان، درخواست شد که پرسش‌نامه‌ای را پر کنند و نمونه‌های به‌صورت تصادفی کد شده برای بافت، طعم ظاهر و پذیرش کلی توسط مصرف‌کنندگان روی مقیاس هدونیک 5 نقطه‌ای ارزیابی شد. (امتیاز 1 به کم‌ترین میزان علاقه و امتیاز 5 به بیشترین میزان علاقه داده شد). بلوک‌های پنیر به قطعه‌های استاندارد برای گاز زدن بریده شدند (1.3cm×0.9cm×0.9cm). قطعه‌های پنیر در ظروف پلاستیکی دربسته قرار داده‌شده و به مدت 2 ساعت قبل از ارزیابی در دمای اتاق قرار گرفتند.

طیف‌بینی مادون‌قرمز: قرص ذوبی از نمونه و طیف IR مطابق استاندارد ASTM E 1252-07 آماده شد؛ بر اساس این تکنیک، آسیاب نمونه‌ی جامد با پودر هالید قلیایی (KBr) و فشردن مخلوط حاصل در یک پلت (pellet) انجام گردید. پلت در یک متمرکز کننده‌ی پرتو (beam condenser) در بخش نمونه‌ی اسپکترومتر مادون‌قرمز (Bomem MB-series FT-IR spectrometer) قرار داده شد. طیف نمونه‌ها در ناحیه بین $4000\ cm^{-1}$ و $400\ cm^{-1}$ با تفکیک‌پذیری $4\ cm^{-1}$ که از 22 روبش در دقیقه استفاده گردید، به دست آمد.

ارزیابی آماری: برای تعیین معنی‌داری تأثیر متغیرها (غلظت صمغ و زمان رسیدگی) بر هر یک از صفات مورد آزمون (سختی، فیزیکوشیمیایی و...)، از آنالیز واریانس یک‌طرفه استفاده گردید. در صورت وجود معنی‌داری، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری (α=0/05) انجام گرفت. همچنین برای بررسی زمان رسیدن بر ویژگی‌های پنیر از آزمون Paired-t-test استفاده شد. برای آنالیز آماری ارزیابی حسی نمونه‌های پنیر، آزمون کروسکال والیس و برای بررسی اثر معنی‌داری آن‌ها آزمون من ویتنی مورداستفاده قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها توسط نرم‌افزار SPSS (نسخه 21) انجام گردید.

• یافته‌ها

تغییرات ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی در طول رسیدن: تغییرات ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های پنیر کم‌چرب حاوی صمغ کتیرا و مقایسه‌ی آن‌ها با پنیرهای کم‌چرب شاهد و پرچرب در روزهای 1 و 60 رسیدن در جدول 1 نشان داده‌شده است. با کاهش چربی، رطوبت پنیر به‌صورت معناداری افزایش می‌یابد که می‌توان آن را به تفاوت در مقدار پروتئین‌ها مربوط دانست. در مورد پنیر کم‌چرب، زمان رسیدن موجب کاهش معنی‌دار رطوبت آن نگردیده است. در روزهای 1 و 60 رسیدن،

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

محتوای رطوبت همه‌ی نمونه‌ها دارای اختلاف معنی‌داری با یکدیگر است. در نمونه‌های شاهد، زمان رسیدن اثر معنی‌داری بر کاهش محتوای چربی این نمونه‌ها داشته است. در روز 60، بین محتوای چربی نمونه‌های AP 0.1 و نمونه‌ی کم‌چرب اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌گردد. پس از گذشت مدت‌زمان رسیدن، میزان محتوای چربی نمونه‌ها کاهش معنی‌داری یافته است؛ لیکن این کاهش میزان چربی که به لیپولیز نسبت داده می‌شود، در مورد نمونه‌ی AP 0.05 معنی‌دار نبوده است. در نمونه‌ی پرچرب بین محتوای پروتئین روزهای 1 و 60 اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ولی در نمونه‌های کم‌چرب شاهد و نمونه‌های حاوی صمغ کتیرا این اختلاف طی زمان رسیدن مشاهده می‌شود. این تفاوت معنی‌دار در محتوای پروتئین نمونه‌های شاهد و نمونه‌های حاوی صمغ، مطابق با یافته‌های رحیمی و همکاران (2007) است (12). pH نمونه‌های پنیر در روزهای 1 و 60 اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند و طی مدت زمان رسیدن کاهش معنی‌داری یافته‌اند. pH پنیر کم‌چرب از پنیر پرچرب کمی بیشتر است. مقدار محتوای نمک در پنیرهای کم‌چرب بیشتر از پنیر پرچرب است. درصد نمک نمونه‌های حاوی صمغ کتیرا در روز 1 تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌گردد. جذب نمک نمونه کم‌چرب و پرچرب شاهد و نیز نمونه‌های حاوی صمغ ازلحاظ آماری معنی‌دار بود.

ارزیابی تغییرات بافتی پنیر در طول رسیدن: یافته های حاصل از سختی نمونه‌های پنیر حاوی صمغ کتیرا و مقایسه‌ی آن‌ها با پنیر کم‌چرب و پرچرب در روزهای 1 و 60 در جدول 2 گزارش‌شده است. مشاهده می‌شود که سختی پنیر کم‌چرب از پنیر پرچرب بیشتر می‌باشد. سختی پنیرهای کم‌چرب و پرچرب در طول رسیدن افزایش می‌یابد. با افزودن صمغ کتیرا به پنیر کم‌چرب AP 0.05، سختی اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری با نمونه‌ی کم‌چرب شاهد نداشت. درصورتی‌که سختی پنیر کم‌چرب AP 0.1 نسبت به نمونه‌ی شاهد کم‌تر بود. سختی هر دو نمونه‌ی حاوی صمغ کتیرا در طول رسیدن کاهش‌یافته، تقریباً نصف شده و در روز 60 رسیدن، تفاوت معنی‌داری با نمونه‌ی پرچرب نداشتند که این با نتایج حاصل از محققان دیگر مطابقت دارد که دریافتند که سختی پنیرهای تولیدشده با هیدروکلوئیدها به‌عنوان جایگزین چربی، مشابه پنیر پرچرب بود (13).

جدول 1. میانگین ± انحراف معیار ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پنیر کم‌چرب، پرچرب و پنیرهای حاوی صمغ کتیرا در طول رسیدن

آیتم	نمونه	دوره‌ی رسیدن (روز)	
		1	60
رطوبت	پنیر پرچرب	$70/02\pm0/02^{d1}$	$68/92\pm0/03^{d2}$
	پنیر کم‌چرب	$72/15\pm0/02^{c1}$	$71/19\pm0/06^{c1}$
	پنیر کم‌چرب AP 0.05	$75/23\pm0/03^{b1}$	$76/66\pm0/08^{b1}$
	پنیر کم‌چرب AP 0.1	$75/45\pm0/07^{a1}$	$77/81\pm0/02^{a2}$
چربی	پنیر پرچرب	$11/44\pm0/02^{a1}$	$9/39\pm0/02^{a2}$
	پنیر کم‌چرب	$2/56\pm0/02^{b1}$	$1/88\pm0/04^{c2}$
	پنیر کم‌چرب AP 0.05	$2/37\pm0/04^{c1}$	$2/19\pm0/01^{b1}$
	پنیر کم‌چرب AP 0.1	$2/15\pm0/06^{d1}$	$1/89\pm0/05^{c2}$
پروتئین	پنیر پرچرب	$9/07\pm0/08^{d1}$	$9/04\pm0/09^{d1}$
	پنیر کم‌چرب	$19/19\pm0/04^{a1}$	$15/19\pm0/1^{a2}$
	پنیر کم‌چرب AP 0.05	$16/38\pm0/05^{b1}$	$13/46\pm0/03^{b2}$
	پنیر کم‌چرب AP 0.1	$13/22\pm0/08^{c1}$	$12/57\pm0/04^{c2}$
pH	پنیر پرچرب	$6/50\pm0/03^{d1}$	$5/87\pm0/01^{c2}$
	پنیر کم‌چرب	$6/83\pm0/02^{a1}$	$6/25\pm0/04^{a2}$
	پنیر کم‌چرب AP 0.05	$6/73\pm0/07^{b1}$	$5/98\pm0/06^{b2}$
	پنیر کم‌چرب AP 0.1	$6/66\pm0/05^{c1}$	$5/96\pm0/04^{b2}$
درصد نمک	پنیر پرچرب	$4/95\pm0/05^{c1}$	$5/32\pm0/04^{d2}$
	پنیر کم‌چرب	$6/03\pm0/07^{a1}$	$6/20\pm0/03^{b2}$
	پنیر کم‌چرب AP 0.05	$5/86\pm0/05^{b1}$	$6/23\pm0/09^{b2}$
	پنیر کم‌چرب AP 0.1	$5/82\pm0/07^{b1}$	$6/34\pm0/06^{a2}$

$^{a-d}$حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده‌ی معنی‌دار بودن اختلاف در سطح ($p<0/05$) می‌باشد.

$^{1-2}$اعداد متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار در سطح ($p<0/05$) می‌باشد.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

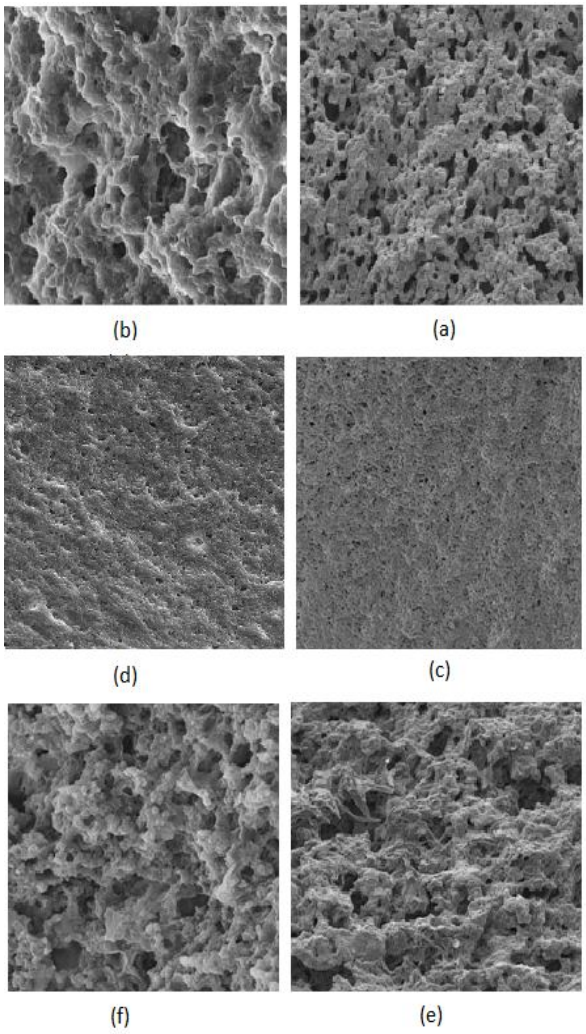
جدول 2. میانگین ±انحراف معیار سختی (برحسب نیوتون) پنیر کم‌چرب،پرچرب و پنیرهای حاوی صمغ کتیرا در طول رسیدن

نمونه	دوره‌ی رسیدن (روز)	
	1	60
پنیر پرچرب	$4/57\pm0/45^{c1}$	$5/45\pm0/27^{bc2}$
پنیر کم‌چرب	$8/23\pm0/51^{a1}$	$12/91\pm0/2^{a2}$
پنیر کم‌چرب AP 0.05	$8/37\pm0/09^{a1}$	$4/08\pm0/07^{b2}$
پنیر کم‌چرب AP 0.1	$7/11\pm0/03^{b1}$	$3/59\pm0/08^{c2}$

[a-d] حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده‌ی معنی‌دار بودن اختلاف در سطح ($p<0/05$) می‌باشد.
[1-2] اعداد متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار در سطح ($p<0/05$) می‌باشد.

ارزیابی ریزساختار نمونه‌های پنیر: شکل 1 تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه‌های پنیر حاوی صمغ و مقایسه‌ی آن‌ها با پنیر پرچرب و کم‌چرب را در روزهای 1 و 60 از زمان رسیدن نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، پنیرهای کم‌چرب حفره‌های چربی کم‌تری داشته و ماتریکس پروتئینی به خاطر کاهش محتوای چربی غیر منقطع‌تر است (14). در شکل 1 ((e -1) و (f -1)) مشاهده می‌گردد که ریزساختار پنیر کم‌چرب با افزودن صمغ کتیرا، دارای ساختار بازتری بوده و به پنیر پرچرب شبیه می‌باشد.

ارزیابی ویژگی‌های حسی نمونه‌های پنیر: ارزیابی حسی نمونه‌های پنیر در روز 60 رسیدن، در جدول 3 نشان داده شده است. پنیر پرچرب امتیاز بیشتری برای همه‌ی ویژگی‌های حسی دریافت کرد. ویژگی‌های حسی پنیر AP 0.1 پذیرش کلی بیشتری نسبت به پنیر کم‌چرب و AP 0.05 دریافت کرد. ازلحاظ طعم، ارزیابان حسی به این پنیر امتیاز بیشتری دادند. همچنین ازلحاظ ظاهر و بو این نمونه نسبت به نمونه‌ی کم‌چرب شاهد و AP 0.05 امتیاز بیشتری را از آن خود نمود.



شکل 1. ریزساختار نمونه‌های پنیر در طول رسیدن (روز 1و روز 60)
(a: پنیر پرچرب در روز 1؛ b : پنیر پرچرب در روز 60؛ c: پنیرکم‌چرب در روز 1؛ d: پنیر کم‌چرب در روز 60؛ e: پنیر کم‌چرب AP 0.1 در روز 1؛ f: پنیر کم‌چرب AP 0.1 در روز 60)

جدول 3. مقایسه‌ی ویژگی‌های حسی پنیر کم‌چرب،پرچرب و پنیرهای حاوی صمغ کتیرا

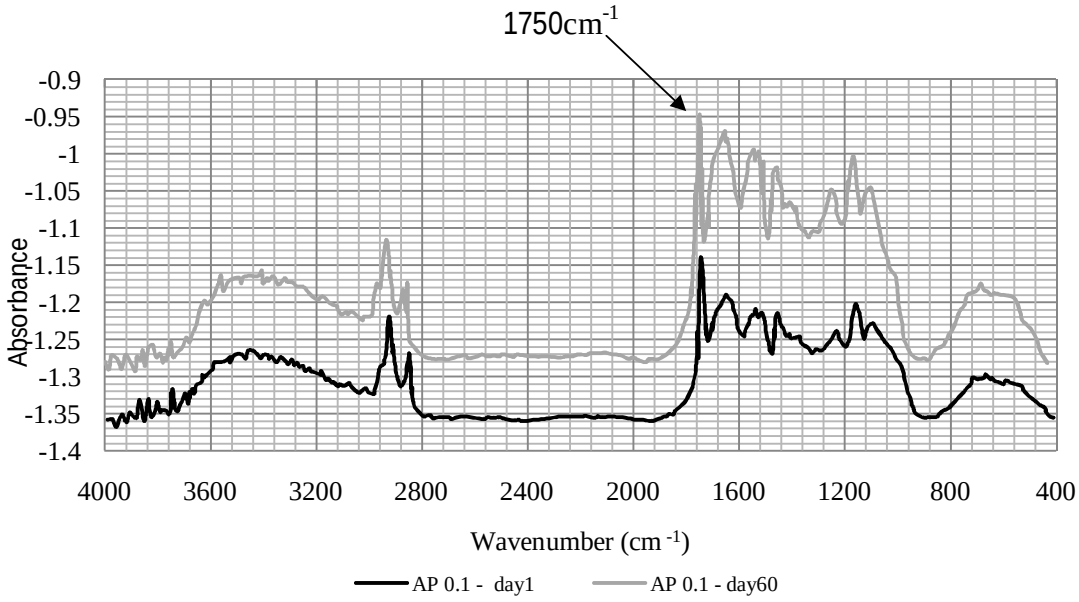
آیتم	میانگین ± انحراف استاندارد ویژگی‌های حسی نمونه‌ها				
	ظاهر	بافت	مزه	بو	پذیرش کلی
پنیر پرچرب	$4/84\pm0/25^{a}$	$4/36\pm0/14^{a}$	$4/61\pm0/13^{a}$	$4/18\pm0/24^{a}$	$4/4\pm0/26^{a}$
پنیر کم‌چرب	$4/12\pm0/21^{d}$	$3/76\pm0/12^{c}$	$3/55\pm0/13^{d}$	$3/36\pm0/15^{d}$	$3/5\pm0/22^{d}$
پنیر کم‌چرب AP 0.05	$4/32\pm0/21^{c}$	$4/18\pm0/07^{b}$	$4/27\pm0/21^{c}$	$3/77\pm0/23^{c}$	$4/12\pm0/25^{c}$
پنیر کم‌چرب AP 0.1	$4/51\pm0/09^{b}$	$4/22\pm0/15^{b}$	$4/44\pm0/12^{b}$	$3/92\pm0/14^{b}$	$4/35\pm0/17^{b}$

[a-d] حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده‌ی معنی‌دار بودن اختلاف در سطح ($p<0/05$) می‌باشد.

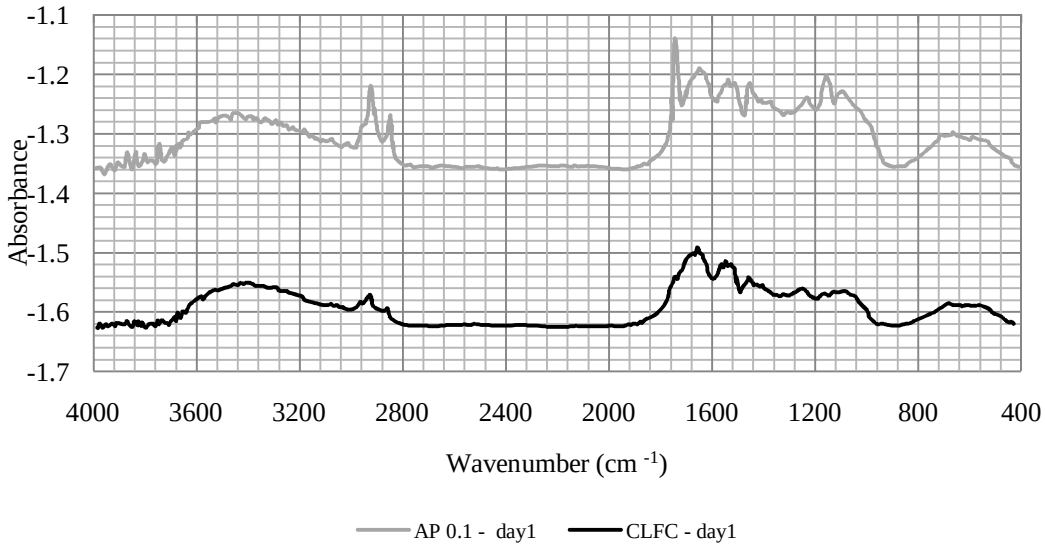
[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

بررسی طیف‌بینی مادون‌قرمز نمونه‌های پنیر: مقایسه طیف FTIR نمونه پنیر AP 0.1 در روزهای 1 و 60 از زمان رسیدن، مقایسه بین پنیرهای کم‌چرب و AP 0.1 روز 1 و نیز روز 60 به ترتیب در شکل‌های 2، 3 و 4 نشان داده‌شده است.

تفاوت‌های شاخصی که در پیک‌های موجود در طیف‌ها مشاهده می‌شود، بیشتر در ناحیه‌ی $2930cm^{-1}$ و نیز cm^{-1} 1740 می‌باشد.

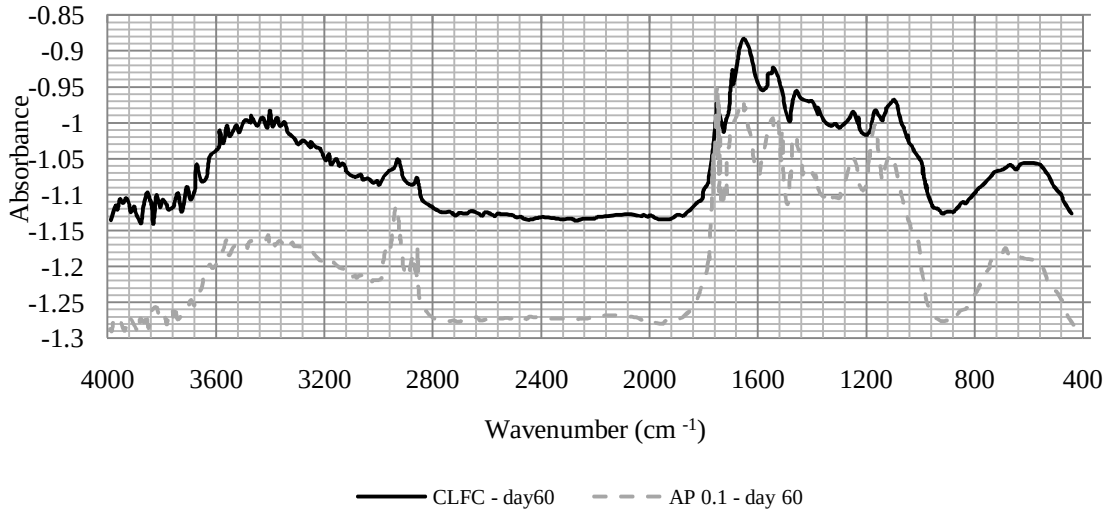


شکل 2. طیف FTIR نمونه‌ی پنیر کم‌چرب AP 0.1 روز 1 و 60



شکل 3. مقایسه‌ی طیف FTIR نمونه‌های پنیر کم‌چرب و AP 0.1 در روز 1

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]



شکل 4. مقایسه‌ی طیف FTIR نمونه‌های پنیر کم‌چرب و AP 0.1 در روز 60

• بحث

تغییرات ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی در طول رسیدن:
اغلب ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پنیر، تحت تأثیر درصد چربی، پلی ساکارید افزوده‌شده به آن و نیز زمان رسیدن قرار می‌گیرند. محتوای پروتئین بیشتر پنیر کم‌چرب ممکن است که ظرفیت نگه‌داری آب ماتریکس پنیر را بیشتر کرده و منجر به محتوای رطوبت بیشتر شود (12، 6). در مورد پنیر پرچرب، کاهش در رطوبت در طول رسیدن ممکن است به خاطر افزایش غلظت نمک در لخته‌ی پنیر باشد. مقدار انتقال نمک به لخته به علت تفاوت غلظت نمک بین لخته و آب‌نمک است (15). در پنیرهای آب‌نمکی، نفوذ نمک به پنیر و مهاجرت آب به بیرون اتفاق می‌افتد (16). عدم تغییرات درصد رطوبت در پنیر کم‌چرب ممکن است به علت تعادل میان خروج آب - ناشی از فشار اسمزی- و جذب آب به وسیله گروه های آمین تولیدشده توسط پروتئولیز نسبت داده می‌شود (17). در پنیرهای حاوی صمغ محتوای رطوبت نسبت به پنیر کم‌چرب بیشتر می‌باشد که این می‌تواند به ویژگی باند شوندگی با آب این صمغ‌ها نسبت داده شود. به‌عنوان دلیل این امر، می‌تواند پیشنهاد شود که آب به‌صورت مستقیم می‌تواند با جایگزین چربی باند شده، از جمع شدن ماتریکس کازئینی ممانعت کرده و نیروی محرکه‌ی درگیر در خارج کردن آب از اجزای لخته را کم کند (11). به طور کلی، در پنیرهای آب نمکی تغییرات درصد رطوبت طی زمان رسیدن، تحت تاثیر عوامل مختلفی قرار می گیرد؛ خروج آب ناشی از جذب نمک، جذب آب به وسیله گروه های نیتروژنی حاصل از پروتئولیز و در مورد نمونه‌های حاوی صمغ کتیرا، جذب بیشتر آب توسط ساختار هیدروفیل و شاخه دار کتیرا -که ناشی از بخش های تراگاکانتیک و باسورین می باشد- ؛ لذا در نمونه های حاوی صمغ، اثر دو عامل دوم بر عامل اول پیشی گرفته و منجر به افزایش رطوبت پس از مدت زمان رسیدن گردیده است. در محتوای رطوبتی نمونه‌ی AP 0.1 نسبت به AP 0.05 به بیشتر بودن غلظت صمغ نسبت داده می‌شود. امینی فر و امام‌جمعه (2015) به نتایج مشابهی در رابطه با رطوبت در پنیر لیقوان حاوی صمغ کتیرا دست یافتند (18). امینی فر و همکاران (2014) کاهش چربی در پنیر کم‌چرب حاوی صمغ زانتان را ناشی از افزایش رطوبت در پنیر حاوی صمغ دانستند (6). کاهش چربی نمونه AP 0.1 در طول رسیدن معنی‌دار می‌باشد؛ سطح بیشتر لیپولیز در پنیرهای حاوی جایگزین‌های چربی بر پایه‌ی کربوهیدرات ممکن است به محتوای رطوبت بیشتر آن‌ها نسبت داده شود که فعالیت آنزیمی و رشد میکروبی بیشتری را موجب می‌گردد (4). لیپولیز در طول رسیدن موجب تولید اسیدهای چرب آزادشده که به آب‌نمک اطراف مهاجرت می‌نمایند، در روز 1، کم‌تر بودن محتوای پروتئین در پنیرهای حاوی صمغ را می‌توان به اثر رقیق‌سازی ناشی از ویژگی‌های نگه دارندگی رطوبت جایگزین‌های چربی مربوط دانست (19). کاهش میزان پروتئین پنیر سفید ایرانی در طول رسیدن به پروتئولیز و نفوذ بعدی آمینواسیدهای آزاد به آب‌نمک اطراف نسبت داده می‌شود (20). بالاتر بودن میزان pH پنیرکم چرب از پنیر پرچرب، احتمالاً به بیشتر بودن

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

محتوای پروتئین آن مربوط می‌شود؛ چرا که پروتئین از خاصیت بافری بیشتری برخوردار بوده و در برابر تغییرات مقاومت بیشتری نشان می دهد. این بالاتر بودن میزان pH پنیرکم چرب از پنیر پرچرب با یافته‌های دیگر محققان در مورد پنیر سفید کم‌چرب و همچنین پنیر فتای کم‌چرب مطابقت دارد (21، 13). در طول رسیدن نیز pH کاهش معنی‌داری کرده که این فرآیند به علت کامل شدن تخمیر لاکتوز و آزاد شدن آمینواسیدها و اسیدهای چرب است که به دنبال پروتئولیز و لیپولیز می‌باشد. کاهش در pH در اثر افزودن صمغ و نیز در طول رسیدن مطابق با یافته‌های محققان دیگر است (15). علت کم‌تر شدن pH نمونه های حاوی صمغ می تواند ناشی از H^+ بخش تراگاکانتیک اسید صمغ باشد که با آزاد شدن خود، به کمتر نمودن pH کمک می کند. ضریب نفوذ و محتوای نمک جذب‌شده از طریق آب‌نمکی کردن با افزایش رطوبت لخته بیشتر می‌شود (22). با توجه به بیشتر بودن محتوای رطوبتی پنیر کم‌چرب نسبت به پنیر پرچرب، این می‌تواند دلیل محتوای نمک بیشتر پنیر کم‌چرب نسبت به پنیر پرچرب باشد. پنیر کم‌چرب به‌طور معنی‌داری محتوای نمک بیشتری را نسبت به پنیر پرچرب در طول زمان رسیدن دارا بود که با یافته‌های دیگر محققان هم‌خوانی دارد (4). وقتی پنیر در آب‌نمک قرار داده می‌شود فرآیند انتشار متقابل دینامیک آغاز می‌شود؛ ازآنجایی‌که مولکول‌های NaCl از آب‌نمک به پنیر حرکت می‌کنند؛ درحالی‌که آب از ماتریکس پنیر به بیرون انتشار می‌یابد، محتوای رطوبت پنیر کم شده و محتوای نمک در طول زمان رسیدن افزایش می‌یابد (23) که با توجه به کاهش رطوبت پنیر کم‌چرب و پرچرب پس از گذشت 60 روز رسیدن این پدیده روی می‌دهد. بیشتر بودن محتوای نمک در پنیر کم‌چرب حاوی جایگزین چربی نسبت به پنیر کم‌چرب شاهد و بیشتر بودن محتوای نمک نمونه‌ی کم‌چرب نسبت به نمونه‌ی پنیر پرچرب با نتایج دیگر محققان هم‌خوانی دارد (4). افزایش جذب نمک در پنیرهای حاوی صمغ کتیرا را می‌توان به نرم تر شدن بافت آن ها طی زمان رسیدن (جدول2- کمتر شدن سختی) نسبت داد. امینی فر و امام جمعه (2015)، نفوذ بیشتر نمک به پنیر لیقوانِ حاوی صمغ کتیرا را به بافت نرم تر آن نسبت دادند (18).

ارزیابی تغییرات بافتی نمونه‌های پنیر در طول رسیدن: در ماتریکس پروتئینی پنیر، گلبول‌های چربی به‌عنوان نقاط شکست عمل کرده و سختی را کاهش می‌دهند (6). با توجه به بیشتر بودن چربی در پنیر پرچرب، این امر می‌تواند توجیه این قضیه باشد. بیشتر شدن سختی پنیرهای کم‌چرب و پرچرب در طول رسیدن می‌تواند به سبب خروج آب از بافت پنیر درنتیجه‌ی فشار اسمزی ناشی از نمک موجود در آب‌نمک باشد. افزایش سختی این پنیرها بستگی به کاهش محتوای رطوبت آن‌ها در طی زمان رسیدن دارد (24). افزایش سختی پنیر سفید آب‌نمکی پس از طی مدت‌زمان رسیدن مطابق با نتایج فراهانی و همکاران (2014) می‌باشد (25). کاهش سختی با افزایش غلظت صمغ و نیز در طول رسیدن موافق با نتایج حاصل از افزودن صمغ کتیرای تجاری به پنیر سفید ایرانی کم‌چرب بود که توسط رحیمی و همکاران در سال 2007 انجام شد. آن‌ها به این نتیجه دست یافتند که با افزایش غلظت صمغ کتیرا، پارامترهای سختی کاهش می‌یابد. دلیل کاهش سختی را هم بدین‌صورت بیان کردند که در مدل هورن، کلسیم فسفات میسلی فقط به‌عنوان cross-link بین نانو خوشه‌های کازئینی نمی‌باشد؛ بلکه همچنین عاملی خنثی‌کننده است که دارای بار مثبت بوده و به خوشه‌های فسفوسرینی با بار منفی متصل می‌شود. کلسیم فسفات میسلی بارهای پروتئینی را کاهش داده تا نقطه‌ای که در آن برهم‌کنش‌های جذبی بین نواحی هیدروفوب کازئین می‌تواند غالب شود. در طول رسیدن و با افزایش غلظت صمغ، pH کاهش‌یافته و حل شدن فسفات کلسیم کلوئیدی را القا می‌کند. کاهش در مقدار کلسیم مرتبط با مولکول‌های کازئینی می‌تواند دافعه‌ی الکترواستاتیک را بین اجزای کازئینی افزایش داده و منجر به ضعیف شدن پیوندهای ساختاری شود. این امر احتمالاً با افزایش غلظت صمغ کتیرا، همان‌طور که فرآیند رسیدن پیش می‌رود، به کاهش در نیروی شکست کمک کرده و پارامتر سختی پنیرهای حاوی صمغ کتیرا را به پنیر پرچرب نزدیک تر می نماید (12).

ارزیابی ریزساختار نمونه‌های پنیر: پنیر کم‌چرب دارای ساختار فشرده‌تری نسبت به پنیر پرچرب است. از لحظه‌ای که انعقاد صورت می‌گیرد، شبکه‌ی کازئینی می‌تواند به‌عنوان شبکه یکپارچه‌ای در نظر گرفته شود که در فواصلی معین به‌وسیله‌ی گلبول‌های چربی بسیار بزرگ‌تر منقطع می‌گردد. درنتیجه، همان‌طور که محتوای چربی کاهش می‌یابد، شبکه کازئینی متراکم‌تر شده و هرچه قدر این شبکه متراکم‌تر باشد، پنیر سفت‌تر می‌گردد (26). ملاحظه می‌گردد که بعد از طی مدت 60 روز رسیدن، ریزساختار پنیرها بازتر شده است. هیدرولیز شبکه‌ی پروتئینی پنیر و نفوذ بعدی پپتیدهای کوچک و آمینواسیدهای آزاد به آب‌نمک اطراف، ممکن است دلیل تغییرات ریزساختاری مشاهده‌شده در طول رسیدن باشد

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

(20). همان‌طور که تولید اسید به‌وسیله استارتر در طول پنیر سازی توسعه می‌یابد، فسفات کلسیم کلوئیدی نامحلول، حل‌شده و به باقی‌مانده‌های فسفوسرینی روی مولکول‌های کازئینی متصل می‌گردد تا نانو خوشه‌های بزرگی تولید کند. فسفات کلسیم کلوئیدی پلی بین سه الی چهار مولکول کازئین است. همان‌طور که فسفات کلسیم کلوئیدی حل می‌شود، بارهای منفی گروه‌های فسفوسرینی در معرض قرارگرفته و افزایش محلی در بارهای منفی منجر به دافعه‌ی الکترواستاتیک بیشتر بین مولکول‌های کازئین می‌شود، درنتیجه، شبکه‌ی کازئینی بازتر شده و متخلخل‌تر می‌گردد (26). تصاویر نمونه AP 0.1 نشان دهنده شبیه بودن ریزساختارآن به ریزساختار پنیر پرچرب می باشد. صمغ کتیرا دارای گروه‌های کربوکسیل بوده و پلی ساکاریدی آنیونی می‌باشد (27). در طول اسیدی کردن، وقتی‌که pH کم می‌شود، فسفات کلسیم کلوئیدی حل می‌شود (28). حل شدن فسفات کلسیم کلوئیدی ممکن است به پیوند کلسیم به پلی ساکارید کمک کرده و منجر به افزایش حساسیت کازئین ها به بازآرایی مجدد و تشکیل حفره‌های بزرگ‌تر شود. پلی ساکاریدهای آنیونی که می‌توانند با بارهای مثبت روی سطح میسل های کازئینی واکنش دهند، جزء پلی ساکاریدهای جذب سطحی دسته‌بندی می‌شوند و با کاهش pH در طول اسیدی کردن می‌توانند جذب میسل های کازئینی شوند. Yokoyama و همکاران (1988) نشان دادند که با کاهش pH کانفورماسیون صمغ کتیرای جذب‌شده می‌تواند متحمل تغییراتی شود و حلقه‌ها و دنباله‌هایی را به وجود آورد؛ این دنباله‌ها متعلق به زنجیره‌های خطی 4,1 linked a-D-galacturonic acid می‌باشند. در pH های پایین‌تر، یونیزاسیون گروه‌های کربوکسیلی فرونشانده شده و بنابراین مولکول‌های صمغ کتیرا مانند پلی مرهای بدون بار عمل کرده و دنباله‌هایی را تشکیل می‌دهند. (27). حضور این رشته‌ها در ماتریکس کازئینی، می‌تواند برهم‌کنش‌های میسل های کازئینی را کاهش داده و منجر به ساختار ضعیف‌تر و بازتر شود (29).

ارزیابی ویژگی‌های حسی نمونه‌های پنیر: کاهش در چربی به‌طور معنی‌داری بر بافت، ظاهر، طعم و پذیرش کلی پنیر سفید ایرانی اثرگذار است. مددلو و همکاران (2005) گزارش کردند که پنیر سفید ایرانی کم‌چرب امتیاز طعم و بافت کمتری نسبت به پنیر پرچرب داشتند (3). پنیرهای با چربی کم‌تر معمولاً طعم کمتری نسبت به محصولات پرچرب دارند که این به علت رقیق شدن طعم در پنیرهای کم‌چرب است که به دلیل نگه‌داری بیشتر رطوبت می‌باشد. ملاحظه می گردد که پذیرش کلی نمونه AP 0.1 نزدیک به پنیر پرچرب می باشد.

بررسی طیف‌بینی مادون‌قرمز نمونه‌های پنیر: با نگاهی به طیف FTIR نمونه‌ی AP 0.1 روز 60 (شکل 2)، می‌توان فهمید که ارتفاع پیک در $1750\ cm^{-1}$ بسیار بیشتر از این ارتفاع نسبت به نمونه‌ی روز 1 است؛ این پیک مربوط به گروه کربونیل استرها و اسیدها می‌باشد(30) . همان‌طور که در بخش ریزساختار اشاره شد، صمغ کتیرا دارای گروه‌های کربوکسیل می‌باشد. در طول اسیدی کردن، با کاهش pH، فسفات کلسیم کلوئیدی حل‌شده و کانفورماسیون صمغ کتیرای جذب‌شده می‌تواند متحمل تغییراتی شود. در واقع، در pH های پایین‌تر، یونیزاسیون گروه‌های کربوکسیلی فرونشانده شده و بنابراین مولکول‌های صمغ کتیرا مانند پلی مرهای بدون بار عمل کرده و دنباله‌هایی را تشکیل می‌دهند. درنتیجه گروه‌های کربوکسیل با کاهش pH آزادتر شده و منجر به جذب قوی در این پیک می‌گردد. همچنین افزایش در ارتفاع این پیک می‌تواند به فرآیند پروتئولیز و لیپولیز نیز مربوط باشد(31).

بر اساس یافته‌های Nie و همکاران (2005)، وقتی اکسیژن کربونیل یک پیوند هیدروژنی با یک مولکول آب تشکیل می‌دهد، فرکانس C=O بین ناحیه $1749\ cm^{-1}$ - 1733 قرار می‌گیرد که نشانگری برای برهم‌کنش پیوند هیدروژنی ذکرشده می‌باشد (32)؛ بنابراین بیشتر شدن ارتفاع این پیک در روز 60 (شکل 2) را می‌توان به تشکیل پیوند هیدروژنی گروه‌های عاملی کربونیلی پروتئین‌ها با مولکول‌های آب نسبت داد؛ چراکه محتوای رطوبت این نمونه پس از طی مدت‌زمان رسیدن افزایش‌یافته است.

با مقایسه‌ی طیف FTIR نمونه‌ی حاوی صمغ کتیرا و نمونه‌ی شاهد کم‌چرب در روزهای 1 و 60 (شکل‌های 3 و 4)، بیشتر بودن ارتفاع ناحیه‌ی پیک $2930cm^{-1}$ که نشانگر محتوای کربوهیدرات است(10)، را می‌توان به‌وضوح مشاهده کرد.

در طیف FTIR نمونه AP 0.1 روز 1 (شکل 3)، پیک مربوط به $1746\ cm^{-1}$ ارتفاع بیشتری نسبت به پنیر کم‌چرب شاهد دارد؛ باندهای قوی بین $1735\ cm^{-1}$ و $1750cm^{-1}$ مرتبط با ویژگی‌های سیگنال از گروه‌های کربونیلی گروه‌های مختلف R(CO)OR است (31). با افزودن صمغ کتیرا به پنیر کم‌چرب امکان تشکیل گروه‌های استری به دلیل برهم‌کنش گروه‌های کربوکسیلیک اسید بخش تراگاکانتین (تراگاکانتیک

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

اسـید) موجـود در ایـن صـمغ و گـروه‌هـای هیدروکسـیل زنجیره‌های جانبی اسـیدآمینه‌هـای موجـود (ماننـد تیـروزین، سرین و ترئونین) در پروتئین‌های کازئینی وجود دارد؛ بنابراین این پیک می‌تواند به گروه‌های کربونیلی کربوکسیلیک اسـیدها و نیز تشکیل گروه‌های استری ناشی از برهم‌کنش‌های یادشده مربوط باشد.

به‌طورکلی، پهنای پیک‌ها د رFTIR نشان‌دهنده یکنواختی نمونه‌ها می‌باشند؛ پیک‌های پهن‌تر نشان‌دهنده‌ی این است که نمونه کمتر یکنواخت می‌باشد (33). با مشاهده‌ی تیزتر شـدن پیک‌ها در نمونه‌های حاوی صمغ در روز 60، طبیعـت همـوژن تر این نمونه‌ها را پس از گذشت مدت‌زمان رسیدن 60 می‌توان ملاحظه کرد (شکل 2) که این یکنواخت‌تر شدن ساختار پـس از طی زمان رسیدن در تصاویر میکروسکوپ الکترونـی روبشـی نیز مشهود است (شکل 1- f).

افزودن صمغ کتیرا در غلظت 0/1 درصـد بـه پنیـر سـفید ایرانی کم‌چرب توانست خصوصیات بافتی و حسـی نزدیـک بـه پنیر پرچرب ایجاد کند. بـا مقایسـه بـین طیـف FTIR نمونـه حاوی صمغ و نمونه شاهد، این نتیجه را می توان حاصل نمود که در پنیرهای حاوی پلی ساکارید پیک مربوط به $2930\ cm^{-1}$ که مرجع خوبی برای محتوای کربوهیدرات می‌توانـد باشـد، از ارتفاع بیشتری برخوردار بوده و می‌تـوان از آن بـرای ردیـابی و تشـخیص وجـود سـاختار کربوهیـدراتی در مـاتریکس پنیـر کم‌چرب استفاده نمود. (در پنیرهای پرچرب این پیـک مـرتبط بـا مـد کششـی C-H در اسـیدهای چـرب مـی‌باشـد(30)). همچنین از تغییراتی که در پیک‌هـای مربـوط بـه $1746\ cm^{-1}$ رخ می‌دهد؛ می‌توان تا حدی برای فهمیـدن بـرهم‌کـنش‌هـای بین اجزای موجود در ماتریکس پنیر سود جست.

References

1. Alizadeh M, Hamedi M, Khosroshahi A. Modeling of proteolysis and lipolysis in Iranian white brine cheese. Food chemistry. 2006;97(2):294-301.
2. El Soda M, Abd El-Salam M. Cheese matured in brine. Encyclo of dairy sci. 2002:406-10.
3. Madadlou A, Khosroshahi A, Mousavi M. Rheology, microstructure, and functionality of low-fat Iranian white cheese made with different concentrations of rennet. J dairy sci. 2005;88(9):3052-62.
4. Kavas G, Oysun G, Kinik O, Uysal H. Effect of some fat replacers on chemical, physical and sensory attributes of low-fat white pickled cheese. Food chem. 2004;88(3):381-8.
5. Ibáñez RA, Waldron DS, McSweeney PL. Effect of pectin on the composition, microbiology, texture, and functionality of reduced-fat Cheddar cheese. Dairy SciTechnol. 2015:1-20.
6. Aminifar M, Emam-Djome Z, Belgheisi S. Effect of xanthan and milk protein concentrate on hardness, microstructure and ester release of low-fat brined cheese. Iranian J Nutrition Sci Food Technol. 2014;9(1):83-92.
7. Juan B, Zamora A, Quintana F, Guamis B, Trujillo AJ. Effect of inulin addition on the sensorial properties of reduced-fat fresh cheese. Int J Dairy Technol. 2013;66(4):478-83.
8. sima B. Study and comparison of some phvsicochemical properties of iranian Gum Tragacanth exudates from Astragalus species Beheshti University, M.C. Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, 2009.
9. Chen M, Irudayaraj J. Sampling technique for cheese analysis by FTIR spectroscopy. J food sci. 1998;63(1):96-9.
10. Guerrero P, Kerry JP, de la Caba K. FTIR characterization of protein–polysaccharide interactions in extruded blends. Carbohyd polym. 2014;111:598-605.
11. Madadlou A, Mousavi ME, Emam-Djome Z, Zargaran M. Effect of cream homogenization on textural characteristics of low-fat Iranian White cheese. Int dairy J. 2007;17(5):547-54.
12. Rahimi J, Khosrowshahi A, Madadlou A, Aziznia S. Texture of low-fat Iranian white cheese as influenced by gum tragacanth as a fat replacer. J dairy sci. 2007;90(9):4058-70.
13. Romeih EA, Michaelidou A, Biliaderis CG, Zerfiridis GK. Low-fat white-brined cheese made from bovine milk and two commercial fat mimetics: chemical, physical and sensory attributes. Int Dairy J. 2002;12(6):525-40.
14. Drake M, Herrett W, Boylston T, Swanson B. Lecithin improves texture of reduced fat cheeses. J Food Sci. 1996;61(3):639-42.
15. Azarnia S, Ehsani M, Mirhadi S. Evaluation of the physico-chemical characteristics of the curd during the ripening of Iranian brine cheese. Int Dairy J. 1997;7(6):473-8.
16. Lucey J, Johnson M, Horne D. Invited review: perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. J Dairy Sci. 2003;86(9):2725-43.
17. Creamer LK, Olson NF. Rheological evaluation of maturing Cheddar cheese. J Food Sc. 1982;47(2):631-6.
18. Aminifar M, Emam-Djome Z. Investigation on the microstructural and textural properties of Lighvan cheese produced from bovine milk fortified with protein and gum tragacanth during ripening. Int J Dairy Technol. 2015.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

19. Drake M, Boylston T, Swanson B. Fat Mimetics in Low-Fat Cheddar Cheese. J Food Sci. 1996;61(6):1267-71.

20. Khosrowshahi A, Madadlou A, zadeh Mousavi ME, Emam-Djomeh Z. Monitoring the chemical and textural changes during ripening of Iranian White cheese made with different concentrations of starter. J dairy sci. 2006;89(9):3318-25.

21. Katsiari MC, Voutsinas LP. Manufacture of low-fat Feta cheese. Food Chem. 1994;49(1):53-60.

22. Fox P. Fundamentals of cheese science: Springer Sci Business Media; 2000.

23. Madadlou A, Mousavi ME, Farmani J. The influence of brine concentration on chemical composition and texture of Iranian white cheese. J Food Engi. 2007;81(2):330-5.

24. Prasad N, Alvarez V. Effect of salt and chymosin on the physico-chemical properties of feta cheese during ripening. J Dairy Sci. 1999;82(6):1061-7.

25. Farahani G, Ezzatpanahi H, AbbasiI S. Evaluation of some physichochemical, rheological and texural properties of white brined cheese during ripening. Food Techno Nutrition. 2014;11(3).

26. Johnson ME. Cheese | Low-Fat and Reduced-Fat Cheese. In: Fuquay JW, editor. Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition). San Diego: Academic Press; 2011. p. 833-42.

27. Yokoyama A, Srinivasan KR, Fogler HS. Stabilization mechanism of colloidal suspensions by gum tragacanth: the influence of pH on stability. J colloid interface sci. 1988;126(1):141-9.

28. Lee W, Lucey J. Structure and physical properties of yogurt gels: Effect of inoculation rate and incubation temperature. J dairy sci. 2004;87(10):3153-64.

29. Aziznia S, Khosrowshahi A, Madadlou A, Rahimi J. Whey Protein Concentrate and Gum Tragacanth as Fat Replacers in Nonfat Yogurt: Chemical, Physical, and Microstructural Properties. J Dairy Sci. 2008 7//;91(7):2545-52.

30. Gori A, Maggio RM, Cerretani L, Nocetti M, Caboni MF. Discrimination of grated cheeses by Fourier transform infrared spectroscopy coupled with chemometric techniques. Int Dairy J. 2012;23(2):115-20.

31. Chen M, Irudayaraj J, McMahon DJ. Examination of full fat and reduced fat Cheddar cheese during ripening by Fourier transform infrared spectroscopy. J Dairy Sci. 1998;81(11):2791-7.

32. Nie B, Stutzman J, Xie A. A vibrational spectral maker for probing the hydrogen-bonding status of protonated Asp and Glu residues. Biophys J. 2005;88(4):2833-47.

33. Haque E, Bhandari BR, Gidley MJ, Deeth HC, Møller SM, Whittaker AK. Protein conformational modifications and kinetics of water− protein interactions in milk protein concentrate powder upon aging: effect on solubility. J agr food chem. 2010;58(13):7748-55.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

Investigation on the Relation between FTIR Spectrum and Characteristics of Low Fat Iranian White Cheese Modified with Gum Tragacanth Species *"Astragalus Parrowianus''*

Baghdadi F[1], Aminifar M[2], Farhoodi M[3]*, Shojaee Aliabadi S[4]*

1- M.SC Student, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

*2- *Corresponding author: Assistant Prof, Dept. of Food science & Technology, Faculty of Food Industry and Agriculture, Standard Research Institute (SRI), Karaj, Iran, E-mail: aminifar.m@standard.ac.ir*

*3- *Corresponding author: Assistant Prof, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran, E-mail: farhoodi@sbmu.ac.ir*

4- Assistant Prof, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received 26 Aug, 2016 **Accepted 24 Nov, 2016**

Background and Objectives: Problemsof poor organoleptic and physicalproperties of low fat cheese suggest the use of some hydrocolloids in providing the desirable qualities of these types of cheeses.To improve the characteristics of low fat cheese, several studies have been used polysaccharides as fat replacers.In this study, for improving the characteristics of low fat Iranian white cheese, gum tragacanth (*Astragalus Parrowianus*) was added to the low fat cheese milk in two level (0.05 and 0.1% (w/w).

Materials and Methods: Changes in physicochemical, textural, sensory and microstructural properties of cheese samples in day 1 and 60 of ripening time were evaluated and a comparison between cheese samples containing gum and blank samples (full fat and low fat cheeses) was carried out. For better investigation of interactions between protein and polysaccharide in cheese matrix, FTIR method was used.

Results: Addition of gum tragacanth into low fat cheese matrix resulted in a better texture and structure and could relatively imitate the full fat cheese characteristics. Incorporation of this gum caused some changes in FTIR spectra of low fat cheese. Ripening time also influenced the FTIR spectra of cheese samples.

Conclusion: Incorporation of gum tragacanth into low fat Iranian white cheese, can improve its textural, sensorial and microstructural characteristics. FTIR can be a proper instrument for precise studying of protein matrix of cheeses.

Keywords: Low fat Iranian white cheese, Gum tragacanth (*Astragalus Parrowianus*), Microstructure, Fourier Transform Infrared Spectroscopy

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]