مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال هفتم، شماره ۵، ویژه‌نامه زمستان ۱۳۹۱، صفحات ۴۸۷-۴۸۱

تأثیر آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی (MTG) بر خصوصیات بافتی و حسی پنیر فراپالایشی

سید سجاد حسینی اقدم[۱]، مسعود دزیانی[۲]، رقیه عزتی[۲]، سید علی یاسینی اردکانی[۳]، محمد دانشی[۳]، رضا لاری‌پور هرات[۴]، ایاد بهادری منفرد[۵]

۱- کارشناسی ارشد مهندسی صنایع غذایی، پردیس علوم تحقیقات یزد، ایران
۲- عضو هیات علمی گروه صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد صوفیان، ایران
۳- عضو هیات علمی گروه صنایع غذایی، پردیس علوم تحقیقات یزد، ایران
۴- نویسنده مسئول: پژوهشکده طب سطحی و زیرسطحی، دانشگاه علوم پزشکی ارتش ، پست الکترونیکی: reza_laripour@yahoo.com
۵- کمیته تحقیقات دانشجویان دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

سابقه و هدف: آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی جزء آنزیم های ترانسفراز می باشد که می تواند بین اسید آمینه گلوتامین از یک پروتئین و لایزین از پروتئین دیگر اتصالات عرضی ایجاد کند،در این پژوهش تأثیر افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی (MTG) هم زمان با رنین در دو مدت زمان انکوباسیون ۳۰ و ۶۰ دقیقه، در درجه حرارت ۳۸°C بر روی ویژگی‌های بافتی و حسی پنیر فراپالایشی (UF) طی روزهای ۱، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ مورد مطالعه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها: آنزیم ترانس گلوتامیناز در سه غلظت ۱۵،۳۰ و ۴۵ واحد به ازای هر لیتر شیر مورد استفاده قرار گرفت. برای پی بردن به ویژگی‌های بافتی (تنش در نقطه‌ی گسیختگی و مدول یانگ) از ماشین بافت سنج (تستومتریک) استفاده شد.

یافته‌ها: آنزیم ترانس گلوتامیناز طی روزهای اول رسیدن سبب افزایش سطح تنش در نقطه‌ی گسیختگی و مدول کشسانی یانگ پنیرفراپالایشی شد.نسبت رطوبت به پروتئین نیز در تیمارهای مختلف نسبت به نمونه‌ی شاهد (C) کاهش یافت. با گذشت زمان شاهد کاهش تنش در نقطه‌ی گسیختگی، مدول یانگ و در نتیجه کاهش سفتی نمونه‌های تیمار شده‌ی پنیر بودیم. افزایش مدت زمان انکوباسیون از ۳۰ دقیقه به ۶۰ دقیقه سبب تأثیر بیشتر آنزیم ترانس گلوتامیناز بر روی خصوصیات بافتی و حسی پنیر UF می‌شود. افزودن ترانس گلوتامیناز در غلظت ۱۵ واحد به ازای هر لیتر شیر در زمان‌های انکوباسیون ۳۰ و ۶۰ دقیقه سبب ایجاد بافتی مستحکم با پذیرش کلی بالای پنیر فراپالایشی می‌شود.

نتیجه‌گیری: غلظت‌های بالای آنزیم ترانس گلوتامیناز در هر دوزمان انکوباسیون سبب افزایش بیش از حد سفتی بافت و کاهش پذیرش کلی می‌شود.

واژگان کلیدی: پنیر فراپالایشی، آنزیم ترانس گلوتامیناز، مدت زمان انکوباسیون، بافت

مقدمه

کازئین پروتئین اصلی شیر، سوبسترای بسیار مناسبی برای MTG می‌باشد. این پروتئین قابل تغییر می‌باشد و به علت فقدان باندهای دی سولفید در آلفا و بتا کازئین به شدت در مقابل آنزیم‌ها بی پناه و اثر پذیر می‌باشد. کازئین نسبت به پروتئین‌های محلول در شیر به آسانی تحت تأثیر اتصالات عرضی قرار می‌گیرد (۱). این در حالی است که پروتئین‌های محلول به سختی تحت اثر MTG قرار می‌گیرند. مطالعات نشان می‌دهد که توانایی اتصالات عرضی به ترتیب در سدیم کازئینات، پودر شیر پس چرخ اولترا فیلتره، پودر شیر پس چرخ و پروتئین‌های محلول ایزوله شده از شیر کاهش می‌یابد. به‌علاوه محققین نشان دادند که برای افزایش اتصالات عرضی در سدیم کازئینات باید میزان گروه‌های آزاد آمین به میزان ۵ درصد کاهش یابد و این ثابت می‌کند که برای الیگومریزاسیون کامل کازئین فقط تعدادی جایگاه برای ایجاد اتصالات عرضی لازم و ضروری می‌باشد. قابلیت همه ترکیبات سدیم کازئینات برای واکنش با ترانس گلوتامیناز متفاوت می‌باشد(۲). کاپا کازئین بیشتر از آلفا و بتا کازئین مستعد واکنش با این آنزیم می‌باشد. در این بین توانایی آلفا کازئین بیشتر از نوع بتا است (۳). ترانس گلوتامیناز برای تغییر خصوصیات رئولوژیکی کازئین‌ها بدون

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-16]

تأثیر روی خصوصیات ویژه‌ی پروتئین‌ها یا خسارت به این خصوصیات، مفید است. زمانی که این آنزیم در تولیدات لبنی به کار برده می‌شود، امکان افزایش نیروی ژل، ویسکوزیته‌ی سطحی، ظرفیت نگهداری آب را فراهم می‌کند. هم‌چنین روی خصوصیات لخته کنندگی 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. این ثابت شده که ژل تلفیق شده با غلظت‌های بالاتر آنزیم، بیشتر ویسکو الاستیک می‌باشد (۴).

مواد و روش‌ها

مواد شیمیایی مورد استفاده در این پروژه ساخت شرکت مرک آلمان بود و از خلوص تجزیه‌ای بالا برخوردار بودند. اسامی این مواد به ترتیب زیر می‌باشد. سود، فنل فتالئین، کاتالیزور کجلدال، اسید سولفوریک، نیترات نقره، تیوسیانات سدیم، کاغذ صافی واتمن شماره‌ی ۴۱ و ۴۲. آنزیم ترانس گلوتامینازمیکروبی (Ec،۱۳،۲،۳،۲)،که از شرکت روبرته، اسپانیا، تهیه شد. برای انجام آزمایشات مربوطه از لوازم و دستگاه‌های زیر استفاده شد.

۱- دستگاه هضم و تقطیر کجلدال شرکت Gerhardt مدل Vapodest 20 ساخت آلمان

۲- pH متر مدل Knik 766

۳- سانتریفوژ مدل Nova ساخت آلمان

۴- دستگاه رطوبت سنج سارتوریوس

۵- بن ماری ساخت شرکت Memmert

۶- آون ساخت شرکت Memmert با ماکزیمم دمای ۲۲۰°C .

فاکتورهای مورد مطالعه عبارت بودند از :

۱- غلظت آنزیم ترانس گلوتامیناز که در سه سطح ۱۵، ۳۰ و ۴۵ واحد به ازای هر لیتر شیر مورد استفاده قرار گرفت.

۲- زمان انکوباسیون: در دو زمان ۳۰ و ۶۰ دقیقه در درجه حرارت ۳۸°C مورد مطالعه قرار گرفت.

۳- زمان رسیدن: ۱، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز

تولید نمونه‌های پنیر تلفیق شده با آنزیم ترانس گلوتامیناز در شرکت پگاه آذربایجان شرقی صورت گرفت.

اصول کلی برای تولید پنیر به روش اولترافیلتراسیون مشابه اصولی است که در حالت کلی برای تولید پنیر به کار می‌رود، با این تفاوت که در اینجا شیر با عبور از فیلتر تغلیظ شده، آب و مواد محلول خود را تا حد لازم (حدود ۴۰٪) از دست می‌دهد. بعد با افزودن استارتر و آنزیم به فاز ماندگار، دلمه پنیر بدون نیاز به مرحله‌ی عمل آوری دلمه و خروج آب پنیر به دست می‌آید. شیر با کیفیت مطلوب و استاندارد از لحاظ میکروبی و فیزیکوشیمیایی ابتدا از فیلتر فلزی در مسیر عبور کرده و بعد از خنک شدن در مبدل حرارتی تا ۶°C وارد مخازن شیر خام شد. در موقع تولید، شیر از این مخازن ابتدا وارد مبدل حرارتی صفحه‌ای شد و پس از گرم شدن تا ۵۵°C واردسپراتور و میزان چربی آن در ۳٪ تنظیم شد. پس از خامه‌گیری شیر وارد باکتریوفاژ اول و دوم شد تا بالغ بر ۹۹٪ از بار میکروبی آن گرفته شود. سپس شیردر مبدل حرارتی صفحه‌ای در دمای ۷۲°C به مدت ۱۵ ثانیه پاستوریزه شد. بعد از این مرحله شیر برای خنک سازی تا ۶°C به مخازن نگهداری شیر پاستوریزه فرستاده شد. از این مخازن شیر جهت تغلیظ ابتدا در مبدل حرارتی صفحه‌ای تا حرارت ۵۰°C حرارت مقدماتی دید و بعد از عبور از فیلتر فلزی وارد بالانس تانک اولترافیلتراسیون شد. با عبوراز صافی‌های مذکور شیر به دو بخش پرمیت (دارای ۵/۸ ٪ ماده خشک، ۲٪ پروتئین، ۴/۹ ٪ لاکتوز، ۰/۵ ٪ املاح و تقریباً حدود ۰/۰ ٪ چربی) و رتنتیت (دارای ۳۷٪ ماده خشک، ۱۵/۶ ٪ پروتئین، ۳/۴ ٪ لاکتوز، ۱/۷۵٪ املاح و ۱۶/۴ ٪ چربی) تبدیل می‌شود (۵).

مشخصات فیزیکو شیمیایی پنیر عبارتند از: رطوبت ۶۵-۶۰ ٪، نمک ۴-۲٪، FDM ۴۰٪ و pH درحدود ۴/۸الی ۴/۴٪.

نمونه پنیرهای مورد نیاز برای این مطالعه از شرکت پگاه آذربایجان شرقی تهیه شدند. به این ترتیب که از تولید یک روز کارخانه در ساعات مختلف نمونه‌ها با ۳ تکرارانتخاب شدند و بعد از افزودن استارتر و رنت، آنزیم ترانس گلوتامیناز در سه سطح ۱۵، ۳۰و ۴۵واحد به ازای هر لیتر شیر اضافه شد. نمونه‌ها به تفکیک دو زمان انکوباسیون ۳۰ و ۶۰ دقیقه را سپری کرده و بعد در گرم‌خانه به مدت ۲۴ ساعت مرحله‌ی گرمخانه‌گذاری را طی کردند. در مرحله‌ی آخرنمونه‌های پنیر در سردخانه‌ی ۵- °C نگهداری شد تا آزمون‌های مربوطه در روزهای تعیین شده انجام گیرد. میزان نمک در نمونه‌های پنیر بر پایه‌ی روش ولهارد اندازه‌گیری شد. در این روش نیترات نقره در مقدار بیش از حد نیاز به نمونه اضافه می‌شود تا با یون کلر به صورت کلرید نقره ته نشین شود. سپس مقدار اضافی نیترات نقره به روش تیتر سنجی با تیوسیانات سدیم در مجاورت یون آهن سه ظرفیتی

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-16]

اندازه‌گیری شد. pH نمونه‌های پنیر با استفاده از pH متر مدل Knik 766 کالیماتیک اندازه‌گیری شد (۶). آزمایش تعیین رطوبت با استفاده از روش حرارت دهی نمونه‌های پنیر تا رسیدن به وزن ثابت با استفاده از دستگاه رطوبت سنج مدل سارتوریوس انجام شد. چربی نمونه‌های پنیر بر حسب ماده خشک با استفاده از استاندارد ملی ایران به شماره‌ی ۷۶۰ تعیین شدند. طبق این روش ۳ گرم از پنیر در مخزن مخصوص بوتیرومتر وزن شد و در داخل استوانه‌ی چربی سنج قرار داده شد. از قسمت بالای چربی سنج ۱۰ میلی‌لیتر آب و سپس ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک به آرامی به آن اضافه شد. چربی سنج به آرامی تکان داده و بعد در داخل بن ماری°C ۶۵ نگهداری شد. مدت نگهداری در حدی بود که نمونه به طور کامل در اسید حل شود. سپس ۱ میلی‌لیتر الکل آمیلیک و در صورت لزوم چند قطره آب اضافه شد تا قرائت نتیجه پس از سانتریفوژ به آسانی میسر شود. چربی سنج به مدت ۵ دقیقه با دور ۱۲۰۰ دور در دقیقه درسانتریفوژ مدل NOVA قرار داده و سپس نتیجه قرائت شد. اندازه‌گیری ازت کل نمونه‌های پنیر با استفاده از روش کجلدال انجام شد. نسبت رطوبت به پروتئین (M:P) از تقسیم کردن درصد رطوبت به درصد پروتئین به دست آمد. فشرش تک محوری که ساده‌ترین آزمایش بنیادین است. با استفاده از یک ماشین تحلیل گربافت(تستومتریک، مدل ام ۳۵۰-۱۰ سی تی) مجهز به لودسل ۵۰۰ نیوتنی انجام گرفت. برای انجام آزمایش، پیستونی مسطح با قطر ۲۹میلیمتر به پیشانی پیش‌رونده دستگاه متصل شد. قطعه‌های پنیربه مکعب‌هایی با اضلاع ۲۰×۲۰میلیمتردردمای ۶درجه‌ی سلسیوس بریده شده و به منظورجلوگیری ازدست دادن رطوبت، به سرعت درداخل ظرف‌های غیرقابل نفوذ به هوا قرار داده شده و دربندی شدند. نمونه‌های پنیردست کم ازعمق ۲ میلیمتری قطعه‌های پنیرانتخاب شدند. برای اینکه نمونه‌ها با اتاق هم‌دما شوند، به مدت دست کم ۴ ساعت پیش از آزمایش دردمای اتاق نگهداری شدند. نمونه‌ها به صورت تک محوری با سرعت پیشانی ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه تا۵۰ درصد از ارتفاع اولیه نمونه در یک گاز فشرده شدند. تنش در نقطه‌ی گسیختگی از تقسیم کردن نیروی ثبت شده در نقطه‌ی گسیختگی منحنی دفورماسیون تقسیم بر سطح اولیه نمونه و مدول کشسانی یانگ به صورت مدول سکانت در نقطه‌ی گسیختگی به دست آمد. آزمایشات رئولوژیکی در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (آزمایشگاه گروه علوم و صنایع غذایی) صورت گرفت. برای ارزیابی حسی از کارکنان شرکت پگاه آذربایجان شرقی که آشنا به طعم و بافت پنیر فراپالایشی بودند، به عنوان داور انتخاب شدند. نمونه‌های پنیر که به صورت تصادفی رمزگذاری شده بودند توسط گروه حسی مورد ارزیابی قرار گرفتند. ارزیاب‌های گروه پذیرش شامل ۲۴ نفر با گستره‌ی سنی ۲۳ تا ۳۳ بودند که ۶ نفر آن‌ها مرد و ۴ نفر آن‌ها زن بود.پیش از ارزیابی، از افراد خواسته شد تا پرسش نامه‌ای که حاوی سوال‌هایی در مورد جنس، سن و دفعه‌های مصرف پنیر (عدم مصرف پنیر، کمتر از یک مرتبه در ماه، ۲-۴ مرتبه در ماه، ۵-۶ مرتبه در ماه و بیش از ۶ مرتبه در ماه) بود پر کنند. ارزیاب‌هایی که میزان مصرف پنیرشان ۴-۲ مرتبه در ماه یا کمتر بود از تحلیل داده‌ها کنار گذاشته شدند. برای شستشوی دهان در بین نمونه‌ها داورها از آب استفاده کردند. پنیر از دید ظاهر، بافت، طعم و پذیرش کلی بر اساس مقیاس هدونیک ۵ امتیازی (یک= نامطلوب ترین، پنج= مطلوب‌ترین) مورد ارزیابی قرار گرفتند. قطعه‌های پنیر با اندازه‌ی ۳×۳×۲ سانتی‌متر برای گاز زدن بریده شده و در داخل ظروف پلاستیکی غیر قابل نفوذ به هوا قرار داده شدند. تا پیش از ارزیابی، به مدت ۲ساعت در دمای اتاق به تعادل برسند. ارزیابی حسی در روزهای ۱، ۱۵،۳۰ و ۴۵ رسیدن صورت گرفت (۷). برای تجزیه آماری داده‌ها از تحلیل واریانس سه طرفه و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS ۱۸ در سطح احتمال ۵ ٪ استفاده شد. هم‌چنین برای مشخص کردن سطوح معنی‌داری و مقایسه میانگین از آزمون دانکن استفاده شد. برای تجزیه آماری داده‌ها از تحلیل واریانس سه طرفه و برای تجزیه وتحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS۱۸ در سطح احتمال ۵ ٪ استفاده شد. هم‌چنین برای مشخص کردن سطوح معنی‌داری و مقایسه میانگین از آزمون دانکن استفاده شد

یافته‌ها

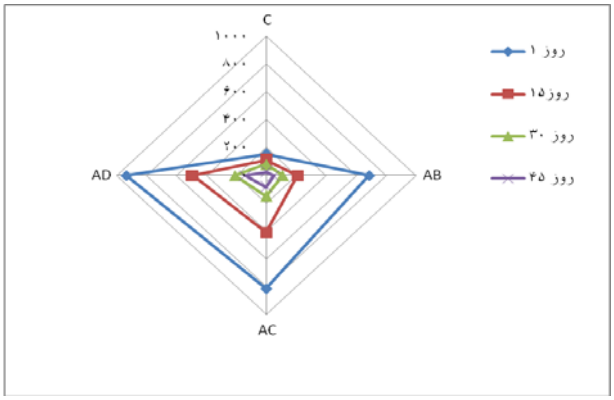
برای پی بردن به ویژگی‌های بافتی دو پارامتر تنش در نقطه‌ی گسیختگی و مدول کشسانی یانگ نمونه مورد بررسی قرار گرفت. تنش در نقطه‌ی گسیختگی با سفتی پنیر ارتباط مستقیم دارد. هرچه تنش در نقطه‌ی گسیختگی بیشتر باشد، سفتی پنیر بیشتر و بر عکس مدول کشسانی یانگ همانند تنش در نقطه‌ی گسیختگی می‌باشد و هرچه مقدار آن زیاد باشد، سفتی پنیر بیشتر می‌باشد . مدول کشسانی یانگ برای نشان دادن رابطه‌ی بین تنش و کرنش

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-16]

مواد غذایی و بیولوژیکی می‌باشد. مقدار این دو پارامتر در دو زمان انکوباسیون ۳۰ و ۶۰ دقیقه در شکل ۱ و ۲ نشان داده شده است. نتایج حاصل از شکل حاکی است که اثر اصلی آنزیم، اثر اصلی زمان رسیدن و اثر اصلی زمان انکوباسیون و هم‌چنین اثر متقابل آنزیم - زمان انکوباسیون، اثر متقابل آنزیم - زمان رسیدن، اثر متقابل زمان رسیدن - زمان انکوباسیون و اثر متقابل آنزیم - زمان رسیدن - زمان انکوباسیون در سطح احتمال ۰/۹۹ معنی‌دار می‌باشد.

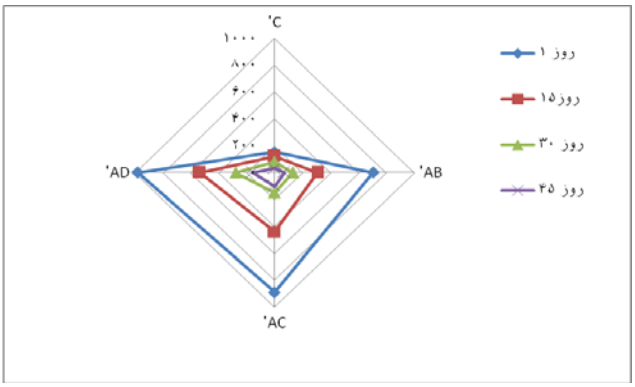
تغییرات مدول کشسانی یانگ (EM): نتایج تحلیل واریانس حاکی است که اثر اصلی آنزیم، اثر اصلی زمان رسیدن و اثر اصلی زمان انکوباسیون و هم‌چنین اثر متقابل آنزیم - زمان انکوباسیون، اثر متقابل آنزیم - زمان رسیدن، اثر متقابل زمان رسیدن - زمان انکوباسیون و اثر متقابل آنزیم - زمان رسیدن - زمان انکوباسیون در سطح احتمال ۰/۹۹ معنی‌دار می‌باشد.

همان طور که در شکلهای ۳ و ۴ نشان داده شده است تنش در نقطه گسیختگی در تیمارهای دارای ترانس گلوتامیناز،نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشته و در تیمارAD و 'AD بیشتر از تیمار AC و 'AC می باشد و در تیمار AC و 'AC بیشتر از تیمارAB و 'AB است. تنش در نقطه گسیختگی با افزایش روزها کاهش می‌یابد.



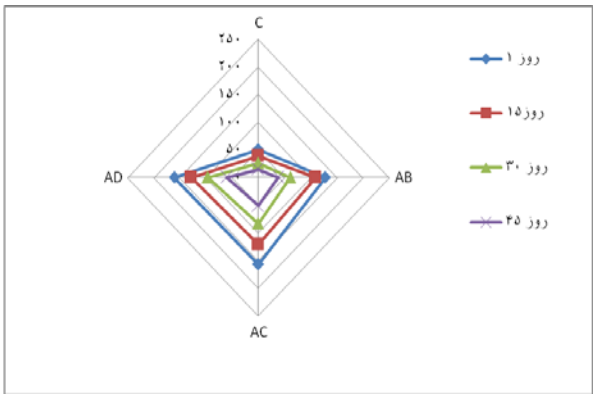
شکل ۱. پارامترهای فشرش تک محوری (تنش در نقطه‌ی گسیختگی(kpa)) نمونه‌های تیمار شده با آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی در مدت زمان انکوباسیون ۳۰ دقیقه طی رسیدن

C: نمونه‌ی شاهد با مدت زمان انکوباسیون ۳۰ دقیقه
AB: نمونه‌ی دارای ۱۵ واحد از آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی با مدت زمان انکوباسیون ۳۰ دقیقه
AC : نمونه‌ی دارای ۳۰ واحد از آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی با مدت زمان انکوباسیون ۳۰ دقیقه
AD : نمونه‌ی دارای ۴۵ واحد از آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی با مدت زمان انکوباسیون ۳۰ دقیقه



شکل ۲. پارامترهای فشرش تک محوری (تنش در نقطه‌ی گسیختگی(kpa)) نمونه‌های تیمار شده با آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی در مدت زمان انکوباسیون ۳۰ دقیقه طی رسیدن

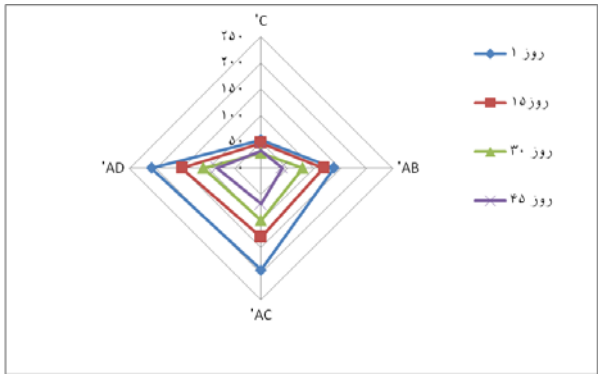
C: نمونه‌ی شاهد با مدت زمان انکوباسیون ۳۰ دقیقه
AB: نمونه‌ی دارای ۱۵ واحد از آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی با مدت زمان انکوباسیون ۳۰ دقیقه
AC : نمونه‌ی دارای ۳۰ واحد از آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی با مدت زمان انکوباسیون ۳۰ دقیقه
AD : نمونه‌ی دارای ۴۵ واحد از آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی با مدت زمان انکوباسیون ۳۰ دقیقه



شکل ۳. پارامترهای فشرش تک محوری (مدول کشسانی یانگ) نمونه‌های تیمار شده با آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی در مدت زمان انکوباسیون ۳۰ دقیقه طی رسیدن

C: نمونه‌ی شاهد با مدت زمان انکوباسیون ۳۰ دقیقه
AB: نمونه‌ی دارای ۱۵ واحد از آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی با مدت زمان انکوباسیون ۳۰ دقیقه
AC : نمونه‌ی دارای ۳۰ واحد از آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی با مدت زمان انکوباسیون ۳۰ دقیقه
AD : نمونه‌ی دارای ۴۵ واحد از آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی با مدت زمان انکوباسیون ۳۰ دقیقه

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-16]



شکل ۴. پارامترهای فشرش تک محوری (مدول کشسانی یانگ) نمونه‌های تیمار شده با آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی در مدت زمان انکوباسیون ۶۰ دقیقه طی رسیدن

'C: نمونه‌ی شاهد با مدت زمان انکوباسیون ۶۰ دقیقه
'AB: نمونه‌ی دارای ۱۵ واحد از آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی با مدت زمان انکوباسیون ۶۰ دقیقه
'AC : نمونه‌ی دارای ۳۰ واحد از آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی با مدت زمان انکوباسیون ۶۰ دقیقه
'AD : نمونه‌ی دارای ۴۵ واحد از آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی با مدت زمان انکوباسیون ۶۰ دقیقه

تغییرات مدول کشسانی یانگ همه‌ی تیمارها نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشته و در تیمار دارای ۴۵ واحد از این آنزیم (AD'وAD) بیشتر از تیمار (AC و 'AC)، (AB و 'AB) می‌باشد. تغییرات مدول کشسانی یانگ با افزایش روزها کاهش می‌یابد.(۸-۹)

بحث

طبق نتایج به دست آمده از تنش در نقطه‌ی گسیختگی و مدول کشسانی یانگ با افزایش غلظت آنزیم ترانس گلوتامیناز و مدت زمان انکوباسیون سفتی بافت پنیر UF افزایش می‌یابد. نمونه‌ی شاهد دارای نسبت رطوبت به پروتئین بیشتری در مقایسه با دیگر نمونه‌ها می‌باشد. کاهش این پارامتر در نمونه‌های تیمار شده سبب افزایش سفتی بافت پنیر می‌شود. اما با گذشت زمان نسبت رطوبت به پروتئین نمونه‌های تیمار شده افزایش می‌یابد و در روزهای آخر شاهد بافت نرمتری در مقایسه با روزهای اول رسیدن بودیم. با این حال در روز ۴۵ بافت نمونه‌های دارای آنزیم ترانس گلوتامیناز دارای سفتی واستحکام بیشتری بودند.این یافته در تضاد با یافته‌ی دیکینسون و همکاران (۱۰) می‌باشد، که اعلام کردند نسبت رطوبت به پروتئین در تیمار حاوی ترانس گلوتامیناز نسبت به نمونه‌ی شاهد افزایش می‌یابد و شاهد بافت نرم بودند. محصول موردنظر آن‌ها پنیر سفید کم چرب بود و غلظت مورد استفاده از این آنزیم در حدود ۱۵ واحد در هر لیتر شیر بود. در این مطالعه با گذشت زمان شاهد چنین تأثیری بودیم. با گذشت زمان شاهد افزایش این نسبت و کاهش سفتی نمونه‌های تیمار شده بودیم.

پذیرش کلی: نتایج تحلیل واریانس حاکی است که اثر اصلی آنزیم در سطح احتمال ۰/۹۹ معنی‌دار می‌باشد. اثر اصلی زمان انکوباسیون در سطح احتمال ۰/۹۵ معنی‌دار می‌باشد. اثر متقابل آنزیم - زمان انکوباسیون در سطح احتمال ۰/۹۵ معنی‌دار نمی‌باشد. میزان پذیرش کلی در تیمار AD و 'AD به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمار AC و 'AC، در تیمار AC و 'AC کمتر از C (شاهد) و در شاهد کمتر از تیمار AB و 'AB است.

نتایج تحلیل واریانس حاکی است که اثر اصلی آنزیم در سطح احتمال ۰/۹۹ معنی‌دار است. اثر اصلی زمان انکوباسیون در سطح احتمال ۰/۹۵ معنی‌دار نمی‌باشد. اثر متقابل آنزیم- زمان انکوباسیون در سطح احتمال ۰/۹۵ معنی‌دار است. امتیاز بافت به ترتیب در تیمارهایAD و 'AD به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمار AC و 'AC، در آنزیم شاهد (C) کمتر از تیمارAC و 'AC و در تیمارAC و 'AC کمتر از تیمار AB و AB است.

نتایج تحلیل واریانس حاکی است که اثر اصلی آنزیم در سطح احتمال ۰/۹۹ معنی‌دار می‌باشد. اثر اصلی زمان انکوباسیون و اثر متقابل آنزیم - زمان انکوباسیون در سطح احتمال ۰/۹۵ معنی‌دار می‌باشد.

میزان امتیاز طعم در آنزیمAD و 'AD به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمار AC و 'AC، در تیمار AC و 'AC کمتر از تیمار AB و'AB و C است. نتایج تحلیل واریانس حاکی است که اثر اصلی آنزیم و اثر اصلی زمان انکوباسیون در سطح احتمال ۰/۹۹ معنی‌دار می‌باشد. اثر متقابل آنزیم- زمان انکوباسیون در سطح احتمال ۰/۹۵ معنی‌دار نمی‌باشد. میزان بو در تیمار AD و 'AD به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمار AC و 'AC، در تیمارAC و 'AC کمتر از شاهد و در شاهد کمتر از تیمارAB و 'AB است. نتایج به دست آمده و ارزیابی‌های انجام شده گواه بر این است که نمونه‌ی حاوی غلظت کم از آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی (۱۵ واحد در لیتر شیر) دارای بیشترین امتیاز از دید تمامی صفات می‌باشد. افزایش سطح پروتئین و چربی در نمونه‌های تیمار شده طبیعتاً بر روی خواص حسی پنیر فرا پالایشی تأثیر مثبتی داشته است. در غلظت‌های بالای این آنزیم (۴۵ واحد در لیتر شیر) شاهد سفتی بیش از حد بافت و کمترین امتیاز از دید این صفت

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-16]

بودیم. افزایش غلظت آنزیم در کنار افزایش مدت زمان انکوباسیون سبب ایجاد بافتی سفت و نامطلوب از دید بافتی می‌شود.(۱۱) با این مطالعه مشخص می‌شود که در غلظت‌های بالای استفاده از این آنزیم محصول ما دارای بافتی شکننده می‌شود. بنابراین برای تأثیر بهتر و اثر مطلوب این آنزیم باید غلظت آنزیم و مدت زمان انکوباسیون نسبت به محصول مورد نظر به صورت انتخابی باشد. شبیه چنین نتایجی را سانلی و همکاران در مورد دیگر محصول لبنی (ماست) به دست آوردند. هم‌چنین دوریس و فارگماند اشاره کردند که میزان متفاوت آنزیم و مدت زمان انکوباسیون سبب ایجاد نتایج مختلفی می‌شود (۱۳، ۱۲)

References

1. Barbaros Ö, Christopher G, Ulrich K . Simultaneous use of transglutaminase and rennet in milk coagulation:Effect of initial milk pH and renneting temperature.International Dairy Journal 2012; 1-7.
2. Ching-Yu tsao use of soy protein and transglutaminase as Binder in low sodiumrestructured meats. Journal of food science.. 2006; 67: 3502-3506.
3. Borchert L, Briskey E.J. Preservation of pale, soft, exudative porcine muscelethrough partial freezing with liquid nitrogen postem.Journal of food science. 1964;.29: 203 - 209.
4. Clarke DD, Mycek MJ, neidle A, waelsch H. The incorporation of amines into proteins. Arch. Biochem. Biophys. 1959;79,338–354.
5. Coussons PJ, price NC, kelly SM, smith B, sawyer L. Transglutaminase catalyzes the modification of glutamine side chains in the C-terminal region of bovine b-lactoglobulin. Biochem.J 1992; 283, 803–806.
6. Cristina M Effect of Transglutaminase on protein Electrophoretic Pattern of Rice.Journal of cereal Chemistry 2002; 85: 59-64.
7. De Pierro P, Mariniello L, Sorrentino A, Gosafatto CVL, Chianese L and Porta R, Transglutaminase-induced chemical and rheological properties of cheese. Food Biotechnol 2010; 24: 107-120.
8. Dejong, G.A.H. and KOPPELMAN, S.J. Transglutaminase catalyzedreactions: Impact on food applications. J Food Sci 2002; 67: 2798–2806.
9. Dickinson, EEnzymic crosslinking as a tool for food colloid rheology control and interfacial stabilisation. Trends in Food Sci Technol 1997; (8): 334-39.
10. Dickinson E, Yamamoto Y. Rheology of milk protein gels and protein-stabilized emulsion gels cross-linked with transglutaminase. Journal of Agricultural and Food Chemistry, (1996;(44):1371-77
11. Browankar,R. & Shoemaker,C,F.Reology of food.Journal of food engineering. 1992; (16): 1-168.
12. Doris J, Mandy J, Clemens O, Harald m. Excessive cross-linking of caseins by microbial transglutaminase and its impact on physical properties of acidified milk gels. International Dairy Journal 2010; 20: 321–27.
13. Faergemand M, OTTE J, QVIST KB. Emulsifying properties of milk proteins cross-linked with microbial transglutaminase. Int. Dairy J. 1998; 8: 715–23.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-16]

The Effect of Microbial Transglutaminase Enzyme on Textural and Sensory Properties of UF cheese

Hoseyni Aghdam S[1], Dezyani M[2], Ezzaati R[2],Yasini Ardakani A[3], Daneshi M[3], Laripour Harat R[4], Bahadori Monfared A[5]

1. *MS.c of Food Science & Technology, Islamic Azad University, Yazd Branch,Yazd, Iran*
2. *Academic member, Dept. of Food Science & Technology, Islamic Azad University, Soofian Branch. Iran*
3. *Academic member, Dept. of Food Science & Technology, Islamic Azad University, Yazd Branch,Yazd, Iran*
4. *Aquatic and Subaquatic Research Center, Army University of Medical Siensece, Email: reza_laripour@yahoo.com*
5. *Students` Research Committee, Faculty of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

Abstract

Background and Objective: Microbial transglutaminase (MTG) catalyzes the formation of ε – (δ glutamyl -)- lysine cross links in proteins via an acyl transfer reaction. The effect of adding of MTG and two incubation time (30 and 60 minutes) in 38°C on textural and sensory properties of UF cheese was investigated at 1, 15, 30 and 45 days after production.

Materials and Methods:.MTG was used in three concentrations of 15, 30 and 45 unites per liter of milk. To study textural characteristics, stress at breaking point and Young module were measured by texture analyzer (Testometric M350-10 CT, UK). MTG in first day increased protein level, stress in breaking point and Young module of cheese.

Results: Ratio of moisture to protein in different samples decreased in comparison to control sample. During the storage time the level of moisture was increased, level of protein was decreased, moisture to protein ratio increased, and stress in breaking point and Young module decreased and as a result the reduction of firmness in treated samples were observed.

Conclusion: Increasing the incubation time from 30 minutes to 60 minutes lead to increase the effect of MTG on physical, chemical, textural and sensory properties of UF cheese. Increasing of MTG (15 unites) per liter of milk in 30 and 60 minutes caused to have a stable texture and high total acceptability of UF cheese. High concentration of MTG in two incubation time increases hardness and decreases total acceptability of cheese. MTG in concentration of 15 per liter of milk and incubation in 30 minutes causes to increase texture strength and improve sensory properties of UF chesse.

Keywords: UF cheese, MTG, Incubation period, Texture

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-16]