

ویژگی‌های رنگ، بافت و قابلیت پذیرش پنیر سفید 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 سین بیوتیک در مقایسه با دو نمونه شاهد پنیر غیر پروبیوتیک و پروبیوتیک مورد بررسی قرار گرفت. پنیر فراپالوده سین بیوتیک با فرمول بهینه مقدار ۰/۴۳ واحد آنزیم ترانس گلوتامیناز به ازاء هر گرم پروتئین، میزان ۸/۲۴ درصد محلول آب پنیر با املاح کاهش یافته (جایگزینی ناتراوه با محلول حاوی ۳۴ درصد پودر آب پنیر دمنزله) و ۰/۷۱ درصد اینولین تولید گردید. در این پژوهش، از لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس La5 به عنوان 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 ۶۰ روز پس از تولید مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آزمون پروفایل بافت نشان داد که پنیر سین بیوتیک در تمام مقاطع زمانی از میزان سفتی، چسبندگی، پیوستگی، حالت صمغی و قابلیت جویدن بالاتری ($p < 0.05$) نسبت به دو نمونه شاهد پروبیوتیک و غیر پروبیوتیک برخوردار بود. هرچند میزان ارتجاع پذیری 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 رنگ سنجی نمونه‌ها نشان داد که میزان روشنایی (L^*) نمونه سین بیوتیک به طور معنی‌داری ($p < 0.05$) 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 ($p < 0.05$). براساس نتایج خصوصیات مورد ارزیابی، نمونه پنیر فراپالوده سین بیوتیک تولیدی از کیفیت بالاتری نسبت به دو نمونه شاهد پنیر غیر پروبیوتیک و پروبیوتیک پس از دو ماه نگهداری در یخچال برخوردار بود.

کلید واژگان: پنیر فراپالوده، پروبیوتیک، آزمون پروفایل بافت، شاخص رنگ

*مسئول مکاتبات: hosjooy@asnrukh.ac.ir

۱- مقدمه

پنیر سفید ایرانی مهمترین و عمده ترین نوع پنیر تولیدی در کشورمان است. به علاوه، با توجه به رشد روزافزون تولید پنیر در کشور و رشد منفی ۲۸ درصدی واردات سالیانه آن (۵۱ به ۳۶ تن) در طی سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۷ [۱]، ارتقاء کیفیت این محصول می باید بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد. پنیر سفید ایرانی به دو صورت سنتی و فراپالوده تولید می گردد. پنیر فراپالوده، محصولی است که در کارخانجات لبنی از شیر پاستوریزه گاو و با کمکیستیم فراپالایش (UF^1) ساخته می شود. این پنیر ساختاری یکنواخت، بدون حفره یا چشم پنیر، دارای بافتی نرم و مالش پذیر و رنگی سفید دارد. امروزه با بالا رفتن میزان آگاهی مصرف کننده ها، تقاضا برای مصرف غذاهای عملگرای پروبیوتیک به سرعت در حال رشد است. تخمین زده می شود که ۶۰ تا ۷۰ درصد از بازار جهانی غذاهای عملگرای مربوط به غذاهای پروبیوتیک باشد [۲]. در بسیاری از مطالعات نشان داده شده است، که بهترین بسته برای انتقال پروبیوتیک ها، محصولات لبنی تخمیری هستند [۳]. هرچند ماست به عنوان مهمترین محصول پروبیوتیک شناخته شده است، اما در مقایسه با آن، پنیر به دلیل داشتن مزایایی نظیر pH مناسب تر و پایداری طی زمان نگهداری می تواند جایگزین مناسبی در این زمینه باشد. به علاوه، پنیر به دلیل محتویات بالای چربی و پروتئین می تواند نقش بهتری در محافظت باکتری های پروبیوتیک در برابر شرایط سیستم گوارش ایفا کند [۴]. در میان باکتری های پروبیوتیک، باکتری *لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس* به دلیل تحمل بالاتر شرایط اسیدی، خواص رقابتی با باکتری های بیماریزا و خواص سلامت بخشی آن بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. باکتری های پروبیوتیک به آرامی در شیر رشد می کنند. بنابراین، برای رشد بهینه به یک مکمل خارجی مانند پپتیدها و اسیدهای آمینه آزاد نیاز دارند. بنابراین، افزودن ترکیبات آب پنیر می تواند باعث بهبود زنده ماندن پروبیوتیک ها گردد [۵ و ۶].

در حال حاضر، تقاضا برای استفاده از فراورده های آب پنیر در صنعت غذا به ویژه صنایع لبنی رو به افزایش است که این امر به دلیل خواص عملکردی ترکیبات آب پنیر می باشد [۷ و ۸]. پودر آب پنیر ممکن است با ویژگی های عملکردی گسترده ای تولید شود که این ویژگی ها می توانند جذابیت آن را به عنوان یک ترکیب غذایی زیاد کنند. این ویژگی های عملکردی به عنوان ویژگی های فیزیوشیمیایی تعریف شده است که

می تواند در حین پرورس، انبارمانی، آماده سازی و مصرف بر رفتار پروتئین در سیستم غذایی اثر بگذارد [۹]. پودر آب پنیر دمنراله یا با املاح کاهش یافته، حاوی ترکیب متعادلی از اسیدهای آمینه، مقدار پایین املاح و لاکتوز است که موجب بهبود طعم محصولات به کار رفته در فرمولاسیون آن ها می شود. پروتئین های آب پنیر دارای ارزش تغذیه ای، میزان پروتئین قابل استفاده در بدن و میزان کارایی پروتئین بسیار بالایی می باشند. این پروتئین ها در مقایسه با دیگر منابع پروتئینی دارای اسیدهای آمینه ضروری بالاتری می باشند. محدوده وسیعی از انواع اسیدهای آمینه (ضروری، گوگرددار و شاخه دار) در پروتئین های آب پنیر وجود دارند [۱۰]. پروتئین ها و پپتیدهای آب پنیر در جلوگیری از رشد انواع تومورهای سرطانی نقش دارند. افراد مبتلا به ویروس ایدز (HIV) دارای مشکل کمبود گلوکاتایون هستند که با قرار دادن پروتئین های آب پنیر در رژیم غذایی این بیماران میزان سیستمی در سلول های آن ها افزایش یافته و متعاقب آن کمبود گلوکاتایون جبران می گردد [۱۱]. با وجود مقادیر پایین لاکتوفرین در شیر گاو و آب پنیر حاصل از آن، این ماده به دلیل خواص آنتی اکسیدانی، ضد میکروبی، ضد ویروس، ضد سرطان و خواص پری بیوتیکی مورد توجه قرار گرفته است [۱۲]. بقای پروبیوتیک ها را می توان با کاربرد ترکیبات پری بیوتیکی هیدرات کربن نظیر اینولین و فروکتوالیگوساکارید افزایش داد. اینولین در روده کوچک هضم نمی شود اما امکان تخمیر آن در کلون توسط لاکتیک اسید باکتری ها و بنابراین تحریک رشد باکتری های سلامت بخش وجود دارد [۱۳].

روش فراپالایش باعث حفظ پروتئین های آب پنیر شده و بنابراین ضمن افزایش بازده پنی سازی موجب افزایش ارزش تغذیه ای پنیر و همچنین صرفه جویی در هزینه های انرژی و نیروی انسانی می شود. با این حال حضور پروتئین های آب پنیر موجب بروز صفات نامطلوب در این محصول می گردد که مهمترین آن نرمی بیش از حد و تلخ شدن آن به ویژه در اواخر دوره نگهداری است. یکی از روش های مؤثر و مطلوب بهبود بافت در فراورده های لبنی، استفاده از تیمار آنزیمی با ترانس گلوکوتامیناز میکروبی است. آنزیم ترانس گلوکوتامیناز میکروبی جزء آنزیم های ترانسفراز می باشد که واکنش انتقال آسیل، بین گاما-کربوکسی آمید اسید آمینه گلوکوتامین و آمین های نوع اول از جمله گروه اپسیلون-آمین لیزین در پروتئین ها را کاتالیز می کند و در نتیجه پیوندهای عرضی کووالانسی درون و بین مولکولی موجب تشکیل پلی مرهایی با وزن مولکولی بالا

درصد جایگزینی ناتراوه با محلول ۳۴ درصد پودر آب پنیر دمنیراله و ۰/۷۱ درصد اینولین (Beneo، نوع Orafit HPX، ساخت آلمان) تولید شدند. تمامی نمونه‌های پنیر فراپالوده، با ناتراوهی تولیدی کارخانه (حاوی 34 ± 0.28 درصد ماده خشک، 12 ± 0.18 درصد پروتئین و 15 ± 0.15 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 ۶۰ روزه این نوع پنیر، تمام نمونه‌های پنیر تولید شده در روزهای ۳، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ 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 نمونه‌های پنیر (عمق ۱۰ میلی‌متر) به داخل نمونه‌ها نفوذ کرد. سرعت پروپ 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-رنگ سنجی نمونه‌ها

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

۲-۴-آزمون حسی

پذیرش کلی نمونه‌های پنیر از طریق امتیازدهی توسط ۱۰ نفر ارزیابو از طریق یک آزمون ترجیحی^۲ 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

می‌شود [۱۴]. چنین پیوندهایی می‌توانند ساختار و عملکرد پروتئین‌ها را اصلاح کنند [۱۵]. آنزیم ترانس‌گلوتامیناز با اصلاحاتی در ویژگی‌های کارکردی پروتئین‌ها منجر به تشکیل فرآورده‌هایی با ویژگی‌های حسی و رئولوژیکی بهتر می‌شود [۱۶]. 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. اثرات اتصال 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 دمنیراله (۰-۱۶ درصد جایگزینی محلول حاوی ۳۴ درصد آب‌پنیر با ناتراوه) و اینولین (۰-۲ درصد) 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 ۰/۱ درصد 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)، ۰/۴۳ واحد آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی EC ۱۳،۲،۳،۲، شرکت BDF Natural Ingredients اسپانیا) به ازاء هر گرم پروتئین، ۸/۲۴

شدند تا بدین روش دمای تمامی نمونه ها 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 (۴ دوره) توسط طرح کاملاً تصادفی و در قالب فاکتوریل بررسی شد. نتایج با استفاده از برنامه GLM نرم افزار (SAS Version 9.3) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد برای مقایسه میانگین ویژگی های مختلف هر تیمار در دوره های نگهداری استفاده شد. تمامی آزمون ها 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 مرحله ای جویدن است. بافت، همراه با عطر، طعم و ظاهر غذا از عوامل اصلی در پذیرش محصول می باشد [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 واکنش های بیوشیمیایی است که طی آن بافت پنیر و سایر خواص کیفی محصول بهبود می یابد [۲۴]. سختی، نیروی لازم برای رسیدن به یک تغییر شکل مشخص می باشد و از نظر حسی نیروی لازم برای فشردن پنیر بین دندان های آسیاب می باشد [۲۵]. تغییرات پارامترهای بافتی در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج آنالیز آماری سفتی بافت نمونه های پنیر نشان داد به جز ابتدای دوره نگهداری، در سایر مقاطع سفتی در نمونه پنیر سین بیوتیک به طور معنی داری ($p < 0.05$) بالاتر از نمونه های شاهد (پروبیوتیک و غیرپروبیوتیک) بود. در تطابق با نتایج این تحقیق اوزر و همکاران [۲۶] و ملکو و همکاران [۲۷] بیان کردند افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز باعث سفت شدن پنیر شده و زمان و میزان انرژی لازم برای فرو رفتگی پنیر را افزایش می دهد. در واقع آنزیم ترانس گلوتامیناز موجب تشکیل پیوندهای بیشتری میان میسل های پروتئینی شده و مقدار مقاومت به تغییر شکل را افزایش می دهد. در مطابقت با نتایج تحقیق حاضر، رادوسویک و همکاران (۲۰۰۷) افزایش

استحکام پنیر پروبیوتیک ساخته شده با آنزیم ترانس گلوتامیناز را گزارش کردند [۲۸]. به علاوه، نتایج نشان داد که با افزایش زمان نگهداری تا روز سی ام، به دلیل کاهش مقدار رطوبت و افزایش مواد جامد کل، سفتی بافت پنیر در تمامی نمونه ها افزایش و در ادامه و در انتهای مدت زمان ۶۰ روز نگهداری به شکل معنی داری ($p < 0.01$) کاهش پیدا کرد. کمترین مقدار سفتی پنیر در نمونه شاهد غیرپروبیوتیک و در ابتدای زمان نگهداری (۰/۴۳۵ Kg) و بیشترین سفتی در نمونه سین-بیوتیک پس از گذشت مدت زمان ۳۰ روز نگهداری (۰/۸۵۲ Kg) مشاهده گردید. در نتایجی مشابه، لیو و همکاران [۲۹]، تونیک و همکاران [۳۰]، بریانت و همکاران [۳۱] افزایش و به دنبال آن کاهش سفتی بافت پنیر را همگام با گذشت مدت زمان نگهداری گزارش نمودند. به طور کلی، میزان سفتی یا نرمی پنیر آب نمکی طی دوره نگهداری به دو عامل اصلی بستگی دارد: کاهش رطوبت طی نگهداری به دلیل آب اندازی که منجر به کاهش آب در دلمه می شود و انجام پروتئولیز گسترده که با شکستن شبکه کازئینی و افزایش میزان رطوبت دلمه، سفتی آن را کاهش می دهد. بنابراین، طی مدت ۳۰ روز ابتدایی نگهداری پنیر، افزایش رطوبت منجر به تضعیف شبکه کازئینی شده و سفتی پنیر را کاهش می دهد. همچنین، درخصوص کاهش سفتی در طی رسیدن پنیر می توان این گونه بیان کرد که کاهش pH، سبب افزایش انحلال پذیری فسفات کلسیم میسل می گردد. در نتیجه، کاهش میزان کلسیم متصل به میسل های کازئین، منجر به تضعیف پیوندهای ساختاری پنیر می گردد که این پدیده می تواند 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 مولکول های غذا با سطوحی که غذا در آن قرار دارد تعریف می گردد [۲۳]. همانند ویژگی سفتی بافت، میزان چسبندگی ۳ نمونه پنیر تحت تأثیر دو عامل نوع تیمار پنیر و زمان نگهداری قرار گرفت. همان گونه که در جدول ۱ می توان مشاهده نمود، نمونه سین بیوتیک از میزان چسبندگی بالاتری نسبت به دو نمونه شاهد برخوردار بود. مواد غذایی با ماتریکس یا ساختار پروتئینی بازتر از چسبندگی پایبتری برخوردارند. آنزیم ترانس گلوتامیناز با ایجاد اتصالات عرضی درون و برون مولکولی سبب فشرده تر شدن ساختار شبکه پروتئینی کازئین شده و در نتیجه باعث کاهش نیروی چسبندگی در پنیر می شود. به علاوه، علت بالاتر بودن میزان چسبندگی در نمونه سین بیوتیک نسبت به دو نمونه شاهد و

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 پروتولیز باشد [۲۰]. در هر حال، میان دو پنیر شاهد غیرپروبیوتیک و پروبیوتیک در اکثر دوره‌های نگهداری اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید ($p > 0.05$). 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 به عنوان 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 بین نمونه پنیر 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 نمونه پنیر 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 فرایالایش 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 پروتولیز پیوستگی کاهش می‌یابد. پروتولیز 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 گروه‌های 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 ^{aA}	0.513±0.035 ^{cB}	0.752±0.054 ^{aB}	0.647±0.070 ^{bB}
	probiotic	0.439±0.013 ^{aA}	0.521±0.044 ^{cB}	0.772±0.065 ^{aB}	0.681±0.063 ^{bB}
	Synbiotic	0.445±0.031 ^{aA}	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%.

۳-۱-۴- 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 اولیه اش برمی گردد. نتایج مشخص نمود که در تمامی مقاطع رسیدن پنیر، تفاوت معنی داری میان پنیر فراپالوده سینیوتیک با دو نمونه شاهد غیرپروبیوتیک و پروبیوتیک وجود نداشت. همچنین زمان نگهداری تغییر معنی داری در شاخص ارتجاعی نمونه های پنیر به وجود نیامد ($p > 0.05$). هرچند تیمار آنزیمی ترانس گلوتامیناز می تواند سبب افزایش قابل توجه ارتجاع پذیری پنیر شود، افزودن موادی نظیر اینولین و پروتئین های آب پنیر به عنوان جایگزین چربی می توانند اثر آنزیم را تا حد قابل توجهی در این زمینه تعدیل نمایند [۳۴ 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 می شود [۲۵]. بررسی روند تغییرات صفت صمغی طی دوره نگهداری نشان می دهد 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 می یابد. به نظر می رسد که عوامل مؤثر بر تغییرات بافت در مراحل اولیه نگهداری با انتهای دوره نگهداری متفاوت است. گوما [۳۶] با بررسی تغییرات بافت در پنیر UF طی دوره نگهداری نشان داد که افزایش شاخص های بافتی طی دوره اولیه نگهداری پنیر به کاهش رطوبت نسبت داده می شود که به ایجاد بافت سفت در پنیر منتهی می شود، اما تغییرات ایجاد شده در انتهای دوره نگهداری به تغییرات ماتریکس پروتئین نسبت داده می شود. پس می توان گفت به دلیل بالاتر بودن فعالیت پروتئولیتیکی در انتهای دوره نگهداری، حالت صمغی در پنیر کاهش پیدا کرده است. در تمامی مقاطع رسیدن صمغی به طور معنی داری در پنیر فراپالوده سینیوتیک بیشتر از دو نمونه شاهد غیرپروبیوتیک و پروبیوتیک بود. علت بالاتر بودن میزان خاصیت صمغی در نمونه پنیر فراپالوده سینیوتیک، تیمار آنزیمی توسط ترانس گلوتامیناز میکروبی است. این آنزیم با برقراری اتصالات عرضی بین پروتئین های پنیر باعث کاهش پروتئولیز و در نتیجه افزایش خاصیت صمغی می گردد.

۳-۱-۶- ارزیابی قابلیت جویدن پنیر

قابلیت جویدن، کار لازم برای جویدن و خمیر کردن نمونه

هنگام بلع است و از حاصل ضرب قابلیت ارتجاع در میزان صمغی بودن محاسبه می شود [۳۷]. نتایج نشان داد که در تمامی مقاطع زمان رسیدن، نمونه پنیر فراپالوده سینیوتیک 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 ۶۰ روز نگهداری که در جدول ۱ ارائه شده است نشان می دهد که همانند ویژگی سفتی و صمغی، تا اواسط دوره نگهداری، مقدار قابلیت جویدن افزایش و پس از آن تا پایان دوره کاهش می یابد ($p < 0.01$). مطالعات نشان می دهد که علت اصلی کاهش حالت صمغی در پایان دوره نگهداری، هیدرولیز آنزیمی ترکیبات پنیر به ویژه تجزیه پروتئین ها می باشد. پروتئولیز سبب شکسته شدن و هیدرولیز مولکول های پارا-کازئین نامحلول می گردد و به این ترتیب از فشردگی شبکه پارا-کازئین کاسته شده و حلالیت آن افزایش می یابد [۳۸].

۳-۲- ارزیابی رنگ پنیر طی مدت نگهداری

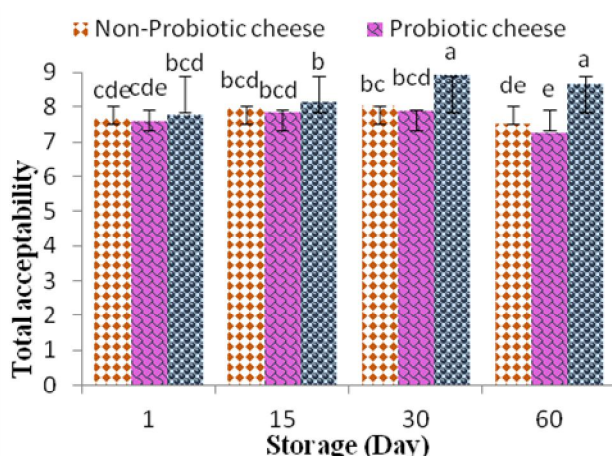
میزان روشنایی یک ماده بستگی به مقدار پراکنش نور توسط مولکول های ماده و ریزساختار آن دارد. در شیر، میزان پراکنش نور تا حد زیادی به ذرات کلوئیدی شیر به ویژه فسفات کلسیم کلوئیدی و میسل های کازئین و تا حدودی گلبول های چربی بستگی دارد. اما میزان پراکنش نور در پنیر بستگی به تعداد حفرات یا میزان تخلخل بافت شبکه کازئینی و نیز حضور ترکیباتی نظیر گلبول های چربی شیر دارد. در جدول ۲ نتایج مربوط به آنالیز رنگ پنیرهای مختلف طی دوره ۶۰ روزه نگهداری آمده است. براساس نتایج به دست آمده، میزان روشنایی (L^*) نمونه پنیر بهینه به جز در ابتدای زمان نگهداری (روز سوم)، در سایر مقاطع رسیدن به طور معنی داری ($p < 0.05$) بالاتر از دو نمونه دیگر بود. علت بالاتر بودن میزان روشنایی پنیر بهینه می تواند به بافت متخلخل تر آن مربوط باشد. دانش و همکاران [۱۸] در نتایجی مشابه روی پنیر فراپالوده نشان دادند که تیمار آنزیمی به همراه تلفیق پروتئین های آب پنیر سبب افزایش تعداد حفره های سرمی و ایجاد بافتی متخلخل در پنیر می گردد. به علاوه، میزان روشنایی در تمامی نمونه های تولیدی طی دوره رسیدن کاهش یافت ($p < 0.05$). افزایش هیدراتاسیون پروتئین ها و کاهش قطرات آب آزاد در طی دوره رسیدن می تواند دلیل اصلی کاهش بازتاب نور و میزان سفیدی نمونه های پنیر باشد [۳۹]. همان گونه که در جدول ۲ می توان ملاحظه نمود، دو شاخص رنگ a^* و b^* تحت تأثیر نوع تیمار پنیر و زمان نگهداری قرار نگرفت ($p > 0.05$).

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 ^{abB}	86.40±2.04 ^{abB}	87.39±2.28 ^{abB}	88.23±2.25 ^{aA}	Non-probiotic	L*
84.49±2.14 ^{bB}	86.42±2.25 ^{abB}	87.53±1.99 ^{abB}	88.48±2.03 ^{aA}	Probiotic	
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	a*
-2.47±0.13 ^{aA}	-2.52±0.07 ^{aA}	-2.58±0.14 ^{aA}	-2.58±0.12 ^{aA}	Probiotic	
-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	b*
10.68±0.77 ^{bA}	11.39±0.73 ^{aA}	11.06±0.80 ^{aA}	11.29±0.78 ^{aA}	Probiotic	
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%.

دوره غیرمعنی دار گردید (نمودار ۱). در مطابقت با نتایج این پژوهش، دانش و همکاران [۱۸] با به کارگیری محلول حاوی پودر کنسانتره پروتئینی آب پنیر و تیمار آنزیمی ترانس گلوتامیناز در تولید پنیر سفید ایرانی فرپالوده کم-چرب گزارش نمودند که ویژگی های حسی نمونه کم چرب به طور قابل توجهی بهبود یافت به گونه ای که اختلاف معنی داری از نظر ویژگی های حسی رنگ و ظاهر، بافت و پذیرش کلی بین نمونه بهینه ی کم چرب و پرچرب مشاهده نشد. تولید پنیر سفید با کیفیت حسی مطلوب هنگام به-کارگیری 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

۳-۳- پذیرش کلی

در طی سالیان اخیر استفاده از آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی جهت بهبود ویژگی های حسی و بافت فراورده های لبنی، به ویژه ماست و پنیر مورد توجه قرار گرفته است [۴۰]. نتایج نشان داد که پنیر فرپالوده سینبیوتیک در تمامی دوره های نگهداری امتیاز پذیرش کلی بالاتری در مقایسه با دو نمونه شاهد غیرپروبیوتیک و پروبیوتیک کسب نمود (شکل ۱). در هر حال تا روز ۳۰ نگهداری این اختلافات معنی دار نگردید ($p < 0.05$). درحقیقت، نمونه پنیر سینبیوتیک تیمار شده با آنزیم ترانس گلوتامیناز و حاوی اینولین و محلول پروتئین آب پنیر به عنوان با کیفیت ترین نمونه معرفی شد که ارزیابان حسی دلیل اصلی آن را کیفیت بالاتر بافت محصول عنوان نمودند. همان گونه که قبلاً اشاره شد، اتصالات عرضی ایجاد شده توسط آنزیم ترانس گلوتامیناز منجر به اصلاحاتی در ویژگی های کارکردی پروتئین ها می شود و از این رو تأثیر قابل ملاحظه ای بر بافت پنیر دارد. نتایج همچنین نشان داد که در تمامی نمونه های پنیر، امتیاز پذیرش کلی تا روز ۳۰ نگهداری افزایش و پس از آن کاهش یافت. در این بین، امتیاز پذیرش کلی دو نمونه شاهد به شکل جزئی افزایش ($p > 0.05$) و پس از آن به طور معنی داری ($p < 0.05$) در روز ۶۰ نگهداری کاهش یافت؛ درحالی که این روند در مورد نمونه پنیر سینبیوتیک تا اواسط مدت نگهداری معنی دار و در انتهای

۴- نتیجه گیری

امروزه تولید محصولات عملگرا به دلیل خواص سلامت بخشی آن مورد توجه عموم مصرف کنندگان، محققین و تولید کنندگان قرار گرفته است. فراورده های لبنی پروبیوتیک و به ویژه نوع سین بیوتیک آن از مهمترین این محصولاتند. مزیت نوع سین بیوتیک در مقایسه با محصول پروبیوتیک، افزایش قابلیت زنده ماندن باکتری های با ارزش پروبیوتیک به دلیل وجود مواد پری بیوتیکی می باشد. در این تحقیق از پودر آب پنیر دمنیزاله و اینولین به عنوان ترکیبات پری بیوتیک استفاده گردید. از آنجایی که پنیر سفید ایرانی فرآپالوده دارای بافت بسیار نرمی است و استفاده از این مواد سبب نرم تر شدن بافت می گردد؛ از تیمار آنزیمی ترانس گلوتامیناز جهت اصلاح بافت پنیر استفاده شد و نمونه سین بیوتیک تولیدی با دو نمونه پنیر غیر پروبیوتیک و پروبیوتیک طی مدت ۶۰ روز نگهداری مقایسه شد. نتایج نشان داد که مقادیر تمامی پارامترهای بافت (سفتی، چسبندگی، پیوستگی، ارتجاعی، صمغی و قابلیت جویدن) پنیر سین بیوتیک در تمام دوره های نگهداری بالاتر از دو نمونه ی شاهد غیر پروبیوتیک و پروبیوتیک بود. همچنین، پنیر سین بیوتیک به دلیل تیمار آنزیمی ترانس گلوتامیناز میکروبی از مقدار روشنایی (شاخص L^*) و امتیاز پذیرش کلی بالاتری در مقایسه با دو نمونه شاهد برخوردار بود. نتایج شمارش باکتری های پروبیوتیک نیز نشان داد که با وجود تیمار آنزیمی ترانس گلوتامیناز، اختلاف معنی داری از نظر تعداد باکتری های لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس میان دو نمونه پنیر سین بیوتیک و پروبیوتیک در تمامی دوره های نگهداری مشاهده نگردید ($p > 0.05$). بنابراین با توجه به کیفیت بالای پنیر سفید فرآپالوده بهینه ی سین بیوتیک، تولید آن در کارخانجات لبنی توصیه می گردد.

۵- 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 می دارند.

۶- 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). Caseinomacropetide and whey protein concentrate enhance *Bifidobacterium lactis* growth in milk. *Food Chem.*, 86, 263-267.
- [6] Shihata, A., Shah, N. P. (2002). Influence of addition of proteolytic strains of *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* to commercial ABT starter cultures on texture 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.

- [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., Hamed, 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] Radošević, V., Tonković, K., Gregurek, L., Kos, B., Susković, J. (2007). Production of fresh probiotic cheese with addition of Transglutaminase. *Mliječarstvo.*, 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.
- [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., Partscheffeld, 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., Weitzl, 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.

- [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.
- [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.

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 ultrafiltrated white cheese (SC) as compared with two 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 was produced. *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 during a 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 evaluated parameters, SC sample had a higher cheese quality than two control cheeses after two months of cold storage.

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

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