Archive of SID

نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی
جلد دهم، شماره دوم، ۹۷
۱۲۱-۱۳۶
http://ejfpp.gau.ac.ir
DOI:10.22069/EJFPP.2019.12341.1393

اثر افزودن ماده خشک شیر و تیمار آنزیمی ترانس‌گلوتامیناز میکروبی بر ویژگی‌های حسی و بافتی ماست قالبی

حسین جوینده[۱*]، سیدعلی مرتضوی[۲]

[۱]دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
[۲]استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۲۰

چکیده

سابقه و هدف: پروتئین‌ها، از مهمترین ترکیباتی هستند که علاوه‌بر نقش تغذیه‌ای که برای انسان دارند می‌توانند نقش سازنده‌ای در ایجاد بافت مواد غذایی از خود نشان دهند. پروتئین‌ها اجزاء اصلی تشکیل دهنده ساختار ژل‌های اسیدی نظیر ماست می‌باشند. مقدار برهمکنش میان پروتئین‌ها و ساختار مولکولی حاصله، تعیین کننده ویژگی بافتی و قدرت ژل تشکیل شده است. یکی از استراتژی‌های کارآمد جهت بهبود ویژگی‌های بافتی پروتئین‌ها در مواد غذایی به‌ویژه فراورده‌های لبنی، تیمار آنزیمی شیر با آنزیم ترانس‌گلوتامیناز (TG) می‌باشد. این آنزیم با تشکیل پیوندهای کووالانسی بین پروتئین‌های شیر و به‌دام انداختن آب در شبکه پروتئینی، ژل یکنواخت و پایداری تشکیل می‌دهد که سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب در آن می‌شود. در حال حاضر، جهت بهبود بافت ماست از روش‌های مختلف جهت افزایش مواد جامد شیر همانند افزودن شیرخشک استفاده می‌گردد اما این روش‌ها سبب افزایش بیشتر اسیدیته محصول در حین نگهداری می‌شود. بنابراین با بکارگیری آنزیم TG به‌عنوان روشی جایگزین، علاوه بر بهبود بافت محصول می‌توان مانع از کاهش کیفیت آن طی نگهداری شد.

مواد و روش‌ها: نمونه‌های ماست قالبی با استفاده از شیر گاو تیمار شده با مقادیر مختلف آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی (۰/۰۱، ۰/۰۲ و ۰/۰۳ درصد آنزیم به شیر، وزنی/حجمی) و حاوی مقادیر متفاوت ماده خشک شیر (سطوح ۸ و ۹ درصد) تولید گردید. ماست فاقد آنزیم نیز به‌عنوان نمونه شاهد تولید شد. نمونه‌های ماست تازه و نگهداری شده (طی مدت ۲۱ روز) از نظر خواص حسی (ظاهر، رنگ، رایحه، بافت، طعم) و آنالیز دستگاهی بافت (سفتی، قوام، پیوستگی و اندیس ویسکوزیته) ارزیابی شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تمامی متغیرهای مورد آزمون تأثیر معنی‌داری ($p<0/05$) بر اکثر پارامترهای مورد بررسی می‌گذارند. به‌طورکلی، به‌غیر از امتیازات حسی رنگ و طعم، سایر ویژگی‌های حسی نمونه‌های ماست غالباً تحت تأثیر سه متغیر تیمار آنزیمی، ماده خشک شیر و زمان نگهداری قرار گرفت. با افزایش سطوح متغیرهای مذکور، به‌ویژه افزایش غلظت آنزیم، مقادیر امتیاز ظاهر و بافت نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش غلظت آنزیم و ماده خشک شیر، مقدار سفتی، قوام، پیوستگی و اندیس ویسکوزیته ماست به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. با افزایش مدت زمان نگهداری نیز میزان شاخص‌های بافت مورد بررسی افزایش یافت، به‌طوری که در تمامی تیمارهای مورد مطالعه، مقادیر سفتی و قوام در پایان مدت سه هفته‌ی نگهداری به حداکثر مقدار خود رسید.

[*]مسئول مکاتبه: hosjooy@ramin.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان داد که اتصالات عرضی آنزیمی می‌تواند به‌طور موفقی سبب پایداری شبکه سه‌بعدی و در نتیجه بهبود خصوصیات بافتی ماست شود. هرچند بهترین نمونه‌های ماست با بالاترین ویژگی‌های حسی و بافتی با استفاده از مقدار ۰/۰۳ درصد آنزیم تولید شدند، اما تفاوت معنی‌داری میان آن‌ها با سطح ۰/۰۲ درصد مشاهده نشد. بنابراین استفاده از آنزیم به میزان ۰/۰۲ درصد به عنوان بهترین سطح بکارگیری آنزیم مشخص شد. براساس نتایج این تحقیق، تأثیر افزودن مقدار ۰/۰۱ درصد آنزیم (یک واحد آنزیم به‌ازای ۱۰۰ سی‌سی شیر) بر خصوصیات بافتی نمونه‌ها معادل افزودن بیش از یک درصد ماده‌ی خشک (شیر خشک) به شیر تعیین شد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم ترانس‌گلوتامیناز، بافت، خواص حسی، ماست قالبی

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

مواد غذایی، از اجزا و ترکیبات شیمیایی مختلفی تشکیل شده‌اند و از بافت و ساختاری پیچیده‌ای برخوردارند (۳). با پلیمریزه شدن میسل‌های کازئین و تشکیل شبکه سه بعدی ژل پروتئینی، فاز غالب همچنان به شکل فاز آبی باقی می‌ماند اما فاز پیوسته را شبکه ژل پروتئینی تشکیل می‌دهد که سایر اجزای شیر را در برگرفته و در خود محبوس و محصور می‌کند (۲۵). برهم‌کنش‌ها و ساختار سه بعدی شبکه پروتئین ویژگی‌های بافتی و ظرفیت نگهداری آب در ژل‌های اسیدی شیر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. خواص عملکردی پروتئین‌ها به شدت با ساختار مولکولی آن‌ها ارتباط دارد. در نتیجه، آگاهی در مورد رابطه بین ساختار پروتئین‌ها و خصوصیات عملکردی آن‌ها بسیار بااهمیت است (۵). هر خاصیتی از ویژگی‌های عملکردی پروتئین‌ها به مشخصه خاص پروتئینی نیاز دارد. به دلیل اینکه هر پروتئین خالص از یک منبع نمی‌تواند همه‌ی این خصوصیات را به تنهایی داشته باشد، برای ایجاد تغییرات مورد نظر و رسیدن به یک تعادل مناسب میان این خصوصیات پروتئینی، می‌باید از یک فرایند مناسب استفاده نمود.

پروتئین‌ها به سبب داشتن خواص عملکردی بی‌نظیر همانند قابلیت تشکیل ژل، خاصیت ایجاد کف، ظرفیت جذب آب و خواص امولسیفایری، نقش مهمی در محصولات لبنی که بوسیله پروتئین‌ها پایدار می‌شوند، دارند (۵). برای این منظور آنزیم ترانس‌گلوتامیناز (TG[1]) در طی سال‌های اخیر مورد مطالعه قرار گرفته است. در واقع تنها آنزیم اتصال‌دهنده که هم‌اکنون برای تشکیل باندهای کووالانسی بین مولکول‌های پروتئین در مقیاس تجاری در دسترس می‌باشند، آنزیم ترانس‌گلوتامیناز (TG) می‌باشد (۳). این آنزیم واکنش انتقال آسیل بین گروه‌های گاما کربوکسی آمید پپتیدهای اطراف باقیمانده گلوتامین (گیرنده الکترون) و گروه‌های آمین نوع اول باقیمانده‌های گلوتامین و لیزین را کاتالیز می‌کند (۲۴). این امر سرانجام سبب تشکیل اتصالات عرضی برون و درون مولکولی جدید می‌شود. چنین اتصالاتی می‌تواند ساختار و عملکرد پروتئین‌ها را تغییر دهد. روش دیگری که چنین قابلیتی دارد، روش اتصالات عرضی مایلارد یا همان واکنش میلارد است. این واکنش که میان قندهای احیاء کننده و گروه‌های آمین اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها صورت می‌پذیرد، سبب ایجاد اتصالات عرضی مابین پروتئین‌ها گشته و قدرت ژل‌های پروتئینی را افزایش داده و در نتیجه بافت محصولات حاوی چنین پروتئین‌هایی را بهبود می‌بخشد (۱۱، ۱۲ و ۲۲). مطالعات زیادی امکان استفاده از ترانس‌گلوتامیناز را در بهبود کیفیت بافت و خواص عملگرایی محصولات گوشتی (۳۴)، فراورده‌های ماهی (۱۴)، محصولات پخت (۱) و فراورده‌های لبنی (۲، ۸، ۱۳، ۱۶ و ۲۰) گزارش کرده‌اند.

کازئین، بخش اصلی پروتئین شیر، به علت ساختار باز خود، یک سوبسترای مناسب برای واکنش آنزیم ترانس گلوتامیناز می‌باشد. درحقیقت این امر به‌دلیل پایین بودن میزان ساختار سوم در آن‌ها، انعطاف پذیری، آرایش تصادفی حلقوی و عدم حضور باندهای دی‌سولفید در کازئین‌های αs_1 و β می‌باشد که سبب قرار گرفتن گروه‌های غیر فعال در معرض آنزیم می‌شود (۶).

امروزه، آنزیم TG به‌عنوان یک ماده افزودنی مجاز در تولید ماست معرفی شده است (۱۰). TG با تحریک آنزیمی برهم‌کنش‌های پروتئینی در شیر به عنوان روشی کاربردی در بهبود خواص بافتی ماست شناخته شده است (۷). تاکنون تحقیقات مختلفی در مورد به‌کارگیری آنزیم TG به‌منظور بهبود خواص کیفی ماست انجام پذیرفته است. اسکورسچ و

1. Transglutaminase

www.SID.ir

Archive of SID

همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که با به‌کارگیری آنزیم TG در تولید ماست، محصولی با شبکه‌ای نرم‌تر و قوی‌تر در مقایسه با ژل‌های اسیدی به‌دست می‌آید (۲۹). نتایج تسودو و همکاران (۲۰۱۳) در استفاده از غلظت‌های مختلف آنزیم ترانس‌گلوتامیناز در ماست نشان داد میزان سفتی و قوام محصول به صورت معنی‌داری تحت تأثیر تیمار آنزیمی شیر قرار گرفت و نمونه‌های تیمار شده با آنزیم دارای سفتی و قوام بالاتری نسبت به انواع تیمار نشده بودند (۳۵). جوینده و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی راجع به تاثیر آنزیمی ترانس‌گلوتامیناز بر خواص فیزیکوشیمیایی ماست گزارش نمودند که با انجام تیمار آنزیمی، قدرت ژل و ویسکوزیته ماست بهبود یافته و آب اندازی آن به‌دلیل افزایش خصوصیات جذب آب کاهش می‌یابد (۱۵). شی و همکاران (۲۰۱۷)، افزایش تمامی ویژگی‌های بافتی ماست (سفتی، چسبندگی، پیوستگی و حالت آدامسی) و کاهش سینرزیس را در هنگام تیمار آنزیمی شیر با آنزیم TG گزارش نمودند (۳۱).

در حال حاضر، متداولترین روش جهت بهبود خواص بافتی ماست و جلوگیری از آب‌اندازی محصول در کشورمان، استفاده از پودر شیرخشک می‌باشد. در هرحال افزودن شیر خشک سبب افزایش اسیدیته و ترش شدن ماست طی دوره نگهداری می‌گردد (۳۱)؛ ضمن آنکه با توجه به افزایش روز افزون قیمت شیر خشک و ممنوعیت استفاده از پایدارکننده‌ها در ماست در بسیاری از کشورها (۲۱ و ۲۷)، تولیدکنندگان به‌دنبال روش‌های جایگزین می‌باشند. با توجه به کاربرد منحصربه‌فرد آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی در بهبود ویژگی‌های محصولات مختلف غذایی منجمله فراورده‌های لبنی، در این تحقیق سعی بر آن است که ضمن بررسی مقایسه تأثیر این آنزیم در برابر افزودن پودر شیرخشک بر ویژگی‌های ماست قالبی، امکان جایگزینی آن با شیرخشک مورد استفاده در تولید ماست بررسی گردد.

مواد و روش‌ها

مواد: جهت تهیه نمونه‌های مورد آزمایش از شیر پاستوریزه پگاه خوزستان با مشخصات درصد چربی ۱/۵ درصد و ماده خشک ۸ درصد که از شیرخام تازه با pH ۶/۶۸ و اسیدیته ۰/۱۴ درصد (بر حسب اسید لاکتیک) تهیه شده بود، استفاده شد. جهت تهیه نمونه‌های ماست از آنزیم ترانس‌گلوتامیناز (TG) تهیه شده از میکروب *Streptoverticillium Morbaeaense* با مارک تجاری ACTIVA YG (شرکت Ajinomato، فرانسه) استفاده شد. میزان فعالیت هر گرم پودر این آنزیم، ۱۰۰ واحد به‌ازای هر گرم پروتئین مشخص گردیده بود. پودر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز مورد استفاده شامل ترکیبات لاکتوز، عصاره مخمر، مالتودکسترین، روغن گیاهی و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز بود. همچنین، جهت تهیه نمونه‌های مورد آزمایش و افزایش ماده خشک محصول از شیر خشک بدون چربی تولید شده در شرکت پگاه خراسان استفاده شد. نمونه‌های ماست با استفاده از مایه کشت ماست با کد تجاری Express، تولید شده در شرکت CHR Hansen، ساخت کشور دانمارک تهیه شدند. کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده در آزمون‌های شیمیایی از شرکت مرک آلمان خریداری و استفاده گردید.

روش تهیه ماست: نمونه‌های ماست با دو سطح ماده خشک بدون چربی ۸ و ۹ درصد تهیه شدند. در مورد نمونه‌های حاوی ۹ درصد ماده خشک، به شیر پاستوریزه حاوی ۱/۵ درصد چربی، یک درصد شیر خشک بدون چربی اضافه گردید. سپس شیر مورد استفاده در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد و با فشار ۱۸۰ بار هموژن و در مرحله بعد تا دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ دقیقه حرارت دیدند. سپس شیر

www.SID.ir

Archive of SID

تا دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد خنک شده و استارتر و آنزیم به آن اضافه شد. در ادامه ماست‌ها در داخل ظروف پلی‌استایرنی ۱۰۰ گرمی (به حجم تقریبی ۱۳۰ میلی‌لیتر و ارتفاع ۴/۵ سانتی‌متر) بسته‌بندی شدند و پس از گرمخانه گذاری و رسیدن pH به ۴/۶، نمونه‌های ماست در دمای یخچال نگهداری شدند (۱۵).

آزمون ارزیابی حسی: ویژگی‌های حسی نظیر بو، بافت، طعم و پذیرش کلی با استفاده از آزمون حسی هدونیک ۹ نقطه‌ای[1] توسط ۶ نفر ارزیاب آموزش دیده با تکمیل فرم ارزشیابی حسی، ارزیابی گردید. نمونه‌ها در دمای حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد و در ظروف ۱۰۰ گرمی پلاستیکی پس از کدگذاری سه رقمی به شکل تصادفی در اختیار ارزیابان قرار داده شد. 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 نه بالاترین امتیاز بود (۲۸).

آزمون ارزیابی بافت: آزمون بافت[2] با استفاده از دستگاه آنالیز بافت TA.XT.PLUS (Micro stable system، ساخت انگلستان) مطابق روش کسنکاس (۱۷) با کمی تغییرات انجام شد. برای این منظور از پروب استوانه‌ای آلومنیومی با قطر ۳۵ و ارتفاع ۳/۵ میلی‌متر و لود سل ۵ کیلوگرم استفاده شد. نفوذ پروب به درون نمونه‌ها به میزان ۳۰ میلی‌متر تنظیم شد. سرعت پروب قبل از تست ۱ میلی‌متر بر ثانیه، سرعت تست ۱ میلی‌متر بر ثانیه و سرعت پروب پس از تست ۱۰ میلی‌متر بر ثانیه تنظیم شد و پارامترهای بافتی سفتی، قوام، نیروی پیوستگی و اندیس ویسکوزیته ثبت شد.

تجزیه و تحلیل آماری: با توجه به سه متغیر درصد ماده خشک (۸ و ۹ درصد)، غلظت آنزیم (۰، ۰/۰۱، ۰/۰۲ و ۰/۰۳ درصد)، گرم آنزیم به ازای ۱۰۰ سی‌سی شیر) و زمان نگهداری (۱، ۱۱ و ۲۱ روز)، در این مطالعه تعداد ۲۴ تیمار تولید گردید. به‌علاوه تمامی تیمارها در سه تکرار تولید و ویژگی نمونه‌های ماست از نظر خواص حسی و بافت در روزهای مختلف نگهداری بررسی گردید. نتایج طرح به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و میانگین نتایج نیز با کمک آزمون دانکن در سطح ۵ درصد توسط برنامه آماری SPSS (SPSS Inc.، شیکاگو، ویرایش ۲۰) مقایسه گردیدند.

نتایج و بحث

تاثیر تیمار آنزیمی TG و مقادیر ماده خشک شیر بر خواص حسی نمونه‌های ماست طی نگهداری: جدول ۱ تأثیر متغیرهای غلظت آنزیم، درصد ماده خشک شیر و زمان نگهداری بر مقادیر میانگین ویژگی‌های حسی نمونه‌های ماست به همراه انحراف معیار میانگین‌ها را نشان می‌دهد.

همانطور که از جدول ۱ می‌توان مشاهده نمود، متغیرهای مورد آزمایش در برخی موارد سبب تغییر معنی‌داری در پارامترهای حسی نمونه‌های ماست شده است. نتایج نشان داد نمره امتیازات حسی ظاهر و بافت نمونه‌های ماست تحت تأثیر تیمار آنزیمی، ماده خشک شیر و زمان نگهداری قرار گرفت و در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید. با افزایش غلظت آنزیم، مقدار امتیاز حسی مربوط به ظاهر ماست به‌طور معنی‌داری ($p=۰/۰۰۱$) افزایش یافت. در واقع بالاترین مقدار امتیاز ظاهر در میان نمونه‌های تیمار شده با آنزیم مربوط به نمونه‌ی حاوی بالاترین غلظت آنزیم (۶/۴۳) و کمترین آن مربوط به نمونه ی شاهد بود (۵/۶).

1. 9-Point Hedonic
2. Texture analysis

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: تأثیر غلظت آنزیم، درصد ماده خشک شیر و زمان نگهداری بر ویژگی‌های حسی نمونه‌های ماست

Table 1. Effect of Enzyme concentration, dry matter and storage time on sensory properties of yoghurt samples

۹ درصد ماده خشک شیر Dry matter (%9)				۸ درصد ماده خشک شیر Dry matter (%8)				زمان نگهداری (روز) Storage time (Days)	صفات properties
درصد آنزیم Enzyme (%)									
0.03	0.02	0.01	0	0.03	0.02	0.01	0		
7.13±0.81 $^{A\ ns}$	6.3 ±0.94 $^{AB\ ns}$	6.20±0.72 $^{ABC\ ns}$	6.07±0.81 $^{ABCD\ ns}$	6.00±0.00 $^{ABCD\ ns}$	5.67±0.58 $^{BCD\ ns}$	5.00±0.40 $^{CD\ ns}$	4.87 ±0.23 $^{D\ ns}$	1	ظاهر Appearance
6.93 ±0.50 ^{A}	6.80 ±0.35 ^{A}	6.80 ±0.35 ^{A}	6.13 ±0.23 ^{AB}	6.60 ±0.69 ^{AB}	6.47 ±0.92 ^{AB}	6.07 ±0.83 ^{AB}	5.60 ±0.53 ^{B}	11	
6.20 ±0.35	6.33 ±0.58	6.13 ±0.23	5.60 ±0.35	5.73 ±0.58	5.67 ±0.70	5.47 ±0.81	5.33 ±0.57 ^{NS}	21	
8.00 ±0.40 ^{ns}	8.00 ±0.40 ^{ns}	8.00 ±0.40 ^{ns}	8.00 ±0.40 ^{ns}	8.00 ±0.40 ^{ns}	8.00 ±0.40 ^{ns}	8.00 ±0.40 ^{ns}	8.00±0.40 $^{NS\ ns}$	1	رنگ Color
7.73 ±0.23	7.60 ±0.40	7.73 ±0.23	7.73 ±0.23	8.00 ±0.00	7.87 ±0.23	7.87 ±0.23	7.67 ±0.31 ^{NS}	11	
7.67 ±0.31	7.53 ±0.42	7.53 ±0.42	7.80 ±0.35	7.87 ±0.23	7.87 ±0.23	7.87 ±0.23	7.87 ±0.23 ^{NS}	21	
7.93 ±0.50 ^{ns}	7.93 ±0.50 ^{ns}	7.93 ±0.50 ^{ns}	7.87 ±0.42 ^{ns}	7.87 ±0.42 ^{ns}	7.87 ±0.42 ^{ns}	7.87 ±0.42 ^{ns}	7.7 ±0.42 $^{NS\ ns}$	1	رایحه Odor
8.00 ±0.00 ^{A}	7.80 ±0.20 ^{AB}	7.80 ±0.20 ^{AB}	7.93 ±0.12 ^{AB}	7.60 ±0.20 ^{B}	7.73 ±0.31 ^{AB}	7.93 ±0.12 ^{AB}	7.93 ±0.12 ^{AB}	11	
7.80 ±0.35	7.67 ±0.58	7.67 ±0.58	7.80 ±0.35	7.60 ±0.53	7.60 ±0.53	7.73 ±0.31	7.73 ±0.31 ^{NS}	21	
7.07 ±0.95 $^{A\ ns}$	6.80 ±1.11 $^{A\ ns}$	6.33 ±0.70 $^{AB\ ns}$	5.67 ±0.58 $^{AB\ b}$	6.13 ±1.03 $^{AB\ ns}$	5.93±0.90 $^{AB\ ns}$	5.47±0.50 $^{AB\ ns}$	5.07 ±0.70 $^{B\ ns}$	1	بافت Texture
7.47 ±0.50 ^{A}	7.40 ±0.00 ^{A}	7.00 ±0.20 ^{AB}	6.67 ±0.31 $^{AB\ a}$	6.67 ±0.58 ^{AB}	6.33 ±0.58 ^{BC}	6.13 ±0.81 ^{BC}	5.53 ±0.64 ^{C}	11	
6.80 ±0.35 ^{A}	6.47 ±0.50 ^{AB}	6.07 ±0.58 ^{AB}	5.80 ±0.35 $^{ABC\ b}$	6.27 ±0.81 ^{AB}	5.73 ±0.64 ^{ABC}	5.53 ±0.61 ^{BC}	4.93 ±0.50 ^{C}	21	
5.27 ±1.92 ^{ns}	5.27 ±1.92 ^{ns}	5.40 ±1.71 ^{ns}	5.53 ±1.50 ^{ns}	5.87 ±1.62 ^{ns}	6.13 ±0.99 ^{ns}	6.00 ±1.00 ^{ns}	6.33±0.58 $^{NS\ ns}$	1	طعم Taste
5.87 ±1.63	5.67 ±1.34	5.73 ±1.85	5.87 ±1.63	5.33 ±2.08	5.80 ±1.90	5.40 ±1.59	5.67 ±1.52 ^{NS}	11	
6.00 ±1.73	6.67 ±0.58	6.47 ±0.50	6.67 ±0.31	6.47 ±0.50	6.20 ±0.35	6.20 ±0.35	6.67 ±0.58 ^{NS}	21	

هر عدد به‌همراه انحراف معیار آن‌ها میانگین سه تکرار می‌باشد؛ در هر ردیف بین هشت میانگینی که حروف بزرگ غیر مشابه دارند و در هر ستون بین هر سه میانگینی که حروف کوچک غیرمشابه دارند، اختلاف معنی‌دار ($p< ۰/۰۵$) وجود دارد؛ NS، عدم معنی‌داری

Means value ± standard deviations (n=3); Values in the same row with different capital letters and each 3 values in the same column with different small letters are significantly different (P<0.05); NS, Not significant.

www.SID.ir

Archive of SID

در مورد بافت نیز این تغییرات کاملا معنی‌دار بود (p<۰/۰۰۱) و امتیاز بافت در نمونه حاوی غلظت ۰/۰۳ درصد آنزیم ۶/۷۳ و ماست شاهد ۵/۶۱ تعیین شد. در مورد طعم، اگرچه افزایش مقدار آنزیم در سطوح بالا سبب کاهش طعم در نمونه‌های ماست گردید، اما این تغییرات معنی‌دار نبود. براساس نتایج بدست آمده، افزایش درصد ماده خشک شیر از ۸ به ۹ درصد، سبب افزایش کیفت بافت و ظاهر نمونه‌های ماست گردید (امتیاز ظاهر ۵/۹۱ در برابر ۶/۶۲ و امتیاز بافت ۶/۸۵ در برابر ۶/۰۳). نتایج تحقیق نشان داد که هرچند با افزایش زمان نگهداری تا مدت ۱۱ روز، نمره ظاهر و بافت ماست افزایش و سپس تا پایان مدت ۲۱ روزه‌ی نگهداری کاهش می‌یابد، اما این تغییرات معنی‌دار نبود. به علاوه، تمامی نمونه‌های تیمار شده با آنزیم TG در مدت دوره‌ی نگهدارای مقادیر امتیاز ظاهر و قوام بالاتری را به خود اختصاص دادند.

مطابق با این نتایج، محمود و سبو (۲۰۱۲) نیز گزارش نمودند که همه نمونه‌های تیمار شده با آنزیم TG در تمام طول دوره نگهدارای از امتیازات بافت و ظاهر بالاتری نسبت به نمونه‌های فاقد آنزیم برخوردار بودند (۲۱). نمونه‌های تیمار شده با سطحی صاف و بدون آب اندازی توصیف شدند که این امر را می‌توان به تشکیل باندهای گلوتامین لایزین و اثر آنها در بهبود ظرفیت جذب آب ژل ماست نسبت داد (۲۴). این افراد زمان هفت روز را به‌عنوان مناسبترین زمان نگهداری برای همه‌ی تیمارها مشخص کردند چرا که محصول در این روز بالاترین نمره ظاهر را دریافت کرد. دوماگاتا و همکاران وی (۲۰۱۳) نیز در راستای نتایج به‌دست آمده در این تحقیق گزارش کردند که میزان قوام، آب‌اندازی و پذیرش کلی نمونه‌های نگهداری شده تحت تأثیر مقدار آنزیم و دوره‌ی نگهداری بود (۴). نمونه‌های تیمار شده با آنزیم در سطح ۲ واحد به‌ازای هر گرم پروتئین توسط ارزیابان به مقدار بالاتری امتیازدهی شد. همچنین در نمونه‌های تازه ماست، نمره‌ی مربوط به قوام، آب‌اندازی و پذیرش کلی نمونه‌های تیمار شده بالاتر از انواع ماست کنترل بود.

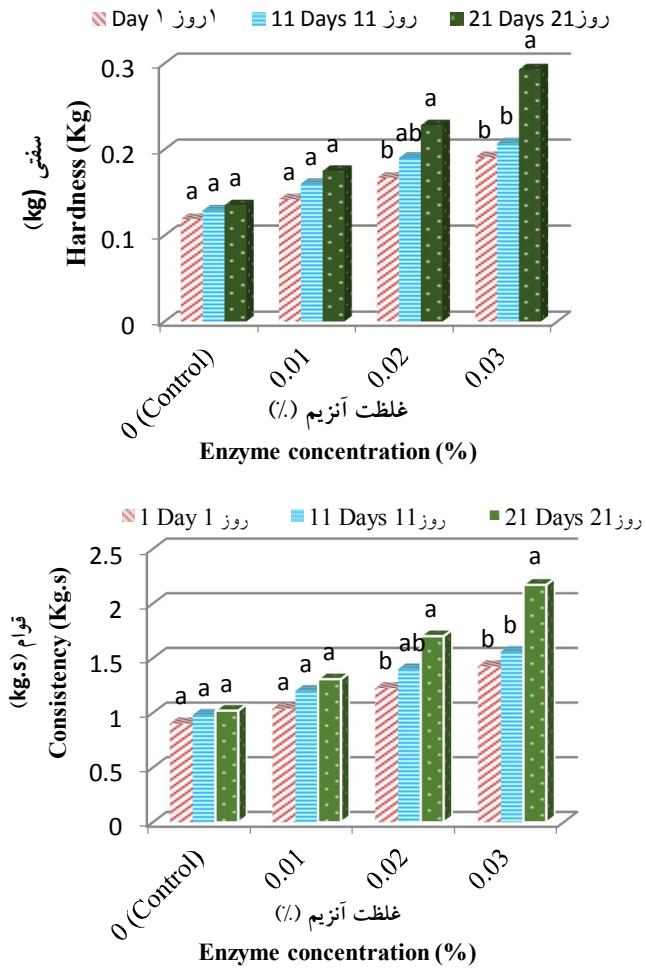
نتایج نشان داد که غلظت آنزیم و مقدار ماده خشک بدون چربی اثر معنی‌داری بر رنگ نمونه‌ها نداشت، اما زمان نگهداری (p=۰/۰۲) اثر معنی‌داری بر رنگ نمونه‌ها داشت (جدول ۱).

تأثیر تیمار TG و مقادیر ماده خشک شیر بر ویژگی‌های بافت نمونه‌های ماست: نتایج نشان داد که غلظت آنزیم (P<۰/۰۰۱)، مقدار ماده خشک بدون چربی (P<۰/۰۱) و زمان نگهداری (P<۰/۰۰۱) اثر معنی‌داری بر پارامترهای سفتی و قوام نمونه‌های ماست دارند. شکل ۱ میانگین مقادیر سفتی و قوام نمونه-های ماست مربوط به تأثیر سطوح مختلف غلظت آنزیم ترانس گلوتامیناز طی مدت ۲۱ روز نگهداری در یخچال را نشان می‌دهد.

تیمار آنزیمی علاوه بر ایجاد اختلاف معنی‌دار میان سفتی و قوام نمونه‌های حاوی آنزیم و نمونه‌ی شاهد، سبب تغییر معنی‌دار در تمامی سطوح مختلف آنزیم گردید. بالاترین مقدار سفتی و قوام مربوط به نمونه‌ی ماست حاوی ۰/۰۳ درصد آنزیم و کمترین آن مربوط به نمونه‌ی کنترل یا فاقد آنزیم مشخص گردید. مقدار سفتی ماست در نمونه‌های کنترل و حاوی ۰/۰۱، ۰/۰۲ و ۰/۳۰ درصد آنزیم به ترتیب ۰/۱۳ ، ۰/۱۶، ۰/۲۰ و ۰/۲۳ کیلوگرم نیرو تعیین گردید. بالاترین مقدار قوام نیز در میان نمونه‌های تیمار شده با آنزیم مربوط به نمونه‌ی حاوی بالاترین غلظت آنزیم (۱/۷۲ کیلوگرم نیرو در ثانیه) و کمترین آن مربوط به نمونه‌ی شاهد بود (۰/۹۷ کیلوگرم تیرو در ثانیه).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱: تأثیر تیمار آنزیمی TG بر میانگین سفتی و قوام نمونه‌های ماست پس از ۲۱ روز نگهداری در یخچال

Figure 1. Effect of TG addition on the mean values of hardness and consistency of yoghurt after 21 days of storage

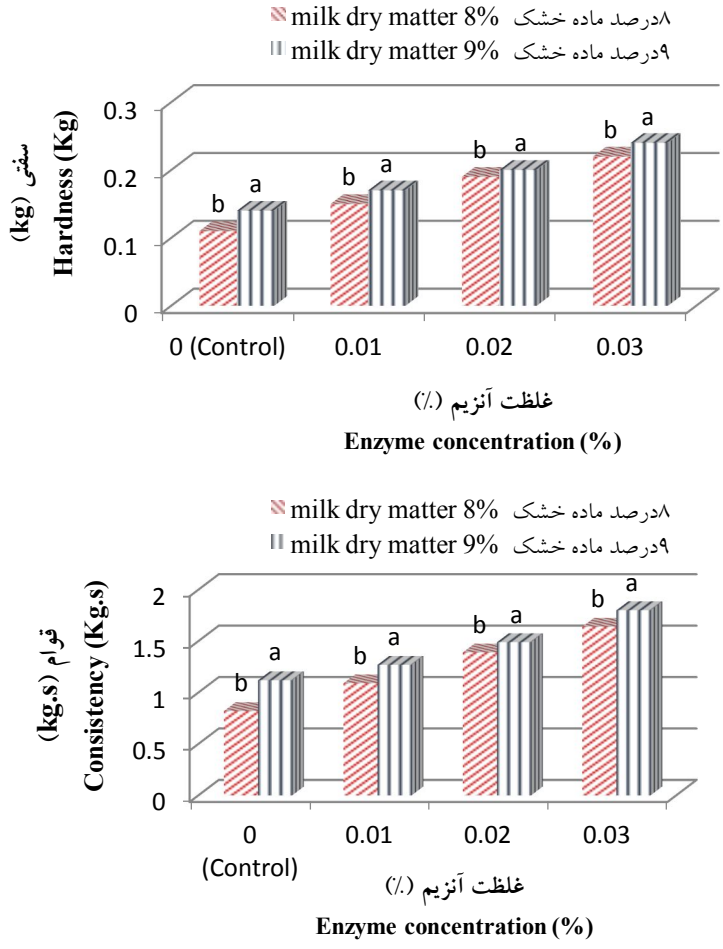
افزایش در مقادیر سفتی و قوام ماست حاصل از شیر گاو تیمار شده با TG توسط محققان بسیاری گزارش شده است (۷، ۱۹ و ۲۰). براساس گزارش فارگمند و همکاران (۱۹۹۹)، اتصالات عرضی پروتئین‌های شیر می‌تواند به عنوان روشی جایگزین برای غنی سازی ماده جامد شیر یا استفاده از پایدارکننده‌ها در شیر پایه برای رسیدن به خواص رئولوژیکی بهتر در ماست استفاده شود (۷). گوچه و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که افزودن آنزیم TG (۰/۵ واحد به‌ازای هر گرم پروتئین) قبل از فرآیند تخمیر باعث افزایش معنی‌داری در همه‌ی پارامترهای بافتی مورد بررسی می‌گردد (۱۰). نتایج اونر و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که افزودن TG به میزان ۱ واحد به‌ازای هر گرم پروتئین پروتئین سبب افزایش قدرت ژل ماست می‌شود (۲۶). بر اساس نتایج تسودو و همکاران (۲۰۱۳) میزان سفتی و قوام به صورت معنی‌داری تحت تأثیر تیمار آنزیمی شیر قرار گرفت و نمونه‌های تیمار شده با آنزیم دارای سفتی و قوام بالاتری نسبت به انواع تیمار نشده بود (۳۵). کاهش سینرزیس یا آب‌اندازی در ماست قالبی در نتیجه‌ی تیمار آنزیمی ترانس‌گلوتامیناز میکروبی توسط جوینده و همکاران (۲۰۱۵) گزارش شده است (۱۵).

همانند تیمار آنزیمی، افزایش درصد ماده خشک شیر از ۸ به ۹ درصد، سبب افزایش معنی‌دار سفتی و

www.SID.ir

Archive of SID

قوام گردید (شکل ۲). درهرحال، افزایش ماده خشک شیر از ۸ به ۹ درصد تنها سبب افزایش ۰/۰۲ کیلوگرم نیرو (۰/۱۷ به ۰/۱۹ کیلوگرم نیرو) سفتی در نمونه‌ها گردید. به‌عبارت دیگر، افزایش ۱ درصد ماده خشک شیر تنها منجر به افزایش حدود ۱۱ درصد سفتی گردید. اما همان‌گونه که در بالا اشاره گردید، با افزایش مقدار آنزیم از مقدار صفر (شاهد) به ۰/۰۳ درصد، میزان سفتی بافت از ۰/۱۳ به ۰/۲۳ کیلوگرم نیرو (معادل ۷۷ درصد و به‌طور میانگین بیش از ۱۹ درصد به ازای افزایش هر ۰/۰۱ گرم آنزیم) افزایش یافت. همانند سفتی، با افزایش مقدار آنزیم از مقدار صفر (شاهد) به ۰/۰۳ درصد، مقدار قوام ماست بیش از ۷۷ درصد (و به‌طور میانگین بیش از ۱۹ درصد به ازای افزایش هر ۰/۰۱ گرم آنزیم) افزایش یافت؛ درحالی که افزایش ۱ درصد ماده خشک شیر تنها منجر به افزایش حدود ۱۴ درصد قوام (افزایش ۰/۱۸ کیلوگرم در ثانیه) گردید. بنابراین، تأثیر به‌کارگیری سطوح مختلف آنزیم در افزایش پارامترهای سفتی و قوام ماست به‌طورکلی بیشتر از تأثیر ماده خشک بود. به‌عبارت دیگر، افزایش ۰/۰۱ گرم آنزیم به‌ازای ۱۰۰ سی‌سی شیر در هر یک از سطوح به‌کار رفته آنزیم TG سبب افزایش بیشتر سفتی و قوام ماست گردید.



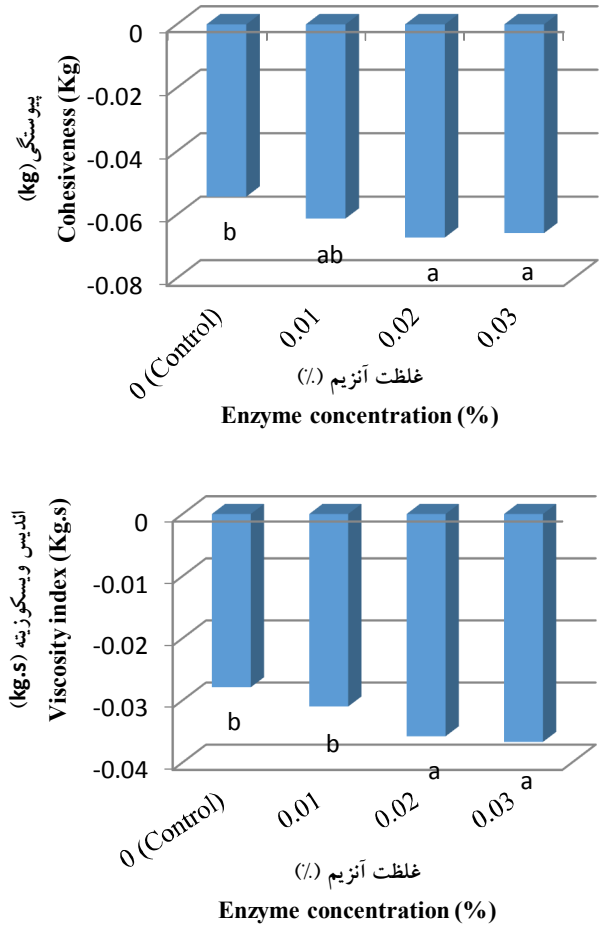
شکل ۲: تأثیر میزان ماده خشک شیر بر میانگین سفتی و قوام نمونه‌های ماست پس از ۲۱ روز نگهداری در یخچال

Figure 2. Effect of milk dry matter on the mean values of hardness and consistency of yoghurts after 21 days of storage

www.SID.ir

Archive of SID

مطالعات نشان داده است که کاهش محتوی پروتئین در مخلوط ماست باعث کاهش برهم‌کنش‌های کازئین-کازئین و کازئین-پروتئین سرمی و در نتیجه کاهش سفتی ماست می‌شود (۲۳ و ۳۲). به علاوه، سفتی ماست بستگی به مقدار مواد جامد فراورده دارد (۹، ۱۸ و ۳۳). در هرحال همانگونه که در بالا اشاره شد، افزایش مقدار هر ۰/۰۱ درصد آنزیم (معادل یک واحد آنزیم به‌ازای ۱۰۰ سی‌سی شیر) تأثیر بیشتری در افزایش سفتی نمونه‌ها در مقایسه با افزودن یک درصد ماده‌ی خشک را داشت. برخلاف این نتایج، محمود و سبو (۲۰۱۲) گزارش نمودند که تأثیر افزودن ۳۰ واحد آنزیم به‌ازای هر لیتر شیر بر ویژگی‌های بافت ماست معادل افزودن ۳ درصد مواد جامد بدون چربی است (۲۱). به‌عبارت دیگر این محققین تفاوتی از نظر سفتی بافت ماست هنگام افزایش ۱ درصد ماده خشک با به‌کارگیری ۰/۰۱ درصد آنزیم مشاهده ننمودند. علت بالاتر بودن تأثیر افزودن آنزیم در مقایسه با استفاده از ماده خشک شیر در تحقیق حاضر می‌تواند مربوط به تفاوت در کیفیت آنزیم مورد استفاده یا شرایط تولید باشد.



شکل ۳: تأثیر تیمار آنزیمی TG بر میانگین پیوستگی و اندیس ویسکوزیته نمونه‌های ماست

Figure 3. Effect of TG treatment on the mean values of cohesiveness and viscosity index of yoghurt samples

با افزایش مدت زمان نگهداری، سفتی و قوام تمامی نمونه‌های ماست افزایش یافت؛ به‌طوری که در تمامی تیمارهای مورد مطالعه، مقادیر سفتی و قوام در پایان مدت سه هفته‌ی نگهداری به حداکثر مقدار خود

www.SID.ir

Archive of SID

می‌رسید. در هرحال، تنها در سطوح بالای بکارگیری آنزیم (۰/۰۲ و ۰/۰۳ درصد) افزایش زمان نگهداری سبب افزایش معنی‌داری در مقادیر سفتی و قوام نمونه‌ها گردید. در بسیاری از مطالعات انجام شده در این زمینه نتایج مشابهی مطابق با نتایج این تحقیق گزارش گردیده است. اسکورسچ و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که طی دوره‌ی نگهداری، سفتی ژل‌های حاصل از تیمار TG به مقدار مشخصی افزایش می‌یابد (۲۹). این محققیق عنوان کردند که عملکرد اصلی آنزیم TG اتصال پروتئین‌های شیر به صورت کووالانسی می‌باشد و به تشکیل شبکه‌ای نرم‌تر و قوی‌تر در ماست در مقایسه با ژل‌های حاصل از اسید منتج می‌شود. این امر نشان می‌دهد که افزودن هم‌زمان آنزیم با باکتری‌های آغازگر اتصالات عرضی مولکول‌های پروتئین را تسهیل کرده که در طول و پس از دوره‌ی تخمیر ادامه می‌یابد که نتیجه‌ی آن تشکیل باندهای کووالانسی جدیدی است که به بهبود سفتی ژل در طول دوره نگهداری منتج می‌شود (۲۷). همچنین نتایج نشان داد که تمامی متغیرهای مورد آزمایش شامل مقدار ماده خشک بدون چربی، غلظت آنزیم و زمان نگهداری اثر معنی‌داری ($P<0/01$) بر مقدار نیروی پیوستگی و اندیس ویسکوزیته نمونه‌ها دارند. شکل ۳ تأثیر سطوح مختلف غلظت آنزیم TG را بر میانگین پیوستگی و اندیس ویسکوزیته نمونه‌های ماست نشان می‌دهد.

نیروی پیوستگی[1]، می‌تواند به عنوان بیشترین میزان مقاومت اندازه گیری شده توسط دستگاه اندازه گیری بافت هنگام خروج پروب از داخل نمونه تعریف گردد و بیانگر ویژگی‌های جریان پذیری ماده است و تحت تأثیر قوام و ویسکوزیته قرار دارد (۳۶). این نیرو نشان‌دهنده میزان انسجام میان پیوندهای داخلی ماده غذایی است (۲۳). از طرف دیگر، ایجاد اتصالات عرضی مابین پروتئین‌های شیر یا الیگومره شدن پروتئین‌ها توسط آنزیم TG، علت افزایش ویسکوزیته و درنتیجه افزایش نیروی لازم برای شکستن ژل ماست می‌باشد (۱۹). بنابراین مطابق آنچه که در این تحقیق انتظار می‌رفت، افزایش غلظت آنزم TG سبب افزایش معنی‌دار مقدار نیروی پیوستگی در نمونه‌های ماست گردید، هرچند اختلاف معنی‌داری از این نظر میان نمونه‌های حاوی آنزیم مشاهده نشد (شکل ۳). براساس نتایج به‌دست آمده، مقدار پیوستگی نمونه‌ها با افزایش مقدار آنزیم به ۰/۰۲ درصد (۲ واحد آنزیم در ۱۰۰ سی‌سی شیر) به‌طور معنی‌دار افزایش و پس از آن به میزان جزیی کاهش یافت. بیشترین مقدار نیروی پیوستگی در نمونه ماست حاوی ۰/۰۲ درصد آنزیم (۰/۰۶۷- کیلوگرم) و کمترین آن در نمونه‌ی شاهد فاقد آنزیم (۰/۰۵۴- کیلوگرم) تعیین گردید. افزایش پیوستگی ماست در هنگام بکارگیری غلظت‌های بالاتر آنزیم توسط دوماگاتا و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش شده است (۴). بنابر اظهارات این محققین، پیوستگی و نیروی انفصال نمونه‌های ماست حاوی ۳ واحد آنزیم (به‌ازای هر گرم پروتئین) از انواع نمونه‌های تهیه شده از ۲ واحد آنزیم پایین‌تر بود. این افراد استفاده از مقادیر بالاتر از ۲ واحد آنزیم به‌ازای هر گرم پروتئین را توصیه نکردند چرا که بکارگیری بیشتر آنزیم هیچ تأثیری در بهبود ویژگی‌های ماست نداشت، ضمن آن‌که سبب کاهش ویژگی‌های حسی و افزایش مقدار سینرزیس ماست می‌گردید. شی و همکاران (۲۰۱۷) نیز افزایش پیوستگی را در نمونه‌های ماست همگام با افزایش شدت تیمار آنزیمی TG (۱۰واحد آنزیم به‌ازای هر گرم پروتئین به مدت ۵، ۷/۵ و ۱۰ دقیقه) گزارش نمودند (۳۱).

همانگونه که انتظار می‌رفت، مقدار ماده خشک شیر نیز تأثیر معنی‌داری بر مقدار نیروی پیوستگی

1. Cohesiveness

www.SID.ir

Archive of SID

نمونه‌های ماست داشت. مقدار نیروی پیوستگی ماست حاوی ۸ و ۹ درصد ماده خشک به ترتیب ۰/۰۵۷- و ۰/۰۶۷- کیلوگرم تعیین شد. در هرحال، تأثیر افزودن ماده خشک شیر بر مقدار نیروی پیوستگی تنها مابین نمونه شاهد با نمونه‌های حاوی آنزیم مشاهده گردید و افزایش ماده خشک شیر در نمونه‌های حاوی مقادیر مختلف آنزیم تأثیر معنی‌داری در این زمینه نداشت. هرچند مدت زمان نگهداری سبب افزایش مقدار نیروی پیوستگی نمونه‌های ماست می‌گردید اما برخلاف سفتی و قوام، اختلاف معنی‌داری میان مقدار پیوستگی مابین نمونه‌های حاوی ۰/۰۳ با سطوح پایین‌تر غلظت آنزیم مشاهده نگردید. میانگین مقدار پیوستگی ماست تازه و پس از ۱۱ و ۲۱ روز نگهداری به ترتیب ۰/۰۵۶-، ۰/۰۶۴- و ۰/۰۶۶- کیلوگرم تعیین گردید. به علاوه، در غلظت بالای آنزیم، روند تأثیر زمان نگهداری متفاوت بود به‌طوری که در نمونه‌های ماست تازه‌ی حاوی ۰/۰۳ درصد آنزیم (۰/۰۵۹- کیلوگرم) مقدار نیروی پیوستگی پس از ۱۱ روز نگهداری افزایش (۰/۰۷۵- کیلوگرم) و در پایان زمان ۲۱ روزه نگهداری کاهش یافت (۰/۰۶۴- کیلوگرم).

مشابه نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، دوماگاتا و همکاران وی (۴) نیز گزارش نمودند که هرچند پارامترهای بافت شامل سفتی، پیوستگی و نیروی پیوستگی در انواع تیمار شده با آنزیم بسیار بالاتر از نمونه کنترل (فاقد آنزیم) بود اما در طی مدت نگهداری، تفاوتی از نظر پیوستگی میان ماست‌های تیمار شده حاوی مقدار ۲ و ۳ واحد آنزیم به‌ازای هر گرم پروتئین مشاهده نگردید. تسودو و همکاران وی (۲۰۱۳) در نتایجی متفاوت بیان داشتند که مدت زمان نگهداری سبب تغییر معنی‌داری در میزان پیوستگی نمونه‌های حاصل از تیمار TG نمی‌گردد (۳۵).

اندیس ویسکوزیته یا میزان چسبندگی، مساحت زیر نمودار در ناحیه منفی در طی بیرون آمدن پروب (۱۷) می‌باشد. این شاخص کار لازم برای غلبه بر نیروی چسبندگی میان سطح غذا با سطحی که غذا با آن در تماس است می‌باشد (۷). نتایج نشان داد که با افزایش غلظت آنزیم ، مقدار اندیس ویسکوزیته‌ی نمونه‌های ماست به‌طور معنی‌داری ($p=۰/۰۰۱$) افزایش می‌یابد (شکل ۳). در واقع بالاترین مقدار اندیس ویسکوزیته در میان نمونه‌های تیمار شده با آنزیم مربوط به نمونه حاوی بالاترین غلظت آنزیم (۰/۰۳۷- کیلوگرم در ثانیه) و کمترین آن مربوط به نمونه‌ی شاهد بود (۰/۰۲۸- کیلوگرم در ثانیه). در هر حال همانند پیوستگی، اختلاف معنی‌داری میان شاخص ویسکوزیته‌ی نمونه‌های ماست حاوی ۰/۰۳ و ۰/۰۲ درصد آنزیم و همچنین نمونه‌های ماست حاوی ۰/۰۱ درصد آنزیم و کنترل (فاقد آنزیم) با یکدیگر مشاهده نگردید.

براساس نتایج بدست آمده، افزایش درصد ماده خشک شیر از ۸ به ۹ درصد، سبب افزایش اندیس ویسکوزیته‌ی نمونه‌های ماست از ۰/۰۲۹- به مقدار ۰/۰۳۷- کیلوگرم در ثانیه گردید. شاخص ویسکوزیته که گاهی اوقات چسبندگی کل نیز نامیده می‌شود انرژی لازم جهت انفصال تماس نمونه با پروب می‌باشد که بستگی کاملی به میزان ویسکوزیته و قوام محصول دارد. بنابراین بدیهی است که با افزایش درصد ماده خشک شیر و در نتیجه افزایش ویسکوزیته و قوام محصول، شاخص ویسکوزیته فراورده نیز بهبود یابد (۲۳).

نتایج تحقیقات بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار میان شاخص ویسکوزیته‌ی نمونه‌های ماست تازه و نگهداری شده در مدت زمان مورد آزمایش بود، هرچند اختلاف معنی‌داری از این نظر میان زمان‌های نگهداری ۱۱ و ۲۱ روز نگهداری مشاهده نگردید.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدار شاخص ویسکوزیته‌ی نمونه‌های ماست تازه و نگهداری شده در مدت زمان ۱۱ و ۲۱ روز به‌ترتیب ۰/۰۲۸-، ۰/۰۳۵- و ۰/۰۳۵- کیلوگرم در ثانیه تعیین گردید. در هرحال، مقدار اندیس ویسکوزیته‌ی ماست در غلظت‌های ۰/۰۱ و ۰/۰۲ درصد آنزیم تا پایان مدت زمان نگهداری افزایش می‌یافت اما در غلظت ۰/۰۳ درصد آنزیم این مقدار ابتدا افزایش و در پایان دوره نگهداری کاهش می‌یافت. افزایش اندیس/ شاخص ویسکوزیته در ماست حین مدت زمان نگهداری توسط محققین دیگر (۱۷ و ۳۰) نیز گزارش شده است. هرچند بر خلاف نتایج این تحقیق، تسودو و همکاران (۲۰۱۳) اختلاف معنی‌داری در میزان نیروی پیوستگی و اندیس الاستیسیته نمونه‌های مورد آزمون مشاهده نکردند و مقدار این پارامترها را در طول ۷ هفته نگهداری ثابت گزارش نمودند (۳۵).

نتیجه‌گیری کلی

در صنعت لبنیات روش‌های مشخصی به منظور افزایش ویسکوزیته و پایداری ژل ماست استفاده می‌شود. نتایج این مطالعه نشان داد که آنزیم TG می‌تواند به عنوان روشی جایگزین برای غنی‌سازی ماده جامد یا افزودن پایدارکننده‌ها در تولید ماست استفاده شود. در هرحال، جهت تولید محصولی با خواص کیفی مطلوب، می‌باید غلظت آنزیم TG افزوده شده به شیر به‌درستی محاسبه گردد. براساس نتایج این تحقیق، افزایش هر ۰/۰۱ گرم آنزیم TG به‌ازای ۱۰۰ سی‌سی شیر تأثیر به‌مراتب بالاتری در بهبود سفتی و قوام ماست در مقایسه با افزودن ۱ درصد ماده خشک شیر ندارد. هرچند با افزایش زمان نگهداری، خواص حسی محصول به‌تدریج کاهش محسوسی می‌یافت ($P>0/05$)، اما سفتی و قوام ماست به‌ویژه در نمونه‌های حاوی مقادیر بالای آنزیم به‌طور قابل توجهی بهبود می‌یافت. نتایج این تحقیق نشان داد که با استفاده از مقدار ۰/۰۲ گرم آنزیم به‌ازای هر ۱۰۰ سی‌سی شیر قبل از انجام تخمیر می‌توان ماست قالبی با خصوصیات حسی و بافتی مطلوب تولید نمود و استفاده از مقادیر بیشتر آنزیم تأثیر چندانی بر بهبود ویژگی‌های حسی و همچنین پیوستگی و شاخص ویسکوزیته محصول ندارد. با توجه به افزایش قدرت ژل‌های پروتئینی توسط آنزیم TG و در نتیجه بهبود بافت محصول، پیشنهاد می‌گردد که تأثیر این آنزیم در سایر فراورده‌های غذایی، به‌ویژه محصولاتی که کیفیت بافت آن‌ها بسیار با اهمیت است، بررسی گردد.

سپاسگزاری

این مقاله مربوط به بخشی از نتایج فرصت مطالعاتی انجام شده در دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد و نویسندگان مقاله از معاونت‌های پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان و دانشگاه فردوسی مشهد کمال تشکر را دارند. همچنین از مسئولین کارخانه پگاه شوش به جهت تولید نمونه‌های ماست قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Caballero, P.A., Gomez, M., and Rosell, C.M. 2007. Improvement of dough rheology, bread quality and bread shelf-life by enzymes combination. Journal of Food Engineering. 81: 42–53.
2. Danesh, E., Jooyandeh, H., and Goudarzi, M. 2017. Improving the rheological properties of low-fat Iranian UF-Feta cheese by incorporation of whey protein concentrate and enzymatic treatment of transglutaminase. Iranian Journal of Food Science and Technology. 14(67): 285-298. (In Persian)
3. Dickinson, E. 1997. Enzymatic crosslinking as a tool for food colloid rheology control and interfacial stabilization. Trends in Food Science and Technology. 10: 333-339.
4. Domagata, J., Wszoteka, M., Tamime, A.Y., and Kupiec-Teahan, B. 2013. The effect of transglutaminase concentration

www.SID.ir

Archive of SID

on the texture, syneresis and microstructure of set-type goat's milk yoghurt during the storage period. Small Ruminant Research. 112: 154-161.

5. Færgemand, M., Otte, J., and Qvist, K.B. 1998a. Emulsifying properties of milk proteins cross-linked with microbialtransglutaminase. International Dairy Journal. 8: 715-723.
6. Færgemand, M., Otte, J., and Qvist, K.B. 1998b. Cross-linking of whey proteins by enzymatic oxidation. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 46: 1326-1333.
7. Faergemand, M., Sorensen, M.V., Jorgensen, U., Budolfsen, G., and Qvist, K.B. 1999. Transglutaminase: Effect on instrumental and sensory texture of set style yoghurt. Milchwissenschaft. 54: 563-566.
8. Fox, P.F., and Kelly, A. 2004. Milk proteins: Technological aspects. Proceedings of recent developments in dairy science and technology, International dairy symposium, Isparta, Turkey, 24-28 May, Pp: 17-36.
9. Gastaldi, E., Lagaude, A., Marchesseau, S., and de la Fuente, B.T. 1997. Acid milk gel formation as affected by total solids content. Journal of Food Science. 62(4): 671-675.
10. Gauche, C., Tomazi, T., Barreto, P.L.M., Ogliari, P.J., and Bordignon-Luiz, M.T. 2009. Physical properties of yoghurt manufactured with milk whey and transglutaminase. Food Science and Technology. 42: 239-243.
11. Gerrard, J.A., Brown, P.K., and Fayle, S.E. 2002. Maillard crosslinking of food proteins I: The reaction of glutaraldehyde, formaldehyde, and glyceraldehyde with ribonuclease. Food Chemistry. 79: 343–349.
12. Hill, S., and Easa, A.M. 1998. Linking protein using the Maillard reaction and the implications for food processors. In J. O'Brien, H.E. Nursten, M.J.C. Crabbe, and J M. Ames (Eds.), The Maillard reaction in foods and medicine United Kingdom, The Royal Society of Chemistry. Pp: 133–138.
13. Jaros, D., Partschefeld, C., Henle, T., and Rohm, H. 2006. Transglutaminase in dairy products: Chemistry, physics, applications. Journal of Texture Studies. 37: 113–155.
14. Jongjareonrak, A., Benjakul, S., Visessanguan, W., and Tanaka, M. 2006. Skin gelatin from bigeye snapper and brown stripe red snapper: Chemical compositions and effect of microbial transglutaminase on gel properties. Food Hydrocolloids. 20: 1216–1222.
15. Jooyandeh, H., Mortazavi S.A., Farhang P. and Samavati V. 2015. Physicochemical properties of set-style yoghurt as effect by microbial transglutaminase and milk solids contents. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences. 4(11S): 59-67.
16. Jooyandeh, H., Namvar, H., Niakosari, M., and Hojjati, M. 2017. Effect of enzymatic treatment of milk by transglutaminase on physical properties of low fat milk powder. Iranian Journal of Food Science and Technology. 14(66): 131-143. (In Persian)
17. Kesenkaş, H. 2010. Effect of using different probiotic cultures on properties of Torba (strained) yoghurt. Mljekarstvo. 60(1): 19-29.
18. Kristo, E., Biliaderis, C.G., and Tzanetakis, N. 2003. Modelling of the acidification process and rheological properties of milk fermented with a yogurt starter culture using response surface methodology. Food Chemistry. 83: 437–446.
19. Lauber, S., Henle, T., and Klostermeyer, H. 2000. Relationship between the cross linking of caseins by transglutaminase and the gel strength of yoghurt. European Food Research and Technology. 210: 305-309.
20. Lorenzen, P.C. 2007. Effects of varying time/temperature-conditions of preheating and enzymatic cross-linking on techno-functional properties of reconstituted dairy ingredients. Food Research International. 40: 700–708.
21. Mahmood, W.A., and Sebo, N.H. 2012. Improvement of yogurt properties by microbial transglutaminase. Jordan Journal of Agricultural Sciences. 8(3): 333-342.

www.SID.ir

Archive of SID

conditions for formation of transglutaminase-induced gels. International Dairy Journal. 10: 519-528.
30. Tamime, A.Y., and Deeth, H. 1980. Yogurt: Technology and biochemistry. Journal of Food Protection. 4: 939-977.
31. Shi, J., Li, D., and Zhao, X.H. 2017. Quality attributes of the set-style skimmed yoghurt containing enzymatic cross-linked or thermal polymerized whey protein isolate CyTA - Journal of Food. 15(1): 34-40.
32. Tamime, A.Y., and Robinson, R.K. 2007. Tamime and Robinson's Yoghurt, Science and Technology. 3rd ed., Woodhead Publishing, UK, 880p.
33. Trachoo, N., and Mistry, V.V. 1998. Application of ultrafiltered sweet buttermilk and sweet buttermilk powder in the manufacture of nonfat and low fat yoghurts. Journal of Dairy Science. 81: 3163–3171.
34. Trespalacios, P., and Pla, R. 2007. Simultaneous application of transglutaminase and high pressure to improve functional properties of chicken meat gels. Food Chemistry. 100: 264–272.
35. Tsevdou, M.S., Eleftheriou, E.G., and Taoukis, P.S. 2013. Transglutaminase treatment of thermally and high pressure processed milk: Effects on the properties and storage stability of set yoghurt. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 17: 144-152.
36. Zambou, N.F., Nour El-Noda, H., Mbiapo T.F., and Morsi, El-S. 2004. Effect of ropy and capsular exopolysaccharides producing strain of *Lactobacillus plantarum* 162RM on characteristics and functionality of fermented milk and soft Kareish type cheese. African Journal of Biotechnology. 3(10): 512-518.
22. Md Yasir, S.B., Sutton, K.H., Newberry, M.P., Andrews, N.R., and Gerrard, J.A. 2007. The impact of transglutaminase on soy proteins and tofu texture. Food Chemistry. 104: 1491–1501.
23. Megenis, B.R., Prudencio, E.S., Amboni, R.D.M.C., Cerquierra, N.G., Jr, Olivierra, R.V.B., Soldi, V., and Benedet, H.D. 2006. Compositional and physical properties of yogurt manufactured from whey and cheese concentrated by ultra-filtration. International Journal of Food Science and Technology. 41(5): 560-568.
24. Motoki, M., and Seguro, K. 1998. Transglutaminase and its use for food processing. Trends in Food Science and Technology. 9: 204-210.
25. Nonaka, M., Toiguchi, S., Sakamoto, H., Kawajiri, H., Soeda, T., and Motoki, M. 1994. Changes caused by microbial transglutaminase on physical properties of thermally induced soy protein gels. Food Hydrocolloid. 8:1-8.
26. Oner, Z., Karahan, A.G., Aydemir, S., and Aloglu, H.S. 2008. Effect of transglutaminase on physicochemical properties of set-style yogurt. International Journal of Food Properties. 11: 196-205.
27. Ozer, B., Kirmaci, H.A., Oztekin, S., Hayaloglu, A., and Atamer, M. 2007. Incorporation of microbial transglutaminase into non-fat yogurt production. International Dairy Journal. 17: 199–207.
28. Sanli, T., Sezgin, E., Deveci, O., Senel, E., and Benli, M. 2011. Effect of using transglutaminase on physical, chemical and sensory properties of set-type yoghurt. Food Hydrocolloids. 25: 1477-1481.
29. Schorsch, C., Carrie, H., Clark, A.H., and Norton, I.T. 2000. Cross-linking casein micelles by microbial trans-glutaminase:

www.SID.ir

Archive of SID

EJFPP, Vol. 10 (2): 121-136
http://ejfpp.gau.ac.ir

Impact of addition of milk powder and microbial transglutaminase (TG) on the sensory and textural properties of set yoghurt

H. Jooyandeh[1*], A. Mortazavi[2]
[1]Associate Professor, Department of Food Science and Technology,
Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
[2]Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University, Mashhad, Iran
Received: 2016/12/11; Accepted: 2017/07/11

Abstract

Background and objectives: Proteins are one of the most important compounds that besides nutritional values have a crucial role in food texture development. Proteins are the basic structure of acid-induced gels such as yoghurt. The extent of protein interactions and the resulted molecular construction determine the texture and strength of a gel. An effective strategy to improve textural properties of food proteins particularly dairy products is enzymatic treatment with transglutaminase (TG). TG develops a stable and smooth gel with higher water holding capacity through formation of covalent bonds between milk proteins and trapping water in protein network. Nowadays, different methods including the enhancement of total solids (e.g. addition of milk powder) are used to improve the yoghurt texture. However, such treatments would results in higher acidity in the product during storage period. It seems that by using TG enzyme, not only the yoghurt texture can be improved, but also the reduction of quality of the product during storage time can be prevented.

Materials and methods: Set-type yoghurt samples were manufactured from cow's milk treated with different concentrations of microbial TG (0.01, 0.02 and 0.03 percent TG per milk, v/w) and different amounts of dry matter of milk (8 and 9%). A yoghurt sample without added TG was regarded as the control. Fresh and stored yoghurts (during 21 days) were evaluated for sensory attributes (appearance, color, odor, texture and taste) and instrumental texture analysis (hardness, consistency, adhesiveness and viscosity index).

Results: Results showed that all variables had significant effects ($p<0.05$) on the studied parameters. In general, , all the sensory parameters, except for color and taste, were affected by the variables, i.e. milk powder addition, TG treatment and storage period. By increasing the variables levels, particularly by increasing enzyme concentration, the appearance and texture of yoghurts were improved. The results also showed that by increasing enzyme concentration and milk solids, the amount of hardness, consistency, adhesiveness and viscosity index were considerably increased. In all the yoghurt samples, the hardness and consistency reached to the maximum level at the end of 21 days of storage.

Conclusion: This investigation confirmed that enzymatic cross-linking by TG might be applied effectively to establish 3-D structure of yoghurt and to improve textural properties of the product. Although the best samples with the higher textural properties were produced by using 0.03% TG, but no significant differences was observed between the mentioned samples and those containing 0.02% TG. Therefore, TG at the concentration of 2% was found to be the best level of enzyme for the production of yoghurt. Based on our results, effect of addition of TG at 0.01 % (one unit) on the textural properties of yoghurt was found to be equal to that of addition of more than 1% milk powder.

***Keywords*:** Transglutaminase enzyme, Texture, Sensory properties, Set yoghurt

[*]Corresponding author; hosjooy@ramin.ac.ir

www.SID.ir