



بررسی خصوصیات بافت و ویژگی‌های رنگ پنیر سفید فرآپالوده حاوی کافئین

حسین جوینده^{۱*}، بهروز علیزاده بهبهانی^۲، فاطمه کاظمیان راد^۳

- ۱- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران.
۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران.
۳- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله : تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۶	
کلمات کلیدی: پنیر فرآپالوده، کافئین، سفتی، روشنایی، زمان نگهداری	مصرف کافئین به دلایلی مانند افزایش هوشیاری، کاهش خستگی، افزایش انرژی و کاهش خواب-آلودگی، به صورت نوشیدنی و هم چنین به عنوان مواد افزودنی، طرفداران زیادی در میان مصرف کنندگان دارد. به علاوه مصرف کافئین با پایین آوردن اشتها سبب کاهش وزن می شود و به همین دلیل استفاده از آن در فرمولاسیون مکمل های غذایی مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین مصرف پنیر فرآپالوده حاوی کافئین، علاوه بر این که یک منبع بسیار خوب از مواد مغذی و مفید مورد نیاز بدن است، با افزایش انرژی و کاهش خستگی، سبب نشاط فرد می گردد. در این پژوهش کافئین با غلظت های مختلف ۰ (نمونه شاهد)، ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد به پنیر سفید فرآپالوده اضافه شد و تغییرات رنگ (شاخص های L^* ، a^* و b^*) و خصوصیات بافتی (سختی، پیوستگی، چسبندگی، صمغی و ارتجاعی) محصول در مدت زمان نگهداری ۴۵ روز در یخچال مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل از رنگ سنجی نشان داد که شاخص L^* با افزایش میزان کافئین ($p < ۰/۰۵$) و هم چنین طی مدت زمان نگهداری ($p < ۰/۰۰۱$) کاهش یافت. به علاوه اثر معنی داری با افزودن کافئین به پنیر فرآپالوده بر شاخص a^* و b^* مشاهده نشد اما زمان نگهداری سبب کاهش معنی دار هر دو پارامتر شد ($p < ۰/۰۱$). میزان سختی، پیوستگی و صمغی پنیرهای فرآپالوده تولید شده با افزایش میزان غلظت کافئین از ۰/۲ به ۰/۶ درصد و با گذشت زمان نگهداری ($p < ۰/۰۱$)، کاهش معنی داری یافت. شاخص چسبندگی و ارتجاعی بودن نیز هرچند به طور کلی با افزایش میزان غلظت کافئین و زمان نگهداری روند کاهشی داشت، اما این تغییرات معنی دار نشد ($p > ۰/۰۵$). براساس کیفیت رنگ و بافت، اختلاف معنی داری میان نمونه شاهد و نمونه حاوی ۰/۴ درصد کافئین مشاهده نگردید. بنابراین با استفاده از غلظت ۰/۴٪ کافئین، می توان پنیر فرآپالوده انرژی زا و نشاط بخش تولید نمود.
DOI:10.22034/FSCT.21.156.211. * مسئول مکاتبات: hosjooy@asnruk.ac.ir	

۱- مقدمه

شرایط بهداشتی و تغذیه نامناسب یکی از دلایل اصلی بسیاری از بیماری‌های مزمن و مرگ و میر در سراسر جهان می‌باشد. تاکنون پژوهش‌های بسیاری توسط متخصصان علوم تغذیه صرف مطالعه پیشگیری از بیماری‌های مزمن، از جمله سندرم متابولیک، پوکی استخوان، زوال عقل و اختلالات گوارشی شده است. براساس تحقیقات انجام شده، ایجاد تغییرات در رژیم غذایی ممکن است یکی از راه‌های جلوگیری از شروع بیماری‌های مزمن باشد [۱ و ۲]. محصولات لبنی از جمله مغذی‌ترین و ضروری‌ترین مواد غذایی مؤثر در رژیم غذایی هستند که فواید سلامتی بخش زیادی را برای مصرف‌کنندگان به همراه دارند و به عنوان یک منبع عالی از اجزای تغذیه‌ای سودمند و یک رژیم غذایی متعادل شناخته شده‌اند. اثرات سودمند محصولات لبنی به دلیل وجود پروتئین‌ها، مواد معدنی، ویتامین‌ها، لیپیدها، کربوهیدرات‌ها و همچنین وجود پپتیدهای زیست‌فعال، پروبیوتیک و پری‌بیوتیک‌ها ناشی می‌شود، که برای سلامتی مفید می‌باشند [۳ و ۴]. در واقع شیر کامل، به طور طبیعی سرشار از مواد معدنی (کلسیم، پتاسیم، منیزیم، فسفر، سلنیوم، روی)، ویتامین‌ها (ریبوفلاوین، تیامین، A، B12)، پروتئین، کربوهیدرات و چربی است [۵]. مصرف محصولات لبنی به دلیل سرعت جذب بالا، در دسترس بودن و پایین بودن قیمت آن، می‌تواند به عنوان یک منبع مؤثر در جذب کلسیم و سایر مواد مغذی در نظر گرفته شوند [۶].

پنیر یک فراورده لبنی پروتئینی و سرشار از کلسیم است که در طیف گسترده‌ای از طعم‌ها و شکل‌های مختلف در سراسر جهان تولید می‌شود. این فراورده از انعقاد شیر (شیر کامل، شیر نیمه چرب یا شیر بدون چربی)، و با کمک عوامل منعقدکننده یا مایه‌پنیر به دست می‌آید [۷]. پنیر غنی از مواد مغذی ضروری مانند پروتئین‌ها، لیپیدها، ویتامین‌ها و مواد معدنی است، و به دلیل غلظت بالای اسیدهای آمینه ضروری موجود در آن به رشد و تکامل بدن انسان کمک می‌نماید [۸ و ۹]. میزان لاکتوز در پنیر به دلیل تبدیل لاکتوز به اسید-

لاکتیک توسط متابولیسم باکتری‌ها در طی تولید و تخمیر پنیر کم است، بنابراین مصرف پنیر در بیماران مبتلا به عدم تحمل لاکتوز منعی ندارد [۱۰ و ۱۱]. پنیر براساس ویژگی‌های مختلف از جمله شرایط تولید و رسیدن، نوع شیر، تخمیر، میزان چربی و غیره دسته‌بندی می‌شود.

پنیر فراپالایش یکی از پرطرفدارترین پنیرهای تولید شده در ایران می‌باشد که به روش فراپالایش و از طریق تغلیظ شیر تولید می‌گردد. مهمترین پنیری که در ایران به این روش تولید می‌شود، پنیر سفید ایرانی فراپالوده می‌باشد. پنیر فراپالوده دارای مالش پذیری نسبتاً مطلوب، بافتی نرم، یکنواخت و بدون حفره است، که نرمی بافت و احساس دهانی خاص آن به واکنش‌های پروتئولیز این پنیر مربوط می‌باشد [۱۲]. طی فرایند تولید پنیر فراپالوده، به دلیل میزان حرارت کم وارد شده به شیر، اجزای تغذیه‌ای آن بهتر حفظ شده که این امر موجب افزایش ارزش تغذیه‌ای این پنیر می‌گردد. میزان ماده خشک و نمک موجود در پنیر فراپالوده به ترتیب ۳۵-۴۰٪ و ۲-۳٪ می‌باشد، دوره رسیدن آن بسیار کوتاه است و بیشترین مدت زمان نگهداری آن نیز ۶۰ روز می‌باشد. حفظ پروتئین پنیر که منجر به افزایش راندمان تولید پنیر، افزایش ارزش غذایی پنیر و صرفه جویی در هزینه انرژی و نیروی انسانی می‌گردد، از جمله مزایای تولید پنیر به روش فراپالوده است [۱۳ و ۱۴].

کافئین، (۷،۳،۱- تری متیل گرانانتین)، یک آلکالوئید از خانواده متیل گرانانتین‌ها و محرک سیستم عصبی مرکزی می‌باشد که به طور طبیعی در برخی از مواد غذایی مانند چای، قهوه، دانه کاکائو وجود دارد. سرعت جذب کافئین پس از مصرف بسیار بالا می‌باشد و موجب افزایش هوشیاری، کاهش خستگی، افزایش انرژی، کاهش خواب‌آلودگی و افزایش تمرکز می‌گردد. کافئین با کاهش آدنوزین مغز سبب افزایش هوشیاری می‌شود. در هر حال، مصرف بیش از اندازه کافئین اثرات مضر از جمله افزایش ضربان قلب، اضطراب، اختلال گوارشی، تنگی نفس و بی‌قراری را به همراه خواهد داشت [۱۵]. کافئین در مواد غذایی و نوشیدنی‌ها به عنوان

به دست آورد. تان و کورل [۲۰]، ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی، میکروبی و حسی ماست حاوی سطوح مختلف پودر قهوه فوری (۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ درصد) را پس از گذشت یک روز از تولید با نمونه شاهد مقایسه کردند. طی مدت ۱۵ روز نگهداری در یخچال (۵-۷ °C)، مقدار pH در تمامی نمونه‌های مورد بررسی کاهش و اسیدیته افزایش معنی‌داری یافت. نمونه ماست حاوی ۰/۵ درصد قهوه و ۵ درصد شکر از مطلوبیت حسی بیشتری نزد ارزیابان حسی و عموم مردم برخوردار بود.

این تحقیق به منظور امکان تولید پنیر فرآپالوده حاوی کافئین با غلظت‌های مختلف (۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد) و بررسی برخی از ویژگی‌های پنیر تولید شده در مقایسه با پنیر فرآپالوده تجاری به عنوان نمونه شاهد (فاقد کافئین) طی مدت زمان ۴۵ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد مورد استفاده

نمونه‌های پنیر فرآپالوده در کاخانه پگاه خوزستان تولید گردید، پودرهای استارتر مزوفیل CHOOZIT 230 (حاوی مخلوط باکتری‌های لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه کرموریس و لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه لاکتیس) و استارتر ترموفیل Yo-Mix 532 (حاوی استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه بولگاریکوس) از شرکت دانیسکوی آلمان و رنت میکروبی با نام تجاری Chey-Max از شرکت کریستین هانسن دانمارک خریداری شد. کافئین نیز با وزن مولکولی g/mol ۱۹۴/۲۰، از شرکت مرک آلمان خریداری و مورد استفاده قرار گرفت.

۲-۲- روش تولید پنیر فرآپالوده حاوی کافئین

نمونه‌های پنیر فرآپالوده در کارخانه لبنی پگاه خوزستان مطابق روش دانش و همکاران [۱۳] تولید شدند. پس از انجام

یک ماده افزودنی و محرک سیستم عصبی به میزان استاندارد استفاده می‌شود. میزان مجاز استفاده از کافئین در افراد و در سنین مختلف، متفاوت می‌باشد، اما حداکثر مجاز میزان دریافت روزانه کافئین در افراد بالغ، ۴۰۰ میلی‌گرم گزارش شده است [۱۶]. امروزه مصرف کافئین به صورت نوشیدنی و هم‌چنین به عنوان مواد افزودنی در مصرف‌کنندگان و صنایع غذایی توجه بسیار زیادی را به خود جلب نموده است. از طرف دیگر، پنیر یکی از محصولات لبنی پرطرفدار میان مصرف‌کنندگان است که به‌ویژه به عنوان وعده صبحانه مصرف می‌شود. بنابراین استفاده از کافئین در پنیر به عنوان یک محصول لبنی پرطرفدار، علاوه دریافت مواد مغذی و ارزشمند موجود در پنیر، می‌تواند به دلیل وجود کافئین سبب هوشیاری و افزایش انرژی در مصرف‌کنندگان گردد. این درحالی است که به نظر می‌رسد دریافت مقادیر مناسب کافئین می‌تواند با افزایش دانسیته استخوانی، سبب کاهش پوکی استخوان به‌ویژه در خانم‌ها شود [۱۷]. هرچند تحقیقات مختلفی در زمینه به‌کارگیری کافئین در مواد غذایی مختلف انجام شده است، اما تاکنون تحقیقی در زمینه تولید پنیر کافئین‌دار صورت نپذیرفته است.

پیمپلی و همکاران [۱۸]، از پودر عصاره قهوه سبز جهت تولید ماست عملگرا استفاده نمودند. ماست غنی شده با ۰/۵٪ از پودر مذکور از pH (۴/۷)، اسیدیته، خواص آنتی‌اکسیدانی (به دلیل وجود پلی‌فنل‌ها و آلکالوئیدها) و رنگ مناسب و از حداقل سینرژی یا آب‌اندازی برخوردار بود. هم‌چنین محصول غنی شده از طعم، بافت و سایر خصوصیات حسی مطلوبی طی مدت ۱۴ روز نگهداری در دمای ۴ °C برخوردار بود و بنابراین به عنوان یک غذای فراسودمند پیشنهاد گردید. نیمی و همکاران [۱۹]، با استفاده از شکر، نمک، منوسدیم گلوتامات، اسید لاکتیک و کافئین به عنوان ۵ طعم اصلی غذا، امکان شبیه‌سازی طعم پنیر چدار را بررسی نمودند. براساس نتایج حسی، این محققین گزارش نمودند که با استفاده از ترکیب شکر، نمک، منوسدیم گلوتامات، اسید لاکتیک و کافئین به ترتیب با مقادیر ۰/۳، ۰/۵، ۰/۱۱، ۰/۱۱ و ۰/۰۸ درصد می‌توان طعمی مشابه با مشخصات طعم پنیر چدار

در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و رسیدن به $\text{pH} = 4/8$ ، به سرد-خانه با دمای 4°C منتقل گردیدند.

۳-۲- آزمون رنگ سنجی

بررسی رنگ نمونه‌های پنیر فرآپالوده شاهد و پنیرهای فرآپالوده حاوی کافئین، با استفاده از رنگ‌سنج، Minolta CR300 series, Minolta Gamera Co طی مدت زمان نگهداری ۴۵ روز و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد انجام شد که در آن a^* (a value)، b^* (b value) و L^* (L value) به ترتیب نشان‌دهنده قرمزی، زردی و سفیدی می‌باشند [۲۱].

۴-۲- آزمون بافت

آزمون پروفیل بافت (TPA^1)، به منظور بررسی ویژگی‌هایی مانند سختی، چسبندگی، پیوستگی و الاستیسیته نمونه‌های پنیر تولید شده مطابق با روش جوینده [۲۲]، با استفاده از دستگاه بافت سنج (Stable Micro System)، مدل TA.XT.PLUS، ساخت انگلستان، و پروب شماره P5/S صورت گرفت. سرعت پروب قبل آزمون ۲ میلی‌متر بر ثانیه و بعد از آزمون ۱ میلی‌متر بر ثانیه، و سرعت پروب ۱ میلی‌متر بر ثانیه تنظیم شد، هم‌چنین پروب تا ۵۰ درصد ارتفاع اولیه محصول در نمونه‌های پنیر نفوذ داشت. در این آزمون ویژگی‌های سفتی N^2 ، چسبندگی $N\cdot\text{mm}^3$ ، پیوستگی 4 ، ارتجاع‌پذیری 5 (mm)، و حالت صمغی N^6 نمونه‌های پنیر مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱).

آزمون‌های میکروبی و شیمیایی، شیر به مخازن نگهداری منتقل شده و با دمای ۵ درجه سانتی‌گراد به سمت پاستوریزاتور صفحه‌ای پمپ شد. پس از پیش‌گرم کردن و رسیدن دمای شیر به حدود ۵۰ درجه سانتی‌گراد، عمل جداسازی چربی شیر توسط سپراتور انجام شد. سپس شیر با چربی استاندارد به وسیله باکتوفوگاسیون، طی دو مرحله، بیش از ۹۹ درصد میکروب‌زدایی گردید. شیر در ادامه به مخازن نگهداری پاستوریزاسیون منتقل شد و سپس دمای شیر در مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای به منظور فرایند تغلیظ به ۵۰ درجه سانتی‌گراد رسید. در مرحله بعد با عبور از دستگاه اولترافیلتراسیون و طی چندین مرحله آبگیری، شیر به دو بخش عبوری (پس‌آب یا به اصطلاح پرمیت) و بخش تغلیظ شده (ناتراوا یا ریتنتیت) تقسیم شد. در ادامه، پودر کافئین به میزان ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد به ریتنتیت اضافه شد و پس از مخلوط و یکنواخت کردن کافئین در نمونه‌ها، ریتنتیت در ظروف ۱۰۰ گرمی ریخته شد. سطوح مناسب کافئین در این تحقیق (۴ سطح) پس از انجام آزمون‌های مقدماتی انتخاب و در فرمولاسیون پنیر فرآپالوده استفاده شد. پس از افزودن مقدار ۳٪ از مخلوط کشت آغازگر و مایه رنت پنیر به مخلوط ناتراوه تهیه‌شده، نمونه‌ها به منظور فرایند انعقاد به مدت زمان ۲۵ دقیقه وارد تونل انعقاد با دمای ۳۱ درجه سانتی‌گراد شدند. پس از مرحله انعقاد، کاغذ پارچمنت به منظور توزیع یکنواخت نمک در پنیر، روی سطح پنیر قرار گرفت و قبل از درب بندی به آن میزان ۳ درصد نمک اضافه شد. در نهایت نمونه‌های تولید شده پس از گرمخانه‌گذاری

4. Cohesiveness
5. Springiness
6. Gumminess

1. Texture Profile Analyzer
2. Hardness
3. Adhesiveness

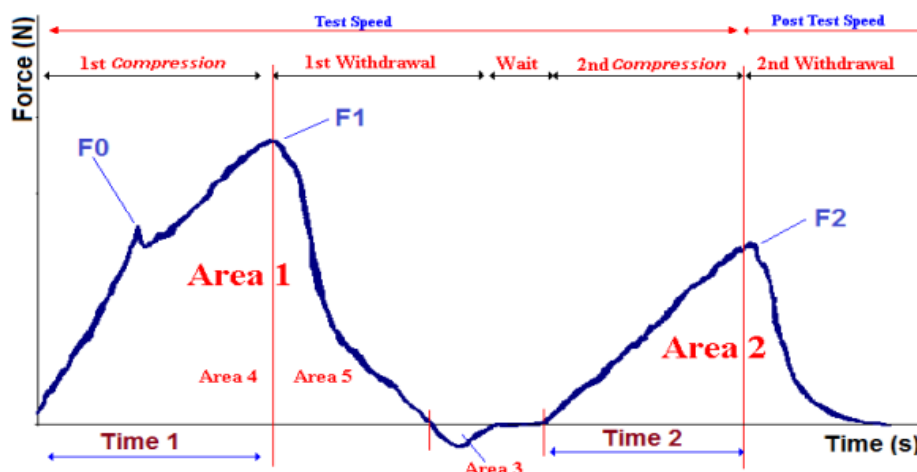


Figure 1. Calculations of texture profile analysis

۳- بحث و نتایج

۳-۱- آزمون رنگ سنجی

بررسی رنگ نمونه‌های پنیر فرآپالوده حاوی کافئین، طی دوره نگهداری مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای مربوط به رنگ سنجی، نشان‌دهنده میزان رنگ در سطح خارجی و داخلی پنیر می‌باشد، که در این میان L^* (نشان دهنده روشنایی) و b^* (نشان دهنده زردی)، دو پارامتر مهم در تعیین رنگ پنیر است. پژوهش‌های صورت گرفته توسط محققین نشان می‌دهد پراکنده شدن نور، یکنواختی مولکول‌ها و هم-چنین ریزساختارهای مربوط به آن ماده، در میزان روشنایی ماده غذایی تأثیرگذار است. ذرات کلئیدی مخصوصاً فسفات کلسیم، تجمع میسل‌های کازئینی و گلبول‌های چربی از عوامل مؤثر بر میزان روشنایی محصولات لبنی مانند پنیر است. میزان روشنایی در پنیر، به تعداد حفره‌های موجود در بافت شبکه کازئینی آن (تخلخل)، و هم‌چنین وجود گلبول-های چربی وابسته است [۲۴-۲۵]. نور با عبور از لایه‌های سطحی پنیر توسط حفره‌های پنیر و گلبول‌های چربی پخش می‌گردد [۲۶ و ۲۷].

نتایج آماری مربوط به شاخص‌های رنگ نمونه‌های پنیر در طی دوره نگهداری سرد در جدول ۳ و شکل ۲ به‌نمایش درآمده است. نتایج نشان داد که متغیر مستقل کافئین اثر

سختی، مقدار نیروی مورد نیاز برای رسیدن به تغییر شکل است، و حداکثر نیرو طی دوره فشردن اول می‌باشد (F_1)، و با واحد نیوتن یا کیلوگرم و گرم نشان داده می‌شود. پیوستگی نسبت ناحیه مثبت سیکل دوم به ناحیه مثبت سیکل اول است، که نشان دهنده میزان قدرت پیوندهای داخلی ماده غذایی می‌باشد ($Area2/Area1$). چسبندگی، مقدار ناحیه منفی سیکل اول فشردن مواد غذایی است ($Area3$)، که واحد آن نیوتن در میلی‌متر می‌باشد. صمغی، انرژی مورد نیاز برای ریز کردن مواد غذایی جهت آماده نمودن بلع بوده و حاصل-ضرب سختی در پیوستگی می‌باشد که واحد آن گرم یا نیوتن است. ارتجاعی نیز فاصله بین پایان فشردن اول و آغاز فشردن دوم است [۲۲].

۲-۵- آنالیز آماری

در این پژوهش، کافئین با غلظت‌های مختلف ۰، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ درصد به پنیر فرآپالایش اضافه شد و ویژگی‌های رنگ و بافت نمونه‌های پنیر با یکدیگر و با نمونه شاهد (پنیر ساده فاقد کافئین) طی ۴۵ روز نگهداری (۱، ۲۲ و ۴۵ روز) مقایسه گردید. تیمار پنیر در ۳ تکرار تولید و نتایج به صورت طرح کاملاً تصادفی توسط نرم افزار SPSS (ویرایش ۲۰) بررسی و میانگین نتایج با کمک آزمون دانکن در سطح ۵٪ مقایسه شد [۲۳].

حاوی سطوح ۰/۲ و ۰/۴ درصد کافئین مشاهده نشد (شکل ۲).

معنی‌داری ($p < 0.05$) بر روشنایی نمونه‌های پنیر فرآپالوده داشت اما بر شاخص‌های زردی و قرمزی معنی‌دار نگردید ($p > 0.05$). با افزایش مقدار کافئین، میزان روشنایی کاهش یافت اما اختلاف معنی‌داری میان نمونه شاهد و نمونه‌های

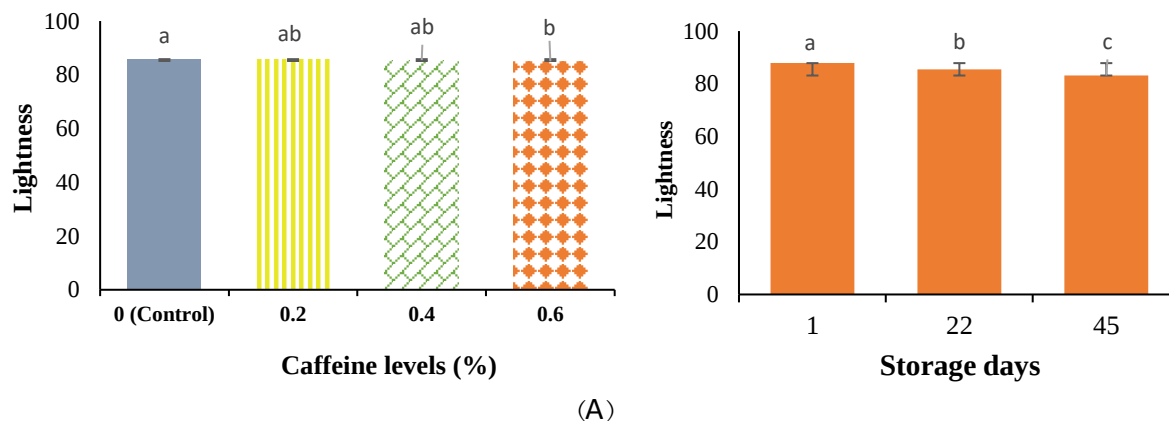


Figure 2. Effect of different concentration of caffeine and impact of storage time on the lightness (L^*) of ultrafiltrated cheeses.

بیشتر از نمونه حاوی ۰/۶ درصد کافئین با شاخص روشنایی ۸۲/۴۲ بود. علاوه بر این، نتایج ارزیابی میزان شاخص L^* نمونه‌های پنیر طی مدت زمان نگهداری نشان داد که شاخص L^* با گذشت مدت زمان نگهداری کاهش یافت، و اختلاف معنی‌داری از این نظر میان نمونه‌های پنیر فرآپالوده در تمامی دوره‌های نگهداری مشاهده گردید ($p < 0.001$). همچنین اختلاف معنی‌دار قابل توجهی از نظر میزان شاخص‌های a^* و b^* در نمونه‌های پنیر طی مدت زمان ۴۵ روزه نگهداری مشاهده شد. در هر حال، معمولاً اختلاف معنی‌داری از نظر شاخص‌های a^* و b^* میان نمونه‌های پنیر طی روز اول با بیست دوم و هم‌چنین روز بیست و دوم با چهل و پنجم نگهداری وجود نداشت (جدول ۱).

مطابق نتایج نشان داده شده در جدول ۱، اختلاف معنی‌داری میان مقادیر شاخص L^* نمونه شاهد با نمونه‌های پنیر حاوی غلظت‌های مختلف کافئین در روزهای اول و بیست و دوم مشاهده نگردید. مقادیر شاخص L^* شاهد و نمونه‌های پنیر حاوی کافئین با غلظت‌های مختلف ۰/۲ درصد، ۰/۴ درصد و ۰/۶ درصد در روز اول به ترتیب ۸۸/۰۵، ۸۸/۲۳ و ۸۷/۸۴ تعیین شد. در اواسط نگهداری نیز مقادیر شاخص L^* شاهد و نمونه‌های پنیر حاوی غلظت‌های مختلف ۰/۲ درصد، ۰/۴ درصد و ۰/۶ درصد کافئین در به ترتیب ۸۵/۶۲، ۸۵/۴۰، ۸۵/۳۴ و ۸۵/۳۰ تعیین شد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در پایان زمان نگهداری، افزودن کافئین با غلظت‌های مختلف موجب کاهش معنی‌دار شاخص رنگ L^* شد، به گونه‌ای که میزان روشنایی نمونه شاهد با ۸۳/۶۸

Table 1. Color characteristics of ultrafiltrated cheeses containing caffeine with different concentrations during 45 days storage at 4 °C

Color Values	Storage Time (Day)	Control	Cheese contains 0.2% caffeine	Cheese contains 0.4% caffeine	Cheese contains 0.6% caffeine
--------------	--------------------	---------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------

L*	1	88.23±1.11 ^{aA}	88.05±0.06 ^{aA}	87.84±0.36 ^{aA}	87.34±0.47 ^{aA}
	22	85.62±0.50 ^{aB}	85.40±0.53 ^{aB}	85.34±0.47 ^{aB}	85.30±0.72 ^{aB}
	45	83.68±0.32 ^{aC}	83.34±0.48 ^{abC}	83.15±0.99 ^{abC}	82.42±0.47 ^{bC}
a*	1	-4.49±0.05 ^{aA}	-4.44±0.11 ^{aA}	-4.45±0.17 ^{aA}	-4.41±0.18 ^{aA}
	22	-4.36±0.18 ^{aAB}	-4.29±0.10 ^{aB}	-4.29±0.10 ^{aAB}	-4.24±0.04 ^{aAB}
	45	-4.23±0.05 ^{aB}	-4.21±0.15 ^{aB}	-4.22±0.08 ^{aB}	-4.15±0.10 ^{aB}
b*	1	12.54±0.10 ^{aA}	12.41±0.19 ^{aA}	12.43±0.16 ^{aA}	12.38±0.17 ^{aA}
	22	12.33±0.17 ^{aB}	12.28±0.20 ^{aAB}	12.27±0.08 ^{aAB}	12.25±0.09 ^{aAB}
	45	12.25±0.09 ^{aB}	12.19±0.10 ^{aB}	12.17±0.12 ^{aB}	12.14±0.15 ^{aB}

Different small and capital letters indicate significant differences ($p < 0.05$) in each row (treatments) and column (days) for each cheese characteristics, respectively.

پژوهش فاکس و همکاران [۲۹]، بافت پنیر ترکیبی از خصوصیات حسی و هم‌چنین ویژگی‌های فیزیکی می‌باشد، که به‌وسیله حس بینایی، لامسه و غیره، درک می‌شود. نوع شیر، روش فرآیند تولید، شرایط رسیدن پنیر و شرایط نگهداری از جمله عوامل مؤثر در بافت پنیر می‌باشند [۳۰ و ۳۱]. بررسی آنالیز پروفایل بافت پنیر فرآپالوده حاوی کافئین با غلظت‌های مختلف در شکل ۳ و جدول ۲ نشان داده شده است.

۱-۲-۳- ارزیابی سختی (سفتی) بافت

سختی، حداکثر نیروی لازم به‌منظور فشردن نمونه است [۳۲]. جدول ۲ بررسی تغییرات پارامترهای مختلف بافت پنیر فرآپالایش شاهد و نمونه‌های پنیر فرآپالایش حاوی کافئین با غلظت‌های متفاوت را طی مدت زمان نگهداری ۴۵ روز در دمای ۴ درجه نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل A-۳ نشان داده شده است، مقادیر سفتی نمونه‌های پنیر حاوی مقادیر مختلف کافئین به‌طور معنی‌داری با یکدیگر متفاوت است ($p < 0.001$) و افزایش غلظت کافئین سبب نرمی نمونه‌ها شد. در هر حال، اختلافی از این نظر میان نمونه‌های شاهد با نمونه پنیر حاوی ۰/۲٪ کافئین و هم‌چنین نمونه حاوی ۰/۴٪ با نمونه حاوی ۰/۶ درصد کافئین مشاهده نشد. علاوه‌براین، نتایج تأثیر افزودن غلظت‌های مختلف کافئین بر مقادیر سفتی نمونه‌های پنیر طی مدت ۴۵ روز در یخچال در جدول ۲ قابل مشاهده می‌باشد. مطابق نتایج به‌دست آمده در جدول ۲، با افزایش میزان غلظت کافئین از ۰/۲ درصد به

کاهش روشنایی پنیر در نتیجه افزودن پودر کافئین می‌تواند به‌دلیل پراکندگی ذرات پودر در فضای ماتریکس کازئین و کاهش انعکاس نور به‌دلیل کاهش قطرات آب آزاد در نمونه‌های پنیر باشد [۲۴]. شاددل و رجبی‌مقدم در نتایج مشابه در بررسی تولید پودر نوشیدنی فوری میوه‌ای حاوی کافئین ریزپوشانی شده (نانولیپوزوم‌های پوشش داده شده با کیتوزان) به منظور کاهش تلخی فرآورده گزارش کردند که استفاده از غلظت‌های مختلف کافئین تأثیری بر مقادیر شاخص‌های a^* (قرمزی-سبزی) و b^* (زردی-آبی) نمونه‌ها نداشت [۲۸]. مطابق با نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه، برخلاف کافئین، متغیر زمان نگهداری هر ۳ شاخص رنگ نمونه‌های پنیر مورد آزمایش را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد ($p < 0.001$) و سبب کاهش روشنایی، سبزی و زردی نمونه‌ها شد. مقادیر L^* نمونه‌های پنیر در طی دوره ۴۵ روزه نگهداری در محدوده ۸۷/۸۶ (ابتدای نگهداری) تا ۸۳/۱۵ (انتهای نگهداری) قرار داشت (شکل ۲). کاهش مقادیر L^* می‌تواند به‌دلیل افزایش هیدراتاسیون پروتئین‌ها و کاهش قطرات آب آزاد در طی دوره نگهداری باشد که سبب کاهش پراکندگی نور می‌شود [۲۵].

۲-۳- آزمون آنالیز پروفایل بافت

آنالیز پروفایل بافت آزمونی تقلیدی از عمل جویدن طی دو مرحله است. بافت یکی از فاکتورهای مهم در کیفیت پنیر می‌باشد که این فاکتور همراه با عطر و طعم از عوامل مهم تأثیرگذار در قابلیت پذیرش مصرف‌کنندگان است. براساس

چرا که این امر موجب تضعیف در پیوندهای ساختاری پنیر و نرم شدن پنیر طی مدت زمان نگهداری می‌شود.

۲-۲-۳- ارزیابی پیوستگی بافت

پیوستگی نشان‌دهنده استحکام پیوندهای داخلی در ساختار یک ماده، و هم‌چنین میزان تغییر شکل یک ماده قبل از خرد شدن است، قدرت پیوندهای داخلی میسل‌های کازئین در پنیر، نشان‌دهنده میزان پیوستگی آن می‌باشد [۳۸] و [۳۹]. بر اساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، میزان پیوستگی با افزودن کافئین با غلظت‌های مختلف ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد به پنیر فرآپالایش و هم‌چنین با گذشت مدت زمان نگهداری روند کاهشی داشت (شکل B-۳ و جدول ۲)، بالاترین میزان پیوستگی در نمونه شاهد (۲/۵۵) و کمترین آن (۲/۲۶) در نمونه حاوی بالاترین سطح استفاده شده کافئین (۰/۶٪ کافئین) مشاهده شد. مطابق جدول ۲، ارزیابی میزان پیوستگی در دوره‌های مختلف نگهداری نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری از نظر پیوستگی میان شاهد و نمونه‌های حاوی ۰/۲ و ۰/۴ درصد کافئین وجود ندارد. به‌علاوه، اختلافی از این نظر میان نمونه‌های حاوی کافئین در تمامی دوره‌های نگهداری مشاهده نشد. با نگاهی دقیق به جدول ۲ می‌توان دریافت که هرچند با گذشت زمان نگهداری، مقدار پیوستگی پنیرهای شاهد و نمونه‌های حاوی ۰/۲ و ۰/۴ درصد کافئین کاهش معنی‌داری یافت، اما این تغییرات در پنیر حاوی ۰/۶٪ مشاهده نشد که دلیل آن می‌تواند پروتئولیز گسترده‌تر در این نمونه باشد. میزان پیوستگی بافت پنیر رابطه عکس با پروتئولیز پنیر دارد، به‌گونه‌ای که با افزایش پروتئولیز، میزان پیوستگی کاهش می‌یابد. هم‌چنین pH پایین دلمه پنیر، می‌تواند به‌علت تجزیه تدریجی میسل کازئین به ذرات کوچکتر، بر روند کاهشی میزان پیوستگی اثرگذار باشد [۴۰-۴۲]. جوینده با مطالعه اثر کنستانت‌تره پروتئین آب پنیر تخمیری، بر بافت پنیر سفید ایرانی نیز گزارش داد که میزان پیوستگی در بافت نمونه‌های پنیر در مدت زمان نگهداری کاهش یافت، که این امر می‌تواند به‌دلیل افزایش پروتئولیز باشد [۲۲]. علاوه‌براین پژوهش‌ها نشان می‌دهد طی فرایند پروتئولیز، پپتید و اسیدهای آمینه زیادی تولید می‌شود، که در

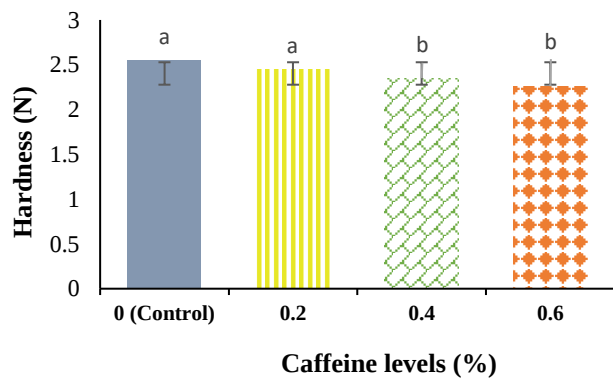
۰/۶ درصد، و هم‌چنین با گذشت مدت زمان نگهداری، میزان سختی پنیر کاهش یافت. مقادیر سفتی نمونه‌ها از ۲/۸۳ N (نمونه فاقد کافئین در ابتدای نگهداری) تا ۱/۹۲ (نمونه حاوی ۰/۶٪ کافئین در پایان مدت ۴۵ روز نگهداری) متغیر بود. ارزیابی میزان سفتی شاهد و نمونه‌های پنیر فرآپالایش حاوی ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد در روز اول به ترتیب ۲/۶۶، ۲/۵۶ و ۲/۵۳، در اواسط نگهداری ۲/۵۵، ۲/۵۰، ۲/۴۰ و ۲/۳۲ و در پایان مدت نگهداری به ترتیب ۲/۲۸، ۲/۲۱، ۲/۰۹ و ۱/۹۲ نیوتن تعیین شد. رطوبت یکی از عوامل مؤثر بر میزان سفتی پنیر است، کاهش میزان سفتی نمونه‌های پنیر حاوی غلظت‌های مختلف کافئین می‌تواند به‌علت افزایش رطوبت در نمونه‌های پنیر باشد (نتایج نشان داده نشده است). در واقع رطوبت بالا سبب تداخل در شبکه کازئینی و ضعیف شدن ساختار کلونیدی آن شده و در نتیجه میزان سفتی کاهش می‌یابد [۳۳ و ۳۴]. براساس پژوهش انجام شده توسط فاکس و همکاران [۲۹]، رطوبت موجب افزایش پلاستیسیته ماتریکس پروتئین و کاهش الاستیسیته آن می‌گردد، در واقع با افزایش میزان رطوبت و قرار گرفتن آب در میان شبکه سه بعدی پروتئین، پیوستگی شبکه پروتئین کاهش یافته و بافت محصول نرم می‌شود. کریمر و اولسون [۳۵]، نیز با بررسی ارزیابی رئولوژیکی مدت زمان رسیدن پنیر چدار، بیان داشتند که در طی مدت زمان رسیدن انواع پنیر شبکه پروتئینی از ساختار گرانولی به یک ساختار همگن تبدیل شده، که این امر موجب نرم شدن بافت پنیر می‌گردد، بنابراین کاهش سفتی پنیر طی مدت نگهداری در این تحقیق می‌تواند به‌دلیل تجزیه αs^{-1} کازئین به پپتیدهایی با وزن مولکولی پایین در پنیر و هیدراتاسیون شبکه پروتئینی باشد [۳۶]. کاهش میزان سختی پنیر در پایان مدت نگهداری توسط سایر محققین نیز گزارش شده است [۲۵ و ۳۷]. مطابق نتایج حاصل از پژوهش ترابی و همکاران [۲۵]، نرم شدن پنیر سفید فرآپالوده سین-بیوتیک تیمار شده با آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی طی مدت زمان رسیدن، به‌دلیل کاهش میزان pH و در نتیجه افزایش انحلال‌پذیری فسفات کلسیم میسل عنوان شده است؛

غذایی و آماده نمودن آن به منظور بلع می‌باشد، که به سفتی و پیوستگی ماده غذایی وابسته است [۴۴ و ۴۵]. نتایج تأثیر افزودن کافئین با غلظت‌های مختلف (۰، ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ درصد) به پنیر فرآلوده و همچنین مدت زمان نگهداری در مدت ۴۵ روز در شکل ۳-۳ و جدول ۲ نشان داده شده است.

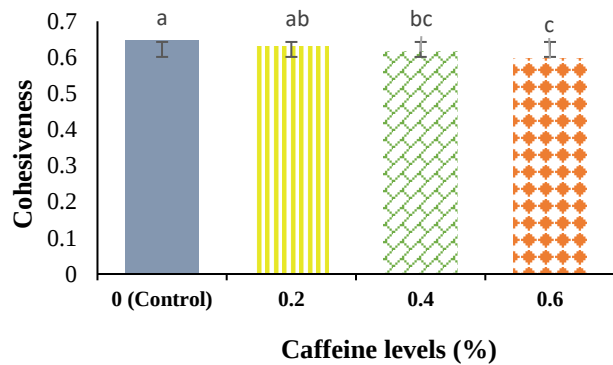
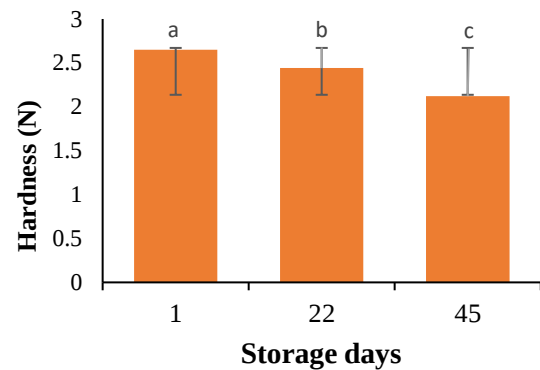
اثر کاتابولیسم این ترکیبات توسط اسیدلاکتیک باکترها، گروه‌های آمین و آمونیاک آزاد می‌گردد، این امر موجب تغییرات pH و در نتیجه سبب تغییرات بافت پنیر و کاهش پیوستگی آن می‌شود [۴۳].

۳-۲-۳- ارزیابی صمغی بافت

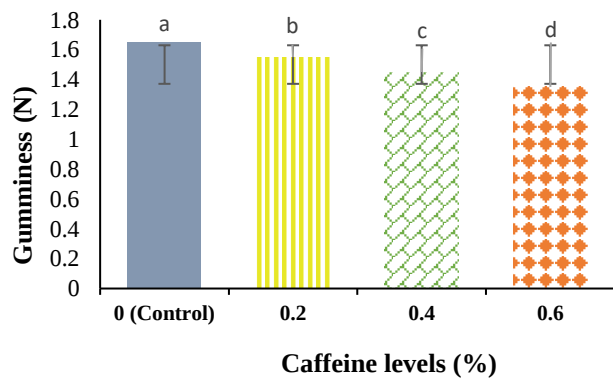
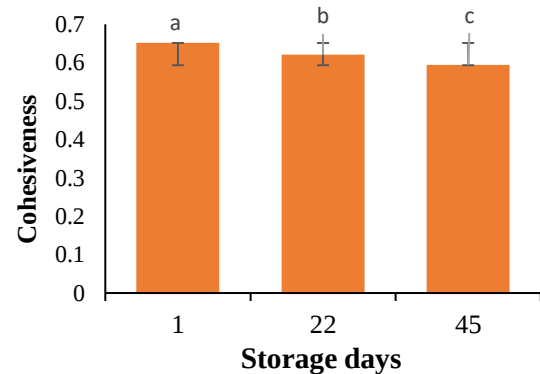
حالت صمغی، مقدار انرژی لازم برای تجزیه یک ماده غذایی نیمه جامد، جهت نرم شدن و یکنواخت کردن شکل ماده



(A)



(B)



(C)

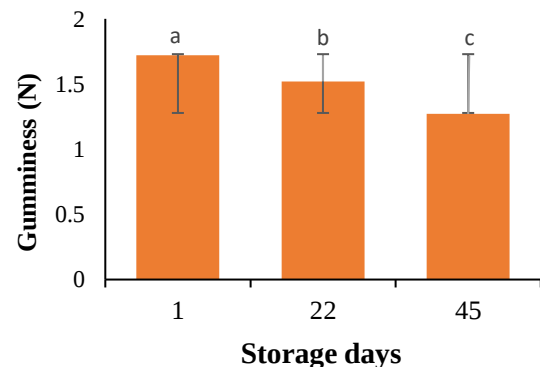


Figure 3. Effect of different concentration of caffeine and impact of storage time on the texture characteristics of ultrafiltrated cheeses.

[۴۶]، کاهش میزان صمغی بودن پنیر سفید دومیاتی (به روش اولترافیلتراسیون) در پایان دوره نگهداری، مربوط به بالا بودن فعالیت پروتئولیتیک آن است، اگرچه افزایش این میزان در اوایل دوره نگهداری نیز می‌تواند به علت کاهش مقدار رطوبت در نمونه‌های پنیر تولید شده باشد. علاوه بر این رستم آبادی و همکاران [۲۶]، نیز گزارش نمودند افزودن صمغ فارسی به پنیر سفید ایرانی به منظور جایگزین چربی و تولید پنیر کم‌چرب، سبب کاهش معنی‌داری میزان صمغی در نمونه‌های پنیر مورد بررسی گردید.

بررسی تغییرات حالت صمغی نشان داد، با افزایش میزان غلظت کافئین و گذشت مدت زمان نگهداری، میزان صمغی بودن نسبت به نمونه پنیر شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($p < 0.001$)، که می‌توان آن را به بالا بودن فعالیت پروتئولیتیکی نسبت داد [۴۱]. همان‌طور که اشاره شد میزان صمغی به میزان سفتی و پیوستگی ماده غذایی وابسته است، و با توجه به روند کاهشی میزان سفتی نمونه‌های پنیر حاوی کافئین طی مدت زمان نگهداری و ارتباط مستقیم بین میزان سفتی و صمغی بودن، کاهش میزان صمغی بودن نمونه‌های پنیر حاوی کافئین طی مدت زمان نگهداری نیز واضح و قابل انتظار است. براساس نتایج حاصل از گوما

Table 2. Texture characteristics of ultrafiltrated cheeses containing caffeine with different concentrations during 45 days' storage at 4 °C.

Characteristics	Storage Time (Day)	Caffeine content (%)			
		0	0.2	0.4	0.6
Hardness (N)	1	2.83 ±0.15 ^{aA}	2.66 ±0.10 ^{abA}	2.56 ±0.12 ^{bA}	2.53 ±0.07 ^{bA}
	22	2.55 ±0.07 ^{aB}	2.50 ±0.05 ^{abA}	2.40 ±0.09 ^{bcA}	2.32 ±0.06 ^{cB}
	45	2.28 ±0.10 ^{aC}	2.21 ±0.11 ^{aB}	2.09 ±0.18 ^{abB}	1.92 ±0.08 ^{bC}
Cohesiveness	1	0.673 ±0.027 ^{aA}	0.665 ±0.011 ^{abA}	0.656 ±0.024 ^{abA}	0.613 ±0.037 ^{bA}
	22	0.643 ±0.010 ^{aAB}	0.623 ±0.019 ^{abB}	0.610 ±0.018 ^{abB}	0.606 ±0.021 ^{bA}
	45	0.621 ±0.018 ^{aB}	0.600 ±0.018 ^{abB}	0.582 ±0.023 ^{bB}	0.573 ±0.017 ^{bA}
Adhesiveness (N.mm)	1	-0.337 ±0.040 ^{aA}	-0.317 ±0.042 ^{aA}	-0.303 ±0.055 ^{aA}	-0.283 ±0.025 ^{aA}
	22	-0.320 ±0.040 ^{aA}	-0.307 ±0.032 ^{aA}	-0.297 ±0.045 ^{aA}	-0.287 ±0.050 ^{aA}
	45	-0.310 ±0.026 ^{aA}	-0.303 ±0.064 ^{aA}	-0.297 ±0.051 ^{aA}	-0.293 ±0.035 ^{aA}
Springiness (mm)	1	8.25 ±0.34 ^{aA}	8.12 ±0.18 ^{aA}	8.09 ±0.11 ^{aA}	8.05 ±0.38 ^{aA}
	22	8.22 ±0.22 ^{aA}	8.19 ±0.18 ^{aA}	8.05 ±0.20 ^{aA}	8.05 ±0.36 ^{aA}
	45	8.16 ±0.31 ^{aA}	8.16 ±0.27 ^{aA}	8.10 ±0.26 ^{aA}	8.01 ±0.24 ^{aA}
	1	1.90 ±0.02 ^{aA}	1.77 ±0.47 ^{bA}	1.68 ±0.03 ^{cA}	1.55 ±0.06 ^{dA}

Gumminess	22	1.64 ± 0.07 aB	1.56 ± 0.08 abB	1.46 ± 0.02 bcB	1.41 ± 0.08 cB
(N)	45	1.42 ± 0.10 aC	1.33 ± 0.11 aC	1.22 ± 0.15 abC	1.10 ± 0.04 bC

Different small and capital letters indicate significant differences ($p < 0.05$) in each row (treatments) and column (days) for each cheese characteristics, respectively.

۴-۲-۳- ارزیابی چسبندگی و ارتجاعی بافت

چسبندگی از نظر مکانیکی کار لازم جهت غلبه بر نیروهای چسبندگی میان سطح غذا با سایر سطوح تعریف می‌شود. حالت ارتجاعی نیز به میزان تغییر شکل یک نمونه در اثر نیروی وارد شده به آن اشاره دارد، که پس از برداشته شدن نیروی وارد شده، نمونه به حالت اولیه خود باز می‌گردد [۳۲]. مطابق نتایج به دست آمده از آنالیز پروفایل بافت نمونه‌های پنیر در جدول ۲، هرچند به طور کلی با افزایش غلظت کافئین تا ۰/۶ درصد و هم‌چنین گذشت مدت زمان نگهداری، مقادیر چسبندگی و حالت ارتجاعی کاهش یافتند، اما اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌ها یافت نشد ($p > 0.05$). براساس یافته‌های این پژوهش، میزان چسبندگی نمونه‌های پنیر در طی دوره نگهداری در محدوده ۰/۳۳۷ N.mm - (نمونه حاوی ۰/۰٪ کافئین در روز اول نگهداری) تا ۰/۲۸۳ - (نمونه حاوی ۰/۶٪ کافئین در روز اول نگهداری) متغیر بود. میزان ارتجاع‌پذیری نمونه‌های پنیر نیز در طی دوره نگهداری در محدوده ۸/۲۵ (نمونه حاوی ۰/۰٪ کافئین در روز اول نگهداری) تا ۸/۰۱ (نمونه حاوی ۰/۶٪ صمغ در پایان مدت نگهداری) تعیین شد. مطابق نتایج این پژوهش، ترابی و همکاران [۲۵] نیز نشان دادند که نوع پنیر (سین‌بیوتیک، پروبیوتیک و غیرپروبیوتیک) و مدت زمان نگهداری، تأثیر معنی‌داری بر حالت ارتجاعی نمونه‌های پنیر سفید فرآلوده نداشت.

۴- نتیجه‌گیری

کافئین یک آکالوئید از خانواده متیل گزانترین‌ها است، که محرک سیستم عصبی مرکزی بوده و پس از مصرف موجب افزایش هوشیاری، افزایش انرژی و کاهش خستگی می‌شود. به علاوه با توجه به سایر خواص مثبت مصرف متعادل آن در

انسان (کاهش اشتها، افزایش تراکم استخوان، حفاظت از پوست و مو، خواص آنتی‌اکسیدانی و غیره) امروزه استفاده از این ماده در صنایع غذایی به میزان زیادی مورد توجه قرار گرفته است. پنیر یک محصول لبنی پرطرفدار میان مصرف‌کنندگان به عنوان وعده صبحانه است، که علاوه بر وجود مواد مغذی، میزان لاکتوز موجود در آن بسیار اندک بوده و برای بیماران مبتلا به عدم تحمل لاکتوز مشکلی به وجود نمی‌آورد. پنیر فرآلوده دارای بافتی نرم، یکنواخت و با مالش‌پذیری مناسب است، که دارای ارزش تغذیه‌ای بالایی بوده و هنگام مصرف احساس دهانی مطلوبی را ایجاد می‌کند. در این مطالعه، اثر افزودن کافئین بر ویژگی‌های رنگ و بافت پنیر سفید فرآلوده بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که افزودن کافئین با غلظت‌های مختلف به پنیر فرآلوده، موجب کاهش شاخص L^* طی مدت زمان نگهداری ۴۵ روز شد اما اثر چندانی بر شاخص a^* و b^* نداشت. ارزیابی بافت نمونه‌های پنیر فرآلوده نشان داد که میزان سفتی، پیوستگی و صمغی پنیر با افزایش میزان غلظت کافئین به طور قابل توجهی کاهش یافت. در هر حال اختلافی از نظر سفتی و پیوستگی میان نمونه‌های شاهد با نمونه حاوی ۰/۲٪ کافئین و هم‌چنین نمونه‌های حاوی ۰/۴٪ با ۰/۶٪ کافئین مشخص نگردید. بررسی نتایج آنالیز بافت هم‌چنین نشان داد که افزودن کافئین به پنیر فرآلوده، سبب کاهش شاخص‌های چسبندگی و ارتجاع‌پذیری گردید، اما این تغییرات معنی‌دار نگردید. به علاوه، زمان نگهداری به غیر از سفتی، پیوستگی و حالت ارتجاعی، بر سایر شاخص‌های بافت تأثیر معنی‌داری نداشت. بر اساس نتایج این تحقیق، افزودن کافئین به پنیر سفید فرآلوده سبب بهبود بافت و نرمی پنیر شد اما با توجه به کاهش کیفیت رنگ (روشنایی) پنیر، نمونه حاوی غلظت ۰/۴٪ کافئین به عنوان بهترین نمونه مشخص گردید.

مقاله حاضر بخشی از نتایج طرح پژوهشی کاربردی به شماره ۱/۴۱۱/۱۰۶۶ می‌باشد و نویسندگان مراتب قدردانی خود را از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اعلام می‌دارند.

در هر حال می‌باید به حداکثر میزان مجاز مصرف کافئین در روز (۴۰۰ میلی‌گرم معادل حداکثر ۱۰۰ گرم پنیر فرآپالوده در بزرگسالان) آن هم در صورت عدم مصرف سایر مواد غذایی کافئین‌دار توجه نمود.

۵- قدردانی

۶- منابع

[1] Godos, J., Tieri, M., Ghelfi, F., Titta, L., Marventano, S., Lafranconi, A., & Grosso, G. (2020). Dairy foods and health: an umbrella review of observational studies. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 71(2), 138-151.

[2] Rozenberg, S., Body, J. J., Bruyere, O., Bergmann, P., Brandi, M. L., Cooper, C., & Reginster, J. Y. (2016). Effects of dairy products consumption on health: benefits and beliefs—a commentary from the Belgian Bone Club and the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis, Osteoarthritis and Musculoskeletal Diseases. *Calcified Tissue International*, 98, 1-17.

[3] Verruck, S., Balthazar, C. F., Rocha, R. S., Silva, R., Esmerino, E. A., Pimentel, T. C., & Prudencio, E. S. (2019). Dairy foods and positive impact on the consumer's health. *Advances in Food and Nutrition Research*, 89, 95-164.

[4] Tunick, M. H., & Van Hekken, D. L. (2015). Dairy products and health: recent insights. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(43), 9381-9388.

[5] Prentice, A. M. (2014). Dairy products in global public health. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 99(5), 1212S-1216S.

[6] Rizzoli, R., Abraham, C., & Brandi, M. L. (2014). Nutrition and bone health: turning knowledge and beliefs into healthy behaviour. *Current Medical Research and Opinion*, 30(1), 131-141.

[7] Michaelidou, A., Katsiari, M., Kondyli, E., Voutsinas, L., & Alishanidis, E. (2003). Effect of a commercial adjunct culture on proteolysis in low-fat Feta-type cheese. *International Dairy Journal*, 13, 179-189.

[8] Santiago-López, L., Aguilar-Toalá, J. E., Hernández-Mendoza, A., Vallejo-Cordoba, B., Liceaga, A. M., & González-Córdova, A. F. (2018). Bioactive compounds produced during cheese

ripening and health effects associated with aged cheese consumption. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3742-3757.

[9] van Mierlo, L. A., Arends, L. R., Streppel, M. T., Zeegers, M. P. A., Kok, F. J., Grobbee, D. E., & Geleijnse, J. M. (2006). Blood pressure response to calcium supplementation: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Human Hypertension*, 20(8), 571-580.

[10] Sieber, R., Stransky, M., & de Vrese, M. (1997). Laktoseintoleranz und Verzehr von Milch und Milchprodukten [Lactose intolerance and consumption of milk and milk products]. *Zeitschrift für Ernährungswissenschaft*, 36(4), 375-393.

[11] Walther, B., Schmid, A., Sieber, R., & Wehrmüller, K. (2008). Cheese in nutrition and health. *Dairy Science and Technology*, 88(4-5), 389-405.

[12] Miočinović, J., Puđa, P., Radulović, Z., Pavlović, V., Miloradović, Z., Radovanović, M., & Paunović, D. (2011). Development of low fat UF cheese technology. *Mljekarstvo*, 61(1), 33.

[13] Danesh, E., Jooyandeh, H., Samavati, V., & Goudarzi, M. (2017). Effect of enzymatic transglutaminase treatment on textural and sensory properties of low-fat UF-Feta cheese incorporated with whey proteins using response surface optimization. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 13(2), 282-294. (In Persian)

[14] Torabi, F., Jooyandeh, H., & Noshad, M. (2021). Evaluation of physicochemical, rheological, microstructural, and microbial characteristics of synbiotic ultrafiltrated white cheese treated with transglutaminase. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(6), 1-11.

[15] Glade, M. J. (2010). Caffeine—not just a stimulant. *Nutrition*, 26(10), 932-938.

[16] Rend a, G., & De Caterina, R. (2020). Caffeine. Principles of nutrigenetics and nutrigenomics. pp. 335

- 340. Available at: <https://dokumen.pub/principles-of-nutrigenetics-and-nutrigenomics-fundamentals-of-individualized-nutrition-9780128045725-0128045728.html>
- [17] Tel Adıgüzel K., & Köroğlu, Ö. (2022). Caffeine intake and bone mineral density in postmenopausal women. *Gülhane Medical Journal*, 64, 262-267.
- [18] Pimpley, V. A., Maity, S. & Murthy, P. S. (2022). Green coffee polyphenols in formulations of functional yoghurt and their quality attributes. *International Journal of Dairy Technology*, 75(1), 159-170.
- [19] Niimi, J., Eddy, A.I., Overington, A.R., Heenan, S.P., Silcock, P., Bremer, Ph.J., & Delahunty, C.M. (2014). Cheddar cheese taste can be reconstructed in solution using basic tastes. *International Dairy Journal*, 34(1), 116-124.
- [20] Tan, G. & Korel, F. (2007). Quality of flavored yogurt containing added coffee and sugar. *Journal of Food Quality*, 30(3), 342-356.
- [21] Yademellat, M., Jooyandeh, H., & Hojjati, M. (2018). Comparison of some physiochemical and sensory properties of low-fat stirred yogurt containing Persian and Balangu-Shirazi gums. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 14(72), 313-326. (In Persian)
- [22] Jooyandeh, H. (2009). Effect of Addition of Fermented Whey Protein Concentrate on Texture of Iranian White Cheese. *Journal of Texture Studies*, 40, 497-510.
- [23] Jooyandeh, H. & Minhas K.S. (2009). Effect of Addition of Fermented Whey Protein Concentrate on Cheese Yield and Fat and Protein Recoveries of Feta Cheese. *Journal of Food Science and Technology*, 46(3), 221 -224.
- [24] Rostamabadi, H., Jooyandeh, H., & Hojjati, M. (2017). Optimization of physicochemical, sensorial and color properties of ultrafiltrated low-fat Iranian white cheese containing fat replacers by Response Surface Methodology. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 14(63), 91-106. (In Persian)
- [25] Torabi, F., Jooyandeh, H., Noshad, M., & Barzegar, H. (2020). Texture, Color and Sensory Characteristics of Synbiotic Ultrafiltrated White Cheese Treated with Microbial Transglutaminase Enzyme during Storage Period. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 17(98), 135-145. (In Persian)
- [26] Rostamabadi, H., Jooyandeh, H., Hojjati, M. (2016). Optimization of Iranian low -fat cheese with addition of Persian and almond gums as fat replacers by response surface methodology. *Research and Innovation in Food Science & Technology (Iran)*, 5(3), 235 -248. (In Persian)
- [27] Danesh, E., Jooyandeh, H., Goudarzi, M. (2017). Improving the rheological properties of low-fat Iranian UF-Feta cheese by incorporation of whey protein concentrate and enzymatic treatment of transglutaminase. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 14(67), 285-298. (In Persian)
- [28] Shaddel R., & Rajabi-Moghaddam, Sh. (2024). Production and Evaluation of Caffeine Nanochitosome and Instant Drink Powder Enriched with It. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 20(1), 135-152.
- [29] Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M. and McSweeney, P. L. (2000). Fundamentals of cheese science. Aspen Publishers, Inc., USA.
- [30] Aminifar, M., Hamed, M., Emam-Djomeh, Z., & Mehdinia, A. (2013). The effect of ovine and bovine milk on the textural properties of lighvan cheese during ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 66(1), 45-53.
- [31] Dinkçi, N., Kesenkaş, H., Seçkin, A. K., Kınık, Ö, & Gönç, S. (2011). Influence of a vegetable fat blend on the texture, microstructure and sensory properties of kashar cheese. *Grasas y Aceites*, 62(3), 275- 283.
- [32] Bourne, M. (2004). Relation between texture and mastication. *Journal of Texture Studies*. 35(2), 125-143.
- [33] Cooke, D.R., Khosroshahi, A., & Mcsweeney, P.L.H. (2013). Effect of gum tragacanth on the rheological and functional properties of full-fat and half-fat cheddar cheese. *Dairy Science and Technology*, 93(1), 45-62.
- [34] Milani, J. M., Khedmati, S., Hasansarai, A. G., & Golkar, A. (2017). The effect of Tragacanth gum in physicochemical and textural properties of Lighvan cheese during ripening. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 6(1), 103-114. (In Persian)
- [35] Creamer, L. K., & Olson, N. F. (1982). Rheological evaluation of maturing Cheddar cheese. *Journal of Food Science*, 47(2), 631-636.

- [36] Sahan, N., Yasar, K., Hayaloglu, A. A., Karaca, O. B., & Kaya, A. (2008). Influence of fat replacers on chemical composition, proteolysis, texture profiles, meltability and sensory properties of low-fat Kashar cheese. *Journal of Dairy Research*, 75(1), 1-7.
- [37] Zisu, B., & Shah, N. P. (2007). Texture characteristics and pizza bake properties of low-fat Mozzarella cheese as influenced by pre-acidification with citric acid and use of encapsulated and ropy exopolysaccharide producing cultures. *International Dairy Journal*, 17(8), 985-997.
- [38] Nosrati, G., Jooyandeh, H., Hojjati, M., & Noshad, M. (2024). Evaluation of the textural characteristics of synbiotic ultrafiltrated cheese containing demenirelized UF-whey and lactulose powders. *Journal of Food Science & Technology (Iran)*, 20(143), 108-125. (In Persian)
- [39] Chevanan, N., Muthukumarappan, K., Upreti, P. & Metzger, L. E. (2006). Effect of calcium and phosphorus, residual lactose and salt-to-moisture ratio on textural properties of cheddar cheese during ripening. *Journal of Texture Studies*. 37(6), 711-730.
- [40] Jooyandeh, H., Goudarzi, M., Rostamabadi, H., & Hojjati, M. (2017). Effect of Persian and almond gums as fat replacers on the physicochemical, rheological, and microstructural attributes of low - fat Iranian White cheese. *Food Science and Nutrition*, 5, 669 -677.
- [41] Dabour, N., Kheadr, E., Benhamou, N. & Lapointe, G. (2006). Improvement of texture and structure of reduced-fat cheddar cheese by exopolysaccharide-producing Lactococci. *Journal of Dairy Science*, 89, 95– 110.
- [42] Roginski, H., Fuquay, J.W. & Fox, P.F. (eds.) (2003). Low-fat cheese. In *Encyclopedia of Dairy Science* (H. Roginski, J.W. Fuquay and P.F. Fox, eds.) pp. 438–444, Academic Press, Oxford, UK.
- [43] McSweeny, P. L. H. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3), 127-140.
- [44] Awad, S., Ahmed, N. E. & El-Soda, M. (2013). Application of salt whey from Egyptian ras cheese in processed cheese making. *Food and Nutrition Sciences*, 4(9B), 79- 86.
- [45] Kealy, T. (2006). Application of liquid and solid rheological technologies to the textural characterization of semi -solid foods. *Food Research International*, 39(3), 265 -276.
- [46] Gomaa, E.A. (1990). Ultrafiltration in soft white" domiati" cheese manufacture. Dissertation, Department of Food Science and Human Nutrition, East Lansing, MI. Michigan State University, USA.



Scientific Research

Study on textural and color characteristics of UF-white cheese containing caffeine

Hossein Jooyandeh^{*1}, Behrooz Alizadeh Behbahani², Fatemeh Kazemian Rad³

1. Professor, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

3. PhD Student, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2024/5/17 Accepted: 2024/6/26	For various reasons such as increasing awareness, reducing fatigue, increasing energy and reducing tiredness, caffeine consumption is popular among consumers as a drink and also as an additive. In addition, the consumption of caffeine causes weight loss by reducing appetite, and for this reason, its use in the formulation of food supplements has been considered. Therefore, the consumption of ultrafiltrated (UF) cheese containing caffeine, in addition to being a very good source of nutrients and useful substances needed by the body, increases energy and reduces fatigue, which makes a person more energetic. In this study, caffeine with different concentrations of 0 (control sample), 0.2, 0.4 and 0.6% was added to UF white cheese and the color changes (L^*, a^* and b^* indices) and textural properties (hardness, cohesiveness, adhesiveness, gumminess and springiness) of the product were studied during 45 days of storage in the refrigerator. The results of color evolution showed that the L^* index decreased with the increase of caffeine concentration ($p < 0.05$) and passing the storage period ($p < 0.001$). In addition, no significant effect was observed by adding caffeine to UF-cheese on a^* and b^* indices, but the storage time caused a significant decrease ($p < 0.01$) in both parameters. The degree of hardness, cohesiveness and gumminess of the UF-cheeses decreased significantly with the increase of caffeine concentration from 0.2 to 0.6% and with the passage of storage time ($p < 0.01$). Adhesiveness and springiness values also decreased with increasing caffeine concentration and storage time, but these changes were not significant ($p > 0.05$). Based on color and texture quality, there were no significant differences between control and sample containing 0.4% caffeine. Therefore, by using the concentration of 0.4% caffeine, it is possible to produce an energizing and invigorating UF-cheese.
Keywords: UF-Cheese, Caffeine, Hardness, Lightness, Storage time	
DOI: 10.22034/FSCT.21.156.211. *Corresponding Author E- hosjooy@asnrukh.ac.ir	