ویژگی‌های رنگ، بافت و قابلیت پذیرش پنیرسفید فراپالوده سین بیوتیک تیمار شده با آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی طی نگهداری

فرشته ترابی[۱]، حسین جوینده*[۲]، محمد نوشاد[۳]، حسن برزگر[۲]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

(تاریخ دریافت: ۹۸/۰۸/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۲/۰۳)

چکیده

در این تحقیق، اثر دوره نگهداری بر برخی خصوصیات پنیر سفید فراپالوده سین‌بیوتیک در مقایسه با دو نمونه شاهد پنیر غیرپروبیوتیک و پروبیوتیک مورد بررسی قرار گرفت. پنیر فراپالوده سین‌بیوتیک با فرمول بهینه مقدار ۰/۴۳ واحد آنزیم ترانس‌گلوتامیناز به ازاء هر گرم پروتئین، میزان۸/۲٤ درصد محلول آب‌پنیر با املاح کاهش یافته (جایگزینی ناتراوه با محلول حاوی ۳٤ درصد پودر آب‌پنیر دمینراله) و ۰/۷۱ درصد اینولین تولید گردید. در این پژوهش، از *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* La5 به‌عنوان باکتری پروبیوتیک استفاده شد. ویژگی نمونه‌های پنیر از نظر پارامترهای رنگ، آزمون پروفایل بافت (سفتی، پیوستگی، حالت ارتجاعی، حالت صمغی، قابلیت جویدن) و ویژگی حسی در طی مدت دو ماه نگهداری در یخچال و در فواصل زمانی ۳، ۱۵، ۳۰ و ٦۰ روز پس از تولید مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آزمون پروفایل بافت نشان داد که پنیر سین‌بیوتیک در تمام مقاطع زمانی از میزان سفتی، چسبندگی، پیوستگی، حالت صمغی و قابلیت جویدن بالاتری (p<۰/۰۵) نسبت به دو نمونه شاهد پروبیوتیک و غیرپروبیوتیک برخوردار بود. هرچند میزان ارتجاع‌پذیری پنیر بهینه نیز در تمامی دوره‌های نگهداری بالاتر از دو نمونه شاهد بود، اما این اختلافات معنی‌دار نگردید. مقادیر سفتی، صمغی و قابلیت جویدن پنیر تا روز ۳۰ نگهداری در تمامی نمونه‌ها افزایش و سپس تا پایان زمان نگهداری کاهش یافت. نتایج رنگ‌سنجی نمونه‌ها نشان داد که میزان روشنایی (L*) نمونه سین‌بیوتیک به‌طور معنی‌داری (p<۰/۰۵) بالاتر از دو نمونه دیگر بود اما تفاوتی میان نمونه‌ها از نظر شاخص‌های a* و b* مشاهده نگردید. به علاوه، میزان روشنایی در تمامی نمونه‌های تولیدی طی دوره رسیدن کاهش یافت (p<۰/۰۵). براساس نتایج خصوصیات مورد ارزیابی، نمونه پنیر فراپالوده سین بیوتیک تولیدی از کیفیت بالاتری نسبت به دو نمونه‌ی شاهد پنیر غیرپروبیوتیک و پروبیوتیک پس از دو ماه نگهداری در یخچال برخوردار بود.

کلید واژگان: پنیرفراپالوده، پروبیوتیک،آزمون پروفایل بافت، شاخص رنگ

*مسئول مکاتبات: hosjooy@asnrukh.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-15]

[DOI: 10.29252/fsct.17.01.12]

۱- مقدمه

پنیر سفید ایرانی مهمترین و عمده‌ترین نوع پنیر تولیدی در کشورمان است. به‌علاوه، با توجه به رشد روزافزون تولید پنیر در کشور و رشد منفی ۲۸ درصدی واردات سالیانه آن (۵۱ به ۳٦ تن) در طی سال ۲۰۱٦ تا ۲۰۱۷ [۱]، ارتقاء کیفیت این محصول می‌باید بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد. پنیر سفید ایرانی به دو صورت سنتی و فراپالوده تولید می‌گردد. پنیر فراپالوده، محصولی است که در کارخانجات لبنی از شیر پاستوریزه گاو و با کمکسیستم فراپالایش (UF[1]) ساخته می‌شود. این پنیر ساختاری یکنواخت، بدون حفره یا چشم پنیر، دارای بافتی نرم و مالش‌پذیر و رنگی سفید دارد.امروزهبا بالا رفتن میزان آگاهی مصرف کننده‌ها، تقاضا برای مصرف غذاهای عملگرای پروبیوتیک به سرعت در حال رشد است. تخمین زده می‌شود که ٦۰ تا ۷۰ درصد از بازار جهانی غذاهای عملگرا مربوط به غذاهای پروبیوتیک باشد [۲]. در بسیاری از مطالعات نشان داده شده است، که بهترین بسته برای انتقال پروبیوتیک‌ها، محصولات لبنی تخمیری هستند [۳]. هرچند ماست به‌عنوان مهمترین محصول پروبیوتیک شناخته شده است، اما در مقایسه با آن، پنیر به‌دلیل داشتن مزایایی نظیر pH مناسب‌تر و پایدارتر طی زمان نگهداری می‌تواند جایگزین مناسبی در این زمینه باشد. به‌علاوه، پنیر به‌دلیل محتویات بالای چربی و پروتئین می‌تواند نقش بهتری در محافظت باکتری‌های پروبیوتیک در برابر شرایط سیستم گوارش ایفا کند [٤]. در میان باکتری‌های پروبیوتیک، باکتری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* به دلیل تحمل بالاتر شرایط اسیدی، خواص رقابتی با باکتری‌های بیماریزا و خواص سلامت‌بخشی آن بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. باکتری‌های پروبیوتیک به آرامی در شیر رشد می‌کنند. بنابراین، برای رشد بهینه به یک مکمل خارجی مانند پپتیدها و اسیدهای آمینه آزاد نیاز دارند. بنابراین، افزودن ترکیبات آب‌پنیر می‌تواند باعث بهبود زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها گردد [۵ و ٦].

در حال حاضر، تقاضا برای استفاده از فراورده‌های آب‌پنیر در صنعت غذا به‌ویژه صنایع لبنی رو به افزایش است که این امر به دلیل خواص عملکردی ترکیباتآب‌پنیر می‌باشد [۷ و ۸]. پودر آب‌پنیر ممکن است با ویژگی‌های عملکردی گسترده‌ای تولید شود که این ویژگی‌ها می‌توانند جذابیت آن را به عنوان یک ترکیب غذایی زیاد کنند. این ویژگی‌های عملکردی به عنوان ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی تعریف شده است که می‌تواند در حین پروسس، انبارمانی، آماده‌سازی و مصرف بر رفتار پروتئین در سیستم غذایی اثر بگذارد [۹]. پودر آب‌پنیر دمینراله یا با املاح کاهش یافته، حاوی ترکیب متعادلی از اسیدهای آمینه، مقدار پایین املاح و لاکتوز است که موجب بهبود طعم محصولات به‌کار رفته در فرمولاسیون آن‌ها می‌شود. پروتئین‌های آب‌پنیر دارای ارزش تغذیه‌ای، میزان پروتئین قابل استفاده در بدن و میزان کارایی پروتئین بسیار بالایی می‌باشند. این پروتئین‌ها در مقایسه با دیگر منابع پروتئینی دارای اسیدهای‌آمینه ضروری بالاتری می‌باشند. محدوده وسیعی از انواع اسیدهای آمینه (ضروری، گوگرددار و شاخه‌دار) در پروتئین‌های آب‌پنیر وجود دارند [۱۰]. پروتئین‌ها و پپتیدهای آب‌پنیر در جلوگیری از رشد انواع تومورهای سرطانی نقش دارند. افراد مبتلا به ویروس ایدز (HIV) دارای مشکل کمبود گلوتاتیون هستند که با قرار دادن پروتئین‌های آب‌پنیر در رژیم غذایی این بیماران میزان سیستئین در سلول‌های آن‌ها افزایش یافته و متعاقب آن کمبود گلوتاتیون جبران می‌گردد [۱۱]. با وجود مقادیر پایین لاکتوفرین درشیر گاو و آب‌پنیر حاصل از آن، این ماده به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدمیکروبی، ضدویروس، ضدسرطان و خواص پری‌بیوتیکی مورد توجه قرار گرفته است [۱۲]. بقای پروبیوتیک‌ها را می‌توان با کاربرد ترکیبات پری‌بیوتیکی هیدرات کربن نظیر اینولین و فروکتوالیگوساکارید افزایش داد. اینولین در روده کوچک هضم نمی‌شود اما امکان تخمیر آن در کلون توسط لاکتیک اسید باکتری‌ها و بنابراین تحریک رشد باکتری‌های سلامت بخش وجود دارد [۱۳].

روش فراپالایش باعث حفظ پروتئین‌های آب‌پنیر شده و بنابراین ضمن افزایش بازده پنیرسازی موجب افزایش ارزش تغذیه‌ای پنیر و همچنین صرفه‌جویی در هزینه‌های انرژی و نیروی انسانی می‌شود. با این حال حضور پروتئین‌های آب‌پنیر موجب بروز صفات نامطلوب در این محصول می‌گردد که مهمترین آن نرمی بیش از حد و تلخ شدن آن به ویژه در اواخر دوره‌ی نگهداری است. یکی از روش‌های مؤثر و مطلوب بهبود بافت در فراورده‌های لبنی، استفاده از تیمار آنزیمی با ترانس‌گلوتامیناز میکروبی است. آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی‌جزء آنزیم‌های ترانسفراز می‌باشد که واکنش انتقال آسیل، بین گاما-کربوکسی آمید اسیدآمینه گلوتامین و آمین‌های نوع اول از جمله گروه اپسیلون-آمین لیزین در پروتئین‌ها را کاتالیز می‌کند و در نتیجه پیوندهای عرضی‌کووالانسی درون و بین مولکولی موجب تشکیل پلی‌مرهایی با وزن مولکولی بالا

1. Ultrafiltration

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-15]

[DOI: 10.29252/fsct.17.01.12]

می‌شود [۱٤]. چنین پیوندهایی می‌توانند ساختار و عملکرد پروتئین‌ها را اصلاح کنند [۱۵]. آنزیم‌ترانس‌گلوتامیناز با اصلاحاتی در ویژگی‌های کارکردی پروتئین‌ها منجر به تشکیل فرآورده‌هایی با ویژگی‌های حسی و رئولوژیکی‌بهتر می‌شود [۱٦]. زمانی که این آنزیم در تولید محصولات لبنی به کار برده می‌شود، امکان افزایش نیروی ژل، ویسکوزیته‌ی سطحی و ظرفیت نگهداری آب را فراهم می‌کند. هم‌چنین، تیمار آنزیمی بر خصوصیات لخته‌کنندگی آنزیم رنت و نیز خصوصیات مکانیکی فرآورده تأثیر می‌گذارد. اثر اتصالات عرضی روی قابلیت نفوذپذیری و ویسکوزیته‌ی سطحی به میزان آنزیم استفاده شده و غلظت آن بستگی دارد [۱۷]. دانش و همکاران [۱۸] دریافتند که با بهینه‌سازی تیمار آنزیمی ترانس‌گلوتامیناز پنیر فراپالوده کم‌چرب تلفیق شده با پروتئین‌های آب‌پنیر، می‌توان به محصولی با ویژگی‌های بافتی و ارگانولپتیکی مطلوب دست یافت.در تحقیق قبلی [۱۹]، تولید پنیر فراپالوده سین‌بیوتیک با توجه به مقادیر مختلف آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی (۰-۱ واحد به ازای هر کیلوگرم ناتراوه) ، پودر آب‌پنیر دمینراله (۰-۱٦ درصد جایگزینی محلول حاوی ۳٤درصد آب‌پنیر با ناتراوه) و اینولین (۰-۲درصد) و بر اساس ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی محصول بهینه‌سازی گردید [۱۹]. این تحقیق به منظور مقایسه برخی ویژگی‌های پنیر فراپالوده سین‌بیوتیک بهینه شده با دو پنیر پروبیوتیک و غیرپروبیوتیک تولید شده‌ی تجاری (به عنوان نمونه‌های شاهد) طی مدت ۲ ماه نگهداری در یخچال انجام گردید.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تولید پنیر

نمونه‌های پنیر مطابق روش ترابی و همکاران در کارخانه پگاه خوزستان تولید شدند [۱۹]. سه نمونه پنیر فراپالوده سفید ایرانی شامل:۱) نمونه شاهد غیرپروبیوتیک فاقد *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و حاوی ۰/۱درصد استارتر پنیر* (به ازاء هر کیلوگرم ناتراوه)، ۲) نمونه شاهد پروبیوتیک حاوی ۰/۰۵ گرم پودر لیوفیلیزه *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* LA5 و ۰/۰۵ درصد *استارتر پنیر* (به ازاء هر کیلوگرم ناتراوه) و ۳) نمونه سین‌بیوتیک حاوی ۰/۰۵ گرم *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* LA5 و ۰/۰۵ درصد *استارتر پنیر* (به ازاء هر کیلوگرم ناتراوه)، ۰/٤۳ واحد آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی (EC ۱۳،۲،۳،۲، شرکت BDF Natural Ingredients اسپانیا) به ازاء هر گرم پروتئین، ۸/۲٤ درصد جایگزینی ناتراوه با محلول ۳٤درصد پودر آب پنیر دمینراله و ۰/۷۱ درصد اینولین (Beneo، نوع Orafti HPX، ساخت آلمان) تولید شدند. تمامی نمونه‌های پنیر فراپالوده، با ناتراوه‌ی تولیدی کارخانه (حاوی ۰/۲۸±۳٤ درصد ماده خشک، ۰/۱۸±۱۲ درصد پروتئین و ۰/۱۵±۱۵/۱۵ درصد چربی) تولید شدند. تولید پنیرهای شاهد غیرپروبیوتیک و شاهد پروبیوتیک با پیروی از پروتکل عنوان شده برای تولید نمونه سین‌بیوتیک و البته بدون افزودن محلول آب‌پنیر، آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و اینولین صورت پذیرفت. با توجه به مدت زمان ماندگاری ٦۰ روزه این نوع پنیر، تمام نمونه‌های پنیر تولید شده در روزهای ۳، ۱۵، ۳۰ و ٦۰ روز پس از تولید، تحت آزمون‌های بافت و ارزیابی پارامترهای رنگ و ویژگی حسی قرار گرفتند.

۲-۲-سنجش بافت

ارزیابی بافت نمونه‌های پنیر توسط دستگاه سنجش بافت (Stable Micro System، مدل TA.XT.PLUS، ساخت انگلستان) مطابق روش جوینده [۲۰] با کمی تغییرات انجام پذیرفت. آنالیز پروفایل بافت (سفتی،پیوستگی و حالت صمغی، حالت ارتجاعی و قابلیت جویدن) با استفاده از پروپ شماره P/5S با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه انجام شد و پروپ تا ۵۰٪ ارتفاع اولیه نمونه های پنیر (عمق ۱۰میلی‌متر) به داخل نمونه‌ها نفوذ کرد. سرعت پروب قبل و پس از آزمون به ترتیب ۲ و ۱ میلی‌متر بر ثانیه تنظیم گردید. آزمون بافت برای هر نمونه حداقل در سه تکرار و در بخش‌های مختلف انجام پذیرفت و میانگین نتایج ثبت گردید.

۲-۳-رنگ‌سنجی نمونه‌ها

برای سنجش رنگ از دستگاه رنگ‌سنج هانترلب (Minolta CR300 Series، ژاپن) استفاده گردید و شاخص رنگی *L (روشنایی)، *b (آبی-زردی) و *a (سبزی-قرمزی) تعیین شد [۲۱].

۲-٤- آزمون حسی

پذیرش‌کلی نمونه‌های پنیراز طریق امتیازدهی توسط ۱۰ نفر ارزیابو از طریق یک آزمون ترجیحی[2] نه نقطه‌ای صورت پذیرفت. جهت جلوگیری از تأثیر و تداخل ویژگی‌های حسی نمونه‌های ماست بر یکدیگر، مقداری آب جهت شستشوی دهان مابین ارزیابی حسی نمونه‌ها در اختیار ارزیابان قرار داده شد. همچنین قبل از ارزیابی، نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه از یخچال خارج و در دمای محیط نگهداری

2. Hedonic

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-15]

[DOI: 10.29252/fsct.17.01.12]

شدند تا بدین‌روش دمای تمامی نمونه‌ها در حین ارزیابی یکسان بوده و تأثیری بر نتایج حسی نگذارد [۲۲].

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق تغییرات پروفایل بافت، پارامترهای رنگ و پذیرش کلی تیمارهای مختلف پنیر (۳ تیمار) در طول زمان نگهداری (٤ دوره) توسط طرح کاملا تصادفی و در قالب فاکتوریل بررسی شد. نتایج با استفاده از برنامه GLM نرم افزار (SAS Version9.3) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد برای مقایسه میانگین ویژگی‌های مختلف هر تیمار در دوره‌های نگهداری استفاده شد. تمامی آزمون‌ها در سه تکرار انجام شدند. برای ترسیم نمودارها از نرم افزار اکسل ۲۰۰۷ استفاده گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱-ارزیابی بافت

۳-۱-۱- ارزیابی سفتی بافت

آنالیز پروفایل بافت TPA، یک آزمون تقلیدی از عمل دو مرحله‌ای جویدن است. بافت، همراه با عطر، طعم و ظاهر غذا از عوامل اصلی در پذیرش محصول می‌باشد[۲۳]. بافت پنیر تحت تأثیر عواملی همچون نوع شیر، تکنولوژی فرایند، دمای فرایند، زمان رسیدن و غیره است. رسیدن پنیر یک فرایند پیچیده و شامل یکسری واکنش‌های بیوشیمیایی است که طی آن بافت پنیر و سایر خواص کیفی محصول بهبود می‌یابد[٢٤]. سختی، نیروی لازم برای رسیدن به یک تغییر شکل مشخص می‌باشد و از نظر حسی نیروی لازم برای فشردن پنیر بین دندان‌های آسیاب می‌باشد [۲۵]. تغییرات پارمترهای بافتی درجدول۱ نشان داده شده است. نتایج آنالیز آماری سفتی بافت نمونه‌های پنیر نشان داد به جز ابتدای دوره نگهداری، در سایر مقاطع سفتی در نمونه پنیر سین‌بیوتیک به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بالاتر از نمونه‌های شاهد (پروبیوتیک و غیرپروبیوتیک) بود. در تطابق با نتایج این تحقیق اوزر و همکاران [٢٦] و ملکو و همکاران [۲۷]بیان کردند افزودن آنزیم ترانس‌گلوتامیناز باعث سفت شدن پنیر شده و زمان و میزان انرژی لازم برای فرورفتگی پنیر را افزایش می‌دهد. در واقع آنزیم ترانس‌گلوتامیناز موجب تشکیل پیوندهای بیشتری میان میسل‌های پروتئینی شده و مقدار مقاومت به تغییر شکل را افزایش می‌دهد. در مطابقت با نتایج تحقیق حاضر، رادوسویک و همکاران (۲۰۰۷) افزایش استحکام پنیر پروبیوتیک ساخته شده با آنزیم ترانس‌گلوتامیناز را گزارش کردند[۲۸]. به‌علاوه، نتایج نشان داد که با افزایش زمان نگهداری تا روز سی‌ام، به دلیل کاهش مقدار رطوبت و افزایش مواد جامد کل، سفتی بافت پنیر در تمامی نمونه‌ها افزایش و در ادامه و در انتهای مدت زمان ٦۰ روز نگهداری به شکل معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) کاهش پیدا کرد. کمترین مقدار سفتی پنیر در نمونه شاهد غیرپروبیوتیک و در ابتدای زمان نگهداری (۰/٤۳۵Kg) و بیشترین میزان سفتی در نمونه سین-بیوتیک پس از گذشت مدت زمان ۳۰ روز نگهداری (۰/۸۵۲Kg) مشاهده گردید. در نتایجی مشابه، لیو و همکاران[۲۹]، تونیک و همکاران[۳۰]، بریانت و همکاران [۳۱] افزایش و به‌دنبال آن کاهش سفتی بافت پنیر را همگام با گذشت مدت زمان نگهداری گزارش نمودند.به طور کلی، میزان سفتی یا نرمی پنیر آب‌نمکی طی دوره نگهداری به دو عامل اصلی بستگی دارد: کاهش رطوبت طی نگهداری به‌دلیل آب‌اندازی که منجر به کاهش آب در دلمه می‌شود و انجام پروتئولیز گسترده که با شکستن شبکه کازئینی و افزایش میزان رطوبت دلمه، سفتی آن را کاهش می‌دهد. بنابراین، طی مدت ۳۰ روز ابتدایی نگهداری پنیر، افزایش رطوبت منجر به تضعیف شبکه کازئینی شده و سفتی پنیر را کاهش می‌دهد. همچنین، درخصوص کاهش سفتی در طی رسیدن پنیر می‌توان این‌گونه بیان کرد که کاهش pH، سبب افزایش انحلال‌پذیری فسفات کلسیم میسل می‌گردد. در نتیجه، کاهش میزان کلسیم متصل به میسل‌های کازئین، منجر به تضعیف پیوندهای ساختاری پنیر می‌گردد که این پدیده می‌تواند دلیلی برای نرم شدن پنیر طی دوره رسیدن باشد [۳۲].

۳-۱-۲- ارزیابی چسبندگی بافت

چسبندگی مقدار کار مورد نیاز برای غلبه بر نیروهای چسبندگی میان مولکول‌های غذا با سطوحی که غذا در آن قرار دارد تعریف می‌گردد [۲۳]. همانند ویژگی سفتی بافت، میزان چسبنگی ۳ نمونه پنیر تحت تأثیر دو عامل نوع تیمار پنیر و زمان نگهداری قرار گرفت.همان‌گونه که در جدول ۱ می‌توان مشاهده نمود، نمونه سین‌بیوتیک از میزان چسبندگی بالاتری نسبت به دو نمونه شاهد برخوردار بود. مواد غذایی با ماتریکس یا ساختار پروتئینی بازتر از چسبندگی پایینتری برخوردارند. آنزیم ترانس‌گلوتامیناز با ایجاد اتصالات عرضی درون و برون مولکولی سبب فشرده‌تر شدن ساختار شبکه پروتئینی کازئین شده و در نتیجه باعث کاهش نیروی چسبندگی در پنیر می‌شود.به‌علاوه، علت بالاتر بودن میزان چسبندگی در نمونه سین‌بیوتیک نسبت به دو نمونه شاهد و

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-15]

[DOI: 10.29252/fsct.17.01.12]

همچنین بیشتر بودن چسبندگی در نمونه پروبیوتیک نسبت به نمونه شاهد غیرپروبیوتیک می‌تواند به دلیل تعداد بالاتر باکتری‌های لاکتیک اسید و در نتیجه میزان بالاتر پروتئولیز باشد [۲۰]. درهرحال، میان دو پنیر شاهد غیرپروبیوتیک و پروبیوتیک در اکثر دوره‌های نگهداری اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید ($p>۰/۰۵$). میزان چسبندگی تمامی نمونه‌های پنیر تا پایان دوره نگهداری به شکل معنی‌دار کاهش یافت و این کاهش در نمونه بهینه واضح‌تر بود.

۳-۱-۳- ارزیابی پیوستگی بافت

پیوستگی وابسته به شدت پیوندهای داخلی سازنده بدنه محصول است و در پنیر به‌عنوان قدرت پیوندهای داخلی میسل‌های کازئینی بیان می‌شود [۲۵]. با مشاهده جدول ۱ مشخص می‌شود که نمونه پنیر بهینه (سین‌بیوتیک)، دارای بیشترین مقدار پیوستگی می‌باشد و تفاوت معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بین نمونه‌پنیر سینبیوتیک با دو نمونه شاهد در تمامی مقاطع دوره رسیدن وجود دارد. احتمالاً پودر آب‌پنیر از طریق برقراری اتصالات دی‌سولفیدی با کازئین، قدرت پیوندهای داخلی در نمونه‌پنیر سینبیوتیک را افزایش داده و سبب افزایش میزان پیوستگی آن شده است. هم‌چنین آنزیم ترانس‌گلوتامیناز با تشکیل پیوندهای ایزوپپتیدی در شبکه پنیر موجب تشکیل یک شبکه پروتئینی منسجم می‌شود [۲۶]. همانند چسبندگی، مقدار پیوستگی پنیر در طی دوره رسیدن هر سه نمونه پنیر فراپالایش کاهش پیدا کرد که این کاهش در پنیر سینبیوتیک معنی‌دار نبود. مطابق نتایج تحقیق حاضر، جوینده [۲۰] گزارش نموده است که در طی دوره رسیدگی پنیر، با افزایش پروتئولیز پیوستگی کاهش می‌یابد. پروتئولیز پنیر می‌تواند باعث تولید پپتیدهای کوچک و افزایش اسیدهای آمینه شود. در ادامه، در اثر کاتابولیسم این پپتیدها و اسیدهای آمینه توسط فلور میکروبی پنیر به‌ویژه باکتری‌های اسید لاکتیک، آمونیاک و گروه های آمین تولید می‌شوند. این ترکیبات موجب افزایش pH در دوره نگهداری و نهایتاً موجب تغییرات واضح در بافت پنیر نظیر کاهش پیوستگی در آن می‌شود[۳۳].

Table 1 Texture characteristics of different ultrafiltrated cheeses during 60 days of storage at refrigerator

TPA characteristics	Treatments	Day			
		3	15	30	60
Hardness (Kg)	Non-probiotic	0.435±0.029 ^{dA}	0.513±0.035 ^{cB}	0.752±0.054 ^{aB}	0.647±0.070^{bB}
	probiotic	0.439±0.013^{dA}	0.521±0.044^{cB}	0.772±0.065 ^{aB}	0.681±0.063^{bB}
	Synbiotic	0.445±0.031^{dA}	0.578±0.056 ^{cA}	0.852±0.077 ^{aA}	0.773±0.084 ^{bA}
Adhesiveness (Kg.mm)	Non-probiotic	0.216±0.018 ^{aB}	0.190±0.015 ^{bC}	0.165±0.023 ^{cB}	0.152±0.012 ^{cB}
	Probiotic	0.231±0.022^{aB}	0.209±0.017 ^{aB}	0.179±0.017 ^{bB}	0.159±0.018^{cB}
	Synbiotic	0.279±0.027^{aA}	0.246±0.019 ^{bA}	0.208±0.021^{cA}	0.185±0.020^{dA}
Cohesiveness	Non-probiotic	0.520±0.038 ^{aB}	0.454±0.037 ^{bB}	0.411±0.036^{cB}	0.382±0.042 ^{cA}
	Probiotic	0.521±0.042^{aB}	0.460±0.044 ^{bB}	0.431±0.039^{bcB}	0.394±0.038^{cA}
	Synbiotic	0.760±0.082^{aA}	0.742±0.069 ^{aA}	0.731±0.077^{aA}	0.695±0.061^{aA}
Springiness (mm)	Non-probiotic	6.70±0.056^{aA}	6.61±0.047 ^{aA}	6.54±0.069 ^{aA}	6.38±0.57 ^{aA}
	Probiotic	6.81±0.052^{aA}	6.63±0.049 ^{aA}	6.60±0.044 ^{aA}	6.49±0.02^{aA}
	Synbiotic	7.23±0.063^{aA}	7.14±0.065 ^{aA}	7.02±0.077^{aA}	6.86±0.01^{aA}
Gumminess (Kg)	Non-probiotic	0.226±0.016 ^{cB}	0.233±0.020^{bcB}	0.309±0.021 ^{aB}	0.247±0.018 ^{bB}
	Probiotic	0.229±0.011^{cB}	0.240±0.029^{bcB}	0.333±0.025 ^{aB}	0.268±0.022^{bB}
	Synbiotic	0.338±0.026^{dA}	0.429±0.040 ^{cA}	0.623±0.046 ^{aA}	0.537±0.042^{bA}
Chewiness (Kg.mm)	Non-probiotic	1.51±0.11^{bB}	1.54±0.17 ^{bB}	2.02±0.19^{aB}	1.58±0.17^{bB}
	Probiotic	1.56±0.16^{cB}	1.59±0.19 ^{bcB}	2.20±0.21 ^{aB}	1.74±0.20^{bB}
	Synbiotic	2.44±0.15^{dA}	3.06±0.21 ^{cA}	4.37±0.36 ^{aA}	3.86±0.33^{bA}

The lower case letters in each row and the different capital letters in each column indicate a statistically significant difference at 95%.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-15]

[DOI: 10.29252/fsct.17.01.12]

۳-۱-٤- ارزیابی حالت ارتجاعی پنیر

حالت ارتجاعی یا کشسانی، مقدار تغییر شکل نمونه در اثر نیروی اعمال شده است که پس از برداشتن نیرو، نمونه به حالت اولیه‌اش برمی‌گردد. نتایج مشخص نمود که در تمامی مقاطع رسیدن پنیر، تفاوت معنی‌داری میان پنیر فراپالوده سینبیوتیک با دو نمونه شاهد غیرپروبیوتیک و پروبیوتیک وجود نداشت. همچنین زمان نگهداری تغییر معنی‌داری در شاخص ارتجاعی نمونه‌های پنیر به‌وجود نیاورد (p>۰/۰۵). هرچند تیمار آنزیمی ترانس‌گلوتامیناز می‌تواند سبب افزایش قابل توجه ارتجاع‌پذیری پنیر شود، افزودن موادی نظیر اینولین و پروتئین‌های آب‌پنیر به‌عنوان جایگزین چربی می‌توانند اثر آنزیم را تا حد قابل توجهی در این زمینه تعدیل نمایند [۳٤ و ۳۵].

۳-۱-۵- ارزیابی حالت صمغی پنیر

انرژی مورد نیاز برای خرد کردن یک ماده غذایی نیمه جامد تا هنگامی که آماده بلع شود حالت صمغی اطلاق می‌شود [۲۵]. بررسی روند تغییرات صفت صمغی طی دوره نگهداری نشان می‌دهد که روند تغییرات در صفت فوق در هر سه پنیر تولید شده مشابه است و به طور منظم تا روز سی‌ام افزایش و تا پایان دوره رسیدن کاهش می‌یابد.به نظر می‌رسد که عوامل مؤثر بر تغییرات بافت در مراحل اولیه‌ی نگهداری با انتهای دوره‌ی نگهداری متفاوت است. گوما [۳٦] با بررسی تغییرات بافت در پنیر UFطی دوره نگهداری نشان داد که افزایش شاخص‌های بافتی طی دوره‌ی اولیه‌ی نگهداری پنیر به کاهش رطوبت نسبت داده می‌شود که به ایجاد بافت سفت در پنیر منتهی می‌شود، اما تغییرات ایجاد شده در انتهای دوره‌ی نگهداری به تغییرات ماتریکس پروتئین نسبت داده می‌شود. پس می‌توان گفت به‌دلیل بالاتر بودن فعالیت پروتئولیتیکی در انتهای دوره نگهداری، حالت صمغی در پنیر کاهش پیدا کرده است. در تمامی مقاطع رسیدن صفت صمغی به طور معنی‌داری در پنیر فراپالوده سینبیوتیک بیشتر از دو نمونه شاهد غیرپروبیوتیک و پروبیوتیک بود. علت بالاتر بودن میزان خاصیت صمغی در نمونه پنیر فراپالوده سین‌بیوتیک، تیمار آنزیمی توسط ترانس‌گلوتامیناز میکروبی است. این آنزیم با برقراری اتصالات عرضی بین پروتئین‌های پنیر باعث کاهش پروتئولیز و در نتیجه افزایش خاصیت صمغی می‌گردد.

۳-۱-٦- ارزیابی قابلیت جویدن پنیر

قابلیت جویدن، کار لازم برای جویدن و خمیر کردن نمونه هنگام بلع است و از حاصل‌ضرب قابلیت ارتجاع در میزان صمغی بودن محاسبه می‌شود [۳۷]. نتایج نشان داد که در تمامی مقاطع زمان رسیدن، نمونه پنیر فراپالوده سینبیوتیک به نیروی کار بیشتری جهت جویدن پنیر نسبت به دو نمونه شاهد پروبیوتیک و غیرپروبیوتیک نیاز دارد. نتایج مقایسه تغییرات قابلیت جویدن پنیر فراپالوده طی ٦۰ روز نگهداری که در جدول ۱ ارائه شده است نشان می‌دهد که همانند ویژگی سفتی و صمغی، تا اواسط دوره‌ی نگهداری، مقدار قابلیت جویدن افزایش و پس از آن تا پایان دوره کاهش می‌یابد (p<۰/۰۱). مطالعات نشان می‌دهد که علت اصلی کاهش حالت صمغی در پایان دوره نگهداری، هیدرولیز آنزیمی ترکیبات پنیر به‌ویژه تجزیه پروتئین‌ها می‌باشد. پروتئولیز سبب شکسته شدن و هیدرولیز مولکول‌های پارا-کازئین نامحلول می‌گردد و به این ترتیب از فشردگی شبکه پارا-کازئین کاسته شده و حلالیت آن افزایش می‌یابد[۳۸].

۳-۲- ارزیابی رنگ پنیر طی مدت نگهداری

میزان روشنایی یک ماده بستگی به مقدار پراکنش نور توسط مولکول‌های ماده و ریزساختارآن دارد. در شیر، میزان پراکنش نور تا حد زیادی به ذرات کلوئیدی شیر به‌ویژه فسفات کلسیم کلوئیدی و میسل‌های کازئین و تا حدودی گلبول‌های چربی بستگی دارد. اما میزان پراکنش نور در پنیر بستگی بهتعداد حفرات یا میزان تخلخل بافت شبکه کازئینی و نیز حضور ترکیباتی نظیرگلبول‌های چربی شیر دارد.در جدول ۲ نتایج مربوط به آنالیز رنگ پنیرهای مختلف طی دوره ٦۰ روزه نگهداری آمده است.براساس نتایج به‌دست آمده، میزان روشنایی (L^*) نمونه پنیر بهینه به‌جز در ابتدای زمان نگهداری (روز سوم)، در سایر مقاطع رسیدن به‌طور معنی‌داری (p<۰/۰۵) بالاتر از دو نمونه دیگر بود. علت بالاتر بودن میزان روشنایی پنیر بهینه می‌تواند به بافت متخلخل‌تر آن مربوط باشد. دانش و همکاران [۱۸] در نتایجی مشابه روی پنیر فراپالوده نشان دادند که تیمار آنزیمی به‌همراه تلفیق پروتئین‌های آب پنیر سبب افزایش تعداد حفره‌های سرمی و ایجاد بافتی متخلخل در پنیر می‌گردد. به‌علاوه، میزان روشنایی در تمامی نمونه‌های تولیدی طی دوره رسیدن کاهش یافت (p<۰/۰۵).افزایش هیدراتاسیون پروتئین‌ها و کاهش قطرات آب آزاد در طی دوره رسیدن می‌تواند دلیل اصلی کاهش بازتاب نور و میزان سفیدی نمونه‌های پنیر باشد [۳۹]. همان‌گونه که در جدول ۲ می‌توان ملاحظه نمود، دو شاخص رنگ a^* و b^* تحت تأثیر نوع تیمار پنیر و زمان نگهداری قرار نگرفت (p>۰/۰۵).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-15]

[DOI: 10.29252/fsct.17.01.12]

Table 2 Changes in color parameters of different ultrafiltrated cheeses during 60 days of storage at refrigerator

Day				Treatment	Color Indexes
60	30	15	3		
85.12±2.30^{bAB}	86.40±2.04^{abB}	87.39±2.28^{abB}	88.23±2.25^{aA}	Non-probiotic	
84.49±2.14^{bB}	86.42±2.25^{abB}	87.53±1.99^{aB}	88.48±2.03^{aA}	Probiotic	**L***
86.97±2.42^{bA}	89.06±2.12^{abA}	89.91±2.37^{aA}	90.25±2.30^{aA}	Synbiotic	
-2.49±0.18^{aA}	-2.50±0.15^{aA}	-2.53±0.12^{aA}	-2.64±0.16^{aA}	Non-probiotic	
-2.47±0.13^{aA}	-2.52±0.07^{aA}	-2.58±0.14^{aA}	-2.58±0.12^{aA}	Probiotic	**a***
-2.43±0.14^{aA}	-2.45±0.12^{aA}	-2.46±0.13^{aA}	-2.56±0.14^{aA}	Synbiotic	
10.54±0.69^{aA}	10.79±0.64^{aA}	10.58±0.49^{aA}	11.22±0.66^{aA}	Non-probiotic	
10.68±0.77^{bA}	11.39±0.73^{aA}	11.06±0.80^{aA}	11.29±0.78^{aA}	Probiotic	**b***
10.55±0.63^{aA}	10.58±1.72^{aA}	10.30±0.77^{aA}	10.58±0.74^{aA}	Synbiotic	

The lower case letters in each row and the different capital letters in each column indicate a statistically significant difference at 95%.

۳-۳- پذیرش کلی

در طی سالیان اخیر استفاده از آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی جهت بهبود ویژگی‌های حسی و بافت فراورده‌های لبنی، به‌ویژه ماست و پنیر مورد توجه قرار گرفته است [۴۰]. نتایج نشان داد که پنیر فراپالوده سینبیوتیک در تمامی دوره‌های نگهداری امتیاز پذیرش‌کلی بالاتری در مقایسه با دو نمونه‌ی شاهد غیرپروبیوتیک و پروبیوتیک کسب نمود (شکل ۱). درهرحال تا روز ۳۰ نگهداری این اختلافات معنی‌دار نگردید (p<۰/۰۵). درحقیقت، نمونه پنیر سینبیوتیک تیمار شده با آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و حاوی اینولین و محلول پروتئین آب‌پنیر به عنوان با کیفیت‌ترین نمونه معرفی شد که ارزیابان حسی دلیل اصلی آن را کیفیت بالاتر بافت محصول عنوان نمودند. همان‌گونه که قبلاً اشاره شد، اتصالات عرضی ایجاد شده توسط آنزیم ترانس‌گلوتامیناز منجر به اصلاحاتی در ویژگی‌های کارکردی پروتئین‌ها می‌شود و از این‌رو تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر بافت پنیر دارد. نتایج همچنین نشان داد که در تمامی نمونه‌های پنیر، امتیاز پذیرش کلی تا روز ۳۰ نگهداری افزایش و پس از آن کاهش یافت. در این بین، امتیاز پذیرش کلی دو نمونه شاهد به‌شکل جزیی افزایش (p>۰/۰۵) و پس از آن به‌طور معنی‌داری (p<۰/۰۵) در روز ۶۰ نگهداری کاهش یافت؛ درحالی که این روند در مورد نمونه پنیر سین‌بیوتیک تا اواسط مدت نگهداری معنی‌دار و در انتهای دوره غیرمعنی‌دار گردید (نمودار ۱). در مطابقت با نتایج این پژوهش، دانش و همکاران [۱۸] با به‌کارگیری محلول حاوی پودر کنسانتره پروتئینی آب پنیر و تیمار آنزیمی ترانس‌گلوتامیناز در تولید پنیر سفید ایرانی فراپالوده کم‌چرب گزارش نمودند که ویژگی‌های حسی نمونه کم‌چرب به‌طور قابل توجهی بهبود یافت به‌گونه‌ای که اختلاف معنی‌داری از نظر ویژگی‌های حسی رنگ و ظاهر، بافت و پذیرش‌کلی بین نمونه بهینه‌ی کم‌چرب و پرچرب مشاهده نشد. تولید پنیر سفید با کیفیت حسی مطلوب هنگام به‌کارگیری استفاده از ترکیبات آب پنیر توسط سایر محققین نیز گزارش شده است [۳۹ و ۴۱].

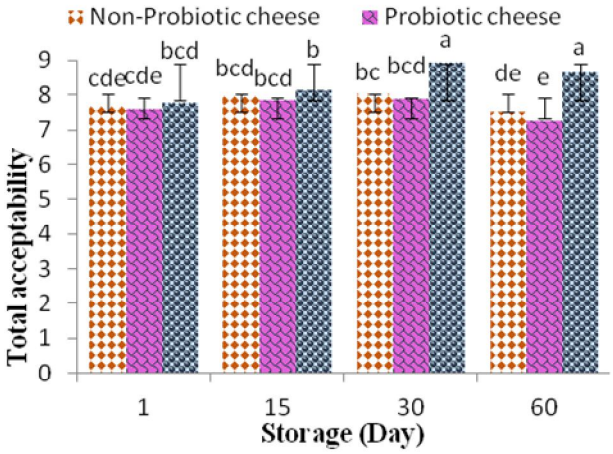

Fig 1 Comparison of overall acceptance changes of cheese samples during 60 days of refrigerated storage

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-15]

[DOI: 10.29252/fsct.17.01.12]

٤- نتیجه‌گیری

امروزه تولید محصولات عملگرا به‌دلیل خواص سلامت‌بخشی آن مورد توجه عموم مصرف‌کنندگان، محققین و تولید کنندگان قرار گرفته است. فراورده‌های لبنی پروبیوتیک و به‌ویژه نوع سین‌بیوتیک آن از مهمترین این محصولاتند. مزیت نوع سین‌بیوتیک در مقایسه با محصول پروبیوتیک، افزایش قابلیت زنده‌مانی باکتری‌های باارزش پروبیوتیک به‌دلیل وجود مواد پری‌بیوتیکی می‌باشد. در این تحقیق از پودر آب‌پنیر دمینراله و اینولین به‌عنوان ترکیبات پری‌بیوتیک استفاده گردید. از آنجایی که پنیر سفید ایرانی فراپالوده دارای بافت بسیار نرمی است و استفاده از این مواد سبب نرمتر شدن بافت می‌گردد؛ از تیمار آنزیمی ترانس‌گلوتامیناز جهت اصلاح بافت پنیر استفاده شد و نمونه سین‌بیوتیک تولیدی با دو نمونه پنیر غیرپروبیوتیک و پروبیوتیک طی مدت ٦٠ روز نگهداری مقایسه شد. نتایج نشان داد که مقادیر تمامی پارامترهای بافت (سفتی، چسبندگی، پیوستگی، ارتجاعی، صمغی و قابلیت جویدن) پنیر سین‌بیوتیک در تمام دوره‌های نگهداری بالاتر از دو نمونه‌ی شاهد غیرپروبیوتیک و پروبیوتیک بود. همچنین، پنیر سین‌بیوتیک به‌دلیل تیمار آنزیمی ترانس‌گلوتامیناز میکروبی از مقدار روشنایی (شاخص L^*) و امتیاز پذیرش کلی بالاتری در مقایسه با دو نمونه شاهد برخوردار بود. نتایج شمارش باکتری‌های پروبیوتیک نیز نشان داد که با وجود تیمار آنزیمی ترانس‌گلوتامیناز، اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد باکتری‌های *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* میان دو نمونه پنیر سین‌بیوتیک و پروبیوتیک در تمامی دوره‌های نگهداری مشاهده نگردید($p>$٠/٠٥). بنابراین با توجه به کیفیت بالای پنیر سفید فراپالوده بهینه‌ی سین‌بیوتیک، تولید آن در کارخانجات لبنی توصیه می‌گردد.

٥- سپاسگزاری

نویسندگان مقاله مراتب سپاس خود را از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان بابت پشتیبانی مالی از این تحقیق اعلام می‌دارند.

٦- منابع

[1] FAO, (2018). *Dairy Market Review*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Annual report, April 2018, Rome.Available online at: http://www.fao.org/3/19210EN/i9210en.pdf.

[2] Rivera-Espinoza, Y., Gallardo-Navarro, Y. (2010). Non-dairy probiotic products. *Food Microbiol.*,27, 1-11.

[3] Granato, D., Branco, G.F., Nazzaro, F., Cruz, A.G., Faria. J.F. (2010). Functional foods and nondairy probiotic food development: Trends, concepts, and products. *Food Sci. Food Saf.*, 9, 292-302.

[4] Oluk, A., Guven, M. Hayaglou, A. (2014). Proteolysis, texture and microstructure of low-fat Tulum cheese affected by exopolysaccharide-producing cultures during ripening. *Int. J. Food Sci. Technol.* 49, 435–443.

[5] Janer, C., Pelaez, C.,Requena, T. (2004). Caseinomacropeptide and whey protein concentrate enhance *Bifidobacteriumlactis* growth in milk. *Food Chem.*, 86, 263-267.

[6] Shihata, A., Shah, N. P. (2002). Influence of addition of proteolytic strains of *Lactobacillus delbrueckiisubsp. bulgaricus* to commercial ABT starter cultures on taxture of yoghurt, exopolysaccharide production and survival of bacteria. *Intl. Dairy J.*, 12, 765-772.

[7] Jooyandeh, H., Minhas, K.S., Kaur, A. (2007). Sensory Quality and Chemical Composition of Wheat Breads Supplemented with Fermented Whey Protein Concentrate and Whey Permeate. *J. Food Sci. Technol.*, 46(2), 146-148.

[8] Svanborg, S., Johansen, A., Abrahamsen, R.K.,Skeie, S.B. (2015). The composition and functional properties of whey protein concentrates produced from buttermilk are comparable with those of whey protein concentrates produced from skimmed milk. *J. Dairy Sci. Technol*., 98, 5829-5840.

[9] Dalvi, M.,Hamdami, N. (2011). Characterization of Thermophysical Properties of Iranian Ultrafiltrated White Cheese: Measurement and Modeling. *J.Agr. Sci. Technol.,* 13, 67-78.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-15]

[DOI: 10.29252/fsct.17.01.12]

[10] Keri Marshall, N. (2004). Therapeutic applications of whey protein. *Altern Med Rev*., 9(2), 136-156.

[11] Bounous, G. (2000). Whey protein concentrate (WPC) and glutathione modulation in cancer treatment. *Anticancer Res*., 20(6), 4785-4792.

[12] Alimoradi, F., Hojati, E., Jooyandeh, H., Zehni-Moghadam, S.A.H. and Moludi, J. (2016). Whey proteins: Health benefits and food applications. *J. Int. Res. Med. Pharm. Sci.,* 9(2), 63-73.

[13] Gonzalez-Tomás, L., Bayarri, S., Costell, E. (2009). Inulin-enriched dairy desserts: physicochemical and sensory aspects.*J. Dairy Sci. Technol*., 92(9), 4188-4199.

[14] Jaros, D.,Partschefeld, C., Henle, T., Rohm, H. (2006). Transglutaminase in Dairy products: Chemistry, physics, Applications. *J.Texture Stu.*, 37(2), 113-155.

[15] Ozer, B., Kirmaci, H.A., Oztekin, S., 2007. Incorporation of microbial transglutaminase into non-fat. *Int. Dairy J*., 17, 199–207.

[16] Bonisch, M.P., Huss, M., Weitl, K., Kulozik, U. (2007). Transglutaminase cross-linking of milk proteins and impact on yoghurt gel properties. *Int. Dairy J*., 17, 1360–1371.

[17] Clarke, D.D., Mycek, M.J., needle, A., waelsch, H. (1959). The incorporation of amines into proteins. *Arch. Biochem. Biophys.*, 79,338–354.

[18] 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. *Iranian Journal Food Science Technology*., 14(67), 285-298 (In Persian).

[19] Torabi, F., Jooyandeh, H., Noshad, M., Barzegar, B. (2019). Modeling and optimization of physicochemical and organoleptical properties and *Lactobacillus acidophilus* viability in ultrafiltrated synbiotic cheese, containing microbial transglutaminase enzyme, whey and inulin. *J. Res.Innov. Food Sci. Technol.*, 8(2), 137-150 (In Persian).

[20] Jooyandeh, H., Nooshkam, M., Davari, A.B. (2016). Effects of Different Manufacturing Methods on Yield, Physicochemical and Sensory Properties of Mozzarella Cheese. *Iranian Food Sci. Technol. Res. J.*, 12(3), 371-381.

[21] Jooyandeh, H. (2009). Effect of fermented whey protein concentrate on texture of Iranian white cheese. *J. Texture Stu.*, 40(5), 497-510.

[22] Katsiari, M., Voutsinas, L., Kondyli, E., Alichanidis, E. (2002). Flavour enhancement of low-fat Feta-type cheese using a commercial adjunct culture. *Food Chem.*, 79(2), 193-198.

[23] Bourne, M. (2004). Relation between texture and mastication. *J. Texture Stu.*, 35(2), 125-143.

[24] Aminifar, M., Hamedi, M., Emam-Djomeh, Z., Mehdinia, A. (2013). The effect of ovine and bovine milk on the textural properties of lighvan cheese during ripening. *Int. Dairy J*., 66(1), 45-53.

[25] 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. *J. Texture Stu.*,37(6), 711-730.

[26] Ozer, B., Adnan Hayaloglu, A., Yaman, H., Gürsoy, A., Sener, L. (2013). Simultaneous use of transglutaminase and rennet in whitebrined cheese production. *Int. Dairy J*., 33, 129-134.

[27] Mleko, S., Gustaw, W., Glibowski, P., Pielecki, J. (2004). Stress relaxation study of UF- milk cheese with transglutaminase. *J. Dairy Sci. Technol*., 32, 237-244.

[28] Radosevic, V., Tonkovic, K., Gregurek, L., Kos, B.,Suskovic, J. (2007). Production of fresh probiotic cheese with addition of Transglutaminase. *Mlijekarstvo*., 57(1), 15-29.

[29] Liu, H., Xu, X.M.,Guo, S.D. (2008). Comparison of full‐fat and low‐fat cheese analogues with or without pectin gel through microstructure, texture, rheology, thermal and sensory analysis. *Int.J.Food Sci.Technol.*,43(9), 1581-1592.

[30] Tunick, M.H., Malin, E.L., Smith, P.W., Shieh, J.J., Sullivan, B.C., Mackey, K.L. (1993). Proteolysis and rheology of low fat and full fat Mozzarella cheeses prepared from homogenized milk. *J. Dairy Sci. Technol*., 76(12), 3621-8.

[31] Bryant, A., Ustunol, Z.,Steffe, J. (1995).Texture of Cheddar cheese as influenced by fat reduction. *J. Food Sci.,* 60(6), 1216-9.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-15]

[DOI: 10.29252/fsct.17.01.12]

[32] Cooke, D. R., Khosrowshahi, A., McSweeney, P.L. (2013). Effect of gum tragacanth on the rheological and functional properties of full-fat and half-fat cheddar cheese.*J. Dairy Sci. Technol*., 93(1), 45-62.

[33] McSweeney, P.L.H. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *Int. J. Dairy Technol.*, 57(23), 127 -44.

[34]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. *J. Res. Innov. Food Sci. Technol.*, 5(3), 235-248 (In Persian).

[35] Juan, B., Zamora, A., Quintana, F., Guamis, B., & Trujillo, A.J. (2013). Effect of inulin addition on the sensorial properties of reduced‐fat fresh cheese. *International Journal of Dairy Technol.,*, 66(4), 478-483.

[36] Gomaa, E.A. (1990). Ultrafiltration in soft white" domiati" cheese manufacture. Dissertation, East Lansing, MI. Michigan State University. Department of Food Science and Human Nutrition.

[37] Kealy, T. (2006). Application of liquid and solid rheological technologies to the textural characterization of semi-solid foods. *Food Res. Int*., 39(3), 265-276.

[38] Fox, P.F., Cogan, T.M., Guinee, T.P., McSweeney, P.L.H. (2017). *Fundamentals of Cheese Science*. 2nd eds., Springer publication, USA. pp. 643-652.

[39] 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. *Iranian J. Food Sci. Technol.*, 14(63), 91-106 (In Persian).

[40] Jooyandeh, H., Danesh, E., Goudarzi, M. (2017). Effect of microbial transglutaminase on physical, rheological, textural and sensory properties of light ice cream. *Iranian J. Food Sci. Technol.*, 13(4), 469-479 (In Persian).

[41] Jooyandeh, H. and Minhas K.S. (2009). Effect of Addition of Fermented Whey Protein Concentrate on Cheese Yield and Fat and Protein Recoveries of Feta Cheese. *J. Food Sci. Technol.*, 46(3), 221-224.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-15]

[DOI: 10.29252/fsct.17.01.12]

Texture, color and total acceptance of synbiotic ultrafiltrated white cheese treated with microbial transglutaminase enzyme during storage period

Torabi, F. [1], Jooyandeh, H. [2*], Noshad, M. [3], Barzegar, H. [2]

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

(Received: 2019/11/06 Accepted:2020/02/22)

In this study, the effect of storage period on some characteristics of synbiotic ultrafiltratedwhite cheese (SC) as compared withtwo non-probiotic (NPC) and probiotic cheese (PC) samples were evaluated. SC with optimized formulation as: 0.43 microbial transglutaminase enzyme (U/g protein), 8.24% demineralized whey powder solution (34% T.S. substituted with retentate) and 0.71% inulin wasproduced.*Lactobacillus acidophilus* LA5 was used as probiotic bacteria. Cheese samples were evaluated for color indexes, texture profile analysis (hardness, adhesiveness, cohesiveness, springiness, gumminess and chewiness) and total acceptance duringa two-month storage period (3, 15,30, and 60 days) under refrigeration conditions. Results of texture profile analysis of cheese samples showed that except for springiness, all texture values of SC sample during the storage intervals were significantly ($p<0.05$) higher than NPC- and PC- control cheeses. Although SC sample had the higher springiness than other cheeses, it was not significant ($p>0.05$). The hardness, gumminess and chewiness values of the all cheeses until 30 days of storage were increased and thereafter decreased significantly ($p<0.01$). In terms of color indexes, SC samples had the higher L* values than other cheeses but no difference in relation to a* and b* parameters were determined. decreasing trend and a decreasing and increasing trend respectively. Furthermore, during the storage period, L^* value of all cheese treatments were meaningfully ($p<0.05$) decreased. Based on the results of evaluatedparameters, SC sample had a higher cheese quality than two control cheeses after two months of coldstorage.

Keywords: Ultrafiltrated cheese, Probiotic, Texture Profile Analysis, Color index

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-15]

[DOI: 10.29252/fsct.17.01.12]

* Corresponding Author E-Mail Address: hosjooy@asnrukh.ac.ir