مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بررسی تأثیر صمغ فارسی و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز بر ویژگی‌های حسی، رنگ و میکروبی پنیر سفید فراپالودهٔ نیم‌چرب طی دورهٔ نگهداری سرد

سیده آمنه حبیبی[۱]، حسین جوینده[۲*]

۱- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

۲- استاد گروه علوم وصنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۲/۱۹

کلمات کلیدی:

جایگزین چربی،

MTGase،

روشنایی،

حسی،

دورهٔ نگهداری سرد

DOI:10.22034/FSCT.21.156.92.

* مسئول مکاتبات:

hosjooy@asnrukh.ac.ir

چکیده

مطالعهٔ حاضر با هدف بررسی تأثیر صمغ فارسی (PG) و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی (MTGase) بر ویژگی‌های حسی، رنگ و میکروبی پنیر سفید فراپالودهٔ نیم‌چرب طی مدت ۶۰ روز نگهداری در یخچال انجام گرفت. به‌منظور تولید نمونه‌های پنیر نیم‌چرب از PG در سه سطح ۰، ۰/۲۵، ۰/۵٪ و آنزیم MTGase در سه سطح ۰، ۰/۵ و ۱ واحد (به ازای هر گرم پروتئین ناتراوه) استفاده گردید. نتایج مشخص ساخت که تیمار نمونه‌های پنیر با PG و آنزیم MTGase تأثیر مثبتی بر ویژگی‌های حسی و کیفی این فراورده لبنی داشته است. به‌طورکلی، تیمار حاوی ۰/۵٪ PG و ۰/۵ واحد آنزیم MTGase بالاترین امتیازات حسی را توسط ارزیاب‌ها کسب کرد. براساس نظرات ارزیاب‌ها، طی مدت‌زمان نگهداری ویژگی‌های حسی عطروطعم و بافت افزایش یافت و در مقابل امتیازات رنگ و ظاهر نمونه‌های پنیر کاهش یافت. نتایج به‌دست‌آمده از آنالیز شاخص‌های رنگی مشخص ساخت که میزان روشنایی (L^*) نمونه‌های پنیر با افزودن PG و تیمار آنزیمی MTGase افزایش و با گذشت مدت‌زمان نگهداری سرد کاهش یافت. برخلاف پارامتر روشنایی (L^*)، متغیّرهای PG و آنزیم MTGase اثر معناداری بر شاخص‌های a^* (قرمزی-سبزی) و b^* (زردی-آبی) نمونه‌های پنیر مورد آزمایش نداشتند. نتایج به‌دست‌آمده از آزمون‌های میکروبی نشان داد که افزودن PG سبب افزایش زنده‌مانی باکتری‌های اسید لاکتیک (LAB) شد اما تأثیری بر شمارش کپک و مخمّرها نداشت. ازسوی‌دیگر، افزایش غلظت آنزیم سبب کاهش رشد و زنده‌مانی میکروارگانیسم‌های مورد مطالعه گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که می‌توان از PG به‌عنوان یک جایگزین چربی به‌همراه آنزیم MTGase جهت تولید پنیر سفید فراپالودهٔ کم‌چرب با ویژگی‌های تکنولوژیکی و حسی مطلوب قابل مقایسه با انواع پرچرب استفاده کرد و بهترین نمونه‌ی پنیر فراپالوده نیم‌چرب با استفاده از تیمار حاوی ۰/۵٪ PG و ۰/۵ واحد آنزیم MTGase به‌دست می‌آید.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.156.92]

۱-مقدمه

برای نخستین بار درحدود ۸۰۰۰ سال پیش، پنیر در جریان انقلاب کشاورزی در مناطقی از عراق، میان رود فرات و دجله، معروف به هلال حاصلخیز[1] تولید شد. به‌طورکلی، پنیر یک فراوردهٔ لبنی تخمیری سرشار از مواد مغذّی و هضم‌پذیر است که به‌طور گسترده‌ای در سرتاسر جهان به‌مصرف می‌رسد. بااین‌حال، اثرات مصرف پنیر بر سلامتی انسان‌ها همچنان یک موضوع بحث‌برانگیز است. ازیک‌سو، پنیر به‌عنوان منبعی غنی از پروتئین‌های با کیفیت بالا (عمدتاً کازئین)، لیپیدها، مواد معدنی (همانند کلسیم، فسفر و منیزیم)، ویتامین‌ها (نظیر ویتامین A، K_2، B_2، B_{12} و فولات)، پروبیوتیک‌ها و مولکول‌های زیست‌فعال (مانند پپتیدهای زیست‌فعال، لاکتوفرین و اسیدهای چرب کوتاه زنجیره) شناخته می‌شود که مصرف آن اثرات سلامت‌بخش بیشماری را به‌دنبال دارد. ازسوی‌دیگر، پنیر حاوی مقادیر نسبتاً بالایی از چربی‌های اشباع و نمک است که به‌عنوان ترکیبات غذایی نامطلوب برای سلامتی قلب و عروق تلقی می‌شوند [۱]. در حال حاضر، اغلب دستورالعمل‌های غذایی مصرف فراورده‌های لبنی را به‌عنوان بخشی از یک رژیم غذایی سالم توصیه می‌کنند. درعین‌حال، می‌باید از مصرف انواع مواد غذایی پرچرب و پرسدیم اجتناب نمود. درهرحال، فراورده‌های لبنی کامل مجموعه‌ای از مواد مغذّی قابل‌جداسازی نمی‌باشند، بلکه ساختارهای فیزیکی و تغذیه‌ای پیچیده‌ای دارند. به‌عنوان مثال، ماتریس لبنی بر هضم‌پذیری و زیست‌فراهمی مواد مغذّی تأثیر گذار است؛ درنتیجه مصرف لبنیات می‌تواند سلامت و بیماری انسان را تحت تأثیر قرار دهد [۲].

ازسوی‌دیگر، چربی نقش مهمی را در ایجاد ویژگی‌های مطلوب مکانیکی، حسی و رنگ برخی از فراورده‌های لبنی ازجمله پنیر ایفا می‌کند [۳]. درحقیقت، چربی به‌عنوان یک عامل نرم‌کننده در ماتریس کازئینی عمل می‌کند و باعث کاهش استحکام مکانیکی و نرم‌شدگی بافت پنیر می‌شود [٤]. علاوه‌براین، اسیدهای چرب آزاد تولیدشده ازطریق لیپولیز، از مهم‌ترین ترکیبات طعم‌دهندهٔ پنیر به‌شمار می‌آیند [۵]. بنابراین، استفاده از جایگزین‌های چربی می‌تواند راه‌حل امیدوارکننده‌ای به‌منظور بهبود ویژگی‌های ساختاری و مکانیکی فراورده‌های غذایی کم‌چرب باشد [٦]. درحقیقت، جایگزین‌های چربی گروهی از اجزای تشکیل‌دهندهٔ موادغذایی هستند که می‌توانند ویژگی‌های فیزیکی، رئولوژیکی و حسی مشابه چربی موجود در فراورده‌های غذایی مختلف را تقلید کنند، اما در مقایسه با چربی‌ها، دارای کالری کمتری می‌باشند [۷].

صمغ‌ها، یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین جایگزین‌های چربی در انواع فراورده‌های غذایی هستند که در صنایع لبنی نیز کاربرد گسترده‌ای دارند [۱۰-۷]. صمغ فارسی (PG[2])، صمغ آنیونی استخراج‌شده از تنه و شاخه‌های درخت بادام وحشی (نام علمی: *Amygdalus scoparia*) است. این هیدروکلوئید همچنین به‌نام‌های صمغ زدو و صمغ شیرازی شناخته می‌شود. ازنظر ساختاری، صمغ فارسی یک پلی‌ساکارید بسیار منشعب متشکّل از گالاکتوز و آرابینوز به‌عنوان مونوساکاریدهای اصلی به‌همراه مقادیر کمتری از رامنوز، مانوز و زایلوز است [۱۱]. امروزه با توجه به ویژگی‌های این صمغ و قابلیت آن در ایجاد قوام، پایدارکنندگی و امولسیون‌کنندگی، استفاده از آن در صنعت غذا مورد توجه قرار گرفته است [٦]. در مطالعه‌ای انجام شده در همین رابطه، تأثیر غلظت‌های مختلف صمغ فارسی بر آب‌اندازی، ویژگی‌های بافتی و رئولوژیکی پنیر سفید آب‌نمکی فراپالوده در طی مدت‌زمان رسیدن موردمطالعه قرار گرفت. براساس نتایج به‌دست‌آمده استفاده از صمغ فارسی منجر به کاهش ۲٦ تا ٤٤ درصدی آب‌اندازی نمونه‌های حاوی صمغ درمقایسه‌با به نمونهٔ شاهد در پایان دورهٔ رسیدن شد. با افزایش غلظت صمغ، کاهش معناداری در میزان آب‌اندازی، سفتی، چسبندگی، مدول الاستیک و مدول ویسکوز پنیرها مشاهده گردید؛ درحالی‌که، میزان ارتجاع‌پذیری پنیرها به‌طور

1. Fertile Crescent

2. Persian gum

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.156.92]

معناداری افزایش یافت. نمونه‌های حاوی صمغ دارای بیشترین میزان سفتی، مدول الاستیک و مدول ویسکوز در روز چهل‌وپنجم رسیدگی بودند، اما پیوستگی و ارتجاع‌پذیری روند کاهشی را در طی رسیدن نشان دادند [۱۲].

به‌علاوه، در صنایع غذایی از آنزیم‌های متنوّعی جهت بهبود ویژگی‌های تکنولوژیکی، افزایش ارزش تغذیه‌ای و راندمان تولید فراورده‌های مختلف استفاده می‌شود. آنزیم ترانس‌گلوتامیناز (TG[3]، پروتئین-گلوتامین-ε-گلوتامیل-ترانسفراز، EC 2.3.2.13)، یکی از آنزیم‌های پرکاربرد در صنایع پنیرسازی است. نخستین بار این آنزیم در سال ۱۹۵۷ از کبد خوکچهٔ هندی جداسازی گردید. پس‌ازآن، ترانس‌گلوتامیناز در سایر موجودات زنده مانند مخمّرها، گیاهان، موجودات دریایی، بی‌مهرگان، دوزیستان و پرندگان توصیف شد. امروزه، منبع اصلی تولید آنزیم ترانس‌گلوتامیناز، میکروارگانیسم‌ها می‌باشند. به‌طورکلی، ترانس‌گلوتامینازها خانواده‌ای از آنزیم‌های ترانسفرازی هستند که پیوندهای عرضی میان گروه‌های γ-کربوکسی‌آمید باقیمانده‌های گلوتامین و گروه‌های ε-آمینو باقیمانده‌های لیزین در زنجیره‌های پلی‌پپتیدی را کاتالیز کرده و پیوندهای γ)-ε-گلوتامیل) لیزین (G-L) تشکیل می‌دهند. با تشکیل ساختار شبکه‌ای پروتئینی ازطریق ایجاد پیوندهای G-L، می‌توان ویسکوزیتهٔ محلول‌های پروتئینی را افزایش داد یا باعث ژله‌ای شدن آن‌ها شد [۱۳]. همچنین، یکی از استراتژی‌های کارآمد در زمینه افزایش نسبت رطوبت به پروتئین در پنیرهای کم‌چرب، تیمار شیر مورد استفاده در پنیرسازی با آنزیم ترانس‌گلوتامیناز می‌باشد [۳]. نشان داده شده است که در مقایسه با پنیرهای گروه شاهد، نمونه‌های تیمارشده با آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی (MTGase) دارای محتوای رطوبتی، بازدهٔ تولید و سفتی بیشتری می‌باشند [۳ و ۷]. به‌علاوه، افزودن MTGase باعث بهبود احساس دهانی، ویژگی‌های بافتی و پذیرش کلی نمونه‌های پنیر می‌شود [۳ و ۷]. برای مثال، تیمار آنزیمی ترانس‌گلوتامیناز با ۸۰ واحد آنزیم (به ازای هر گرم پروتئین) و مدت‌زمان ۲۰ دقیقه، سبب دستیابی به بالاترین میزان مواد جامد و محتوای پروتئین کل در پنیر نرم گردید [۱٤]. در مطالعهٔ مشابه دیگری، تأثیر افزودن غلظت‌های مختلف MTGase و زمان‌های مختلف پخت بر ویژگی‌های پنیر موزارلای آنالوگ مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌های این پژوهش نشان داد که ویژگی ایجاد پیوندهای عرضی توسط آنزیم به‌طور معناداری سبب بهبود رنگ، بافت، ریزساختار و ذوب‌پذیری پنیر در غلظت g/ ۲/۵U پروتئین و زمان پخت min ۲۰ شده است. غلظت TGase، زمان پخت و ترکیب این عوامل به‌طور معناداری شاخص‌های رنگ (L*، a* و b*) و ویژگی‌های بافت (سفتی، چسبندگی، ارتجاع‌پذیری، حالت صمغی و غیره) را تحت‌تأثیر قرار داد، اما تأثیر معناداری بر مقادیر pH نداشت [۱۵]. با توجه به مطالب ذکرشده، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر صمغ فارسی و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز بر برخی ویژگی‌هایحسی و میکروبی پنیر سفید فراپالودهٔ کم‌چرب انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اوّلیه

نمونه‌های پنیر فراپالوده با استفاده از ناتراوه تولیدی در کارخانه پگاه خوزستان واقع در کیلومتر ۳ جاده شوش-دزفول تولید شدند. تمامی آزمایشات مربوط به ارزیابی حسی و میکروبی در آزمایشگاه گروه علوم و مهندسی صنایع‌غذایی و در دانشگاه علوم‌کشاورزی و منابع‌طبیعی خوزستان انجام گرفت. پودر کنسانتره پروتنینی شیر (حاوی حداکثر ۵٪ رطوبت، حداقل ۷۰٪ پروتئین، ۱٦/۵٪ لاکتوز، ۸٪ خاکستر، و۱/۳٪ چربی) از شرکت پگاه خراسان تهیه شد. صمغ فارسی (PG) از یک مغازه محلی در ملاثانی تهیه شد و پس از تمیز کردن و شستشوی آن، پودر صمغ تهیه شد. کشت مایه پنیر (rennilase) از شرکت کریستین هانسن (کپنهاگ، دانمارک) خریداری گردید. پودر آنزیم ترانس-گلوتامیناز میکروبی (MTGase) با میانگین فعالیت ۱۰۰ واحد به ازای هر گرم پروتئین از شرکت BDF Natural

3. Transglutaminase

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.156.92]

Ingredients، (خیرونا، اسپانیا) تهیه شد. محیط‌کشت‌های YGC آگار و MRS آگار از شرکت Merck (دارمشتات، آلمان) خریداری شدند.

۲-۲- تولید نمونه‌های پنیر کم‌چرب با استفاده از روش فراپالایش

تمامی نمونه‌های پنیر فراپالوده در کارخانهٔ لبنی پگاه خوزستان مطابق روش نصرتی[4] و همکاران [۱۶] تولید شدند. جهت تولید پنیر از شیر تازهٔ گاو با کیفیت بالا استفاده گردید. پس‌از دریافت شیر توسط کارخانه، دمای آن به‌وسیلهٔ مبدّل حرارتی صفحه‌ای به‌حدود ۵ °C کاهش داده شد و سپس، تا هنگام انجام فرایند در تانک‌های استیل ذخیره‌سازی گردید. شیر از مخازن نگهداری به خط پاستوریزاسیون هدایت شده و دمای شیر تا ۵۰°C افزایش یافت. پس‌از انتقال شیر به دستگاه خامه‌گیر و تنظیم چربی آن به مقدار ۳٪، شیر از دو دستگاه باکتوفوگاسیون عبور داده شد تا بار میکروبی آن به بیش‌از ۹۹٪ کاهش یابد. در مرحلهٔ بعد، شیر در دمای ۷۲ °C به‌مدت ۱۵ s پاستوریزه شد و پس‌از سرد کردن آن به‌وسیلهٔ مبدّل حرارتی صفحه‌ای تا دمای حدود ۵ °C، شیر پاستوریزه در مخازن ذخیره گردید. به‌منظور تولید پنیر فراپالوده، در ابتدا شیر پاستوریزه به خط تولید پنیر فرستاده شد و توسط مبدّل حرارتی دمای آن به ۵۰ °C افزایش یافت. سپس، جهت تغلیظ شیر به سیستم فراپالایش منتقل گردید. پس‌از عبور از سیستم فراپالایش، میزان مادهٔ خشک شیر به حدود ۳۲٪ افزایش یافت. ترکیبات ناتراوه تهیه شده عبارت بودند از: ۲٪/۷ لاکتوز، ۱/٤٪ خاکستر، ۱۵/۳۵٪ چربی و ۱۲/۳۸٪ پروتئین.

در مرحلهٔ بعد، برای تهیه نمونه‌های پنیر نیم‌چرب، محلول حاوی پودر کنسانترهٔ پروتئین شیر (MPC[5]) با ماده خشک مشابه ناتراوه (۳۲٪) به مقدار مساوی (حجمی/حجمی) به ناتراوه افزوده شد تا میزان چربی به نصف کاهش یابد. پس‌از افزودن پودر صمغ فارسی در سه سطح ۰، ۰/۲۵ و ۰/۵ (وزنی/حجمی) ، مخلوط با استفاده از دستگاه هموژنایزر (Ronghemachinary, JHG-Q60-P60، چین) همگن شده و در دمای ۷۵ °C به‌مدت ۱۵ ثانیه حرارت داده شد. آنزیم ترانس‌گلوتامیناز (MTGase) نیز در سطوح ۰، ۰/۵ و ۱ واحد (به ازای هر گرم پروتئین ناتراوه) اضافه شد. سپس، ناتراوه در ظروف ۱۰۰ سی‌سی پنیر پر شد و مقدار ۳٪ از مخلوط کشت آغازگر و مایه رنت پنیر به مخلوط ناتراوه تهیه‌شده اضافه گردید. در ادامه، ظروف به تونل تشکیل دلمه یا منعقدکننده[6] با دمای حدود ۳۰ °C وارد شد و پس‌از خروج از تونل، بر سطح نمونه‌های پنیر کاغذ مقاوم به چربی قرار داده شده و به‌میزان ۲٪ (وزنی/وزنی) نمک طعام به آن افزوده شد. پس از درب‌بندی ظروف پنیر با فویل آلومینیوم، درپایان ظروف پنیر به گرم‌خانه با دمای ۳۷-۳۵ °C منتقل شدند تا پس‌از گذشت ۲٤-۱۸ ساعت pH به‌حدود ٤/۸ تنزل یابد. در نهایت نمونه‌ها به سردخانه با دمای ۵ °C منتقل شدند و آزمون‌های حسی، رنگ‌سنجی و میکروبی روی پنیر انجام شد.

۲-۳- ارزیابی حسی

ویژگی‌های حسی نمونه‌های پنیر نظیر رنگ و ظاهر، عطرو-طعم و بافت توسط ۱۰ نفر ارزیاب آموزش‌دیده مورد بررسی قرار گرفت. پیش‌از انجام آزمون، نمونه‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفتند تا در هنگام ارزیابی، دمای تمامی نمونه‌ها یکسان بوده و نتایج ارزیابی حسی تحت‌تأثیر قرار نگیرد [٦].

٤-۲- ارزیابی رنگ

به‌منظور سنجش رنگ نمونه‌های پنیر از دستگاه رنگ‌سنج هانترلب (CR-400, Minolta, Japan) استفاده شد. شاخص-های رنگی موردبررسی شامل L^* (روشنایی)، a^* (قرمزی-سبزی) و b^* (زردی-آبی) بودند [٦].

۲-۵- آزمون‌های میکروبی

۲-۵-۱- شمارش باکتری‌های اسید لاکتیک (LAB)

4. Nosrati
5. Whey protein concentrate
6. Coagulatore

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.156.92]

جهت رقت‌سازی نمونه‌های پنیر، ۱ گرم نمونه از هر تیمار به نخستین لولهٔ حاوی ۹ میلی‌لیتر آب‌پپتونه افزوده شده و رقت‌های متوالی از نمونه تهیه گردید. به‌منظور شمارش باکتری‌های اسید لاکتیک از محیط‌کشت MRS آگار استفاده شد. پس‌از کشت نمونه‌ها به‌روش پورپلیت (مخلوط)، پلیت‌ها در دمای ۳۷ °C به‌مدت ٤٨ ساعت در شرایط بی‌هوازی (جار بی‌هوازی) گرم‌خانه‌گذاری شدند. جهت تعیین غلظت باکتریایی از روش شمارش استاندارد کلنی‌ها استفاده گردید [۱۷].

۲-۵-۲- شمارش کپک و مخمّرها

به‌منظور شمارش کپک و مخمّرها از محیط‌کشت YGC آگار استفاده شد. کشت به‌روش سطحی انجام گرفت و پس‌ازآن، پلیت‌ها در دمای ۲۵ °C به‌مدت ٤٨ ساعت گرم‌خانه‌گذاری شدند [۱۸].

٦-۲- آنالیز آماری

در این پژوهش، با توجه به سطوح مختلف دو متغیر صمغ فارسی (۰، ۰/۲۵ و ۰/۵٪) و آنزیم MTGase (۰، ۰/۵ و ۱ واحد به ازای هر گرم پروتئین ناتراوه)، تعداد ۹ نمونه نیم‌چرب تولید گردید. علاوه بر نمونه‌ی شاهد نیم‌چرب، نمونه کارخانه به عنوان شاهد پرچرب با ۹ نمونه نیم‌چرب مقایسه شد. تمامی آزمون‌ها با سه تکرار انجام گرفت. ویژگی‌های حسی و میکروبی نمونه‌ها در طی روزهای یکم، سی‌ام و شصتم دورهٔ نگهداری سرد مورد بررسی قرار گرفتند. داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS آنالیز شدند. به‌منظور بررسی اختلاف معنادار میان ۱۰ تیمار پنیر از آنالیز واریانس ساده و جهت بررسی اثرات متقابل میان تیمارها و مدت‌زمان نگهداری (در نمونه‌های نیم‌چرب) از طرح فاکتوریل در قالب کاملاً تصادفی استفاده گردید. میانگین داده‌ها در سطح اختلاف معناداری ۵٪ ($p < ۰/۰۵$) مقایسه شدند. تمامی نتایج به‌صورت میانگین سه تکرار ± خطای استاندارد بیان گردید.

۳- نتایج و بحث

۱-۳- نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی حسی نمونه‌های پنیر

۱-۱-۳- رنگ و ظاهر

دررابطه با بسیاری از گروه‌های موادغذایی، رنگ می‌تواند اطلاعاتی سودمندی درمورد ویژگی‌های حسی یک فراورده یا ویژگی‌های اصلی نظیر ممتاز، طبیعی یا سالم بودن در اختیار مصرف‌کنندگان قرار دهد. به‌عنوان مثال، رنگ پنیر می‌تواند نشان‌دهندهٔ طول عمر آن باشد. بدین‌معنا که با افزایش مدت‌زمان رسیدن، همزمان با افزایش سطوح ترکیبات فرّار تشکیل‌دهندهٔ طعم، ظاهر آن معمولاً تیره‌تر می‌شود. بنابراین، روشنایی پنیر یک نشانهٔ قابل‌مشاهده می‌باشد که بسته به ترجیحات فردی مصرف‌کنندگان، روی تصمیم‌گیری آن‌ها درخرید فراورده تأثیرگذار است [۱۹].

رنگ و ظاهر هر مادهٔ غذایی به‌واسطهٔ بازتاب، جذب یا عبور نور تحت‌تاثیر قرار می‌گیرد که به‌نوبه‌خود به ساختار فیزیکی و ماهیت شیمیایی آن مادهٔ غذایی بستگی دارد. یافته‌های آماری به‌دست‌آمده از اثر متغیّرهای مستقل صمغ فارسی (PG)، آنزیم MTGase و مدت‌زمان نگهداری بر میزان پذیرش رنگ و ظاهر نمونه‌های پنیر ازنظر ارزیاب‌ها در شکل‌های ۱ و ۲ و همچنین جدول ۱ قابل‌مشاهده می‌باشد. نتایج این مطالعه نشان داد که هر سه متغیّر PG، آنزیم MTGase و مدت‌زمان نگهداری اثر معناداری بر پارامترهای ذکرشده دارند ($p < ۰/۰۵$)؛ درحالی‌که، ازنظر آماری اثرات متقابل هیچ‌یک از متغیّرها معنادار نبود ($p > ۰/۰۵$).

رنگ سفید شیر به‌دلیل پراکنش نور سفید توسط ذرات کلوئیدی و پروتئین‌های شیر (میسل‌های کازئین و پروتئین‌های آب پنیر)، گلبول‌های چربی، سیترات و فسفات است. دررابطه‌با پنیر، میزان پراکنش نور به تعداد حفرات یا میزان تخلخل بافت، محتوای چربی و همچنین حضور جایگزین‌های چربی شیر بستگی دارد [۲۰ و ۲۱]. بررسی شکل‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهد که با افزایش غلظت PG در فرمولاسیون نمونه‌های پنیر، امتیاز رنگ و ظاهر افزایش پیدا کرده است؛

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.156.92]

به‌طوری‌که نمونه‌های حاوی بالاترین میزان صمغ بالاترین امتیاز رنگ و ظاهر را کسب کردند. میزان امتیاز رنگ در نمونه‌های پنیر نیم‌چرب فراپالوده حاوی ۰، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد PG به‌ترتیب ۷/۹۱، ۸/۰۳ و ۸/۱۲ تعیین شد و در مورد ظاهر ۷/۹۸، ۸/۰۷ و ۸/۲۱ به‌دست آمد. احتمالاً، افزایش در تعداد مراکز پراکندگی نور در پنیر درنتیجهٔ افزودن PG، سبب کسب امتیاز بالاتر رنگ و ظاهر شده است [۶].

در نمونه‌های تیمارشده با آنزیم MTGase نیز بیشترین امتیاز پذیرش رنگ و ظاهر در نمونهٔ حاوی ۰/۵ واحد آنزیم مشاهده گردید. بنابراین، افزودن صمغ فارسی و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز به پنیر می‌تواند به‌طور موفقیت‌آمیزی پذیرش رنگ و ظاهر این فراوردهٔ لبنی را در میان مصرف‌کنندگان افزایش دهد. با توجه به نتایج نشان داده شده در جدول ۱، با افزایش مدت‌زمان نگهداری، پذیرش رنگ و ظاهر نمونه‌های مختلف پنیر به‌طور معناداری کاهش یافت و در پایان دورهٔ نگهداری امتیاز رنگ و ظاهر کمتری توسط ارزیاب‌ها به نمونه‌های پنیر اختصاص داده شد.

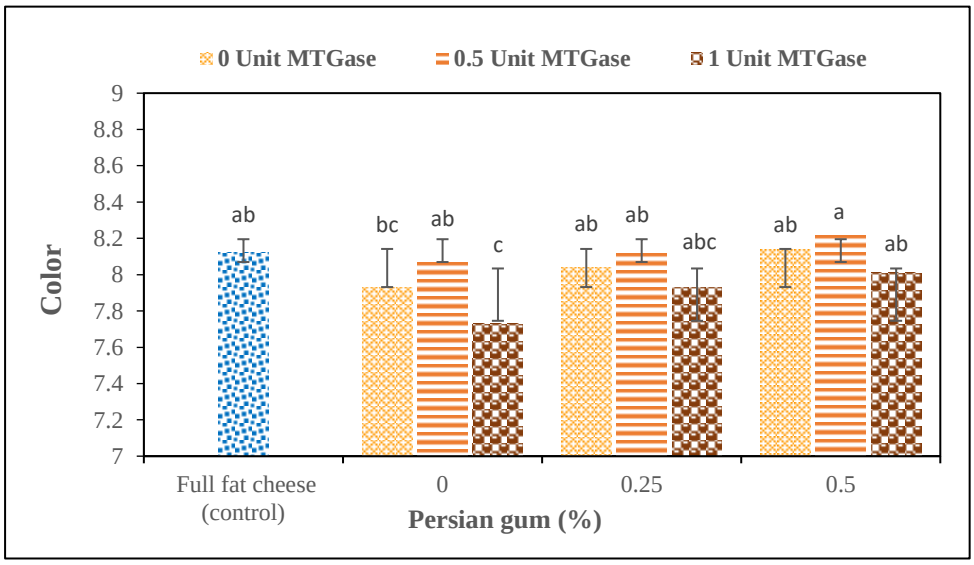

Figure 1. Effect of different concentration of MTGase and PG on the color of cheese samples

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.156.92]

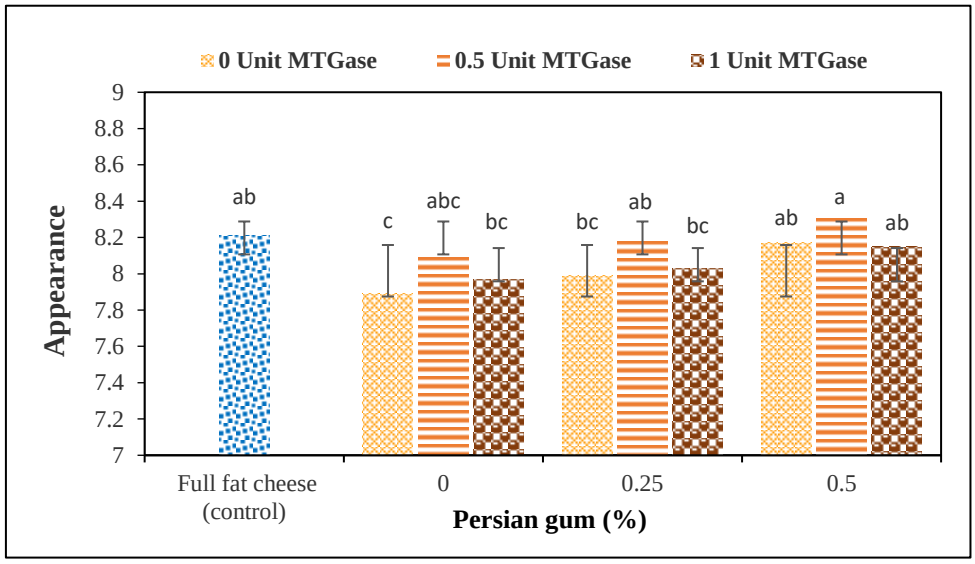

Figure 2. Effect of different concentration of MTGase and PG on the appearance of cheese samples

Table 1. The results of analysis of variance (ANOVA) of the effect of different concentration of MTGase and PG on the color and appearance of cheese samples during the cold storage

Parameter	Factor	Storage time (day)		
		1	**30**	**60**
Color	MTGase concentration (U/g protein)			
	0	8.16 ± 0.23^{ab}	8.072 ± 0.200^{a}	7.879 ± 0.276^{ab}
	0.50	8.34 ± 0.14^{a}	8.720 ± 0.289^{a}	7.989 ± 0.196^{a}
	1	8.03 ± 0.22^{b}	7.933 ± 0.201^{a}	7.706 ± 0.260^{b}
	PG concentration (%)			
	0	8.09 ± 0.21^{a}	7.93 ± 0.28^{a}	7.71 ± 0.29^{a}
	0.25	8.16 ± 0.22^{a}	8.00 ± 0.19^{a}	7.93 ± 0.27^{a}
	0.50	8.28 ± 0.22^{a}	8.14 ± 0.87^{a}	7.94 ±0.18^{a}
Appearance	MTGase concentration (U/g protein)			
	0	8.07 ± 0.256^{a}	8.039 ± 0.173^{b}	7.944 ± 0.235^{b}
	0.5	8.20 ± 0.182^{a}	8.194 ± 0.155^{a}	8.183 ± 0.242^{a}
	1	8.18 ± 0.173^{a}	8.056 ± 0.124^{b}	7.911 ± 0.215^{b}
	PG concentration (%)			
	0	8.06 ± 0.19^{b}	7.97 ± 0.15^{b}	7.93 ± 0.16^{b}
	0.25	8.12 ± 0.18^{ab}	8.13 ± 0.14^{a}	7.94 ± 0.24^{b}
	0.50	8.27 ± 0.21^{a}	8.19 ± 0.14^{a}	7.97 ± 0.29^{a}

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.156.92]

در مطالعهٔ دیگری، اثر افزودن آنزیم‌های لیپاز و آنزیم MTGase بر ویژگی‌های حسی پنیر تازهٔ کوارک مورد بررسی قرار گرفت. در طی مدت‌زمان ۲۱ روزهٔ نگهداری سرد، کاهش قابل‌توجهی در امتیاز رنگ گزارش‌شده توسط ارزیاب‌ها مشاهده گردید و در تمامی نمونه‌ها کمترین امتیاز رنگ مربوط به روز بیست‌ویکم نگهداری بود. علاوه‌براین، به‌استثنای روز اول نگهداری که در آن امتیاز رنگ نمونهٔ شاهد به‌طور قابل‌توجهی بالاتر از نمونه‌های تیمارشده گزارش شد، میان امتیاز رنگ نمونه‌های تیمارشده و نمونهٔ شاهد تفاوت معناداری وجود نداشت. همچنین میزان رطوبت تمامی نمونه‌های پنیر در طی دورهٔ نگهداری کاهش یافت و نمونه‌ها ظاهری چروکیده‌ای پیدا کرده که بر جذابیت رنگ پنیرها تأثیری منفی داشت [۱۷]. در پژوهش دیگری نیز مشخص گردید که تفاوت معناداری میان رنگ پنیرهای تازهٔ تیمارشده با آنزیم MTGase و نمونه‌های شاهد وجود نداشته است [۲۲].

۲-۱-۳- عطروطعم و بافت

در طی سه واکنش اصلی ذیل ترکیبات عطرو طعم‌زا در پنیر تشکیل می‌شوند: الف) متابولیسم لاکتوز باقیمانده، لاکتات و سیترات، ب) پروتئولیز، و ج) لیپولیز. به‌طورکلی، ترکیبات طعم‌دهندهٔ موادغذایی به دو گروه ترکیبات فرّار و غیرفرّار طبقه‌بندی می‌شوند. ترکیبات طعم‌دهندهٔ فرّار شامل الکل‌ها، اسیدها، استرها، آلدئیدها و کتون‌ها هستند که تمامی آن‌ها عامل ایجاد آروما و عطر انواع موادغذایی می‌باشند. درمقابل، ترکیبات طعم‌دهندهٔ غیرفرّار دربرگیرندهٔ ترکیباتی نظیر اسیدهای آلی، اسیدهای آمینه، قندهای احیاکننده، نوکلئوتیدها، پلی‌پپتیدها و سایر مولکول‌های کوچک هستند که همگی در ایجاد طعم موادغذایی نقش دارند [۲۳].

نتایج آنالیز آماری اثر متغیّرهای PG، آنزیم MTGase و مدت‌زمان نگهداری بر میزان پذیرش عطروطعم نمونه‌های پنیر فراپالودهٔ کم‌چرب در جدول ۲ به‌نمایش درآمده است. نتایج نشان داد تمامی متغیّرهای مستقل موردبررسی اثر کاملاً معناداری بر پذیرش عطروطعم پنیر فراپالوده داشتند (۰/۰۰۱ > p). به‌علاوه، به غیر از اثر متقابل زمان نگهداری و PG، میان سایر متغیرهای موردبررسی تفاوت معناداری مشاهده نگردید (۰/۰۵ < p). براساس نتایج نشان داده شده در شکل ۳، نمونهٔ پنیر نیم‌چرب حاوی ۰/۵٪ PG و ۰/۵ واحد آنزیم MTGase با ۸/۵ امتیاز همانند نمونه شاهد پرچرب با ۸/۵٤ امتیاز دارای بیشترین امتیاز عطروطعم بود. مطابق شکل ۳، با افزایش غلظت آنزیم MTGase به ۰/۵ واحد، امتیاز طعم افزایش یافت اما غلظت بالاتر آنزیم (یک واحد) سبب کاهش قابل‌توجه عطروطعم پنیر نیم‌چرب شد. میزان امتیاز عطروطعم در نمونه‌های پنیر نیم‌چرب فراپالوده حاوی ۰، ۰/۵ و ۱ واحد آنزیم MTGase به‌ترتیب ۷/٦٦، ۷/۹۹ و ۷/٦۷ تعیین شد. همچنین با افزایش غلظت PG میزان امتیاز عطروطعم در میان ارزیابان به‌طور معناداری افزایش یافت (۰/۰۰۱ > p). میزان امتیاز عطروطعم در نمونه‌های پنیر نیم‌چرب فراپالوده حاوی ۰، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد PG به‌ترتیب ۷/۳۱، ۷/۷۹ و ۸/۲۲ تعیین شد. در مورد زمان نگهداری نیز میزان امتیاز عطروطعم در نمونه‌های پنیر نیم‌چرب فراپالوده در دوره‌های ۱، ۳۰ و ٦۰ روز به‌ترتیب ۷/٦٤، ۷/۷۸ و ۷/۹۰ تعیین شد.

انجام فرایندهای پروتئولیز و لیپولیزدر طی رسیدن پنیر، نقش مهمی در بهبود ویژگی‌های حسی نظیر عطروطعم، بافت و میزان پذیرش کلی آن دارد. تغییرات ثانویه‌ای که به‌طور هم‌زمان با این فرایندها رخ می‌دهد، سبب ایجاد تغییرات جزئی و کلی در ویژگی‌های حسی پنیر می‌شود. سوبستراهای اصلی چنین فرایندهایی شامل کازئین‌ها، لیپیدها و ترکیبات محلول در شیر می‌باشد. در طی مدت‌زمان نگهداری، با تغییر فلور میکروبی، ویژگی‌های لخته نیز در نتیجهٔ واکنش‌های بیوشیمیایی انجام‌شده تغییر کرده و به همین دلیل ویژگی‌های جدیدی در عطر، طعم و بافت نمونه‌ها ایجاد می‌گردد [۱٦]. ممکن است کاهش میزان چربی، درک طعم پنیر توسط انسان را تحت‌تأثیر قرار دهد؛ زیرا اندازهٔ گلبول‌های چربی در پنیرهای کم‌چرب در مقایسه با انواع پرچرب کوچکتر است و همچنین آن‌ها درون ماتریس پروتئینی پنیر جای گرفته‌اند [۲٤]. در پژوهش دیگری، نتایج

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.156.92]

به‌دست آمده از تأثیر آنزیم MTGase به‌صورت آزاد و پوشینه‌دارشده بر ویژگی‌های حسی پنیر نشان داد که نمونهٔ حاوی ٦٠ ppm آنزیم پوشینه‌دارشده دارای قابل‌قبول‌ترین طعم است؛ درحالی‌که نمونهٔ دارای ٦٠ ppm آنزیم آزاد دارای بالاترین امتیاز رنگ و بو می‌باشد [٢٥].

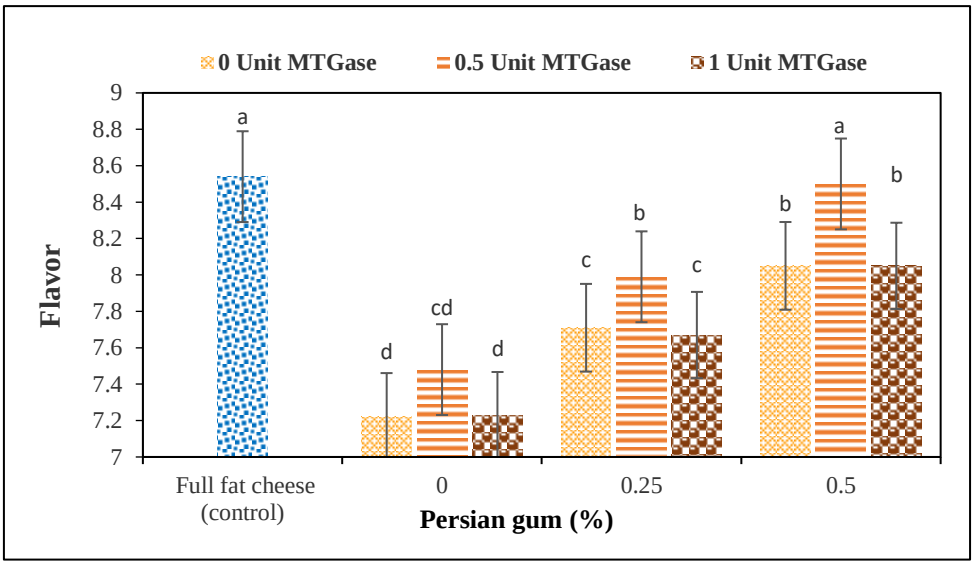

Figure 3. Effect of different concentration of MTGase and PG on the flavor of cheese samples

Table 2. The results of analysis of variance (ANOVA) of the effect of different concentration of MTGase and PG on the flavor and texture and consistency of cheese samples during the cold storage.

Parameter	Factor	Storage time (day)		
		1	30	60
Flavor	MTGase concentration (U/g protein)			
	0	7. 54 ± 0.44^{b}	7.64 ± 0.23^{b}	7.80 ± 0.52^{b}
	0.50	7.84 ± 0.53^{a}	8.01 ± 0.36^{a}	8.11 ± 0.56^{a}
	1	7.53 ± 0.41^{b}	7.07 ± 0.25^{b}	7.79 ± 52^{b}
	PG concentration (%)			
	0	7.18 ± 0.26^{c}	7.44 ± 0.25^{b}	7.311 ± 21^{c}
	0.25	7.60 ± 0.21^{b}	7.83 ± 0.29^{a}	7.93 ± 0.23^{b}
	0.50	8.14 ± 0.28^{a}	8.07 ± 32^{a}	8.46 ± 0.30^{a}
Texture	MTGase concentration (U/g protein)			
	0	6.80 ± 0.64^{a}	7.00 ± 0.78^{ab}	7.43 ± 0.65^{a}
	0.5	7.00 ± 0.62^{a}	7.22 ± 0.29^{a}	7.46 ± 0.50^{a}
	1	6.94 ± 0.72^{a}	6.90 ± 0.30^{b}	7.07 ± 0.43^{b}
	PG concentration (%)			
	0	6.25 ± 0.21^{c}	6.41 ± 0.26^{c}	6.74 ± 0.24^{c}
	0.25	6.80 ± 0.25^{b}	6.81 ± 0.18^{b}	7.34 ± 0.24^{b}
	0.50	7.69 ± 0.20^{a}	7.90 ± 0.30^{a}	7.87 ± 0.37^{a}

در شکل ٤ نتایج افزودن PG و آنزیم MTGase بر بافت نمونه‌های پنیر و مقایسهٔ آن با نمونهٔ شاهد پرچرب به‌نمایش درآمده است. در جدول ٢ نیز نتایج به‌دست‌آمده از اثرات متغیّرهای مستقل PG، آنزیم MTGase و مدت‌زمان نگهداری بر میزان پذیرش بافت نمونه‌های پنیر قابل‌مشاهده می‌باشد. یافته‌های این پژوهش مشخص ساخت که افزودن

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.156.92]

صمغ به‌طور معناداری بافت نمونه‌های پنیر را تحت‌تأثیر قرار داده است ($p < ۰/۰۰۱$) و نمونه‌های حاوی بیشترین غلظت PG، بالاترین امتیاز بافت را کسب کردند که این امر ممکن است به‌دلیل ویژگی آب‌دوستی صمغ‌ها باشد که درنتیجهٔ افزودن صمغ، مولکول‌های آب تا حد زیادی جایگزین چربی کاهش‌یافته شده و در میان ذرات پروتئینی قرار می‌گیرند که درنتیجه مانع از متراکم‌شدن زیاد شبکهٔ پروتئینی می‌شوند. می‌توان دلیل دیگر کاهش سفتی بافت پنیر را به برهم‌کنش‌های میان صمغ با زنجیره‌های پروتئینی نسبت داد. این برهم‌کنش‌ها سبب کاهش پیوندهای عرضی پروتئینی در ساختار پنیر شده و به‌دنبال آن ماتریس پروتئینی ضعیف‌تری ایجاد می‌گردد که موجب نرم‌تر شدن بافت پنیر می‌شود [۲۶].

به‌علاوه، همانند سایر ویژگی حسی موردبررسی، افزودن آنزیم MTGase تأثیر مثبتی بر پذیرش بافت نمونه‌های پنیر تیمارشده توسط ارزیاب‌ها داشت و دراین‌رابطه، تیمار حاوی ۰/۵ واحد آنزیم (۷/۲۳) دارای بالاترین امتیاز بافت بود. به‌علاوه، تفاوت معنی‌داری میان نمونه شاهد نیم‌چرب (۷/۰۸ امتیاز) با نمونه حاوی ۱ واحد آنزیم (۶/۹۶ امتیاز) مشاهده نشد. به‌نظر می‌رسد استفاده از غلظت‌های بالاتر آنزیم به‌دلیل افزایش تشکیل پیوندهای درون و برون مولکولی شبکهٔ پروتئینی کازئین سبب سفتی بیش از حد و کاهش کیفیت مطلوب بافت پنیر می‌شود. در میان تیمارهای مختلف نیم‌چرب موردبررسی، بالاترین کیفیت بافت با امتیاز ۷/۹۳ به نمونهٔ پنیر کم‌چرب حاوی ۰/۵٪ PG و ۰/۵ واحد آنزیم MTGase تعلق گرفت که تفاوت معناداری با نمونه پرچرب با امتیاز بافت ۷/۹۹ نداشت (شکل ٤).

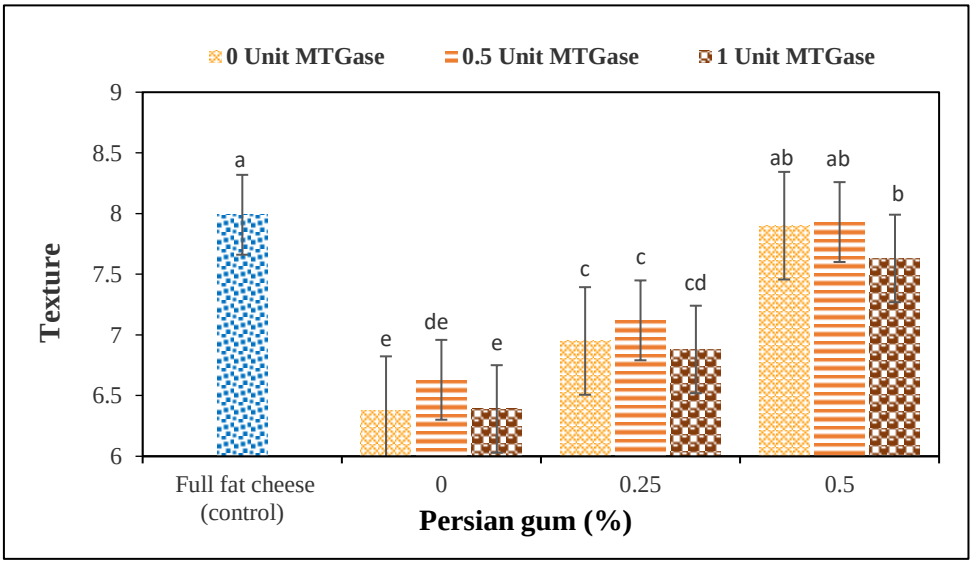

Figure 4. Effect of different concentration of MTGase and PG on the texture of cheese samples

در مطابقت با یافته‌های به‌دست‌آمده از این بررسی، در پژوهش انجام‌شدهٔ دیگری بیشترین امتیاز بافت برای نمونه‌های پنیر شاهد و انواع تیمارشده با سطوح پایین آنزیم MTGase به‌دست آمد. بهبود بافت پنیرهای تیمارشده با سطوح مناسب آنزیم می‌تواند به‌دلیل افزایش محتوای رطوبت و تشکیل پیوندهای عرضی میان مولکول‌های پروتئین باشد. بااین‌حال، در پژوهش اشاره شده، از نظر رنگ، طعم و مزه تفاوت معناداری میان نمونه‌های پنیر شاهد و نمونه‌های تیمار شده با MTGase مشاهده نشد [۲۷].

به‌طور مشابهی، ویژگی‌های حسی پنیرهای فراپالودهٔ کم‌چرب حاوی صمغ کاپاکاراگینان و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.156.92]

در طی یک دورهٔ سی‌روزه مورد مطالعه قرار گرفت. یافته‌های این پژوهش مشخص ساخت که به‌استثنای بو، صمغ کاپاکاراگینان بر سایر ویژگی‌های حسی همانند رنگ، بافت و طعم نمونه‌های پنیر تأثیری معنادار داشته است. افزودن آنزیم MTGase نیز تنها بر فاکتورهای رنگ و بافت تأثیری معناداری داشت و دررابطه با بو و طعم اثر معناداری مشاهده نشد. به‌علاوه، طول دورهٔ نگهداری تمامی ویژگی‌های حسی نمونه‌ها را به‌طور معناداری تحت‌تأثیر قرار داد. استفاده از صمغ به‌میزان ۰/۰۳٪ بهبود بافت و طعم پنیرهای کم‌چرب را باعث شد، اما استفاده از غلظت‌های بالاتر صمغ تأثیری منفی بر این فاکتورها داشت. در مقادیر ثابت صمغ نیز نمونه‌های حاوی آنزیم امتیاز بالاتری در مقایسه با نمونه‌های بدون آنزیم توسط ارزیاب‌ها دریافت کردند [۲۶].

Table 3. Effect of different concentration of MTGase and PG on the brightness of cheese samples during the cold storage

Parameter	Storage period (days)	PG concentration (%)	MTGase concentration (U/g protein)	Mean ± SD
Brightness (L*)	1	0	0	1.38±89.07
		0	0.5	1.148±90.61
		0	1	1.22±89.16
		0.25	0	1.57±90.95
		0.25	0.5	1.31±91.97
		0.25	1	1.60±91.00
		0.5	0	1.40±91.51
		0.5	0.5	1.17±92.28
		0.5	1	0.54±92.51
	30	0	0	1.84±86.78
		0	0.5	1.58±88.95
		0	1	1.43±87.55
		0.25	0	1.47±87.41
		0.25	0.5	0.71±88.80
		0.25	1	0.43±87.68
		0.5	0	1.54±89.30
		0.5	0.5	1.09±90.42
		0.5	1	1.82±89.63
	60	0	0	2.16±84.84
		0	0.5	2.16±86.64
		0	1	2.05±86.11
		0.25	0	1.84±86.58
		0.25	0.5	1.39±87.99
		0.25	1	1.42±87.56
		0.5	0	1.63±87.47
		0.5	0.5	1.21±88.76
		0.5	1	1.02±88.55

۲-۳- نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی رنگ نمونه‌های پنیر

در جدول ۳، نتایج آماری به‌دست‌آمده از شاخص رنگی L^* (روشنایی) نمونه‌های پنیر در طی دورهٔ نگهداری سرد به‌نمایش درآمده است که نشان‌دهندهٔ معنادار بودن متغیّرهای مستقل PG و آنزیم MTGase می‌باشد ($p < ۰/۰۵$)؛ بااین‌حال، اثر این متغیّرها بر شاخص‌های a^* (قرمزی–سبزی) و b^* (زردی–آبی) نمونه‌های پنیر موردآزمایش معنادار نگردید ($p > ۰/۰۵$). مطابق با نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه، میزان روشنایی نمونه‌های پنیر موردبررسی در طی مدت‌زمان نگهداری سرد کاهش یافت. این کاهش مقادیر L^* می‌تواند به‌دلیل افزایش هیدراتاسیون پروتئین‌ها و کاهش قطرات آب آزاد در طی دورهٔ نگهداری باشد که سبب کاهش پراکندگی نور می‌شود [۲۴]. مقادیر L^* نمونه‌های پنیر در طی دورهٔ

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.156.92]

شصت‌روزهٔ نگهداری در محدودهٔ ۸۴/۸۴ (نمونهٔ پنیر حاوی ۰٪ صمغ و ۰ واحد آنزیم در روز شصت‌ام نگهداری) تا ۹۲/۵۱ (تیمار حاوی ۰/۵٪ PG و ۱ واحد آنزیم MTGase در روز اول نگهداری) قرار داشت. در مطابقت با نتایج به‌دست‌آمده از مطالعهٔ حاضر، ترابی[7] و همکاران [۲۷]. نشان دادند که افزودن آنزیم ترانس‌گلوتامیناز به‌همراه پروتئین‌های آب پنیر سبب افزایش تعداد حفره‌های سرمی و ایجاد بافتی متخلخل در پنیر می‌گردد. به‌علاوه، میزان روشنایی (L^*) تمامی نمونه‌ها در طی دورهٔ رسیدن کاهش یافت. در مطالعه‌ای مشابه مشخص گردید که تفاوت اندکی میان رنگ نمونه‌های تیمارشده با آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و نمونه‌های شاهد وجود دارد که نشان‌دهنده‌ی تأثیر کم MTGase بر رنگ نمونه‌های پنیر می‌باشد. به‌علاوه، مقادیر b^* بزرگتر از صفر اندازه‌گیری شدند؛ بدین معنا که رنگ نمونه‌های موردمطالعه متمایل به زرد بوده است. به‌طورکلی، نمونه‌های تهیه‌شده از پودر شیر کامل دارای رنگ زردتری در مقایسه با انواع تولیدشده از شیر تازه بودند که ممکن است این تفاوت به‌دلیل رنگ مواد اوّلیه باشد. درحقیقت، پودر شیر به‌دلیل انجام فرایند خشک‌کردن در دمای بالا دارای رنگ تیره‌تری است [۲۲].

۳-۳- بررسی روند رشد و تغییرات زنده‌مانی باکتری‌های اسید لاکتیک (LAB)

در شکل ۵ نتایج به‌دست‌آمده از تأثیر غلظت‌های مختلف PG و آنزیم MTGase بر تغییرات رشد و زنده‌مانی باکتری‌های اسید لاکتیک (LAB) نمونه‌های پنیر به‌نمایش درآمده است. افزودن صمغ به‌طور معناداری ($p < ۰/۰۰۱$) سبب افزایش و افزودن آنزیم به‌طور معناداری ($p < ۰/۰۱$) موجب کاهش رشد و زنده‌مانی LAB شد. به‌طور میانگین، نمونه‌های پنیر حاوی بالاترین سطح صمغ (۰/۵٪) در مقایسه با سایر تیمارها دارای قابلیت رشد و زنده‌مانی بالاتری بودند. بالاترین میزان رشد LAB در تیمار پنیر نیم‌چرب حاوی ۰/۵٪ صمغ و فاقد واحد آنزیم با ۸/۴۲ Log CFU/g مشاهده گردید که تفاوت معناداری از این نظر با نمونه شاهد پرچرب با شمارش ۸/۶۹ Log CFU/g نداشت. علاوه‌براین، بررسی نمونه‌های پنیر تیمارشده در طی دورهٔ نگهداری نشان داد که رشد و زنده‌مانی باکتری‌های اسید لاکتیک به‌طور غیرمعناداری ابتدا افزایش و سپس کاهش یافته است (جدول ٤).

در مطابقت با نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه، گزارش شده که با افزودن آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و همچنین با گذشت زمان، جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیک در نمونه‌های پنیر کاهش یافته است [۲۲]. آنزیم MTGase هیچ‌گونه اثر سمّی بر LAB ندارد، اما ممکن است دلیل این کاهش، تأخیر در رشد این باکتری‌ها باشد؛ زیرا پپتیدهای با وزن مولکولی پایین و همچنین اسیدهای آمینه مورد نیاز رشد LAB با آنزیم ترانس‌گلوتامیناز تشکیل پیوندهای عرضی داده و درنتیجه از دسترس این باکتری‌ها خارج می‌شوند [۷]. در مطالعهٔ دیگری، تأثیر افزودن آنزیم MTGase و صمغ کاراگینان بر ویژگی‌های میکروبی پنیر فراپالودهٔ کم‌چرب در طی مدت‌زمان نگهداری سی روزه موردمطالعه قرار گرفت. نتایج این پژوهش مشخص ساخت که افزودن MTGase و مدت‌زمان نگهداری اثر قابل‌توجهی بر جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیک داشته است؛ اگرچه، غلظت صمغ تأثیر معناداری بر این فاکتور نداشت. پس‌از گذشت ۱۵ روز از تولید نمونه‌ها، جمعیت LAB از ۷/۳۳ Log CFU/g به ۸/۲۱ Log CFU/g افزایش یافت، اما در روز سی‌ام نگهداری به ۷/۲۱ Log CFU/g کاهش یافت [۲۶]. در پژوهش دیگری، به‌استثنای نمونهٔ حاوی ۰/۳ g/L آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و ۰/۰۶ g/L آنزیم لیپاز که در آن غلظت باکتری‌های اسید لاکتیک بیش‌از سایر نمونه‌ها بود، تغییر معناداری در جمعیت LAB نمونه‌های پنیر کوارک موردبررسی مشاهده نگردید. به‌علاوه، در طی ۲۱ روز، جمعیت LAB به‌طور معناداری افزایش یافت و بالاترین میزان آن در روز بیست‌ویکم گزارش شد [۱۷].

7. Torabi

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.156.92]

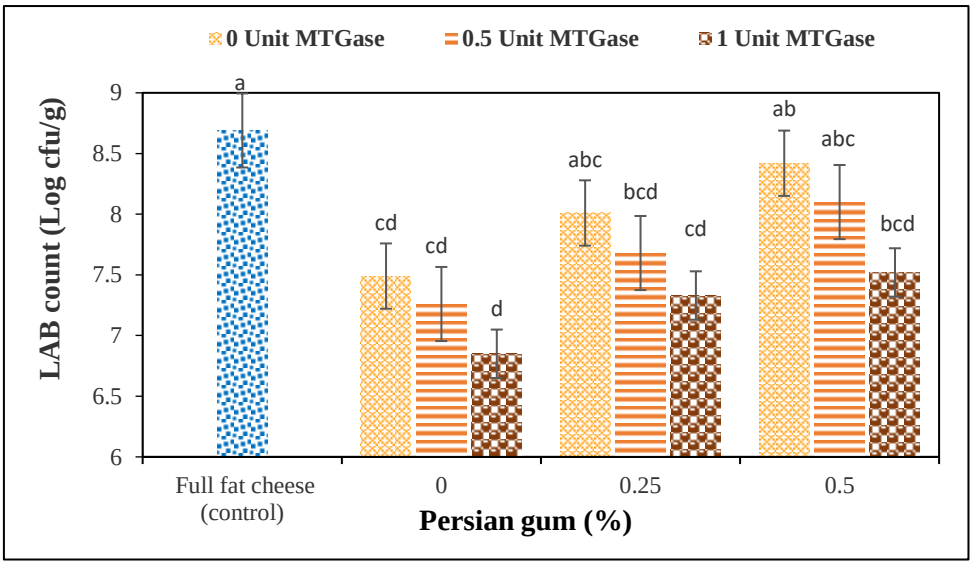

Figure 5. Effect of different concentration of MTGase and PG on the survivability of lactic acid bacteria

٤-٣- بررسی میزان رشد کپک و مخمّرها

ممکن است آلودگی قارچی فراورده‌های لبنی در طی مراحل مختلف چرخهٔ تولید از مزارع پرورش دام تا واحدهای تولیدی لبنی رخ دهد. به‌طور طبیعی در شیر خام CFU/mL ۱۰۵ -۱۰۳ سلول قارچی وجود دارد و مکان‌های شیردوشی در دامداری‌ها از منابع مهم ورود این میکروارگانیسم‌ها به شیر به‌شمار می‌آیند. همچنین آلودگی فراورده‌های لبنی توسط کپک‌ها می‌تواند ناشی از آلودگی هوای محیطی تولید این فراورده‌ها به‌ویژه پس‌از انجام فرایند پاستوریزاسیون باشد. اگرچه، معمولاً کپک‌ها از عوامل اصلی فساد شیر و سایر فراورده‌های لبنی محسوب نمی‌شوند، اما ممکن است در برخی فراورده‌های کشت‌داده‌شده منجر به ایجاد تغییرات قابل‌رؤیت درنتیجهٔ رشد میسیلیوم‌ها بر سطح چنین فراورده‌هایی و نیز ایجاد بدطعمی ازطریق فعالیت پروتئولیتیکی شوند. اغلب فساد کپکی در فراورده‌هایی مانند پنیر و کره رخ می‌دهد و سبب ایجاد طعم تلخ و ظاهری کپک‌زده در این فراورده‌ها می‌گردد [۲۸].

همان‌گونه که در شکل ٦ قابل‌مشاهده می‌باشد، یافته‌های این مطالعه نشان داد که افزودن صمغ PG تا حدودی سبب افزایش و افزودن آنزیم MTGase نیز به‌طور جزیی موجب کاهش رشد کپک و مخمّرها در نمونه‌های پنیر فراپالودهٔ نیم‌چرب شده است ($p > ۰/۰۵$). بالاترین میزان رشد قارچ‌ها در نمونهٔ حاوی ۰ واحد آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و ۰/۲۵٪ صمغ فارسی مشاهده شد. دلیل احتمالی افزایش جمعیت کپک و مخمّرها با افزایش درصد صمغ این است که مقادیر زیادی از آب دردسترس این میکروارگانیسم قرار می‌گیرد که فعالیت بالاتر آن‌ها را به‌دنبال دارد. کاهش رشد قارچ‌ها در اثر افزودن آنزیم نیز می‌تواند به‌دلیل تشکیل پیوندهای عرضی توسط آنزیم و از دسترس خارج شدن ترکیبات موردنیاز رشد این میکروارگانیسم‌ها باشد. به‌علاوه، در طی مدت‌زمان نگهداری سرد، رشد کپک و مخمّرها در نمونه‌های پنیر فراپالودهٔ کم‌چرب تیمار شده با PG و آنزیم MTGase ابتدا کاهش جزئی و سپس افزایش معناداری یافت. (جدول ٤).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.156.92]

Table 4. The results of analysis of variance (ANOVA) of the effect of different concentration of MTGase and PG on the survivability of lactic acid bacteria, molds and yeasts of cheese samples during the cold storage

Parameter	Factor	Storage time (day)		
		1	30	60
Lactic acid bacteria (Log cfu/g)	MTGase concentration (U/g protein)			
	0	7. 27 ± 0.65[a]	8.92 ± 0.66[b]	7.73 ± 0.64[a]
	0.50	7.10 ± 0.54[a]	8.60 ± 0.64[ab]	7.34 ± 0.67[ab]
	1	6.58 ± 0.52[b]	8.16 ± 0.50[b]	6.94 ± 0.65[b]
	PG concentration (%)			
	0	6.47 ± 0.41[b]	8.04 ± 0.62[b]	7.08 ± 0.80[a]
	0.25	7.03 ± 0.51[a]	8.68 ± 0.51[a]	7.31 ± 0.70[a]
	0.50	7.45 ± 0.55[a]	8.97 ± 0.53[a]	7.63 ± 0.55[a]
Molds and yeasts (Log cfu/g)	MTGase concentration (U/g protein)			
	0	1.08 ± 0.53[a]	1.02 ± 0.64[a]	2.06 ± 0.45[a]
	0.5	0.97 ± 0.46[a]	0.92 ± 0.59[a]	1.79 ±0.56[a]
	1	0.83 ± 0.25[a]	0.86 ± 0.76[a]	1.63 ± 0.56[a]
	PG concentration (%)			
	0	0.86 ± 0.56[a]	0.90 ± 0.70[a]	1.47 ± 0.34[b]
	0.25	1.15 ± 0.44[a]	1.12 ± 0.77[a]	1.79 ± 0.34[ab]
	0.50	0.87 ± 0.49[a]	0.78 ± 0.44[a]	0.21 ± 0.63[a]

پس‌از گذشت ۳۰ روز از تولید نمونه‌ها، شمارش کپک و مخمّر به‌طور مختصر از ۰/۹۶ Log CFU/g به ۰/۹۳ Log CFU/g کاهش یافت، اما در روز ۶۰ نگهداری مقدار آن به‌شکل معناداری به ۱/۸۳ Log CFU/g افزایش یافت [۲۶]. در مطالعهٔ دیگری مشخص گردید که مدت‌زمان بیست‌ویک روزهٔ نگهداری سرد دارای اثر مثبت معناداری بر رشد کپک‌ها و مخمّرها در تمامی نمونه‌های پنیر کوارک بوده است. در میان نمونه‌های تیمارشده، بالاترین جمعیت کپک‌ها و مخمّرها در نمونهٔ حاوی ۰/۳ g/L آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و ۰/۰۶ g/L آنزیم لیپاز مشاهده گردید و پس‌ازآن، نمونهٔ حاوی ۰/۲ g/L آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و ۰/۰۴ g/L آنزیم لیپاز و نمونهٔ حاوی ۰/۱ g/L آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و ۰/۰۲ g/L آنزیم لیپاز دارای بالاترین جمعیت قارچی بودند؛ درحالی‌که، کمترین جمعیت قارچی در نمونهٔ شاهد (۴/۴۹ Log CFU/g) گزارش شد. سرعت رشد در نمونهٔ شاهد کمتر از نمونه‌های تیمارشده بود و پس‌از گذشت ۲۱ روز، رشد مخمّرها و کپک‌ها در این نمونه تنها برابر با ۱/۱ Log CFU/g گزارش شد. علاوه‌براین، در طی مدت‌زمان نگهداری جمعیت کلی‌فرم‌ها به‌طور معناداری افزایش یافت و در تمامی نمونه‌های موردبررسی بالاترین سطح آن در روز بیست‌ویکم نگهداری اندازه‌گیری شد [۱۷].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.156.92]

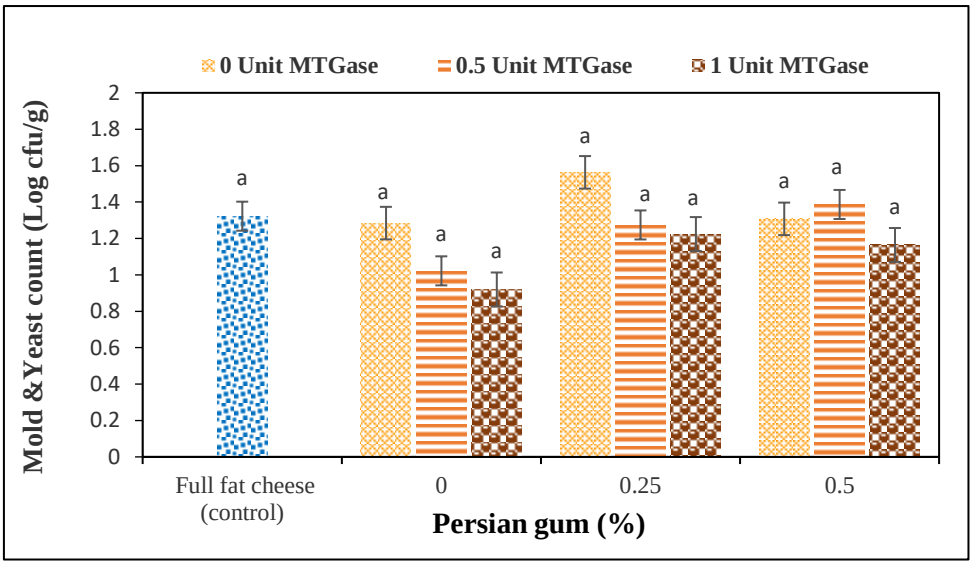

Figure 6. Effect of different concentration of MTGase and PG on the count of molds and yeasts

٤- نتیجه‌گیری

یافته‌های به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر مشخص ساخت که افزودن صمغ فارسی و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز به پنیر کم-چرب سبب بهبود رنگ و ظاهر این فراوردهٔ لبنی شده است. با افزایش مدت‌زمان نگهداری، پذیرش رنگ و ظاهر نمونه-های مختلف پنیر به‌طور معناداری کاهش یافت و در پایان دورهٔ نگهداری امتیاز رنگ و ظاهر کمتری توسط ارزیاب‌ها به نمونه‌های پنیر اختصاص داده شد. به‌علاوه، با افزایش غلظت آنزیم، امتیاز طعم افزایش یافت اما افزایش غلظت آنزیم به‌میزان یک واحد، کاهش قابل‌توجه عطروطعم پنیر نیم‌چرب را به‌دنبال داشت. افزایش غلظت PG نیز سبب افزایش میزان امتیاز عطروطعم نمونه‌های پنیر شد. افزودن صمغ همچنین به‌طور معناداری بافت نمونه‌های پنیر را تحت‌تأثیر قرار داد؛ به‌طوری‌که، بالاترین امتیاز بافت به نمونه‌های حاوی بیشترین غلظت PG اختصاص یافت. افزودن آنزیم نیز دارای تأثیر مثبتی بر پذیرش بافت نمونه‌های پنیر تیمارشده توسط ارزیاب‌ها بود و تیمار حاوی ۰/۵ واحد آنزیم، بالاترین امتیاز بافت را کسب نمود. اندازه‌گیری میزان روشنایی (L^*) نمونه‌های پنیر، کاهش مقادیر L^* را در طی دورهٔ نگهداری سرد نشان داد. نتایج به‌دست‌آمده از آزمون-های میکروبی نشان داد که افزودن صمغ به‌طور معناداری موجب افزایش و افزودن آنزیم به‌طور معناداری سبب کاهش رشد و زنده‌مانی LAB شده است. علاوه‌براین، در طی دورهٔ نگهداری رشد و زنده‌مانی باکتری‌های اسید لاکتیک به‌طور غیرمعناداری ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. افزودن صمغ تا حدودی سبب افزایش و افزودن آنزیم نیز به‌طور جزیی موجب کاهش رشد کپک و مخمّرها در نمونه‌های پنیر فراپالودهٔ نیم‌چرب شد. درنتیجه، با استفاده از سطوح مناسب صمغ فارسی و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز می‌توان پنیرهایی با ویژگی‌های تکنولوژیکی مطلوب تولید کرد. براساس نتایج کلی به‌دست آمده در این پژوهش، با کمک ۰/۵ درصد صمغ فارسی و ۰/۵ واحد آنزیم ترانس‌گلوتامیناز (به ازای هر گرم پروتئین) می‌توان پنیر نیم‌چربی با ویژگی‌های حسی مشابه با پنیر پرچرب تولید نمود.

۵- قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام شده‌است و به این منظور نویسندگان مراتب قدردانی خود را اعلام می‌دارند. همچنین از مسئولین

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.156.92]

محترم کارخانه پگاه خوزستان و واحد تحقیق و توسعه کارخانه به جهت تولید نمونه‌های پنیر قدردانی می‌گردد.

۶- منابع

[1] Jooyandeh, H. 2022. Application of Enzymes in Dairy Products. 1st ed., Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University Press. (In Persian)

[2] Zhang, M., Dong, X., Huang, Z., Li, X., Zhao, Y., Wang, Y., Zhu, H., Fang, A. and Giovannucci, E.L. 2023. Cheese consumption and multiple health outcomes: An umbrella review and updated meta-analysis of prospective studies. Advances in Nutrition, 14(5):1170-1186.

[3] Danesh, E., Goudarzi, M., and Jooyandeh, H. 2018. Transglutaminase-mediated incorporation of whey protein as fat replacer into the formulation of reduced-fat Iranian white cheese: physicochemical, rheological and microstructural characterization. Journal of Food Measurement and Characterization, 12(4): 2416-2425.

[4] Jooyandeh, H., Goudarzi, M., Rostamabadi, H., and Hojjati, M. 2017. Effect of Persian and almond gums as fat replacers on the physicochemical, rheological, and microstructural attributes of low- fat Iranian White cheese. Food Science and Nutrition, 5: 669-677.

[5] Jooyandeh, H., and Hojjati, M. 2022. Impact of animal lipase enzymes on development of lipolysis in Iranian-white brined cheese during storage period. Food Processing and Preservation Journal, 14(4): 37-54. (In Persian)

[6] Rostamabadi, H., Jooyandeh, H., and Hojjati, M. 2017. Optimization of physicochemical, sensorial and color properties of ultrafiltrated low-fat Iranian white cheese containing fat replacers by Response Surface Methodology. Journal of Food Science and Technology (Iran), 14(63): 91-106. (In Persian)

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

[8] Yademellat, M., Jooyandeh, H., and Hojjati, M. 2018. Comparison of some physiochemical and sensory properties of low-fat stirred yogurt containing Persian and Balangu-Shirazi gums. Journal of Food Science and Technology (Iran), 14(72): 313-326. (In Persian)

[9] Aires da Silva, D., Cristine Melo Aires, G. and da Silva Pena, R. 2021. Gums-Characteristics and applications in the food industry. In: Innovation in the food sector through the valorization of food and agro-food by-products, Novo de Barros, N., and Gouvinhas, I. (eds), Chapter 13, IntechOpen Limited, London, UK.

[10] Wen, P., Zhu, Y., Luo, J., Wang, P., Liu, B., Du, Y., et al. 2021. Effect of anthocyanin-absorbed whey protein microgels on physicochemical and textural properties of reduced-fat Cheddar cheese. Journal of Dairy Science, 104(1): 228-242.

[11] Sharif, N., Falcó, I., Martínez-Abad, A., Sánchez, G., López-Rubio, A. and Fabra, M.J. 2021. On the use of Persian gum for the development of antiviral edible coatings against murine norovirus of interest in blueberries. Polymers, 13(2): 224.

[12] Gholamhosseinpour, A., and Zare, S. 2024. Investigating the effect of Persian gum on physicochemical, textural and rheological characteristics of UF white brined cheese during ripening. International Dairy Journal, 155, 105952.

[13] Miwa, N. 2020. Innovation in the food industry using microbial transglutaminase: Keys to success and future prospects. Analytical Biochemistr, 597: 113638.

[14] Abou-Soliman, N.H.I., Awad, S. and El-Sayed, M.I., (2020). The impact of microbial transglutaminase on the quality and antioxidant activity of camel-milk soft cheese. Food and Nutrition Sciences, 11(03), p.153.

[15] Hebishy, E., Nagarajah, J., Thompson, L.S., Shennan, S., Best, L., Ajayi, et al. 2022. Impact

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.156.92]

of microbial transglutaminase and cooking time on functional properties of Mozzarella cheese analogues. International Journal of Dairy Technology, 75(1): 201-213.

[16] Nosrati, G., Jooyandeh, H., Hojjati, M. and Noshad, M. 2023. Study on the physicochemical properties of synbiotic UF-cheese containing demineralized ultrafiltrated whey powder and lactulose during storage period. Journal of Food Science and Technology (Iran), 20(139). (In Persian)

[17] Seyed-Moslemi, S.A., Hesari, J., Peighambardoust, S.H. and Peighambardoust, S.J. 2021. Effect of microbial lipase and transglutaminase on the textural, physicochemical, and microbial parameters of fresh quark cheese. Journal of Dairy Science, 104(7): 7489-7499.

[18] Afzali, S., Edalatian Dovom, M.R., Habibi Najafi, M.B. and Mazaheri Tehrani, M. 2020. Determination of the anti-yeast activity of Lactobacillus spp. isolated from traditional Iranian cheeses in vitro and in yogurt drink (Doogh). Scientific Reports, 10(1).

[19] Milovanovic, B., Djekic, I., Miocinovic, J., Djordjevic, V., Lorenzo, J.M., Barba, F.J. et al. 2020. What is the color of milk and dairy products and how is it measured? Foods, 9(11).

[20] Manoj Kumar, C.T., Chauhan, O.P., Sathish Kumar, M.H. and Devaraja, H.C. 2022. Chemistry of milk and milk products. In: Advances in food chemistry: Food components, processing and preservation, Chauhan, O.P. (ed), Chapter 13, Singapore: Springer Nature Singapore. pp. 471-495.

[21] Urgu, M., Türk, A., Ünlütürk, S., Kaymak-Ertekin, F. and Koca, N. 2019. Milk fat substitution by microparticulated protein in reduced-fat cheese emulsion: The effects on stability, microstructure, rheological and sensory properties. Food Science of Animal Resources, 39(1): 23-34.

[22] Pham, T.H., Pham, K.C., Huynh, A.T., Thi, N.U.L. and Trinh, K.S. 2021. Effect of transglutaminase on quality properties of fresh cheese. International Journal of Advanced and Applied Sciences, 8(4): 44-53.

[23] Zheng, X., Shi, X. and Wang, B. 2021. A review on the general cheese processing technology, flavor biochemical pathways and the influence of yeasts in cheese. Frontiers in Microbiology, 12.

[24] Kaczyński, Ł.K., Cais-Sokolińska, D., Bielska, P., Teichert, J., Biegalski, J., Yiğit, A. et al. 2023. The influence of the texture and color of goat's salad cheese on the emotional reactions of consumers compared to cow's milk cheese and Feta cheese. European Food Research and Technology, 249(5): 1257-1272.

[25] Razeghi, F. and Yazdanpanah, S. 2020. Effects of free and encapsulated transglutaminase on the physicochemical, textural, microbial, sensorial, and microstructural properties of white cheese. Food Science and Nutrition, 8(7): 3750-3758.

[26] Bohamid, A. Jooyandeh, H., Alizadeh Behbahani, B. and Barzegar, H. 2023. The effect of transglutaminase enzyme and carrageenan gum on sensory, textural and microbial properties of low fat ultrafiltrated cheese. Journal of Food Science and Technology (Iran), 20(139). (In Persian)

[27] Torabi, F., Jooyandeh, H., Noshad, M. and Barzegar, H. 2020. Texture, color and sensory characteristics of synbiotic ultrafiltrated white cheese treated with microbial transglutaminase enzyme during storage period. Journal of Food Science and Technology (Iran), 17(98):135-145. (In Persian)

[28] Leone, C., Thippareddi, H., Ndiaye, C., Niang, I., Diallo, Y. and Singh, M. 2022. Safety and quality of milk and milk products in Senegal-A review. Foods, 11(21).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.156.92]

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Study on the effect of Persian gum and transglutaminase enzyme on the sensory, color, and microbial characteristics of semi-fat ultrafiltrated white cheese during cold storage

Seyedeh Ameneh Habibi[1], Hossein Jooyandeh•[2]

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

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

ARTICLE INFO

Article History:
Received:2024/3/16
Accepted:2024/5/8

Keywords:

Fat replacer,
MTGase, Lightness,
Sensory,
Cold storage period.

DOI: 10.22034/FSCT.21.156.92.

*Corresponding Author E-hosjooy@asnrukh.ac.ir

ABSTRACT

The present study was conducted to investigating the effect of Persian gum (PG) and microbial transglutaminase (MTGase) on sensorial, color and microbial characteristics of ultrafiltrated semi-fat white cheese during 60 days of cold storage. In order to produce semi-fat cheeses, PG was used at three levels of 0, 0.25, and 0.5% and MTGase enzyme at three levels of 0, 0.5 and 1 unit/g of protein. The results revealed that the treatment of cheese samples with PG and MTGase enzyme had a positive effect on the sensory and quality characteristics of the product. In general, the cheese sample containing 0.5% PG and 0.5 units of MTGase enzyme attained the highest sensorial scores. Based on panelists' preference, during the storage time, aroma and texture scores increased while color and appearance attributes decreased. The results obtained from the analysis of color values revealed that the lightness (L∗) of cheeses increased with the addition of PG and MTGase enzyme treatment and decreased with the passage of storage time. Unlike the lightness, PG and MTGase enzyme had no significant effect on a∗ (red-green) and b∗ (yellow-blue) values of the experimented cheese samples. The results obtained from the microbial evaluation showed that the addition of PG increased the viability of lactic acid bacteria (LAB), but it had no effect on the count of mold and yeasts. On the other hand, increasing the concentration of the enzyme decreased the growth and survival of the studied microorganisms. The results of this study showed that PG can be used as a fat substitute along with MTGase enzyme to produce ultrafiltrated low-fat white cheese with favorable technological and sensory characteristics comparable to high-fat cheese varieties, and the best sample of ultrafiltrated semi-fat cheese is obtained using a treatment containing 0.5% PG and 0.5 unit of MTGase enzyme.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.156.92]