مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بررسی اثر پلاسمای سرد بر میکروب‌زدایی وکیفیت پنیر سفید ایرانی در طول دوره نگهداری

فاطمه سلطانی [۱]، ابراهیم احمدی [۲*]، احمد نورمحمدی [۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بیوسیستم، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم، همدان، ایران.

۲- استاد گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم، همدان، ایران،

۳- دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی بیوسیستم، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم، همدان، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۶/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۹/۲۱

کلمات کلیدی:

پنیر سفید ایرانی،

اولترافیلتراسیون،

پلاسما سرد،

رنگ‌سنجی،

تست وارنر.

DOI: **10.22034/FSCT.21.147.84.**

مسئول مکاتبات: *

eahmadi@basu.ac.ir

چکیده

پنیر از پرمصرف‌ترین فرآورده‌های شیر است. در حال حاضر یکی از پرمصرف‌ترین پنیرهای سفید نمکی در ایران پنیر تولیدی به روش اولترا فیلتراسیون (Ultrafiltration) است. پلاسمای غیر حرارتی (سرد) یک روش نوین جهت حذف میکروارگانیسم‌های مواد غذایی می‌باشد. در این پژوهش اثر پلاسمای سرد بر کاهش بار میکروبی و ویژگی‌های کیفی و رئولوژیکی نمونه‌های پنیر تولیده شده از طریق آزمون‌های تجربی بررسی گردید. نمونه‌ها در شرکت پگاه همدان تحت دو تیمار میکروبی (کپک مخمر و کلیفرم) و مدت اعمال پلاسما در دو سطح (۷ و ۱۳ دقیقه) و نمونه شاهد (فاقدآلودگی، فاقد پلاسما) تهیه و تولید شدند و طی دوره نگهداری ۳۰ روزه هر ده روز یک‌بار با ۲ تکرار توسط آزمون‌های رنگ-سنجی، pH، آزمون بافت (TPA) و تست وارنر مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری داده‌های بدست آمده، تفاوت معنی داری را در صفات مورد ارزیابی بین نمونه شاهد و تیمارهایی که تحت فرآیند با پلاسمای سرد قرار گرفتند نشان داد. مقدار پارامتر L^* در نمونه‌های تیمار شده با پلاسمای سرد نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت، همچنین شاخص b^* (شاخص زردی) برای همه‌ی نمونه های پنیر در پایان دوره نگهداری افزایش معنی‌دار نداشت. مقدار فنریت بین نمونه‌های تیمار شده با پلاسما و نمونه شاهد اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد، همچنین مقدار صمغیت در طول دوره نگهداری (به جز روز دهم) افزایش معنی‌دار نداشت. مقدار مدول برشی، تنش برشی و نیروی برشی بین روز اول با روزهای دهم، بیستم و سی‌ام افزایش معنی‌دار وجود داشت، همچنین می‌توان نتیجه گرفت که تیمارهای دارای آلودگی کلیفرم سفتی و استحکام کمتری نسبت به سایر تیمارها دارند و نوع آلودگی اضافه شده به نمونه‌ها عامل ایجاد این تفاوت معنی‌دار است.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.84]

۱-مقدمه

پنیر فراورده لبنی است که پس از انعقاد پروتئین شیر و خروج آب پنیر حاصل می‌شود. تقریباً یک سوم شیر تولید شده در جهان برای تولید پنیر مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱]. پنیر سفید فراپالایش یکی از پرمصرف‌ترین انواع پنیر در ایران است و با روش اولترافیلتراسیون شیر گاو پاستوریزه (۷۲ درجه سانتی گراد، ۱۵ ثانیه) با غلظت پنج برابر بیشتر و افزودن باکتری های شروع کننده لاکتیک مزوفیل و پنیر، تولید می‌شود [۲]. فرآورده‌های لبنی در طی مراحل تولید، عرضه و نگهداری تا انقضای مصرف در اثر عدم رعایت اصول بهداشتی، توسط میکروارگانیسم‌ها از جمله کپک‌ها آلوده می‌شوند.کپک‌ها میکروارگانیسم‌های مقاوم در برابر محیط اسیدی و سرما هستند و در هر ماده غذایی می‌توانند رشد کنند. فرآورده‌های لبنی به سبب داشتن اسیدیته پایین خاصیت اسیدی داشته و کپک‌ها توانایی رشد در این شرایط را دارند [۳]. در صورت نگهداری طولانی مدت لبنیات اهمیت بررسی قارچ‌ها بیشتر آشکار می‌شود [٤]. از نشانه‌های کپک زدگی تغییر در ویژگی‌های ارگانولپتیک (رنگ، طعم و بو) است. احتمال ابتلا به انواع سرطان‌ها و عدم تعادل هورمونی در صورت مصرف این گونه از محصولات غذایی وجود دارد [۳]. مسئله اطمینان از غذای سالم و با کیفیت، امروزه نسبت به هر زمان دیگری پیچیده‌تر شده است. تغییر خصوصیات میکروارگانیسم‌های موجود، تغییر روش‌های تولید، تغییرات در محیط و اکولوژی و افزایش میزان مواد غذایی در تجارت جهانی سبب ایجاد خطرات جدیدی شده است [٥]. با تغییر نیازهای مصرف کننده و مسائل مربوط به سلامت مواد غذایی، تکنولوژی‌های فرآیند مواد غذایی برای اطمینان از سالم بودن محصولات غذایی هم تغییر کرده است [٦]. به علاوه موارد متعدد دیگری در ارتباط با کیفیت مواد غذایی که به صورت حرارتی فرآیند شده‌اند مانند از دست رفتن کیفیت تغذیه‌ای و تاثیر نامطلوب بر خواص ارگانولپتیک به وجود آمده است که منجر به مبرم بودن تکنولوژی‌های غیر گرمایی می‌گردد [۷]. فناوری پلاسمای سرد یکی از فناوری‌های نوین برای کنترل کیفی مواد غذایی است که کاربردهای وسیعی را به ویژه در بخش‌های مختلف پردازش مواد غذایی ایجاد می‌کند. پلاسما سرد اثرات مثبتی بر ضدعفونی کنندگی میکروبی محصولات مختلف غذایی دارد تا ایمنی و ماندگاری موادغذایی برای مصرف کنندگان تضمین شود [۸]. مطالعات انجام شده پتانسیل پلاسمای سرد برای غیرفعال‌سازی میکروارگانیسم‌های مضر در شیر و محصولات لبنی را تأیید می‌کنند. در محصولات لبنی، کارآیی ضد میکروبی فناوری پلاسمای سرد به عوامل مختلفی بستگی دارد، که می‌توان گونه‌های میکروارگانیسم هدف، توان ورودی، مدت زمان تصفیه (اعمال پلاسما)، ترکیب گاز و ترکیبات محصولات غذایی اشاره کرد. نتایج نشان می‌دهد که پلاسما سرد می‌تواند در آینده جایگزین مناسبی برای روش‌های سنتی پاستوریزاسیون حرارتی مواد غذایی باشد، زیرا تغییرات رنگ (قهوه‌ای شدن) و ایجاد طعم‌های بی مزه و از دست دادن ارزش غذایی را به حداقل می‌رساند [۹]. اگرچه بسیاری از مطالعات بر توانایی ضدعفونی کنندگی فناوری پلاسما سرد متمرکز شده اند، تحقیقات محدودی در مورد تأثیر پلاسمای سرد بر خود محصولات غذایی، به ویژه محصولات لبنی وجود دارد [۱۰]. یانگ و همکاران (۲۰۱۵) پلاسمای سرد را به‌منظور میکروب‌زدایی باکتری‌های اشریشیاکلی، سالمونلاتیفی موریوم ولیستریامونوسیتوژنز برروی پنیرچدار خردشده با دستگاه DBD در ولتاژ۲۵۰ ولت و فرکانس ۱۵کیلوهرتز به‌کار گرفته و نتیجه نشان داد که جمعیت هرسه عامل بیماری‌زا به ترتیب در مدت زمان ٦۰ ثانیه، ٤٥ ثانیه و۷ دقیقه کاهش پیدا کرد [۱۱]. مطالعه‌ای بر روی استفاده از

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.84]

پلاسمای سرد برای استرلیزاسیون شیر در ولتاژ ۳ کیلو ولت به مدت ۳ دقیقه در فرکانس ۵۰۰ هرتز انجام شد، نتایج نشان داد که پلاسما برای از بین بردن باکتری‌های موجود در شیر خام بسیار موثر است [۱۲]. در این تحقیق سعی شده است با بررسی اثر پلاسمای سرد بر میکروب‌زدایی و خصوصیات کیفی پنیر سفید ایرانی ضمن حفظ کیفیت تغذیه‌ای این فرآورده پر مصرف، خطرات آن روی سلامت نیز کاهش داده شود. تاکنون آزمون‌های شیمیایی، حسی و میکروبی زیادی در حوزه صنایع غذایی بر روی پنیر صورت گرفته است، اما مطالعات محدودی به وسیله آزمون‌های مکانیکی و رنگ سنجی روی پنیر انجام شده و لذا یافته‌های حاصل از این آزمون‌ها می‌تواند در مطالعه کیفیت محصول مفید باشد.

۲-مواد و روش‌ها

آنزیم رنت (مایع پنیر)

آنزیم مورد استفاده برای انعقاد ریتنتیت، TL granulate 2200 ®Fromas بود که از کپک Rhizomucor miehei به دست می‌آید (DSM Food Specialities, Seclin ,France) . دمای نگهداری این آنزیم بین ٤ تا ٨ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد و به شکل پودر استفاده می‌شود. مقدار مصرف آن، ۲ گرم در ۱۰۰ کیلوگرم ریتنتیت که چند ساعت قبل از تولید به ریتنتیت افزوده می‌شود.

استارتر پنیر

استارتر به کشت‌های میکروبی اطلاق می‌شود که معمولا برای ایجاد ویژگی‌های خاصی در فرآورده‌های شیر به‌عنوان مایه آغازگر به‌منظور کمک به انعقاد شیر، تشکیل لخته، تولید ترکیبات طعم دهنده، تولید آنزیم‌های پروتئولیتیک لیپولیتیک و کاهش pH به حد قابل قبول و حفظ کیفیت پنیر و رسیدن آن، به شیر افزوده می‌گردد. مشخصات استارتر مورد استفاده در این تحقیق به شرح زیر بود:

RST-744, Mesophilic/thermophilic Culture Blend, Freeze-dried Lactic Culture for Direct Vat Set (DVS). CHR HANSEN.

باکتری‌های تشکیل دهنده عبارت بودند از: (Lactococcus lactis subsp. Lactis) AND (Lactococcus lactis subsp. Cremoris). کلیه مواد خام لازم برای تولید پنیر، شیر وتجهیزات مربوط به پالایش، توسط کارخانه شیر پاستوریزه پگاه همدان فراهم شد.

روش تهیه تیمارهای آزمایش

برای تولید پنیر، مقدار ٤ کیلوگرم شیر تغلیظ شده‌ی پاستوریزه از خط تولید برداشته و تا دمای ۳۵C° سرد شد. شیر مورد استفاده جهت انجام پروژه از شیر مصرفی برای تولید پنیر درکارخانه پگاه همدان تامین شد. برای تولید نمونه‌های پنیر مقدار ۱۲ میلی‌لیتر از مخلوط استارتر و مایه پنیر به شیر تغلیظ شده افزوده شد. مخلوط حاصل تحت دو تیمار میکروبی (کپک مخمر و کلیفرم) و مدت اعمال پلاسمای سرد در دو سطح (۷ و ۱۳ دقیقه) و نمونه شاهد (فاقد آلودگی، فاقد پلاسمای سرد) قرارگرفتند و پس از انجام فرایند در داخل ظروف ٤۰۰ گرمی بسته بندی شد و سپس در انکوباتور ۳۵ C° قرار داده شدند. پنیرهای تولید شده به مدت ۲٤ ساعت در دمای (۳۰-۲۸) درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. مشخصات تیمارهای تهیه شده در جدول ۱ بیان شده است.

Table 1- Specifications of the prepared treatments

Variable name	Type of contamination	Time of use plasma (min)
Control	-	-
Coliform 7	Coliform contamination	7
Coliform13	Coliform contamination	13
Yeast 7	Yeast mold contamination	7
Yeast 13	Yeast mold contamination	13

روش انجام آزمایش

برای تمامی آزمون‌ها، نمونه‌های پنیر جهت هم‌دما شدن با دمای لتاق نیم ساعت قبل از شروع آزمایش از یخچال

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.84]

آزمایشگاه که بر روی دمای ۷ درجه سانتی‌گراد تنظیم شده بود، خارج و در محیط آزمایشگاه با دمای ثابت ۱±۲۲ قرار داده شدند. همه‌ی نمونه ها به شکل مکعب مربع و در ابعاد ۲۰×۲۰×۲۰ میلی‌متر و به صورت کاملا یکنواخت با استفاده از یک تیغ جراحی بسیار تیز و دقیق بریده شدند. شاخص‌های کیفی، ویژگی‌های بافتی و شاخص‌های مربوط به رنگ این تیمارها در طی دوره نگهداری ۳۰ روزه و هر ۱۰ روز یک‌بار در روزهای اول، دهم، بیستم و سی‌ام اندازه‌گیری شد. تمامی آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد.

دستگاه مولد پلاسما

در این پژوهش دستگاه تولید پلاسمای سرد از نوع تخلیه سد دی‌الکتریک (DBD) [illegible]

اتمسفر را داشته و گاز مورد استفاده برای آن گاز هوا بود. این دستگاه توسط گروه مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا طراحی و ساخته شده بود (شکل ۱). بیشینه توان عبوری و ولتاژ برای این دستگاه به ترتیب ۳۰ وات و ۱۶ ولت و جریان ایجاد شده ۱ آمپر و همچنین بیشینه فرکانس دستگاه ۱۲ کیلوهرتز بود. منبع تغذیه این دستگاه از نوع دیسی پالسی می‌باشد. در منابع دیسی پالسی، توان پالسی عبارت است از انباشتگی انرژی پس از یک مدت زمان نسبتا طولانی و آزاد کردن خیلی سریع انرژی، که این فرآیند به منظور افزایش توان لحظه‌ای سیستم انجام می‌شود. ویژگی این پالس، شامل سطح ولتاژ و زمان صعود، بر اساس نیازهای بار تعیین می‌شود.

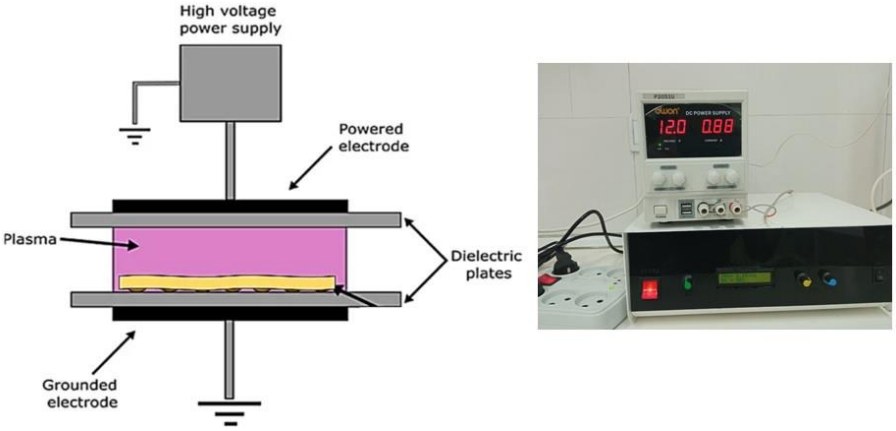

Figure 1- Cold plasma generator

آزمون رنگ سنجی

آزمون رنگ سنجی با استفاده از دستگاه رنگ سنج هانترلب مدل HP ساخت کشور چین انجام گرفت. برای انجام آزمون، ابتدا دستگاه با صفحات استاندارد کالیبره شد. تغییرات رنگ نمونه‌های پنیر شاهد و تیمار شده با پلاسما در طول مدت نگهداری با استفاده از اندازه‌گیری شاخص روشنایی L^* (سیاه–سفید) و شاخص b^* (آبی – زرد) ارزیابی شد. آزمون رنگ سنجی در سه تکرار انجام گرفت.

اندازه‌گیری pH

pH نمونه‌ها با استفاده از دستگاه pH متر مدل ۷۶۶ که توسط بافرهای ٤ و ۷ کالیبره شده بود در سه تکرار اندازه گیری شد.

تجزیه و تحلیل پروفایل بافت (TPA)

تست TPA توسط دستگاه تست مواد zwick/Roell مدل BT1 _FR0.5TH.D14 با لودسل ۵۰۰ نیوتنی ساخت کشور آلمان انجام شد. این آزمون با پراب فشاری انجام می‌شود. در هر سیکل، پراب نمونه را تا رسیدن به یک نیروی معین برای حرکت رفت فشرده، سپس برای زمانی معین، نمونه تحت همان نیرو قرار می‌گرفت. مقدار این نیرو با استفاده از

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.84]

آزمون وخطا طوری تعیین شـــد که در آســـتانه‌ی نیروی گســـیختگی نمونـه‌هـا بـاشـــد. چون اگر کمتر از نیروی گسیختگی باشد، رفتار جویدن شبیه‌سازی نمی‌شود، واگر بیشـتر از نیروی گسـیختگی باشـد نمونه قبل از رسـیدن به نیروی مورد نظر متلاشـــی و نیرو افت می‌نماید و به نیرو و شرایط مورد برای جویدن نمی‌رسد.

آزمون برای همه‌ی تیمارها در ۳ سـیکل و با تکرار صـورت گرفت. هر ۳ ســیکل و نیز هر ۳ حرکت رفت و برگشـت برای تمامی تیمارها با ســرعت ثابت ۵۰ میلی متر در دقیقه انجام شـــد. مقدار پیش باری ۰/۱ نیوتن با ســـرعت ۲۰۰ میلی‌متر بر دقیقه بود. دراین آزمون، نمونه در حرکت رفت به مقدار مشخصی فشرده می‌شود و به مدت ۱۵ ثانیه تحت همین نیرو قرار می‌گیرد؛ سپس فک متحرک به سطح نیروی کاهشـی تعیین شـده برای حرکت برگشـت رفته و نمونه را برای ۵ ثانیه تحت این نیرو می‌گذارد. پس از اتمام ۵ ثانیه سیکل اول به پایان رسیده و همین مراحل برای سیکل‌های بعـدی تکرار می‌شـــود. پـارامترهـای بـافتی نظیر فنریـت، چســـبندگی، جوندگی و انســـجام در قالب منحنی نیرو- جابجایی، توسـط نرم‌افزار تخصـصـی Test Xpert اسـتخراج شد.

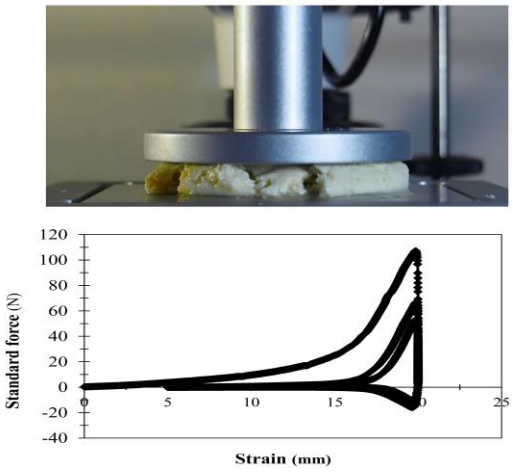

Figure 2- Material Tissue Machine, textural parameters test, An example of the force-strain diagram of the this test performed on the specimens

آزمون وارنر- براتزلر[1]

آزمون وارنر یکی از آزمون‌های برش مواد غذایی است که در آن، یک تیغه فولادی ضد زنگ بر روی پروب مربوطه نصب شده و با سرعت ثابتی که توسط فک متحرک اعمال می‌شود، عمل برش روی محصول را انجام می‌دهد [۱۳]. حداکثر نیروی اعمالی بر تیغه، شاخص بافت نمونه خواهد بود. به‌دلیل قابلیت تکرارپذیری خوب نتایج، از این آزمون به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شود. تست برش ورارنر-براتزلر توسط دستگاه تست مواد zwick/Roell مدل BT1 _FR0.5TH.D14 با لودسل ۵۰۰ نیوتنی ساخت کشور آلمان انجام شد. روش کار به این صورت بود که یک تکه مکعبی شکل از پنیر با ابعاد (۲*۲*۲) در محل مورد نظر برای برش قرار گرفته و سپس پیش نیرویی به میزان ۰/۱ نیوتن و سرعت اولیه ۱۰۰ میلی‌متر بر دقیقه تعریف گردید. فک بالایی با سرعت ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه پس از رسیدن به پیش نیروی تعیین شده، نمونه‌ها را برش داده و هم زمان نمودار تنش برحسب تغییر شکل برشی توسط نرم افزار دستگاه رسم شد. با عمل برش پنیر توسط تیغه، تنش افزایش یافته و با آستانه توقف تست که ۳۰ درصد تنش ماکزیمم تعریف شده بود، تست متوقف گردید و پارامترهای مدول برشی، تنش برشی و نیروی برشی مورد تحلیل قرار گرفت.

روش آماری تحلیل نتایج

داده‌های حاصل از آزمایش پس از نرمال‌سازی، با استفاده از آزمون فاکتوریل بر مبنای طرح کاملا تصادفی توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرارگرفت. مقایسه میانگین تیمارها نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ انجام شد و برای ترسیم نمودارها نیز از نرم افزار EXCEL2016 استفاده شد.

۳-نتایج و بحث

1-Warner- bratzler shear

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.84]

نتایج آزمون رنگ سنجی

نتایج تجزیه واریانس پارامترهای L^* و b^* در جدول ۲ ارائه شـده اسـت. با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده شـده در جدول ۲ مشـاهده می‌شـود که اثر متقابل روز × تیمار برای پارامتر L^* در سطح آماری ۱ ٪ و برای پارامتر b^* در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار است.

Table 2-Variance analysis of color properties (L*, b*) and pH

Variations sources	Degrees of freedom	L*	b*	pH
Treatments	4	26.340**	3.677**	0.004**
Day	3	17.584**	1.308ns	0.005**
Variable*Day	12	4.415*	2.780*	0.001**
Error	20	0.421	1.008	0.000

Notes: * Significant at $p \leq 0.05$, ** Significant at $p \leq 0.01$, and ns not significant.

شکل ۲ نمودار نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل روز × تیمار بر روی پارامتر L^* را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار فاکتور روشنایی مربوط به تیمار شاهد در روز اول (۹۸/۱۰۵) و کمترین مقدار مربوط به تیمار کلیفرم ۷ در روز سی‌ام (۹۰/۰۹) می‌باشد. در روز اول بین تیمارهای شاهد با کلیفرم ۷، مخمر ۷ و مخمر ۱۳ اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. بین تیمارهای کلیفرم ۷ و کلیفرم ۱۳ در روز اول و دهم اختلاف معنی‌دار وجود داشت. در روز بیستم بین تیمار شاهد با تیمارهای کلیفرم ۷، کلیفرم ۱۳ و مخمر ۱۳ اختلاف معنی‌دار وجود داشت. در روز سی‌ام بین تیمارهای کلیفرم ۷ و کلیفرم ۱۳ هیچ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اما بین تیمار شاهد با تیمارهای کلیفرم ۷، کلیفرم ۱۳ و مخمر ۷ اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید. شکل ۲ نمودار نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل روز × تیمار بر روی پارامتر b^* را نشان می‌دهد. در روز اول بین تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. بین تیمارهای کلیفرم ۱۳ و شاهد با مخمر ۷ وکلیفرم ۷ در روز دهم اختلاف معنی‌دار وجود داشت. در روز بیستم بین تیمار کلیفرم ۱۳ و مخمر ۷ اختلاف معنی‌دار وجود داشت. در روز سی‌ام بین تیمار شاهد با کلیفرم ۷ و مخمر ۷ اختلاف معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که مقدار پارامتر L^* در نمونه‌های تیمار شده با پلاسمای سرد نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت اما مقدار پارامتر b^* در نمونه‌های تیمار شده (به جز تیمار کلیفرم ۱۳ و مخمر ۱۳) نسبت به نمونه شاهد افزایش پیدا کرد. در پژوهشی ارزیابی یک سیستم تخلیه سد دی‌الکتریک برای غیرفعال کردن عوامل بیماری‌زا بر روی برش‌های پنیر بررسی و مشاهده شد که مقدار پارامتر L^* در برش‌های پنیر پس از اعمال پلاسمای سرد به مدت ۱۰ و ۱۵ دقیقه کاهش یافته است اما مقدار پارامتر b^* در نمونه‌های تیمار شده با پلاسمای سرد افزایش یافته است [۱۴].

نتایج آزمون pH

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده شده در جدول ۲ مشاهده می‌شود که اثر متقابل روز × تیمار برای پارامتر pH در سطح آماری ۱ ٪ معنی‌دار است.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل روز × تیمار بر روی پارامترpH نشان داد که بین تیمار شاهد در روز اول اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۱٪ با سایر تیمارها در روزهای اول تا سی‌ام وجود دارد (شکل ۲) به‌طوریکه تیمار شاهد در روز اول (۵/۱۹۰) و تیمار مخمر ۷ در روز سی‌ام (٤/٤٥٥) به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار pH را دارند. اما بین تیمارهای مختلف در روزهای دهم، بیستم وسی‌ام اختلاف معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد. همچنین اثر اصلی زمان بر پارامتر pH حاکی از آن است بین روز اول با روزهای دهم، بیستم و سی‌ام اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۱٪ وجود دارد و کاهش مقدار pH در طی دوره نگهداری از روز

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.84]

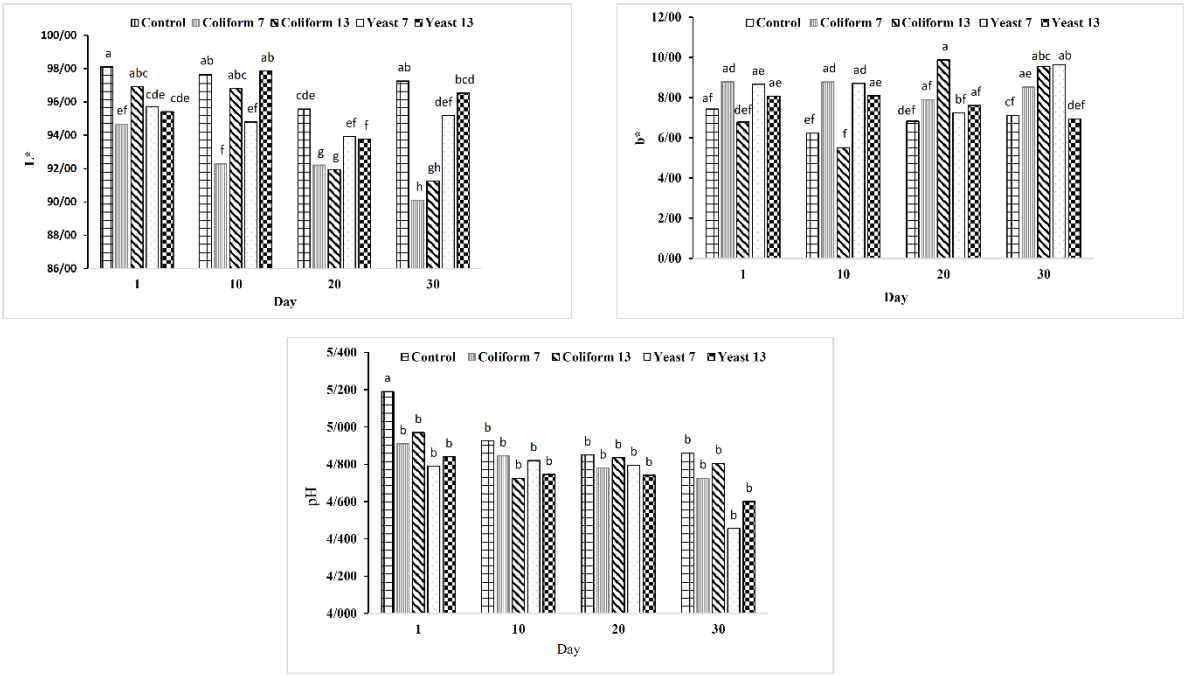

Figure 2- The change of (L^*), (b^*) and pH during storage. Similar letters mean no significant difference

اول تا روز سی‌ام معنی‌دار است. نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی نوع تیمار بر روی پارامتر pH نشان داد مقدار pH در نمونه‌های تیمارشده با پلاسمای سرد نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت که این نتیجه با نتایج یونگ و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت داشت. آن‌ها در پژوهشی تحت عنوان غیرفعال شدن پاتوژن و تغییرات کیفیت در پنیر چدار با استفاده از پلاسمای سرد تخلیه سد دی‌الکتریک گزارش دادند که مقادیر pH و L^*نمونه پنیرهای چدار با قرارگرفتن در معرض پلاسمای سرد تخلیه سد دی‌الکتریک به مدت ۱۰ دقیقه، کاهش یافتند [۱۱].

نتایج آزمون TPA

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده شده در جدول ۳ مشاهده می‌شود که اثر متقابل روز × تیمار برای پارامترهای صمغیت و انسجام در سطح آماری ۱٪ ، فنریت در سطح آماری ۵٪ و برای پارامتر جوندگی فاقد اختلاف معنی‌دار است.

Table 3- Variance analysis of texture properties (Springiness, Gumminess, Chewiness and Cohesiveness)

Variations sources	Degrees of freedom	Springiness (N)	Gumminess (N)	Chewiness (N)	Cohesiveness (N)
Treatments	4	0.072^{**}	0.910^{**}	0.129^{**}	0.002^{**}
Day	3	0.015^{ns}	0.446^{*}	0.028^{ns}	0.003^{**}
Variable*Day	12	0.027^{*}	0.493^{**}	0.020^{ns}	0.001^{**}
Error	20	0.009	0.129	0.009	0.000

Notes: * Significant at $p \leq 0.05$, ** Significant at $p \leq 0.01$, and ns not significant.

فنریت

فنریت مربوط به ارتفاعی است که غذا در طی مدتی که بین انتهای نیش اول تا شروع نیش دوم می‌گذرد، بازیابی

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.84]

می‌شود، و نرخی را نشان می‌دهد که یک ماده تغییر شکل یافته پس از برداشتن نیروی تغییر شکل، به حالت اولیه خود بر می‌گردد [۱۵]. با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده شده در جدول ۳ مشاهده می‌شود که اثر اصلی نوع تیمار بر پارامتر فنریت در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار است. شکل ۳ نمودار نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل روز × تیمار بر روی پارامتر انسجام را نشان می‌دهد. حداکثر مقدار فنریت مربوط به تیمار مخمر ۱۳ در روز دهم (۰/۹۷۹ میلی‌متر) و حداقل مقدار مربوط به تیمار کلیفرم ۷ در روز بیستم (۰/۱۹۳ میلی‌متر) می‌باشد. تیمارهای شاهد، کلیفرم ۷ و مخمر ۱۳ در روزهای اول، دهم، بیستم و سی‌ام با یکدیگر اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۵٪ ندارند، همچنین تیمارهای مخمر ۷ و مخمر۱۳ در روزهای اول و دهم دارای اختلاف معنی‌دار با یکدیگر بودند.

صمغیت

صمغیت به عنوان انرژی مورد نیاز برای تجزیه یک غذای نیمه جامد تا زمانی که برای بلع آماده شود، تعریف می شود [۱۶]. نتایج آنالیز واریانس جدول ۳ نشان داد که اثر اصلی نوع تیمار و روز بر صمغیت نمونه‌ها به ترتیب در سطح آماری ۱٪ و ۵٪ معنادار است. شکل ۳ نمودار نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل روز × تیمار بر روی پارامتر صمغیت را نشان می‌دهد. مقدار صمغیت نمونه‌ها در محدوده‌ی ۰/۲-۲۳۰/۷۳۰ نیوتن بود. تیمارهای شاهد، کلیفرم ۷، کلیفرم ۱۳ و مخمر ۱۳ در روزهای اول، دهم، بیستم و سی‌ام با یکدیگر اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۱٪ ندارند، اما تیمار مخمر ۷ در روز دهم دارای اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارها در سطح آماری ۱٪ است.

جوندگی

جوندگی یا حل شوندگی خاصیتی در مواد غذایی که بر اساس آن قابلیت جویده شدن بافت مشخص می‌شود و دارا بودن این ویژگی بافتی برای مواد غذایی، بیانگر مقاومت به خرد شدن در هنگام جویدن است [۱۷]. نتایج آنالیز واریانس ارائه شده در جدول ۳ نشان دهنده‌ی عدم معنی‌داری اثر اصلی روز بر پارامتر جوندگی می‌باشد. شکل ۳ نمودار نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل روز × تیمار بر روی پارامتر جوندگی را نشان می‌دهد. بالاترین مقدار جوندگی مربوط به تیمار مخمر ۷ در روز دهم (۰/٦٦۰ نیوتن) و پایین‌ترین مقدار مربوط به تیمار کلیفرم ۷ در روز بیستم (۰/۰۵۲ نیوتن) می‌باشد. در روز اول بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهد نشد. در روز دهم بین تیمار مخمر ۷ با تیمارهای شاهد، کلیفرم ۷ و کلیفرم ۱۳ اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید. در روز بیستم بین تیمار مخمر ۱۳ با کلیفرم ۷ اختلاف معنی‌دار وجود داشت، و تیمارهای شاهد، کلیفرم ۱۳ و مخمر ۷ در روز بیستم با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند. در روز سی‌ام هم اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد.

انسجام

انسجام مقاومت درونی ساختارهای غذایی را نشان می‌دهد و به معنی توانایی در کنار هم ماندن ترکیبات یک محصول می‌باشد [۱۸]. همانطور که نتایج آنالیز واریانس در جدول ۳ نشان داد اثر اصلی نوع تیمار و روز بر پارامتر انسجام در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. شکل ۳ نمودار نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل روز × تیمار بر روی پارامتر انسجام را نشان می‌دهد. در روز اول بین تیمار شاهد با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۱٪ مشاهده شد، اما در بین سایر تیمارها در طول دوره نگهداری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. روند کلی تغییرات نشان دهنده‌ی کاهش مقدار انسجام تیمارهای مختلف در طول دوره نگهداری می‌باشد.

نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی نوع تیمار، بر روی پارامترهای فنریت، صمغیت، جوندگی و انسجام در جدول

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.84]

٤ و نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی زمان، بر روی
پارامترهای مذکور در جدول ٥ ارائه شده‌اند.

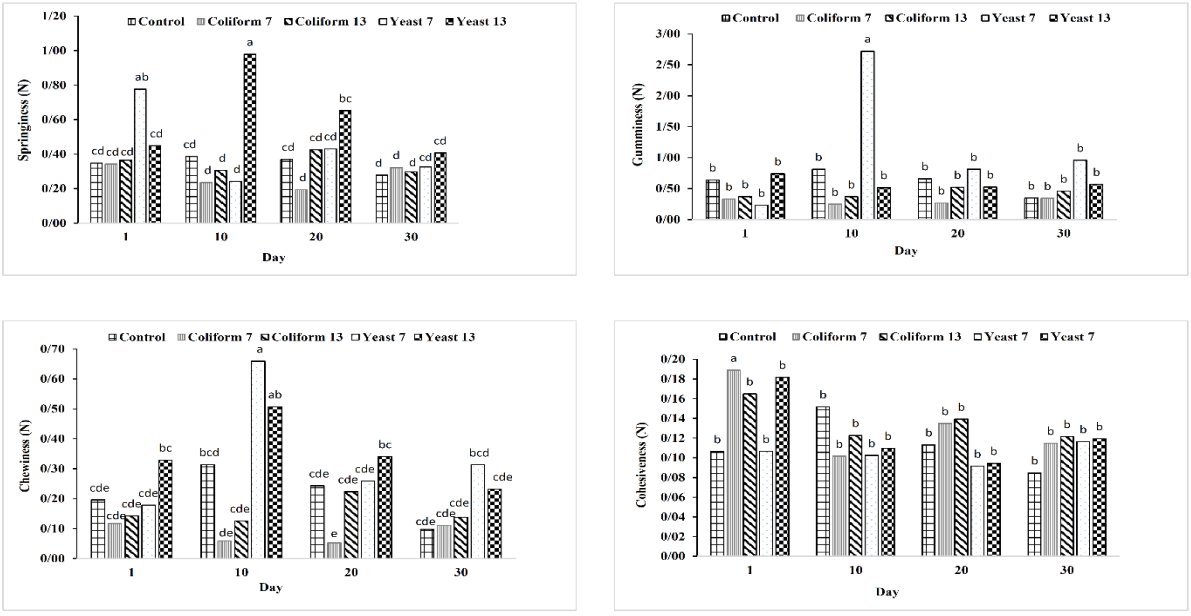

Figure 3- The change of springiness, gumminess, chewiness and cohesiveness during storage. Similar letters mean no significant difference

Table 4- The results of comparing the average effect of treatment type on the parameters of springiness, gumminess, chewiness and cohesiveness

Treatments	Springiness (N)	Gumminess (N)	Chewiness (N)	Cohesiveness (N)
Control	0.346^{bc}	0.16^{b}	0.212^{b}	0.113^{bc}
Coliform 7	0.273^{c}	0.299^{b}	0.085^{c}	0.135^{a}
Coliform 13	0.349^{bc}	0.430^{b}	0.157^{bc}	0.137^{a}
Yeast 7	0.444^{b}	1.182^{a}	0.352^{a}	0.104^{c}
Yeast 13	0.622^{a}	0.588^{b}	0.352^{a}	0.126^{ab}

Similar letters mean no significant difference

Table 5- The results of comparing the average effect of treatment time on the parameters of springiness, gumminess, chewiness and cohesiveness

Day	Springiness (N)	Gumminess (N)	Chewiness (N)	Cohesiveness (N)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.84]

1	0.456[a]	0.436[b]	0.192[b]	0.150[a]
10	0.430[a]	0.933[a]	0.333[a]	0.118[b]
20	0.414[a]	0.558[b]	0.223[b]	0.115[b]
30	0.326[a]	0.536[a]	0.178[b]	0.111[b]

Similar letters mean no significant difference

با بررسی مقایسه میانگین اثر نوع تیمار بر پارامتر فنریت در جدول ٤ مشاهده می‌گردد که بین تیمار شاهد و تیمارهایی که مورد اعمال پلاسمای سرد قرار گرفته‌اند (به جز تیمار مخمر ۱۳) هیچ اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۱٪ وجود ندارد. همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر نوع تیمار بر پارامتر فنریت نشان داد که در بین تیمارهای مشابه، تیمارهایی که به مدت ۱۳ دقیقه مورد اعمال پلاسمای سرد قرار گرفته بودند مقدار فنریت بالاتری نسبت به تیمارهایی داشتند که به مدت ۷ دقیقه مورد اعمال پلاسما قرار گرفته بودند. نتایج مقایسه میانگین اثر زمان بر پارامتر فنریت در جدول ۵ نشان داد که مقدار فنریت در طول دوره نگهداری ثابت بود و در بین روزهای مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. پس می‌توان نتیجه گرفت که پلاسمای سرد اثر منفی بر خاصیت ارتجاعی تیمارها در طول دوره نگهداری نداشته است. Lobato-Calleros و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که پروتئین‌های پنیر تازه در یک شبکه ۳ بعدی بسیار متقابل هستند و مقاومت بالایی در برابر تغییر شکل نشان می‌دهند، به این معنی که پنیر الاستیک‌تر است [۱۹].

نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی نوع تیمار بر پارامتر صمغیت در جدول ٤ نشان داد بین تیمار شاهد و سایر تیمارها (به جز تیمار مخمر ۷) تفاوت معنی‌دار وجود ندارد. و با توجه به جدول ۵ مقدار صمغیت از روز اول تا دهم افزایش یافته و از روز دهم تا سی‌ام کاهش پیدا کرده است. نتایج مقایسه میانگین اثر زمان بر پارامتر جوندگی در جدول ۵ نشان داد، از آن‌جایی که صمغیت طبق فرمول رابطه مستقیمی با جوندگی دارد، روند تغییرات آن‌ها در طول دوره نگهداری کاملا مشابه یکدیگر بود. نتایج با نتایج رشیدی و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت داشت [۲۰]. آن‌ها در پژوهشی با عنوان بهبود ویژگی های بافتی و حسی پنیر فتای فراپالایش کم چرب ساخته شده با جایگزین های چربی به این نتیجه رسید که با افزودن کنسانتره پروتئین آب پنیر به شیر مورد استفاده جهت تولید پنیر میزان خاصیت جویدنی و صمغیت پنیر کاهش یافت.

در بررسی اثر اصلی زمان بر مقدار پارامتر انسجام در جدول ۵ مشاهده شد که مقدار آن در طی دوره نگهداری بین روز اول با سایر روزها کاهش معنی‌داری وجود داشت اما مقدار آن از روز دهم تا روز سی‌ام ثابت بود و کاهش معنی‌دار نداشت. پروتئین و چربی به طور مداوم در طول فرآیند رسیدن تجزیه می شوند. کازئین ابتدا به پپتیدهای با زنجیره بلند هیدرولیز می شود که متعاقباً به پپتیدهای زنجیره کوتاه تجزیه می شوند. برخی از کازئین‌ها در نهایت به اسیدهای آمینه و مواد فرار تجزیه می‌شوند. پس از پراکندگی به گلبول های چربی کوچک، گلبول‌های چربی بزرگ بیشتر به کتون‌ها، آلدهیدها و لاکتون‌ها تجزیه می‌شوند که به مواد فرار و اسیدهای چرب آزاد تجزیه می‌شوند. هیدرولیز اجزای موجود در پنیر باعث شد که ویسکوزیته به تدریج در طی فرآیند رسیدن افزایش یابد و انسجام به تدریج کاهش یابد [۲۱].

نتایج آزمون وارنر

نتایج تجزیه واریانس پارامترهای مدول برشی، تنش برشی و نیروی برشی در جدول ٦ ارائه شده است. با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده شده مشاهده می‌شود که اثر متقابل روز × تیمار برای پارامترهای تنش برشی و نیروی

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.84]

برشی در سطح آماری ۱٪ و برای پارامتر مدول برشی در سطح آماری ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار است.

Table 6- Variance analysis of shear modulus, shear stress and shear force

Variations sources	Degrees of freedom	Shear modulus (k.pa)	Shear stress (k.pa)	Shear force (N)
Treatments	4	0.119**	1.318**	0.196**
Day	3	0.104**	1.076**	0.170**
Variable*Day	12	0.050*	0.383**	0.063**
Error	20	0.017	0.136	0.024

Notes: * Significant at $p \leq 0.05$, ** Significant at $p \leq 0.01$, and ns not significant.

مدول برشی

مدول برشی بیانگر مقاومت و نحوه واکنش ماده در مقابل اعمال برش می‌باشد. مدول برشی برای نشان دادن رابطه بین تنش و کرنش در مواد غذایی جامد و نیمه جامد کاربرد زیادی دارد، هر چه مدول برشی بیشتر باشد، نشان دهنده‌ی سفت بودن بافت ماده و مقاومت آن در برابر نیروهای برشی است [۲۲]. مطابق با نتایج بدست آمده در جدول ٦ اثر اصلی نوع تیمار و اثر اصلی زمان در سطح احتمال ۱ درصد بر مقدار مدول برشی معنی‌دار می‌باشند. شکل ٤ نمودار نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل روز × تیمار بر روی پارامتر مدول برشی را نشان می‌دهد. روند تغییرات مدول برشی نشان می‌دهد که بیشترین مقدار مدول برشی مربوط به تیمار مخمر ۷ در روز بیستم (۰/۱۸۹کیلوپاسکال) و کمترین مقدار مربوط به تیمار کلیفرم ۷ در روز سی‌ام (۰/۱۳۵کیلوپاسکال) است. در روز اول در بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۵٪ مشاهده نشد. در بین تیمارهای شاهد و کلیفرم ۷ در روز دهم و نیز تیمارهای کلیفرم ۷ با مخمر ۱۳ در روز سی‌ام اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۵٪ وجود دارد، همچنین بین تیمار مخمر ۷ در روز بیستم با سایر تیمارها در روزهای اول، دهم، بیستم و سی‌ام اختلاف معنی‌دار وجود دارد.

تنش برشی

با توجه به اینکه تنش از تقسیم نیرو بر سطح مقطع تحت برش به‌دست می‌آید، لذا روند تغییرات تنش برشی کاملا مطابق با تغییرات نیروی برشی است. شکل ٤ نمودار نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل روز × تیمار بر روی پارامتر تنش برشی را نشان می‌دهد. در بین تیمارهای کلیفرم ۱۳ با مخمر ۱۳ در روز اول، مخمر ۷ با تیمارهای کلیفرم ۷، کلیفرم ۱۳ و مخمر ۱۳ در روز بیستم اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۱٪ وجود دارد، همچنین بین تیمار شاهد در روز بیستم با تیمارهای کیلیفرم ۷ و کلیفرم ۱۳ در همان روز و تیمار مخمر ۱۳ با کلیفرم ۱۳ و کلیفرم ۷ در روز سی‌ام اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۱٪ وجود دارد. بیشترین تنش برشی مربوط به تیمار مخمر ۱۳ در روز سی‌ام ۲/٤٦٥ کیلوپاسکال بود.

نیروی برشی

طبق نتایج آنالیز واریانس جدول ۳-۸ اثر اصلی نوع تیمار و زمان در سطح احتمال ۱ درصد بر نیروی برشی معنی‌دار بود. شکل ٤ نمودار نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل روز × تیمار بر روی پارامتر نیروی برشی را نشان می‌دهد. حداکثر مقدار نیروی برشی مربوط به تیمار مخمر ۱۳ در روز سی‌ام (۹/۸٦ نیوتن) و حداقل مقدار مربوط به تیمار کلیفرم ۱۳ در روز اول (۲/۱ نیوتن) می‌باشد و در بین تیمارهای کلیفرم ۱۳ با کلیفرم ۷ در طی دوره نگهداری هیچ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بین تیمارهای مخمر ۷ با تیمارهای کلیفرم ۷ ، کلیفرم ۱۳ و مخمر ۱۳ در روز دهم اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۱٪ وجود دارد، همچنین بین تیمار شاهد در روز بیستم با تیمارهای کلیفرم ۷ و کلیفرم ۱۳ در همان روز اختلاف آماری معنی‌دار در سطح۱٪ وجود دارد. در روز سی‌ام بین تیمارهای شاهد با کلیفرم ۷ و کلیفرم ۱۳ تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۱٪ مشاهده شد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.84]

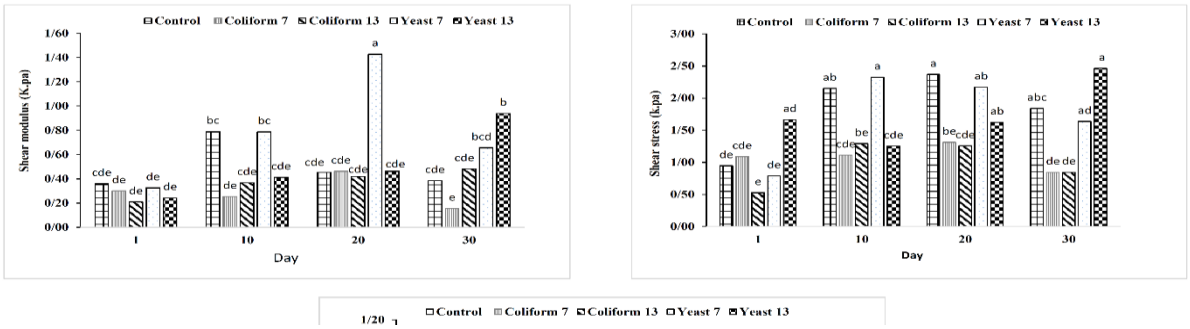

Figure 4- The change of shear modulus, shear stress and shear force during storage. Similar letters mean no significant difference

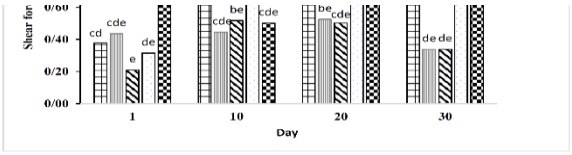

Table 7- The results of comparing the average effect of treatment time on the parameters of shear modulus, shear stress and shear force

Treatments	Shear modulus (k.pa)	Shear stress (k.pa)	Shear force (k.N)
Control	0.497^{b}	1.827^{a}	0.701^{a}
Coliform 7	0.293^{c}	1.089^{b}	0.436^{b}
Coliform 13	0.369^{bc}	0.980^{b}	0.392^{b}
Yeast 7	0.799^{a}	1.730^{a}	0.692^{a}
Yeast 13	0.514^{b}	1.751^{a}	0.701^{a}

Similar letters mean no significant difference

Table 8- The results of comparing the average effect of treatment type on the parameters of shear modulus, shear stress and shear force

Day	Shear modulus (k.pa)	Shear stress (k.pa)	Shear force (k.N)
1	0.287^{b}	1.002^{b}	0.401^{b}
10	0.522^{a}	1.627^{a}	0.651^{a}
20	0.645^{a}	1.746^{a}	0.699^{a}
30	0.523^{a}	1.526^{a}	0.587^{a}

Similar letters mean no significant difference

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.84]

با بررسی مقایسه میانگین اثر اصلی نوع تیمار بر روی پارامتر مدول برشی جدول ۷ مشاهده گردید که تیمار شاهد با تیمارهای کلیفرم ۷ و مخمر ۷ دارای اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۱ درصد می‌باشد. در مورد پارامتر تنش برشی، تیمار شاهد با تیمارهای کلیفرم ۷ و کلیفرم ۱۳ دارای اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۱ درصد است. اما با تیمارهای مخمر ۷ و مخمر ۱۳ هیچ تفاوت معنی‌داری ندارد. با توجه به جدول ۷ و جدول ۸ همانطور که مشخص است روند تغییرات نیروی برشی از نظر تاثیرات نوع تیمار و زمان، کاملا مشابه با تغییرات تنش برشی است. در این زمینه مدسن[۲] و آردو[۳] (۲۰۰۱) با مطالعه روی خواص حسی و رئولوژیکی پنیر دانبو[٤] بیان کردند که تنش برشی در نقطه گسیختگی با سفتی پنیر ارتباط مستقیم دارد و هر چه این تنش بیشتر باشد، سفتی و استحکام بیشتر بوده و برعکس با کم شدن آن، پنیر قوام خود را از دست می‌دهد [۲۳]. پس می‌توان نتیجه گرفت که تیمارهای دارای آلودگی کلیفرم سفتی و استحکام کمتری نسبت به سایر تیمارها دارند و نوع آلودگی اضافه شده به نمونه‌ها عامل ایجاد این تفاوت معنی‌دار است. در مورد تاثیر زمان با توجه به جدول ۸ مشخص است که مقادیر مربوط به هر ۳ پارامتر برشی، از روز اول تا روز سی‌ام روند افزایشی داشته است. گئورگالا[۵] و همکاران (۲۰۰۵)، در مطالعه‌ای که بر روی پنیر فتا داشتند دلیل این مسئله را چنین اظهار کردند: در اوایل دوره‌ی رسیدن، نسبت فعالیت منعقد کنندگی به فعالیت پروتئولیزی بیشتر بوده و لذا منجر به افزایش ماده خشک می‌گردد، زیرا هر چه قدرت منعقد کنندگی بیشتر باشد، آب‌دهی و آب‌اندازی بیشتر بوده و ماده‌ی خشک پنیر افزایش یافته و دلمه سفت‌تر می‌شود [۲٤].

٤-نتیجه‌گیری

نتایج شاخص‌های رنگی نمونه‌های پنیر در طول دوره نگهداری، نشان داد که شاخص L^* (شاخص روشنایی) برای نمونه‌های تیمار شده با پلاسمای سرد و نمونه شاهد دارای تفاوت معنی‌دار بودند و مقدار پارامتر L^* در نمونه‌های تیمار شده با پلاسمای سرد نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت، همچنین شاخص b^* (شاخص زردی) برای همه‌ی نمونه های پنیر در پایان دوره نگهداری افزایش معنی‌دار نداشت و نتایج نشان داد نمونه هایی که به مدت ۷ دقیقه مورد اعمال پلاسمای سرد قرارگرفته بودند با نمونه شاهد دارای اختلاف معنی‌دار بودند و مقدار پارامتر b^* در نمونه‌های تیمار شده (به جز تیمار کلیفرم ۱۳ و مخمر ۱۳) نسبت به نمونه شاهد افزایش پیدا کرد. نتایج ارزیابی آزمون pH تفاوت معنی‌داری بین نمونه های تیمار شده با پلاسما و نمونه شاهد نشان داد، بطوریکه مقدار آن برای نمونه های تیمارشده نسبت به نمونه‌ی شاهد در طول دوره نگهداری کاهش معنی‌دار داشته است. همچین افزایش مدت زمان اعمال پلاسما تاثیر معنی‌داری بین نمونه‌های آلوده شده با کپک مخمر و کلیفرم نداشته است. با توجه به نتایج آزمون TPA مقدار فنریت در طی دوره نگهداری بین تیمارهای مختلف کاهش معنی‌داری نداشته است، همچنین بین نمونه‌های تیمار شده با پلاسما و نمونه شاهد اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. اعمال پلاسمای سرد تفاوت معنی‌داری بین نمونه شاهد با نمونه های تیمار شده (به جز مخمر ۷) ایجاد نکرد و مقدار صمغیت در طول دوره نگهداری (به جز روز دهم) افزایش معنی‌دار نداشت. مقدار انسجام از روز اول تا سی‌ام دارای کاهش معنی‌دار بین نمونه شاهد با نمونه های تیمارشده با پلاسمای سرد بود. نتایج آزمون وارنر نشان داد که به طور کلی مقدار مدول برشی، تنش برشی و نیروی برشی بین روز اول با روزهای دهم، بیستم و سی‌ام افزایش معنی‌دار وجود داشته، همانطور که مشخص است روند تغییرات مدول برشی از نظر تاثیر مدت زمان نگهدای مشابه با تغییرات تنش و نیروی برشی بوده است.

2- Madsen
3-Ardo
4 -Danbo
5- Georgala

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]
[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.84]

۵- منابع

[1] Lim, B. T., DeMan, J. M., DeMan, L., & Buzzell, R. I. (1990). Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics. Calcium sulfate coagulant. Journal of Food Science, 55(4), 1088-1092.

[2] Hesari, J., Ehsani, M. R., Mosavi, M. A., & McSweeney, P. L. (2007). Proteolysis in ultra-filtered and conventional Iranian white cheese during ripening. International Journal of Dairy Technology, 60(3), 211-220.

[3] Radojevi, I. D., Stankovi, M. S., Stefanovi, O. D., & Topuzovi, M. D. (2011). Anti-Aspergillus properties of different extracts from selected plants. African Journal of Microbiology Research, 5(23), 3986-3990.

[4] Fallahi, F., & Madani, M. (2014). Study of contamination of different dairy products distributed in Isfahan to saprophytic fungi. Biological Journal of Microorganism, 3(11), 59-70.

[5] Havelaar, A. H., Brul, S., De Jong, A., De Jonge, R., Zwietering, M. H., & Ter Kuile, B. H. (2010). Future challenges to microbial food safety. International Journal of Food Microbiology, 139, S79-S94.

[6] Gould, G. W. (2001). New processing technologies: an overview. Proceedings of the Nutrition Society, 60(4), 463-474.

[7] Sampedro, F., Rodrigo, M., Martinez, A., Rodrigo, D., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2005). Quality and safety aspects of PEF application in milk and milk products. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 45(1), 25-47.

[8] Alexander, P., Brown, C., Arneth, A., Finnigan, J., Moran, D., & Rounsevell, M. D. (2017). Losses, inefficiencies and waste in the global food system. Agricultural Systems, 153, 190-200.

[9] Coutinho, N. M., Silveira, M. R., Rocha, R. S., Moraes, J., Ferreira, M. V. S., Pimentel, T. C., & Cruz, A. G. (2018). Cold plasma processing of milk and dairy products. Trends in Food Science & Technology, 74, 56-68.

[10] Kim, H. J., Yong, H. I., Park, S., Kim, K., Choe, W., & Jo, C. (2015). Microbial safety and quality attributes of milk following treatment with atmospheric pressure encapsulated dielectric barrier discharge plasma. Food Control, 47, 451-456.

[11] Yong, H. I., Kim, H. J., Park, S., Kim, K., Choe, W., Yoo, S. J., & Jo, C. (2015). Pathogen inactivation and quality changes in sliced cheddar cheese treated using flexible thin-layer dielectric barrier discharge plasma. Food Research International, 69, 57-63.

[12] Aslan, Y. (2016). The Effect of dielectric barrier discharge plasma treatment on the microorganisms found in raw Cow's milk. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 3(2), 169-173.

[13] Heydarian, A., Ahmadi, E., Dashti, F., & Normohammadi, A. (2022). Evaluation of mechanical and chemical parameters of Okra with chitosan coating in nano packaging films and atmospheric modified conditions. Journal of Agricultural Machinery, 12(4), 600-612.

[14] Lee, H. J., Jung, S., Jung, H. S., Park, S. H., Choe, W. H., Ham, J. S., & Jo, C. (2012). Evaluation of a dielectric barrier discharge plasma system for inactivating pathogens on cheese slices. Journal of Animal Science and Technology, 54(3), 191-198.

[15] Garrido, J. I., Lozano, J. E., & Genovese, D. B. (2015). Effect of formulation variables on rheology, texture, colour, and acceptability of apple jelly: Modelling and optimization. LWT-Food Science and Technology, 62(1), 325-332.

[16] Nateghi, L., Roohinejad, S., Totosaus, A., Mirhosseini, H., Shuhaimi, M., Meimandipour, A., & Abd-Manap, M. Y. (2012). Optimization of textural properties and formulation of reduced fat Cheddar cheeses containing fat replacers. Journal of Food, Agriculture and Environment, 10(2), 46-54.

[17] Nourmohammadi, A., Ahmadi, E., & Heshmati, A. (2021). Optimization of physicochemical, textural, and rheological properties of sour cherry jam containing stevioside by using response surface methodology. Food Science & Nutrition, 9(5), 2483-2496.

[18] Azari-Anpar, M., Payeinmahali, H., Daraei Garmakhany, A., & Sadeghi Mahounak, A. (2017). Physicochemical, microbial, antioxidant, and sensory properties of probiotic stirred yoghurt enriched with Aloe vera foliar gel. Journal of Food Processing and Preservation, 41(5), e13209.

[19] Lobato-Calleros, C., Sosa-Pérez, A., Rodríguez-Tafoya, J., Sandoval-Castilla, O., Pérez-Alonso, C., & Vernon-Carter, E. J. (2008). Structural and textural characteristics of reduced-fat cheese-like products made from W1/O/W2 emulsions and skim milk. LWT-Food Science and Technology, 41(10), 1847-1856.

[20] Rashidi, H., Mazaheri-Tehrani, M., Razavi, S. M. A., & Ghods-Rohany, M. (2015). Improving textural and sensory characteristics of low-fat UF Feta cheese Mmade with fat replacers. Journal of Agricultural Science and Technology, 17, 121-132.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.84]

[21] Jia, R., Zhang, F., Song, Y., Lou, Y., Zhao, A., Liu, Y., & Wang, B. (2021). Physicochemical and textural characteristics and volatile compounds of semihard goat cheese as affected by starter cultures. Journal of Dairy Science, 104(1), 270-280.

[22] Mohsenin, N. N. (1968). Physical properties of plant and animal materials.

[23] Madsen, J. S., & Ardö, Y. (2001). Exploratory study of proteolysis, rheology and sensory properties of Danbo cheese with different fat contents. International Dairy Journal, 11(4-7), 423-431.

[24] Georgala, A., Moschopoulou, E., Aktypis, A., Massouras, T., Zoidou, E., Kandarakis, I., & Anifantakis, E. (2005). Evolution of lipolysis during the ripening of traditional Feta cheese. Food Chemistry, 93(1), 73-80.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.84]

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Investigating the effect of cold plasma on the disinfection and quality of Iranian white cheese during the storage period

Fatemeh Soltani[1], Ebrahim Ahmadi[2*], Ahmad Nourmohammadi[3]

1- MSc Student, Department of Biosystems Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

2- Professor of Department of Biosystems Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran,

3- Ph.D Student, Department of Biosystems Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received:2023/9/22
Accepted: 2023/12/12

Keywords:

Iranian white cheese,
Ultrafiltration,
Cold plasma,
color Measurement,
Varner test.

DOI: **10.22034/FSCT.21.147.84.**

*Corresponding Author E-Mail:
eahmadi@basu.ac.ir

ABSTRACT

Cheese is one of the most consumed milk products. At present, one of the most widely used salty white cheeses in Iran is the cheese produced by the ultrafiltration method. Non-thermal (cold) plasma is a new method to remove food microorganisms. In this research, the effect of cold plasma on the reduction of microbial load and qualitative and rheological characteristics of cheese samples produced through different tests was investigated. The samples were prepared and produced in Pegah Hamadan Company under two microbial treatments (yeast mold and coliform) and the duration of plasma application at two levels (7 and 13 minutes) and the control sample (lack of contamination, no plasma) and during the storage period of 30 days. They were tested once every ten days with 2 repetitions by colorimetric tests, pH, and tissue test (TPA) and Warner test. The results of the statistical analysis of the obtained data showed a significant difference in the evaluated traits between the control sample and the treatments that underwent the cold plasma process. The value of parameter L* in the samples treated with cold plasma decreased compared to the control sample, also the index b* (yellowness index) did not increase significantly for all cheese samples at the end of the storage period. There was no significant difference in the amount of Springiness between the samples treated with plasma and the control sample, and the amount of gumminess did not increase significantly during the storage period (except for the 10th day). There was a significant increase in shear modulus, shear stress and shear force between the first day and the 10th, 20th, and 30th days. It can also be concluded that the treatments with coliform contamination have less stiffness and strength than other treatments and the type pollution added to the samples is the cause of this significant difference.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-29]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.147.84]