مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال نهم، شماره 3، پاییز 1393، صفحات 100-93

اثر آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی به عنوان بخشی از کنسانتره پروتئین شیر بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست اسفناج

وجیهه فدائی نوغانی[1]، اعظم مفیدی[2]، مهدی زارعی[3]

1- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس، تهران، ایران

2- نویسنده مسئول: دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس، تهران، ایران
پست الکترونیکی: azammofidi@yahoo.com

3- دانشیار گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران

تاریخ دریافت: 92/12/2 تاریخ پذیرش: 93/4/5

چکیده

سابقه و هدف: آنزیم ترانس‌گلوتامیناز با ایجاد اتصال عرضی در پروتئین‌ها و تقویت ساختار مبتنی بر پروتئین، تأثیر مثبتی بر ظرفیت نگهداری سرم و استحکام ژل در مواد غذایی دارد. این تحقیق با هدف بررسی اثر افزودن آنزیم ترانس‌گلوتامیناز بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست اسفناج انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، آنزیم ترانس‌گلوتامیناز (با غلظت‌های 0/1، 0/2 و 0/3 گرم بر لیتر) به عنوان جایگزین بخشی از کنسانتره پروتئین شیر (MPC) به کاربرده شد. تأثیر این آنزیم بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی انتخابی (نظیر pH، اسیدیته قابل تیتر، میزان آب‌اندازی و ویسکوزیته) و خواص حسی (بافت، طعم، بو و پذیرش کلی) مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های ماست به مدت پانزده روز در دمای $4^{\circ}C$ نگهداری و متغیرهای مورد نظر در روزهای صفر، پنج، ده و پانزده اندازه‌گیری شدند. آنالیز نتایج با نرم‌افزار SPSS 20 انجام گرفت. میانگین تیمارها نیز با روش آنالیز یک طرفه مقایسه گردید.

یافته‌ها: به طور کلی، افزودن غلظت‌های مختلف آنزیم ضمن جلوگیری از تغییرات مشخص در pH و اسیدیته، ویسکوزیته (گرانروی) ماست را افزایش داد و باعث کاهش آب‌اندازی در ماست شد. غلظت 0/1 گرم بر لیتر توانست خواصی شبیه نمونه تیمار نشده ایجاد کند ($p>0/05$)؛ البته غلظت بالاتر، خواص بهتری را موجب شد ولی از لحاظ اقتصادی توجیهی نداشت، چرا که میزان کمتر آنزیم توانسته بود ماستی مشابه نمونه کنترل ایجاد کند.

نتیجه گیری: نتایج این بررسی نشان داد که استفاده از آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی می‌تواند جایگزین قابل قبولی برای کنسانتره پروتئین شیر در ماست همزده اسفناج باشد.

واژگان کلیدی: آنزیم ترانس گلوتامیناز، کنسانتره پروتئین شیر، ماست اسفناج، اتصال عرضی

• مقدمه

در بین تمام فرآورده‌های تخمیری شیر، ماست شناخته شده تر از سایر فرآورده‌ها بوده و مقبولیت بیشتری در دنیا دارد. ماست در کشورهای اطراف دریای مدیترانه، آسیا و اروپای مرکزی مصرف بالایی دارد. این فرآورده از کشور بلغارستان منشاء گرفته و بسیاری از کشورها نام خاصی برای این فرآورده دارند (1). ماست دارای خواص درمانی مانند افزایش هضم مواد غذایی، تقویت سیستم ایمنی، فعالیت ضد سرطانی و کاهش کلسترول سرم می‌باشد (2). ماست یک فرآورده شیری است که به وسیله تخمیر لاکتیکی توسط دو باکتری آغازگر ماست (*لاکتوباسیلوس دلبروکی زیر گونه بولگاریکوس و استرپتوکوکوس ترموفیلوس*) به دست می‌آید (3). این فرآورده غذایی، از این نظر که ارزش غذایی بالایی دارد (عمدتاً به دلیل کاهش میزان لاکتوز و حاوی غلظت بالای کلسیم) و همچنین، دارای اثرات زیست فعال مثبتی

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-31]

است (عمدتاً در فرآورده‌های حاوی ترکیبات پری بیوتیک و یا باکتری‌های پروبیوتیک) توسط متخصصان تغذیه مورد توجه قرار گرفته است (4). بافت ماست عمدتاً بر اساس روش تولید تعیین می‌شود. هر روشی که تعادل میان ترکیبات شیر را بر هم بزند، تأثیر مستقیم بر خواص رئولوژیکی و بافتی ماست دارد. به عنوان مثال، افزایش سطح پروتئین شیر منجر به افزایش در قدرت ژل ماست می‌شود. افزایش سطح کل مواد جامد بدون چربی شیر و یا افزودن صمغ‌های طبیعی یا مصنوعی به شیر به عنوان پایدار کننده، از جمله روش‌های مرسوم است که برای بهبود بافت ماست به کار برده می‌شود (5). آب انداختن یک مشکل متداول در ماست است. مگر این که، از مواد پایدارکننده مختلف و یا انواع ماده خشک در جهت کاهش آب اندازی استفاده شود (7، 6).

آنزیم ترانس‌گلوتامیناز که به نام EC 2.3.3.13 نیز شناخته می‌شود، جزء آنزیم‌های ترانسفراز بوده که به طور گسترده‌ای در طبیعت وجود دارد. آنزیم ترانس‌گلوتامیناز (TGase) پروتئینی است، با وزن مولکولی 37368 دالتون که حاوی 331 اسید آمینه است. این آنزیم می‌تواند بین اسیدآمینه گلوتامین از یک پروتئین و لایزین از پروتئین دیگر ایجاد اتصال کند. جالب توجه است که این آنزیم هیچ‌گونه اثر نامطلوبی بر دسترسی زیستی لایزین نداشته و ارزش تغذیه‌ای پروتئین حاصل را نیز تغییر نمی‌دهد (7). تا قبل از سال 1989 آنزیم TGase از کبد خوک استخراج می‌شد ولی تحقیقات منجر به شناسایی یک منبع میکروبی برای تولید آنزیم مذکور گردید. این آنزیم از یک گونه باکتریایی به نام *استرپتوورتیسلیوم* (Streptoverticillium) استخراج و خالص‌سازی شد. TGase حاصل از این باکتری دارای وزن مولکولی40000 دالتون در SAS-PAGE (Sodium Dodecyl Sulphate Poly Acrylamide Gel Electro Phoresis) و pH ایزوالکتریک معادل 8/9 است. اپتیمم pH فعالیت این آنزیم بین 5 و 9 و بهترین دما برای عملکرد آن بین 37 و 50°C است. به طور کلی، آنزیم TGase در دامنه دمایی وسیعی پایدار است. این آنزیم فعالیت خود را در دمای 50°C به مدت 10 دقیقه حفظ می‌کند. TGase حاصل از میکروارگانیسم (MTGase)، برخلاف TGase حاصل از کبد خوک که آنزیمی وابسته به کلسیم است، غیر وابسته به یون کلسیم می‌باشد (9، 8).

با توجه به افزایش روز افزون قیمت شیر خشک و پودرهای پروتئینی در بسیاری از کشورها و از جمله ایران و کاربرد منحصر به فرد آنزیم ترانس‌گلوتامیناز در بهبود کیفیت محصولات گوشتی، لبنیات و غیره، در این تحقیق سعی بر آن است که این آنزیم میکروبی که جزء آنزیم‌های تجاری است، به صنعت غذا معرفی شود.

• مواد و روش‌ها

مواد: شیر پاستوریزه 3 درصد چربی، خامه 35 درصد چربی، شیر خشک بدون چربی (از شرکت OLDENBURGER، کشور آلمان)، پودر MPC 65 درصد پروتئین (از شرکت پگاه خراسان)، پایدارکننده 20sp (از شرکت LACTOPROT، کشور آلمان)، نمک تصفیه شده (از شرکت تابان، ایران)، کامپاند اسفناج (تولید شده در مجتمع کشت و صنعت خاور پویا، ایران) و استارتر Harmony (از شرکت CHE Hansen، کشور دانمارک) و آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی (ACTIVA YG) از *استرپتوورتیسلیوم* (از شرکت AJINOMOTO، کشور فرانسه) که ترکیب آنزیم شامل ترانس‌گلوتامیناز (1 درصد)، لاکتوز، عصاره مخمر، مالتودکسترین وروغن گیاهی می‌باشد.

روش تهیه نمونه‌های ماست: برای تهیه نمونه ماست شاهد، پس از استاندارد کردن چربی تا 5% با استفاده از خامه 65%، برای استاندارد کردن ماده خشک از 1/5% شیرخشک بدون چربی، 1/5% پودر MPC و 0/6% پایدار کننده استفاده گردید. سپس، شیر در دمای 65°C و با فشار 180 بار هموژن شد؛ تا دمای 90°C به مدت 10 دقیقه حرارت دیده و پس از خنک شدن تا دمای 42°C، استارتر به میزان 3 درصد به آن‌ها اضافه گردید و برای طی مرحله تخمیر در اینکوباتور 42°C قرار گرفت؛ پس از رسیدن pH آن به 4/6، به آرامی هم زده شد و به آن 0/5% نمک و اسفناج اضافه گردید. سپس در لیوان‌های پلاستیکی استریل پر و درب‌بندی گردید و به یخچال (4°C) منتقل شد. برای تهیه نمونه‌های آزمایشی، 3 غلظت از آنزیم (0/1، 0/2 و 0/3 گرم بر لیتر) به عنوان جایگزین 0/5% از پودر MPC اضافه شد. برای این منظور، پس از مرحله هموژنیزاسیون شیر را تا دمای 50°C خنک کرده و آنزیم را به آن اضافه افزوده و به مدت یک ساعت شیر در همین دما نگه داشته شد، سپس بقیه مراحل مانند نمونه شاهد ادامه داده شد.

آزمون‌ها در روزهای 0، 5، 10 و 15 پس از تولید انجام شد.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-31]

اندازه‌گیری میزان اسیدیته و pH: برای سنجش اسیدیته و pH از استاندارد ملی شماره 2852 استفاده گردید(10).

اندازه‌گیری میزان آب اندازی: آب‌اندازی نمونه‌ها با استفاده از روش آب گیری در دمای 6°C مطابق با روش حسان و همکاران (1996) اندازه‌گیری شد (11). به این منظور، ظرف‌های 100 گرمی ماست به مدت دو ساعت بر روی الک‌های با مش 120 قرار داده و بعد از دو ساعت، میزان سرم جدا شده اندازه‌گیری گردید.

اندازه‌گیری میزان ویسکوزیته (گرانروی): جهت اندازه‌گیری ویسکوزیته نمونه‌های ماست از دستگاه بروکفیلد مدل DV-III ULTRA و مطابق با روش گوچ و همکاران (2009) استفاده گردید (12). ویسکوزیته نمونه‌ها در دمای 4°C با استفاده از اسپیندل ULA، سرعت 40RPM و گشتاور 50 پس از 20 ثانیه اندازه‌گیری شد.

آزمون ارزیابی حسی: ویژگی‌های حسی نظیر بو، بافت، طعم و پذیرش‌کلی با استفاده از روش هدونیک 5 نقطه‌ای (5-Point Hedonic) توسط 6 نفر ارزیاب آموزش دیده با تکمیل فرم ارزشیابی حسی، ارزیابی گردید (جدول 1). نمونه‌ها در دمای 4°C و در ظروف 100 گرمی پلاستیکی سرو شدند. بو توسط بینی پس از برداشتن درب ظرف از روی ماست مورد آزمایش قرار گرفت. طعم و بافت در دهان در حین و بعد از جویدن شدید مورد بررسی قرار گرفت. برای شستشوی دهان بین آزمون حسی نمونه‌ها، از آب استفاده شد. در این آزمون، عدد یک نشان دهنده پایین‌ترین امتیاز داده شده توسط ارزیاب و عدد پنج بالاترین امتیاز بود (13).

جدول 1. فرم ارزیابی حسی

مشخصه	شاهد	تیمار 1	تیمار 2	تیمار 3
بو				
بافت				
طعم				
پذیرش کلی				

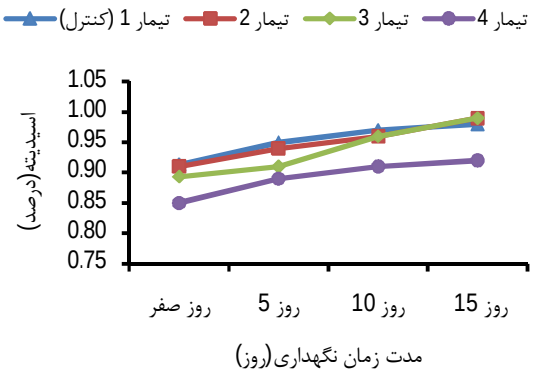
(در سطوح ارزیابی یک تا پنج، 1=غیر قابل مصرف یا خیلی ضعیف، 2= غیرقابل قبول یا ضعیف 3= قابل قبول یا متوسط ، 4= رضایت بخش یا خوب ، 5= بسیار رضایت بخش یا خیلی خوب)

تجزیه و تحلیل آماری: تولید نمونه‌ها و تمامی آزمایشات در سه تکرار انجام گرفت. آنالیز نتایج با نرم‌افزار SPSS 20 انجام گرفت. میانگین تیمارها نیز با روش آنالیز یک طرفه مقایسه گردید. جهت تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده از آزمون ارزیابی حسی، از روش آنالیز واریانس با اندازه‌گیری تکراری استفاده گردید.

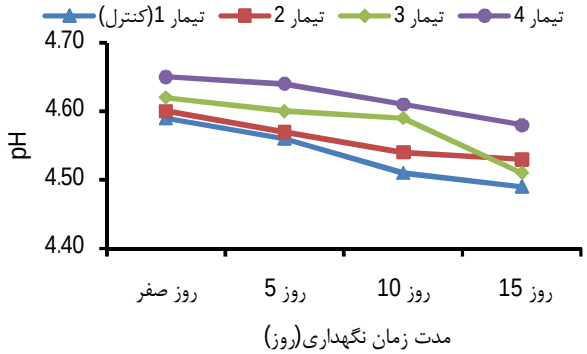
مقایسه میانگین عواملی که در مدل‌ها معنی‌دار اعلام شدند، با آزمون LSD انجام گرفت. سطح اطمینان 95% برای مقایسه نتایج مورد استفاده قرار گرفت.

• یافته‌ها

اسیدیته و pH: بر اساس نتایج آماری (نمودارهای 1 و 2)، در طی 15 روز نگهداری در دمای 4°C ، بین تیمارهای مختلف از نظر اسیدیته قابل تیتر و pH، اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نگردید ($p > 0/05$). در نتایج دیگر نیز هیچ تفاوت معنی‌داری بین ماست تیمار شده با MTGase و بدون آن از نظر اسیدیته و pH در طول 14 روز نگهداری مشاهده نگردید (14).



نمودار 1. تغییرات اسیدیته نمونه‌های ماست اسفناج حاوی مقادیر مختلف آنزیم ترانس‌گلوتامیناز به عنوان جایگزین بخشی از MPC در طی 15 روز نگهداری در سرما (تیمار 1 (کنترل): بدون آنزیم، تیمار 2:حاوی 0/1 گرم بر لیتر آنزیم، تیمار 3: حاوی 0/2 گرم بر لیتر آنزیم، تیمار 4:حاوی 0/3 گرم بر لیتر آنزیم)



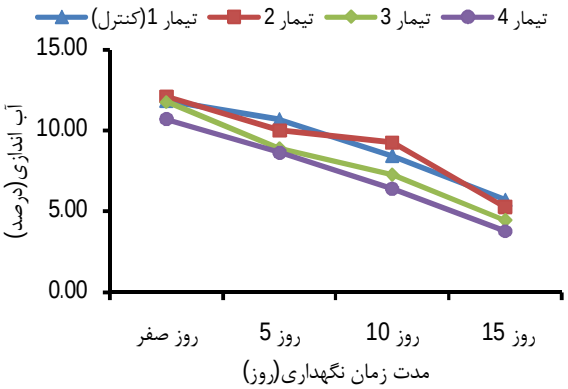
نمودار 2. تغییرات pH نمونه‌های ماست اسفناج حاوی مقادیر مختلف آنزیم ترانس‌گلوتامیناز به عنوان جایگزین بخشی از MPC در طی 15 روز نگهداری در 4°C (تیمار 1 (کنترل):بدون آنزیم، تیمار 2:حاوی 0/1 گرم بر لیتر آنزیم، تیمار 3: حاوی 0/2 گرم بر لیتر آنزیم، تیمار 4:حاوی 0/3 گرم بر لیتر آنزیم)

آب اندازی: میزان آب اندازی ماست با افزایش میزان آنزیم کاهش یافت (نمودار 3)؛ اما این کاهش از لحاظ آماری

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-31]

اختلاف چندانی با نمونه‌های شاهد نداشت. به طور کلی، اتصالات عرضی دائمی ε-(γ-Gla)Lye ایجاد شده میان پروتئین‌های شیر تحت اثر آنزیم منجر به کاهش در نفوذپذیری ژل می‌شود (16، 15). همچنین، این آنزیم باعث می‌شود که اندازه منافذ در ژل ماست کاهش یابد (14).

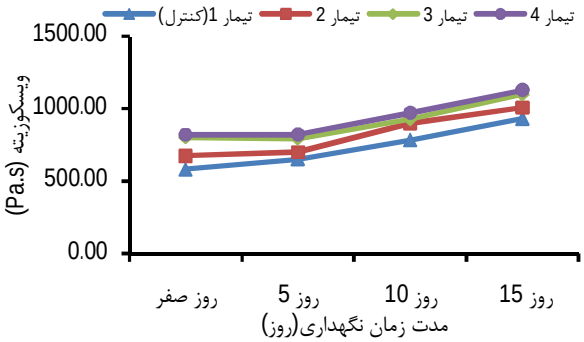
در این پژوهش که MTGase به عنوان جایگزین بخشی از MPC به کار برده شد، میزان آب‌اندازی با افزودن هر سه غلظت آنزیم کاهش یافت (نمودار 3).



نمودار 3. تغییرات آب‌اندازی نمونه‌های ماست اسفناج حاوی مقادیر مختلف آنزیم ترانس‌گلوتامیناز به عنوان جایگزین بخشی از MPC در طی 15 روز نگهداری در $4^{o}C$ (تیمار 1 (کنترل): بدون آنزیم، تیمار 2:حاوی 0/1 گرم بر لیتر آنزیم، تیمار 3: حاوی 0/2 گرم بر لیتر آنزیم، تیمار 4:حاوی 0/3 گرم بر لیتر آنزیم)

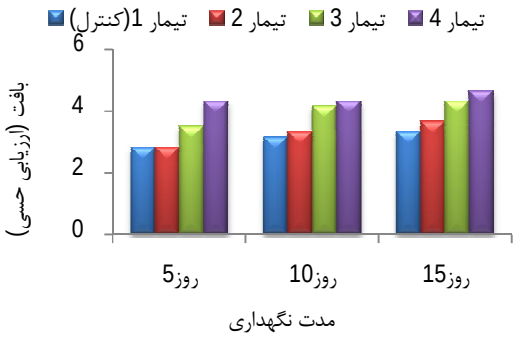
ویسکوزیته (گرانروی): بر اساس نتایج آماری (نمودار 4)، در طی 15 روز نگهداری در دمای $4^{o}C$، تیمار دوم که حاوی غلظت 0/1 گرم بر لیتر آنزیم بود، تفاوت معنی‌داری را با گروه کنترل نشان نداد ($p>0/05$)؛ ولی تیمارهای سوم و چهارم که حاوی مقادیر بالاتری از آنزیم بودند، تفاوت معنی‌داری با گروه کنترل نشان دادند ($p<0/05$).

به طور کلی، نمونه‌های تیمار شده با MTGase نسبت به ماست تیمار نشده به طور قابل توجهی میزان ویسکوزیته بالاتری داشتند. پیش تیمار شیر ($50^{o}C$ به مدت 1 ساعت) با MTGase، ویسکوزیته حاصل از نمونه‌های ماست اسفناج را در تمام سطوح آنزیم افزایش داد. همچنین، افزایش مقدار آنزیم اضافه شده به شیر منجر به بالاتر رفتن ویسکوزیته ماست‌ها شد.



نمودار 4. تغییرات ویسکوزیته نمونه‌های ماست اسفناج حاوی آنزیم ترانس‌گلوتامیناز به عنوان جایگزین بخشی از MPC در طی 15 روز نگهداری در $4^{o}C$ (تیمار 1 (کنترل): بدون آنزیم، تیمار 2:حاوی 0/1 گرم بر لیتر آنزیم، تیمار 3: حاوی 0/2 گرم بر لیتر آنزیم، تیمار 4: حاوی 0/3 گرم بر لیتر آنزیم)

ارزیابی حسی: به طور کلی، بین تیمارهای مختلف از نظر بو و طعم و پذیرش کلی اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نگردید ($p>0/05$). ولی MTGase با تأثیر کمی که بر رشد باکتری‌های استارتر ماست می‌گذارد، منجر به پیشرفت کند اسیدیته در حین نگهداری در مقایسه با ماست شاهد شد (5). اتصالات عرضی ایجاد شده توسط MTGase، ویسکوزیته ماست اسفناج را افزایش و آب‌اندازی را کاهش می‌دهد؛ لذا، تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر بافت نمونه‌های ماست دارد؛ به طوری که همان طور که در نمودار 5 نشان داده شده است، نمونه حاوی بیشترین دز آنزیم، از لحاظ ارزیابی حسی بافت، تفاوت آماری معنی‌داری با تیمار 1 و 2 (به ترتیب تیمار کنترل و تیمار حاوی 0/1 گرم بر لیتر آنزیم) داشت ($p<0/05$). به طور کلی، نمونه‌های ماست از نظر پذیرش کلی اختلاف معنی‌داری با نمونه کنترل نداشتند ($p >0/05$)



نمودار 5. تغییرات بافت نمونه‌های ماست اسفناج حاوی مقادیر مختلف آنزیم ترانس‌گلوتامیناز به عنوان جایگزین بخشی از MPC در روزهای 5، 10 و 15 طی نگهداری در $4^{o}C$ (تیمار 1 (کنترل):بدون آنزیم، تیمار 2:حاوی 0/1 گرم بر لیتر آنزیم، تیمار 3: حاوی 0/2 گرم بر لیتر آنزیم، تیمار 4:حاوی 0/3 گرم بر لیتر آنزیم)

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-31]

• بحث

تأثیر آنزیم ترانس گلوتامیناز بر اسیدیته و pH: به طور کلی با افزایش غلظت آنزیم در ماست، پیشرفت اسیدیته قابل تیتر و میزان نزول pH کاهش یافت و در بالاترین غلظت آنزیم اضافه شده به شیر، پیشرفت اسیدیته در ماست در حین نگهداری کندتر شد. یکی از دلایل محکم برای رشد کند استارتر، این است که پپتیدهای با وزن مولکولی کم و یا اسیدآمینه‌ای که برای رشد *استرپتوکوکوس ترموفیلوس* مورد نیاز هستند، توسط آنزیم MTGase دچار اتصالات عرضی شده و تا حدودی برای استرپتوکوکوس غیر قابل دسترسی می‌شوند، البته این تأثیر باعث اختلاف معنی‌دار در نتایج نمونه‌ها نگردید. Sanli و همکاران نیز گزارش کردند که حضور ترانس گلوتامیناز در ماست قالبی، اثر قابل توجهی بر اسیدیته و pH ندارد؛ همچنین Faergemand و همکاران در تحقیق مشابهی که بر روی ماست انجام دادند، همین نتایج را به دست آوردند (16، 13).

تأثیر آنزیم ترانس گلوتامیناز بر آب اندازی: یکی از عوامل مؤثر بر پذیرش مصرف‌کنندگان ماست، آب‌اندازی است (17). آب‌اندازی یا جدا شدن آب‌پنیر (سرم) را می‌توان به صورت ظهور آب پنیر روی سطح ژل تعریف کرد (مانند ماست قالبی). آب‌اندازی، انقباض ژل است به طوری‌که منجر به جدا شدن آب پنیر می‌شود. دلایل شایع برای وقوع آب‌اندازی عبارتند از استفاده از دمای گرمخانه گذاری بالا، نسبت زیاد پروتئین‌های آب‌پنیر به کازئین، محتوای کم مواد جامد و صدمات فیزیکی محصول در حین ذخیره‌سازی و توزیع (18). افزایش ماده خشک و یا افزایش محتوای پروتئینی و همچنین، افزودن هیدروکلوئیدهایی مانند ژلاتین و نشاسته، روش‌های معمول در جلوگیری از آب‌اندازی در ماست است. اتصالات عرضی در زنجیره پروتئینی برای ایجاد ثبات در شبکه سه بعدی ژل اسیدی ماست می‌تواند تأثیر برابر و مشابه داشته باشد (14). استفاده از آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و کاهش در نفوذپذیری ژل و اندازه منافذ آن منجر به ساختار متراکم‌تر و پایدارتر با فضاهای کوچک‌تر در ماست می‌شود و از این رو، بیشتر آب آزاد در شبکه ژلی ماست به دام می‌افتد (19). علاوه بر این، MTGase ظرفیت نگهداری آب را در شبکه ژلی ماست بهبود می‌بخشد (9). البته، مقدار آب‌اندازی ماست‌ها طی نگهداری در سرما کمی کاهش می‌یابد؛ ولی این کاهش، مستقل از وجود آنزیم است (5).

تأثیر آنزیم ترانس گلوتامیناز بر ویسکوزیته (گرانروی): به طور کلی، بالاترین مقدار MTGase اضافه شده به شیر، بالاترین ویسکوزیته را در ماست‌ها ایجاد کرد. از آنجا که عملکرد اصلی این آنزیم، اتصال عرضی پروتئین‌های شیر به صورت کوالانسی و در نتیجه، تشکیل یک ژل قوی‌تر در ماست است که در ساختار متفاوت می‌باشد، این نتایج تا حدی قابل انتظار بود (20). در واقع، تیمار با MTGase می‌تواند خواص تشکیل ژل در کازئین را توسط اتصالات عرضی بین مولکولی بهبود بخشد (21). همچنین، نتایج مشابهی از استحکام ژل نمونه‌های ماست به دست آمده از شیر تیمارشده با MTGase توسط Faergemand و همکاران (1999) گزارش شده است (16).

تأثیر آنزیم ترانس گلوتامیناز بر ارزیابی حسی: خواص حسی از عوامل اساسی پذیرش بسیاری از فرآورده‌ها و کسب رضایت از مصرف آنهاست. با توجه به اهمیت این خواص، بررسی و شناخت عوامل موثر بر آنها به منظور دستیابی به خواص حسی بهینه و جلوگیری از ایجاد خواص حسی نامطلوب ضروری است (22). این آنزیم با تأثیر اندک بر رشد استارتر ماست، باعث اختلاف کم در بو و طعم نمونه‌های تیمارشده با MTGase و نمونه‌های کنترل می‌شود؛ که نشان می‌دهد هر چه دز مصرف آنزیم افزایش می‌یابد از طعم و بوی محصول کاسته می‌شود ولی این کاهش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. از طرف دیگر افزایش دز آنزیم باعث افزایش بیشتر ویسکوزیته می‌گردد. این تغییرات کم باعث نمی شود که تیمارها از نظر پذیرش کلی با نمونه کنترل تفاوت معنی‌داری داشته باشند؛ لذا، می‌توان گفت که MTGase به خوبی توانسته است کمبود MPC را در ماست اسفناج جبران کند.

افزودن آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکربی (MTGase) به شیر مورد استفاده برای تولید ماست اسفناج باعث کاهش آب اندازی و افزایش ویسکوزیته (گرانروی) می‌شود. اتصالات عرضی پروتئین‌های شیر که در اثر افزودن MTGase ایجاد می‌شود، می‌تواند جایگزین قابل قبولی برای مواد افزودنی در ماست باشد. نتایج به دست آمده در این پژوهش نشان داد که استفاده از MTGase جایگزین قابل قبولی برای کنسانتره پروتئین شیر در ماست هم‌زده اسفناج است. در این رابطه، از میان چند تیمار مورد بررسی در خصوص ارزیابی خواص

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-31]

حسی و فیزیکوشیمیایی ماست اسفناج، میزان 0/1 گرم بر لیتر MTGase، مطلوب تشخیص داده شد.

به طور کلی کاهش هزینه در اثر کاهش محتوای مواد جامد غیر چرب و چرب و افزایش ویسکوزیته توسط آنزیم ترانس‌گلوتامیناز از دلایل اصلی استفاده از این آنزیم است. افزایش در غلظت آنزیم MTGase اضافه شده به شیر مورد استفاده برای تولید ماست اسفناج باعث کاهش سطح آب‌اندازی و افزایش ویسکوزیته می‌شود. البته ، میزان بالاتر آنزیم می‌تواند اثر مطلوب‌تری بگذارد ولی با توجه به مسائل اقتصادی و مقایسه تیمارها با نمونه کنترل، نیاز به افزودن میزان بالاتر آنزیم نیست. با این حال، برای تولید یک ماست با کیفیت حسی و فیزیکوشیمیایی خوب و هزینه کم، غلظت MTGase اضافه شده به شیر باید به درستی انتخاب شود. همچنین در مورد استفاده از MTGase، استارترهایی با توانایی تولید ترکیبات آروماتیک در سطوح بالا باید انتخاب شوند. بنابراین، به نظر می‌رسد اتصالات عرضی ایجاد شده در پروتئین‌های شیر به وسیله MTGase، عامل مؤثری در بهبود خواص کاربردی ماست اسفناج و جایگزین مناسبی برای بخشی از کنسانتره پروتئین شیر در این محصول باشد. از آنجا که این آنزیم منشاء میکربی دارد، می‌توان به نقش مفید میکروارگانیسم‌ها در صنعت غذا پی برد و بستر مناسبی به منظور استخراج این آنزیم از میکروارگانیسم‌ها فراهم نمود.

سپاسگزاری

نگارندگان مقاله مراتب تشکر و سپاس خود را از شرکت شیر پاستوریزه پگاه خوزستان به ویژه جناب آقای دکتر منصور شاکریان به دلیل در اختیار گذاشتن امکانات لازم و حمایت مالی جهت انجام این تحقیق اعلام می‌دارد.

References

1. Karim, G. Milk and dairy product. Tehran: Sepehr Publication; 2002, pp:199-221 [In Persian].
2. Sandoval-Castilla O, Lobato-Calleros C, Aguirre-Mandujano E, Vernon-Carter E.J. Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. Int Dairy J 2004; 14: 151-59.
3. Bari M, Ashrafi R, Alizadeh M, Rofehgarineghad L. Effects of different of yogurt starter or probiotic bacteria, storage time & different concentration of cysteine on the microflora characteristics of Bio – Yogurt. Res J Biological Sci 2009; 4 (2): 137-42.
4. Coïsson J.D, Travaglia F, Piana G, Capasso M, Arlorio M. Euterpe oleracea juice as a functionalpigment for yogurt. Food Res Int 2005; 38: 893–97.
5. Ozer B, Kirmaci H, Oztekin S, Hayaloglu A, Atamer M. Incorporation of microbial transglutaminase into non-fat yogurt production. Int Dairy J 2007; 17: 199–207.
6. Fernandez-Garcia E, McGregor J.U, Traylor S. The addition of oat fiber and natural alternative sweeteners in the manufacture of plain yogurt. J of Dairy Sci 1998; 81: 655-63.
7. Trachoo N, Mistry V.V. Application of ultrafiltered sweet buttermilk and sweet buttermilk powder in the manufacture of nonfat and low fat yogurts. J Dairy Sci 1998; 81: 3163-71.
8. Kuraishi C, Yamazaki K, Susa Y. Transglutaminase: its utilization in the food industry. Food Reviews Int 2001; 17: 221-46.
9. Motoki M, Seguro K. Transglutaminase and its use for food processing. Trends in Food Sci and Technol 1998; 9: 204-10.
10. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Milk and Milk products – Determination of titrable acidity and value pH (Test method). ISIRI no 2852. 1rd revision, Karaj: ISIRI; 1993 [in Persian].
11. Hassan A.N, Frank J.F, Schmidt K.A, Shalabi S.I. Textural properties of yogurt made with encapsulated nonropy lactic cultures. J of Dairy Sci 1996; 79: 2098-2103.
12. Gauche C, Tomazi T, Barreto P.L.M, Ogliari P.J, Bordignon-Luiz M.T. Physical properties of yoghurt manufactured with milk whey and transglutaminase. LWT - Food Sci and Technol 2009; 42: 239-43.
13. S¸anlı T, Sezgin E, Devecim O, S¸enel E, Benli, M. Effect of using transglutaminase on physical, chemical and sensory properties of set-type yoghurt. Food Hydrocolloids 2011; 25:1477-81.
14. Lorenzen P.C, Schlimme E. Properties and potential fields of application of transglutaminase preparations in dairying. Int Dairy Federation 1998; 332: 47-53.
15. Lauber S, Klostermeyer H, Henle T. Influence of irreversible casein crosslinking on the gel strength of yoghurt. Czech J of Food Sci 2000; 18: 69–71.
16. Faergemand M, Sorensen MV, Jorgensen U, Budolfsen G, Qvist KB. Transglutaminase: Effect on instrumental and sensory texture of set style yoghurt. Milchwissenschaft 1999; 54(10): 563–66.
17. Tamime AY, Robinson RK. Yoghurt. Science and technology. London: UK: Woodhead Publishing; 1999, pp:15-91.
18. Lucey J.A. Cultured dairy products: an overview of their gelation and texture properties. Int J Dairy Technol 2004; 57: 77–84.
19. Moon J.H, Hong Y.H. Electron microscopic property of transglutaminase added milk. Korean J Food Sci Animal Res 2003; 23(4): 350–55.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-31]

20. Schorsch C, Carrie H, Norton IT. Cross link in casein micelles by a microbial transglutaminase: Influence of crosslinks in acid-induced gelation. Int Dairy J 2000; 10: 529–39.

21. Farnsworth J.P, Li J, Hendricks G.M, Guo M.R. Effects of transglutaminase treatment on functional properties and probiotic culture survivability of goat milk yogurt. Small Ruminant Res 2006; 65: 113–21.

22. Aziznia S, Khosrowshahi A, Madadlou A, Rahimi J. Whey protein concentrates and gum tragacanth as fat replacers in non-fat yogurt: chemical, physical, and microstructural properties. J Dairy Sci 2008, 91: 2545–52 [In Persian].

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-31]

Effect of Using Microbial Transglutaminase as a Substitute for Part of Milk Protein Concentrate on the Selected Physicochemical and Sensory Properties of Spinach Yoghurt

*Fadaei Noghani V[1], Mofidi A[*2], Zarei M[3]*

1 - Assistant Prof, Dept. of Food Science & Technology, Faculty of Agricultural, Islamic Azad University Shahr-e-Qods Branch, Tehran, Iran

*2- *Corresponding author: M.Sc Student of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural, Islamic Azad University, Shahr-e-Qods Branch, Tehran, Iran*

3 - Associate Prof, Dept. of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Received 21 Feb, 2014 **Accepted 27 Jul, 2014**

Background and objective: Through ceating crosslink in proteins, and strengthening the protein-based food structures, MTGase can positively affect the serum holding capacity and gel firmness properties of foods. The purpose of this study is to study the effect of the addition of MTGase on the physicochemical and sensory properties of spinach yogurt.

Materials and methods: In this study, the effect of using MTGase (0.1, 0.2 and 0.3 g L^{-1}) was examined as a substitute for part of the milk protein concentrate in spinach yoghurt. The effect of enzyme on selected physicochemical (e.g. pH, titratable acidity, syneresis and viscosity) and organoleptic properties (texture, flavor, odor and overall acceptability) of spinach yoghurt was examined. Evaluations were performed at 0, 5, 10 and 15 days of storage at 4°C. Statistical analyzes were performed with SPSS 20 software. Average treatments were compared using one-way analysis.

Results: In general, addition of different concentrations of MTGase caused no significant changes on the pH and acidity of yoghurt samples. However, it increased the viscosity and decreased the syneresis. It was shown that MTGase at concentration of 0.1 g L^{-1} could be considered as optimal concentration. Although higher concentrations could produce better properties, they are not economic because fewer concentration of enzyme was able to create a sample as similar to the control.

Conclusion: The results showed that the MTGase is an acceptable substitute for milk protein concentrate in spinach stirred yoghurt.

Keywords: Transglutaminase enzyme (MTGase), Milk protein concentrate, Spinach yoghurt, Crosslinking

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-31]