

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

سید سجاد حسینی اقدم<sup>۱</sup>، مسعود دزیبانی<sup>۲</sup>، رقیه عزتی<sup>۲</sup>، سید علی یاسینی اردکانی<sup>۳</sup>، محمد دانشی<sup>۴</sup>، رضا لاری پور هرات<sup>۴</sup>، ایاد بهادری منفرد<sup>۵</sup>

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 ترانسفرز 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 ویژگی های بافتی و حسی پنیر فراپالایشی (UF) طی روزهای ۱، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ مورد مطالعه قرار گرفته است.

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

**یافته ها:** آنزیم ترانس گلوتامیناز طی روزهای اول رسیدن سبب افزایش سطح تنش در نقطه ی گسیختگی و مدول کشسانی یانگ پنیر فراپالایشی شد. نسبت رطوبت به پروتئین نیز در تیمارهای مختلف نسبت به نمونه ی شاهد (C) کاهش یافت. با گذشت زمان شاهد کاهش تنش در نقطه ی گسیختگی، مدول یانگ و در نتیجه کاهش سفتی نمونه های تیمار شده ی 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 می شود. افزودن ترانس گلوتامیناز در غلظت ۱۵ واحد به ازای هر لیتر شیر در زمان های انکوباسیون ۳۰ و ۶۰ دقیقه سبب ایجاد بافتی مستحکم با پذیرش کلی بالای پنیر فراپالایشی می شود.

**نتیجه گیری:** غلظت های بالای آنزیم ترانس گلوتامیناز در هر دوزمان انکوباسیون سبب افزایش بیش از حد سفتی بافت و کاهش پذیرش کلی می شود.

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

## مقدمه

شده از شیر کاهش می یابد. به علاوه محققین نشان دادند که برای افزایش اتصالات عرضی در سدیم کازئینات باید میزان گروه های آزاد آمین به میزان ۵ درصد کاهش یابد و این ثابت می کند که برای الیگومریزاسیون کامل کازئین فقط تعدادی جایگاه برای ایجاد اتصالات عرضی لازم و ضروری می باشد. قابلیت همه ترکیبات سدیم کازئینات برای واکنش با ترانس گلوتامیناز متفاوت می باشد (۲). کاپا کازئین بیشتر از آلفا و بتا کازئین مستعد واکنش با این آنزیم می باشد. در این بین توانایی آلفا کازئین بیشتر از نوع بتا است (۳). ترانس گلوتامیناز برای تغییر خصوصیات رئولوژیکی کازئین ها بدون

کازئین پروتئین اصلی شیر، سوبسترای بسیار مناسبی برای MTG می باشد. این پروتئین قابل تغییر می باشد و به علت فقدان باندهای دی سولفید در آلفا و بتا کازئین به شدت در مقابل آنزیم ها بی پناه و اثر پذیر می باشد. کازئین نسبت به پروتئین های محلول در شیر به آسانی تحت تأثیر اتصالات عرضی قرار می گیرد (۱). این در حالی است که پروتئین های محلول به سختی تحت اثر MTG قرار می گیرند. مطالعات نشان می دهد که توانایی اتصالات عرضی به ترتیب در سدیم کازئینات، پودر شیر پس چرخ اولترا فیلتره، پودر شیر پس چرخ و پروتئین های محلول ایزوله

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 فیزیکی‌شیمیایی ابتدا از فیلتر فلزی در مسیر عبور کرده و بعد از خنک شدن در مبدل حرارتی تا  $6^{\circ}\text{C}$  وارد مخازن شیر خام شد. در موقع تولید، شیر از این مخازن ابتدا وارد مبدل حرارتی صفحه‌ای شد و پس از گرم شدن تا  $55^{\circ}\text{C}$  وارد سپراتور و میزان چربی آن در  $3\%$  تنظیم شد. پس از خامه‌گیری شیر وارد باکتریوفاژ اول و دوم شد تا بالغ بر  $99\%$  از بار میکروبی آن گرفته شود. سپس شیر در مبدل حرارتی صفحه‌ای در دمای  $72^{\circ}\text{C}$  به مدت ۱۵ ثانیه پاستوریزه شد. بعد از این مرحله شیر برای خنک سازی تا  $6^{\circ}\text{C}$  به مخازن نگهداری شیر پاستوریزه فرستاده شد. از این مخازن شیر جهت تغلیظ ابتدا در مبدل حرارتی صفحه‌ای تا حرارت  $50^{\circ}\text{C}$  حرارت مقدماتی دید و بعد از عبور از فیلتر فلزی وارد بالانس تانک اولترافیلتراسیون شد. با عبور از صافی‌های مذکور شیر به دو بخش پرمیت (دارای  $5/8\%$  ماده خشک،  $2\%$  پروتئین،  $4/9\%$  لاکتوز،  $0/5\%$  املاح و تقریباً حدود  $0/0\%$  چربی) و رتنیت (دارای  $37\%$  ماده خشک،  $15/6\%$  پروتئین،  $3/4\%$  لاکتوز،  $11/75\%$  املاح و  $16/4\%$  چربی) تبدیل می‌شود (۵).

مشخصات فیزیکی و شیمیایی پنیر عبارتند از: رطوبت  $60-65\%$ ، نمک  $2-4\%$ ، FDM  $40\%$  و pH در حدود  $4/8$  الی  $4/4$ .

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 تکرار انتخاب شدند و بعد از افزودن استارتر و رنت، آنزیم ترانس گلوتامیناز در سه سطح  $15$ ،  $30$  و  $45$  واحد به ازای هر لیتر شیر اضافه شد. نمونه‌ها به تفکیک دو زمان انکوباسیون  $30$  و  $60$  دقیقه را سپری کرده و بعد در گرم‌خانه به مدت  $24$  ساعت مرحله‌ی گرم‌خانه‌گذاری را طی کردند. در مرحله‌ی آخر نمونه‌های پنیر در سردخانه‌ی  $5^{\circ}\text{C}$  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 تیتروسینجی با تیوسیانات سدیم در مجاورت یون آهن سه ظرفیتی

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 لخته‌کنندگی آنزیم رنت و نیز خصوصیات مکانیکی فرآورده تأثیر می‌گذارد. اثر اتصالات عرضی روی قابلیت نفوذپذیری و ویسکوزیته‌ی سطحی به میزان آنزیم استفاده شده و غلظت آن بستگی دارد. این ثابت شده که ژل تلفیق شده با غلظت‌های بالاتر آنزیم، بیشتر ویسکوالاستیک 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 فتالین، کاتالیزور کج‌دال، اسید سولفوریک، نیترات نقره، تیوسیانات سدیم، کاغذ صافی واتمن شماره‌ی ۴۱ و ۴۲. آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی (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 کج‌دال 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  $220^{\circ}\text{C}$ .

فاکتورهای مورد مطالعه عبارت بودند از:

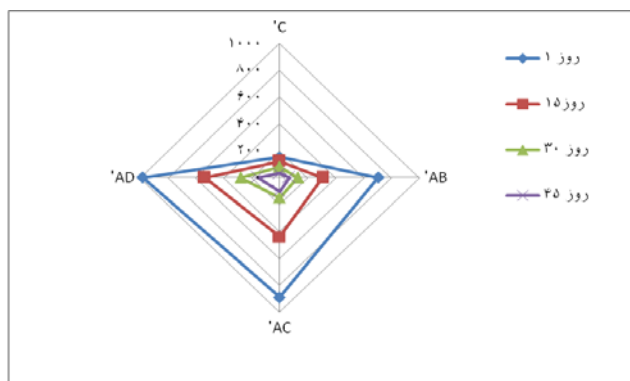
- ۱- غلظت آنزیم ترانس گلوتامیناز که در سه سطح  $15$ ،  $30$  و  $45$  واحد به ازای هر لیتر شیر مورد استفاده قرار گرفت.
  - ۲- زمان انکوباسیون: در دو زمان  $30$  و  $60$  دقیقه در درجه حرارت  $38^{\circ}\text{C}$  مورد مطالعه قرار گرفت.
  - ۳- زمان رسیدن:  $1$ ،  $15$ ،  $30$  و  $45$  روز
- تولید نمونه‌های 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  $40\%$ ) از

اندازه‌گیری شد. pH نمونه‌های پنیر با استفاده از pH متر مدل Knik 766 کالیبره‌شده (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 ۶۵ °C 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 در سانتریفوژ 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. فشردن تک محوری که ساده‌ترین آزمایش بنیادین است. با استفاده از یک ماشین تحلیل گرافت (تستومتریک، مدل ام ۳۵۰-۱۰ سی تی) مجهز به لودسل ۵۰۰ نیوتنی انجام گرفت. برای انجام آزمایش، پیستونی مسطح با قطر ۲۹ میلی‌متر به پیشانی پیش‌رونده دستگاه متصل شد. قطعه‌های پنیر به مکعب‌هایی با اضلاع ۲۰×۲۰ میلی‌متر در دمای ۶ درجه‌ی سلسیوس بریده شده و به منظور جلوگیری از دست دادن رطوبت، به سرعت در داخل ظرف‌های غیرقابل نفوذ به هوا قرار داده شده و دربندی شدند. نمونه‌های پنیر دست کم از عمق ۲ میلی‌متری قطعه‌های پنیر انتخاب شدند. برای اینکه نمونه‌ها با اتاق هم‌دما شوند، به مدت دست کم ۴ ساعت پیش از آزمایش در دمای اتاق نگهداری شدند. نمونه‌ها به صورت تک محوری با سرعت پیشانی ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه تا ۵۰ 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 فرآپالایشی 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 پرسش‌نامه‌ای 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 ۲-۴ 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= نامطلوب‌ترین، 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 ۲ ساعت 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 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 و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS ۱۸ سطح احتمال ۵٪ استفاده شد. هم‌چنین برای مشخص کردن سطوح معنی‌داری و مقایسه میانگین از آزمون دانکن استفاده شد

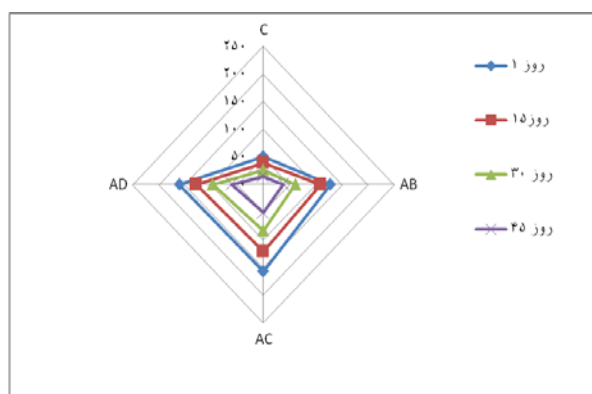
#### یافته‌ها

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



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

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



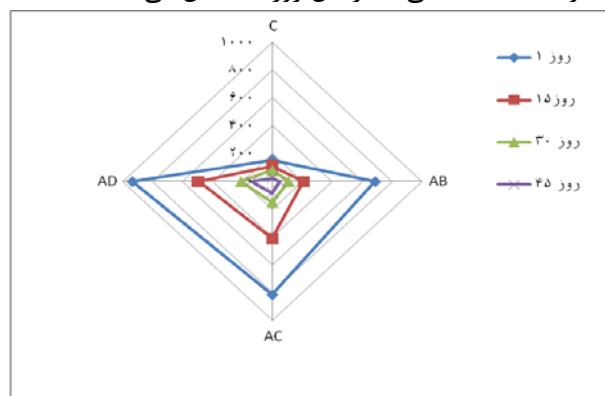
**شکل ۳.** پارامترهای فشردگی تک محوری (مدول کشسانی یانگ) نمونه‌های تیمار شده با آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی در مدت زمان آنکوباسیون ۳۰ دقیقه طی رسیدن

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

مواد غذایی و بیولوژیکی می‌باشد. مقدار این دو پارامتر در دو زمان آنکوباسیون 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 آنکوباسیون و همچنین اثر متقابل آنزیم - زمان آنکوباسیون، اثر متقابل آنزیم - زمان رسیدن، اثر متقابل آنزیم - زمان آنکوباسیون و اثر متقابل آنزیم - زمان رسیدن - زمان آنکوباسیون 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 آنکوباسیون و همچنین اثر متقابل آنزیم - زمان آنکوباسیون، اثر متقابل آنزیم - زمان رسیدن و اثر متقابل آنزیم - زمان رسیدن - زمان آنکوباسیون 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 تیمار AD و AD' بیشتر از تیمار AC و AC' می‌باشد و در تیمار AC و AC' بیشتر از تیمار AB و AB' است. تنش در نقطه گسیختگی با افزایش روزها کاهش می‌یابد.



**شکل ۴.** پارامترهای فشردگی تک محوری (تنش در نقطه‌ی گسیختگی (kpa)) نمونه‌های تیمار شده با آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی در مدت زمان آنکوباسیون ۳۰ دقیقه طی رسیدن

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

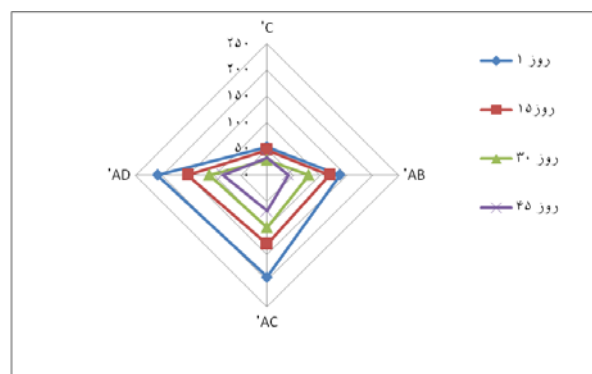
حدود ۱۵ واحد در هر لیتر شیر بود. در این مطالعه با گذشت زمان شاهد چنین تأثیری بودیم. با گذشت زمان شاهد افزایش این نسبت و کاهش سفتی نمونه‌های تیمار شده بودیم.

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

میزان امتیاز طعم در آنزیم AD و AD' به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمار AC و AC'، در تیمار AC و AC' کمتر از تیمار AB و AB' است. نتایج تحلیل واریانس حاکی است که اثر اصلی آنزیم و اثر اصلی زمان آنکوباسیون در سطح احتمال ۰/۹۹ معنی‌دار می‌باشد. اثر متقابل آنزیم - زمان آنکوباسیون در سطح احتمال ۰/۹۵ معنی‌دار نمی‌باشد. میزان بو در تیمار AD و AD' به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمار AC و AC'، در تیمار AC و AC' کمتر از تیمار AB 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



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

C: نمونه‌ی شاهد با مدت زمان آنکوباسیون ۶۰ دقیقه  
 AB': نمونه‌ی دارای ۱۵ واحد از آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی با مدت زمان آنکوباسیون ۶۰ دقیقه  
 AC': نمونه‌ی دارای ۳۰ واحد از آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی با مدت زمان آنکوباسیون ۶۰ دقیقه  
 AD': نمونه‌ی دارای ۴۵ واحد از آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی با مدت زمان آنکوباسیون 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 و AD') 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 آنکوباسیون 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 و استحکام 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 مورد نظر آن‌ها پنیر سفید کم چرب بود و غلظت مورد استفاده از این آنزیم در

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 (۱۲، ۱۳)

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

## 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 tsaio use of soy protein and transglutaminase as Binder in low sodium restructured meats. *Journal of food science*. 2006; 67: 3502-3506.
3. Borchert L, Briskey E.J. Preservation of pale, soft, exudative porcine muscle through 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 catalyzed reactions: Impact on food applications. *J Food Sci* 2002; 67: 2798-2806.
9. Dickinson, E. Enzymic 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. Rheology 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.

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

Hoseyni Aghdam S<sup>1</sup>, Dezyani M<sup>2</sup>, Ezzaati R<sup>2</sup>, Yasini Ardakani A<sup>3</sup>, Daneshi M<sup>3</sup>,  
Laripour Harat R<sup>4</sup>, Bahadori Monfared A<sup>5</sup>

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  $\epsilon$  - ( $\delta$  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