تاثیر آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی بر خواص کیفی ماست پروبیوتیک غنی‌شده با کازئینات سدیم

ساینا مویدزاده[1*]، اصغر خسروشاهی اصل[2]، شهین زمردی[3]

1- دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

2- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

3- استادیار بخش فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت:1391/11/12 تاریخ پذیرش: 1392/2/17

چکیده

در این مطالعه، تاثیر آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی و کازئینات سدیم در ماست پروبیوتیک بدون چرب طی 19 روز نگهداری در دمای 1± 5 درجه سانتی گراد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که استفاده از آنزیم ترانس گلوتامیناز و کازئینات سدیم به طور معنی‌داری موجب افزایش مقدار ویسکوزیته و درصد ظرفیت نگهداری آب نمونه‌ها گردید. اما تیمار آنزیمی میزان روشنائی (L^*) را افزایش و طیف رنگی زرد (b^*) نمونه‌ها را کاهش داد در حالیکه تیمار با کازئینات سدیم برخلاف تیمار آنزیمی، موجب کاهش میزان روشنایی و افزایش طیف رنگی زرد نمونه‌ها شد ($P\leq0/05$). همچنین بر اساس نتایج حاصل، زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس کازئی* در نمونه-های تیمار شده با ترانس گلوتامیناز و کازئینات سدیم نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P\leq0/05$). بیشترین مقدار ویسکوزیته (2/68 پاسکال ثانیه) نیز در نمونه‌های تیمار شده با آنزیم بود. بنابراین استفاده از ترانس گلوتامیناز و کازئینات سدیم در تولید ماست پروبیوتیک بدون چرب پیشنهاد می‌گردد.

واژه های کلیدی : ترانس گلوتامیناز، کازئینات سدیم، ماست، پروبیوتیک

* مسئول مکاتبات: moayedzadeh_s@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

1- مقدمه

در دو دهه اخیر، به دلیل تاثیر سوء ناشی از چربی اضافی بر سلامتی انسان، تمایل به مصرف محصولات لبنی کم چرب یا بدون چربی، مخصوصا ماست بدون چربی، به‌طور چشم‌گیری افزایش یافته است. با این وجود، مصرف کنندگان محصولات کم چربی با کیفیت مشابه با محصولات پر چرب می‌طلبند (13). افزایش میزان کل مواد جامد بدون چربی شیر و یا افزودن صمغ‌های طبیعی یا سنتتیک به عنوان پایدار کننده به شیر، روش‌های معمول و متعارفی هستند که جهت بهبود بافت ماست کم چرب و کاهش سینرزیس به کارگرفته شده‌اند (9). مقادیر مورد نیاز از این افزودنی‌ها برای رسیدن به میزان مواد جامد مشابه با ماست پرچرب، می‌تواند موجب بروز طعم نامطلوب، تولید بیش از حد اسید در طول دوره نگهداری و ایجاد بافت شنی در ماست شود (13). لذا بررسی روش‌های جایگزین جهت دستیابی به بافت مطلوب و کاهش سینرزیس در ماست کم چرب در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه واقع شده است. پایداری شبکه سه بعدی ژل ماست با برقراری پیوندهای عرضی بین زنجیره‌های پروتئینی توسط آنزیم ترانس گلوتامیناز از روش‌های نوین و موثر در جلوگیری از مشکلات رایج در تولید فراورده‌های لبنی می‌باشد (9). آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی (EC 2.3.3.13)، جزء آنزیم‌های ترانسفراز است که واکنش انتقال آسیل، بین گاما-کربوکسی آمید اسیدآمینه گلوتامین و آمین‌های نوع اول از جمله گروه اپسیلون-آمین لیزین در پروتئین‌ها را کاتالیز می‌کند و در نتیجه پیوندهای عرضی کوالانسی درون و بین مولکولی موجب تشکیل پلی‌مرهایی با وزن مولکولی بالا می‌شود (5،11). در حقیقت، آنزیم ترانس گلوتامیناز با درهم تنیدن پروتئین‌های شیر منجر به اصلاحاتی در ویژگی‌های کارکردی پروتئین‌ها و تشکیل فراورده‌هایی با ویژگی‌های حسی و رئولوژیکی بهتر می‌شود (13). امروزه در اصلاح پروتئین‌ها، روش‌های آنزیمی بر روش-های شیمیایی ترجیح دارد زیرا در روش‌های آنزیمی تولید مواد سمی ناشی از روش‌های شیمیایی به حداقل می‌رسد (16). بر واکنش ترانس‌گلوتامیناز علاوه بر افت pH در طول تخمیر، غنی سازی پروتئین و تیمار حرارتی شیر ماست سازی نیز موثر است. در میان دو جزء پروتئینی اصلی شیر، کازئین‌ها سوبسترای خوبی برای ترانس گلوتامیناز هستند (5). تولگاچ و کولوزیک(20) گزارش کردند که بخش هیدروفیلیک کاپاکازئین شناخته شده به کازئوماکروپپتید تمایل زیادی به واکنش با ترانس‌گلوتامیناز دارد. در مقابل، پروتئین‌های سرمی در حالت عادی، به علت پایداری آن با پیوندهای دی‌سولفیدی، خیلی کم تحت تاثیر آنزیم قرار می‌گیرند. در میان پروتئین‌های جدا شده از شیر، کازئینات سدیم بهترین سوبسترا برای ترانس گلوتامیناز میکروبی شناخته شده است(5). همچنین امروزه مصرف مواد غذایی فراسودمند، از جمله غذاهای حاوی پروبیوتیک، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. پروبیوتیک‌ها دارای ویژگی‌های سلامت‌بخش هستند و مصرف آنها روشی برای بازسازی تعادل میکروفلور روده می‌باشد (12). برای تأمین سلامتی، لازم است که تعداد باکتری‌های پروبیوتیک زنده در ماده غذایی دست کم 10^6-10^7 واحد سازنده‌ی کلنی در گرم یا در میلی لیتر باشد (12). صنعت تمایل روبه رشدی به توسعه روش‌هایی دارد که موجب حفظ تعداد کافی و موثر باکتری های ماست بخصوص باکتری های پروبیوتیک در طول دوره نگهداری ماست شود (8). از طرفی، آنزیم ترانس گلوتامیناز با ایجاد شبکه پروتئینی متفاوت ممکن است رشد و زنده مانی پروبیوتیک ها را تحت تاثیر قرار دهد. بنکویچ و همکاران (3) تاثیر اینولین و ترانس گلوتامیناز را بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست قالبی بررسی کردند و گزارش نمودند که نمونه‌های حاوی اینولین و ترانس گلوتامیناز نسبت به نمونه شاهد، از سینرزیس کمتر و استحکام ژل بالاتری برخوردار بودند. جاروس و همکاران (11) بیان کردند که پلیمریزاسیون پروتئین‌های شیر توسط ترانس گلوتامیناز موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب و استحکام ژل ماست می‌شود. روبلوسکا و همکاران (22) تاثیر ترانس گلوتامیناز را بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی کفیر ارزیابی کردند و گزارش نمودند که ترانس گلوتامیناز موجب افزایش ویسکوزیته و مقبولیت نمونه‌های تیمار شده با آنزیم شد. دپیرو و همکاران (6) مشاهده کردند که ترانس گلوتامیناز قادر است راندمان پنیرسازی را از راه حفظ رطوبت در دلمه افزایش دهد. هدف از این تحقیق، بررسی تاثیر آنزیم ترانس گلوتامیناز وکازئینات سدیم در ماست پروبیوتیک همزده بدون چرب طی 19 روز نگهداری در دمای 1± 5 درجه سانتی گراد می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

2- مواد و روش‌ها

2-1- مواد

مواد اولیه مورد استفاده در این مطالعه، آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی (ACTIVA YG) از *استرپتوورتیسیلیوم*[1] با میانگین فعالیت 80 واحد در گرم (شرکت آجینوموتو[2] فرانسه) که ترکیب آنزیم شامل ترانس گلوتامیناز (1 درصد)، لاکتوز، عصاره مخمر، مالتو دکسترین و روغن گیاهی می‌باشد، شیر 0/3 درصد چربی با 3/2 درصد پروتئین و 8/58 درصد ماده خشک، 0/14 درصد اسیدیته بر حسب اسید لاکتیک و pH=6/8 (شرکت شیر پاستوریزه آذربایجان‌غربی، پگاه)، شیر خشک بدون چربی با 1/25 درصد چربی، 28 درصد پروتئین، 96 درصد ماده خشک (شرکت راماک، ایران)، کازئینات سدیم با 2 درصد چربی، 79 درصد پروتئین و 97/5 درصد ماده خشک (شرکت کازئینات ایران)، باکتری پروبیوتیک *لاکتوباسیلوس کازئی* (LAFTI-L26، شرکت DSM استرالیا)، استارتر تجاری ماست YC-X11 (کشت مخلوط *استرپتوکوکوس ترموفیلوس* و *لاکتوباسیلوس دلبروکی* زیر گونه *بولگاریکوس*، شرکت کریستین هانسن دانمارک)، محیط کشت MRS-Agar (مرک، آلمان)، ونکومایسین هیدروکلراید (Sigma-Aldrich، استرالیا).

2-2- روش‌ها

2-2-1- روش تهیه ماست

ابتدا ماده خشک شیر پس‌چرخ با استفاده از 2 درصد شیر خشک تنظیم شد. سپس پروتئین شیر پس‌چرخ با 1/27 درصد کازئینات سدیم غنی‌سازی گردید. پس از رساندن دمای شیر به 50 درجه سانتی‌گراد ، مقدار 2 واحد آنزیم ترانس گلوتامیناز در گرم پروتئین شیر اضافه شد و بمدت یکساعت در 50 درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری گردید. سپس شیر در دمای 85 درجه سانتی‌گراد به مدت 15 دقیقه پاستوریزه شد. در طی عمل پاستوریزاسیون، آنزیم نیز غیرفعال گردید. آنگاه شیر تا دمای 45 درجه سانتی‌گراد سرد، استارتر ماست و *لاکتوباسیلوس کازئی* (مطابق دستورالعمل تولید کننده) اضافه شد و در دمای 42 درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به pH=4/6 گرمخانه‌گذاری گردید. پس از سرد شدن تا دمای 20 درجه سانتی‌گراد ، نمونه‌های ماست به مدت 60 ثانیه همزده و در لیوان پلاستیکی استریل پر و درب‌بندی گردید. پس از درب‌بندی تا دمای4 درجه سانتی‌گراد سرد و مدت 19 روز در یخچال نگهداری شد.

2-2-2- روش‌های آزمایش

برای شمارش *لاکتوباسیلوس کازئی* از محیط کشت MRS آگار حاوی ونکومایسین (2 میلی لیتر از محلول 0/5 g /L ونکومایسین توسط فیلتر سر سرنگی به یک لیتر از محیط استریل شده فوق قبل از ریختن در پلیت ها اضافه گردید) استفاده شد و در شرایط بی-هوازی به مدت 72 ساعت در دمای 37 درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری گردید (2). ویژگی های رئولوژیکی نمونه‌ها در دمای 20 درجه سانتی گراد توسط دستگاه رئومتر چرخشی MCR 301 (ساخت شرکت آنتون پار) و با استفاده از ژئومتری استوانه‌ی هم مرکز(concentric cylinder geometry) انجام شد. ویسکوزیته و تنش برشی در نرخ‌های 2 تا 100 بر ثانیه اندازه‌گیری شد. برای تعیین ظرفیت نگهداری آب نیز، مقدار 5 گرم نمونه در لوله های سانتریفیوژ توزین شد. سپس در سانتریفیوژ (Hettich EBA 20, Germany) با دور rpm 4500 به مدت 30 دقیقه در 10 درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ گردید. سرم جدا شده توزین و درصد ظرفیت نگهداری آب تعیین شد (15). ارزیابی رنگ نمونه ها با استفاده از دستگاه هانترلب Minoleta CR-400 (ساخت شرکت اساکا، ژاپن) مورد ارزیابی قرار گرفت. در این سیستم فاکتورهای L^*، a^* و b^* ترتیب نشان دهنده طیف سیاه تا سفید از محدوده صفر تا 100، طیف رنگی سبز تا قرمز از محدوده 60 + تا 60- و طیف رنگی آبی تا زرد با محدوده 60 + تا 60- هستند (18).

2-2-3- طرح آماری

طرح آماری مورد استفاده در این تحقیق آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی است و تمامی آزمون‌ها در 3 تکرار انجام شد. فاکتور اول نوع تیمار در 3 سطح (شاهد، آنزیم ترانس-گلوتامیناز و کازئینات سدیم) و فاکتور دوم زمان نگهداری در دو سطح (1 و 19 روز) بود. تجزیه آماری با استفاده از نرم افزارMinitab انجام گرفت و میانگین‌ها در صورت معنی‌دار بودن با آزمون LSD مقایسه گردید.

[1] Strepto verticillium

[2] Ajinomoto

Archive of SID

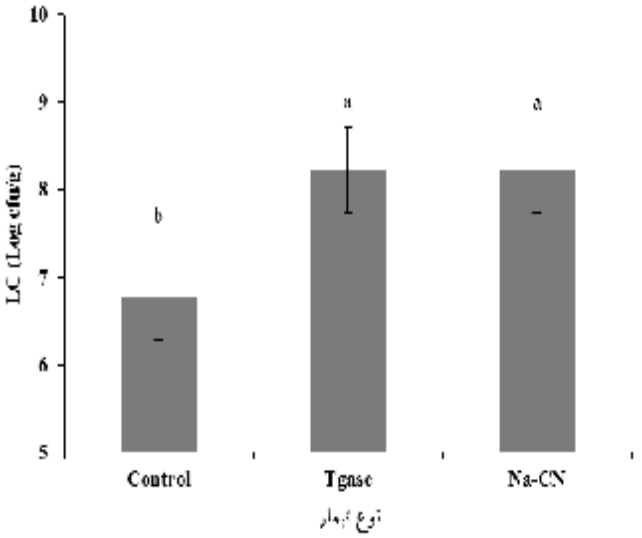
www.SID.ir

3- نتایج و بحث

3-1- تغییرات *لاکتوباسیلوس کازئی*

نتایج حاصل از آنالیز واریانس داده‌ها (جدول 1) نشان داد که اثر نوع تیمار بر زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس کازئی* معنی‌دار بود ($P\leq0/05$). در شکل 1 تاثیر نوع نیمار بر زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس کازئی نشان داده شده است*. با توجه به شکل 1، زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس کازئی* در نمونه‌های تیمار شده با آنزیم ترانس گلوتامیناز و کازئینات سدیم نسبت به نمونه شاهد به طور معنی-داری افزایش یافت ($P\leq0/05$). به دلیل اینکه آنزیم ترانس گلوتامیناز از نوع (ACTIVA-YG)، حاوی 32-19 درصد عصاره مخمر می‌باشد باعث افزایش رشد *لاکتوباسیلوس کازئی* شده است (21). بونیش و همکاران (4) گزارش کردند که این عصاره مخمر موجود در ترکیب آنزیم ترانس گلوتامیناز (ACTIVA-YG) حاوی مقدار قابل توجهی گلوتاتیون می‌باشد، عامل کاهنده گلوتاتیون، ایزوپپتیدی متشکل از سیستئین، گلایسین و گلوتامیک اسید می‌باشد. در نمونه‌های تیمار شده با کازئینات سدیم نیز پروتئازهای *لاکتوباسیلوس کازئی*، پروتئین-های شیر عمدتا کازئین را به عنوان منبع نیتروژن برای رشد خود هیدرولیز می‌کنند (14).

در طول زمان نگهداری به مدت 19 روز تعداد این باکتری کاهش یافت اما کاهش آن معنی دار نبود ($P\geq0/05$). علی‌رغم اکثر مطالعات مبنی بر کاهش معنی دار زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها در طی دوره نگهداری، زمان تاثیر معنی‌داری بر رشد *لاکتوباسیلوس کازئی* نداشت و *لاکتوباسیلوس کازئی* پایداری سلولی خوبی در حفظ غلظت خود در تمام دوره نگهداری نشان داد. تعداد آنها در انتهای دوره نگهداری بالاتر از حد سلامتی بود (10^8 cfu/g) بود. این نتایج با مشاهدات فارنس‌ورت و همکاران (8) و دونکور و همکاران (7) مطابقت دارند. دونکور و همکاران (7) گزارش کردند که گونه‌های لاکتوباسیلی پایداری سلولی خوبی در حفظ غلظت خودشان در تمام دوران نگهداری نشان دادند. آنها اظهار داشتند هنگامی‌که پروبیوتیک‌ها به همراه استارترهای ماست به‌کار برده می‌شوند، میزان بالای فاکتورهای رشد از جمله پپتیدها و آمینواسیدهای حاصل از پروتئولیز موجب ثابت و پایدار باقی ماندن رشد *لاکتوباسیلوس کازئی* شده است و محرک رشدی برای *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* بوده است.



شکل 1- تاثیر نوع تیمار بر زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس کازئی*

جدول1- خلاصه تجزیه واریانس خواص کیفی نمونه‌های ماست

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		ظرفیت نگهداری آب (٪)	ویسکوزیته (Pa.s)	LC (log cfu/g)
زمان نگهداری (A)	1	13/023*	0/21333*	0/0251
نوع تیمار (B)	2	23/465*	1/20032*	2/7650*
AB	2	2/087	1/15201*	0/0410
خطا	6	1/055	0/02108	0/1243
R^2		٪91/01	٪97/49	٪88/31
R^2_{adj}		٪83/53	٪95/40	٪78/58

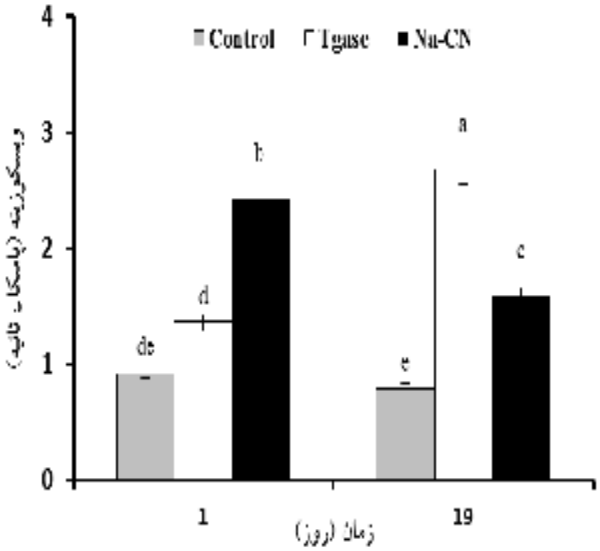
* در سطح 5٪ معنی‌دار

3-2- تغییرات ویسکوزیته

همانطوریکه از شکل و جدول 2 ملاحظه می‌شود در روز اول، نمونه تیمار شده با کازئینات سدیم نسبت به دو تیمار دیگر ویسکوزیته بالاتری داشت. در پایان زمان نگهداری ویسکوزیته نمونه‌های تیمار شده با آنزیم بطور معنی‌داری افزایش ولی ویسکوزیته نمونه شاهد و کازئینات سدیم بطور معنی‌داری کاهش پیدا کرد ($P\leq0/05$).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل2ـ تاثیر متقابل نوع تیمار و زمان نگهداری بر میزان ویسکوزیته نمونه‌های ماست

افزایش ویسکوزیته در طول زمان نگهداری در اثر استفاده از ترانس گلوتامیناز، بدلیل توانایی آنزیم در تشکیل پلی‌مرهایی با وزن مولکولی بالا از مونومرهای پروتئین می‌باشد (9). فارنس-ورت و همکاران (8) گزارش کردند که آنزیم ترانس گلوتامیناز با ایجاد پیوندهای کوالانسی جدید باعث درهم تنیدن پروتئین های شیر می‌شود در حالی‌که عمدتا در ماست، ژل با اتصالات غیر کوالانسی (برهمکنش هیدرواستاتیک، پیوندهای هیدروژنی و هیدروفوبی) پایدار می شود. بنابراین، این شبکه پروتئینی متفاوت موجب افزایش استحکام ژل و ویسکوزیته ماست قالبی و همزده می‌شود. اسکورش و همکاران (17) نیز اظهار داشتند که ژل‌های حاصل از میسل‌های کازئینی تیمار شده با آنزیم با پیوندهای کوالانسی اتصالات عرضی برقرار می‌کنند که قوی‌تر از ژل‌های حاصل از اسیدیفیکاسیون می‌باشند. اوزر و همکاران (13) نشان دادند که افزایش میزان آنزیم افزوده شده به شیر پس چرخ موجب افزایش قابل ملاحظه ویسکوزیته نمونه‌های ماست گردید. بالا بودن ویسکوزیته توسط کازئینات سدیم در روز اول نگهداری به این دلیل است که افزایش میزان پروتئین از یکسو بر تعداد رشته‌های پروتئینی شبکه ژل و از سوی دیگر بر نحوه توزیع رشته‌ها اثر می‌گذارد و منجر به افزایش ویسکوزیته ژل می‌شود (1). سدینی و همکاران (19) گزارش کردند، وقتی شیر اولیه با کازئینات سدیم یا پروتئین‌های آب پنیر غنی‌سازی می‌شود، ماست حاصل در مقایسه با محصول غنی شده با پودر شیر خشک از ویسکوزیته بالاتری برخوردار است که علت آن افزایش محتوی پروتئین نسبت به ماده جامد عنوان شده است.

3-3- ظرفیت نگهداری آب

بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول1) تاثیر نوع تیمار و زمان نگهداری بر میزان ظرفیت نگهداری آب نمونه‌ها معنی‌دار بود ($P\leq0/05$). نمونه‌های تیمار شده با آنزیم و کازئینات سدیم نسبت به نمونه شاهد بطور معنی‌داری از ظرفیت نگهداری آب بالاتری برخوردار بودند (جدول 3). کاهش نفوذپذیری ژل در نتیجه برقراری پیوندهای عرضی دائمی بین پروتئین‌های شیر توسط ترانس گلوتامیناز را می‌توان علت این امر دانست. کاهش در نفوذپذیری ژل باعث ایجاد ریز ساختار پایدار با اجزاء به هم پیوسته و یکنواخت در ماست می‌شود که نتیجه آن محصور شدن آب آزاد بیشتر در شبکه ژل ماست می‌باشد و در نهایت منجر به بهبود ظرفیت نگهداری آب در شبکه ژل ماست می‌شود (9). یوکسل و اردم (23) با بیان اینکه چربی در افزایش ظرفیت نگهداری آب نمونه‌های ماست نقش زیادی دارد، نشان دادند که ظرفیت نگهداری آب در ماست بدون چرب تیمار شده با ترانس گلوتامیناز تفاوتی با ظرفیت نگهداری آب در ماست پرچرب شاهد ندارد و نتیجه گرفتند که اصلاح پروتئین‌های شیر (مخصوصا کازئین ها و پروتئین‌های سرمی دناتوره شده) از طریق

جدول2-اثر نوع تیمار بر میزان ویسکوزیته نمونه‌ها در طول زمان نگهداری

آزمایش	زمان نگهداری	نوع تیمار		
	(روز)	شاهد	ترانس‌گلوتامیناز	کازئینات سدیم
ویسکوزیته(Pa.s)	1	$0/92^{de}$	$1/36^{d}$	$2/42^{b}$
	19	$0/79^{e}$	$2/68^{a}$	$1/59^{c}$

Archive of SID

www.SID.ir

پیوندهای عرضی توسط ترانس گلوتامیناز روش کارآمد و مفیدی در تولید ماست کم‌چرب یا بدون چرب می‌باشد. جاروس و همکاران (11) بیان کردند که پلی‌مریزاسیون پروتئین‌های شیر توسط ترانس گلوتامیناز موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب و استحکام ژل ماست می‌شود. پیوندهای عرضی پروتئین‌ها در شیر قبل از تخمیر، موجب بهبود استحکام ژل و کاهش سینرزیس ماست قالبی و همینطور ماست همزده می‌شود.

علت افزایش ظرفیت نگهداری آب نمونه‌های ماست در اثر استفاده از کازئینات سدیم به دلیل وجود میزان بالاتر پروتئین می‌باشد که شبکه پروتئینی متراکم شده و با آب بیشتری در حجم معین باند می‌شود (10). همچنین آماتایاکول (1) عنوان کردند که افزایش میزان پروتئین بر همکنش بین ذرات را افزایش داده و در نتیجه توانایی ماست به نگه داشتن آب افزایش می‌یابد. ژل‌های اسیدی با افزایش نسبت پروتئین به ماده خشک، ظرفیت نگهداری آب بالاتری را از خود نشان می‌دهند. یوکسل و اردم (23) گزارش کردند که افزایش میزان پروتئین، میزان آب محصور شده در شبکه ژلی را افزایش می‌دهد. سدینی و همکاران (19) نشان دادند که با افزایش درصد پروتئین در ماده خشک، بر همکنش باندهای پروتئینی بیشتر شده و قابلیت نگهداری آب محصول افزایش می‌یابد. همچنین میزان ظرفیت نگهداری آب نمونه‌ها در طول نگهداری به مدت 19 روز، در حدود 8 درصدکاهش یافت. این کاهش را می‌توان به فعالیت آنزیم‌های تولیدشده توسط آغازگرها بر روی میسل‌های کازئین به مرور زمان نسبت داد (15).

جدول3- اثر نوع تیمار بر زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس کازئی*، ظرفیت نگهداری آب و رنگ نمونه‌ها

نوع تیمار	شاهد	آنزیم ترانس گلوتامیناز	کازئینات سدیم
LC (log cfu/g)	$6/77^{b}$	$8/22^{a}$	$8/21^{a}$
ظرفیت نگهداری آب (٪)	$21/97^{c}$	$23/88^{b}$	$26/78^{a}$
L^*	$66/36^{b}$	$69/63^{a}$	$60/79^{c}$
a^*	$-0/84^{a}$	$-1/36^{a}$	$-0/77^{a}$
b^*	$14/14^{b}$	$13/18^{cb}$	$15/68^{a}$

3-4- رنگ

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول 4) نشان داد که اثر نوع تیمار بر پارامتر L^* (نشان‌دهنده طیف سیاه تا سفید) و b^* (نشان‌دهنده طیف رنگی آبی تا زرد) معنی‌دار بود ($P\leq 0/05$). اما تاثیر نوع تیمار بر اندیس a^* (نشان دهنده طیف رنگی سبز تا قرمز) معنی‌دار نبود ($p\geq 0/05$). با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول 3)، در نمونه‌های تیمار شده با کازئینات سدیم پارامتر b* بیشتر و پارامتر L* کمتر بود، اما در نمونه‌های تیمار شده با آنزیم پارامتر b* کمتر و پارامتر L* بیشتر از نمونه‌های شاهد بود ($P\leq 0/05$). لذا کازئینات سدیم موجب افزایش رنگ زرد و کاهش روشنایی نمونه‌ها شده است. دلیل آن را می‌توان به قهوه‌ای بودن پودر کازینات سدیم نسبت داد که موجب افزایش طیف رنگی زرد و کاهش میزان نورهای برگشتی شده است. زیرا مقدار کل پرتوهای برگشت داده شده با شاخص L* ارزیابی می‌شود (18). اما تیمار آنزیمی موجب افزایش میزان نورهای برگشتی شده و در نتیجه روشنایی افزایش و زردی نمونه‌ها کاهش یافته است.

جدول4- تجزیه واریانس ویژگی‌های رنگ نمونه‌های ماست

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		L*	a*	b*
زمان نگهداری (A)	1	20/567	0/056	0/8982
نوع تیمار (B)	2	5/082*	0/410	6/3216*
AB	2	1/354	0/107	0/4085
خطا	6	8/732	1/217	0/5933
R^2		%79/95	%32/99	٪80/13
R^2_{adj}		%70/00	%21/00	٪73/58

* در سطح 5٪ معنی‌دار

4- نتیجه‌گیری

ماست حاوی پروبیوتیک از غذاهای عملگرا بوده که اثرات سلامت بخش در انسان دارد. در این مطالعه، تاثیر آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی و کازئینات سدیم بر شاخص‌های کیفی ماست پروبیوتیک هم زده بدون چرب در طول نگهداری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد آنزیم و کازئینات سدیم ضمن اینکه موجب افزایش زنده مانی *لاکتوباسیلوس کازئی* شدند بلکه ویسکوزیته و ظرفیت نگهداری آب نمونه‌های ماست را بهبود بخشیدند تیمار آنزیمی نیز میزان روشنائی (L^*)

Archive of SID

www.SID.ir

نمونه‌ها را افزایش داد. لذا می‌توان از آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی با موفقیت در تهیه ماست همزده بدون چرب پروبیوتیک بهره برد.

5- منابع

1. Amatayakul, T. Sherkat, F. and Shah, N. P. 2006. Physical characteristics of set yoghurt made with altered casein to whey protein ratios and EPS-producing starter cultures at 9 and 14% total solids. *Food Hydrocolloid*, 20: 314-324.
2. Aryana, K.J. and McGrew, P. 2007. Quality attributes of yogurt with *Lactobacillus casei* and various prebiotics. *LWT*, 40: 1808–1814.
3. Benkovic; M. Kos, B. Tonkovic, K. Lebos, A. Suskovic, J. and Gregurek, L. 2008. Influence of probiotic strain Bifidobacterium animalis subsp. lactis lafti b94, inulin and transglutaminase on the properties of set- style yoghurt. *Mljekarstvo*, 58: 95-115
4. Bonisch, M.P. Lauber, S. and Kulozik, U. 2007a. Improvement of enzymatic cross-linking of casein micelles with transglutaminase by glutathione addition. *International Dairy Journal*,17: 3–11.
5. Bonisch, M.P., Huss, M., Weitl, K. and Kulozik, U., 2007b, Transglutaminase cross-linking of milk proteins and impact on yoghurt gel properties. *International Dairy Journal*, 17: 1360–1371.
6. De Pierro, P. Mariniello, L. Sorrentino, A. Gosafatto, C. V. L. Chianese, L. and Porta, R. 2010. Transglutaminase-induced chemical and rheological properties of cheese. Food Biotechnology, 24: 107-120.
7. Donkor, O.N. Nilmini, S.L.I. Stolic, P. Vasiljevic ,T. and Shah, N.P. 2006. Survival and activity of selected probiotic organisms in set-type yoghurt during cold storage. *International Dairy Journal*, 17: 657–665.
8. Farnsworth, J.P. Li, J. Hendricks, G.M. and Guo, M.R. 2006. Effects of transglutaminase treatment on functional properties and probiotic culture survivability of goat milk yogurt. *Small Ruminant*, 65: 113-121.
9. Gauche, C. Tomazi, T. and Barreto, P.L.M. 2009. Physical properties of yoghurt manufactured with milk whey and transglutaminase. *LWT*, 42: 239–243.
10. IMM, J.Y. LIAN, P. and LEE, C.M. 2000. Gelation and Water Binding Properties of Transglutaminase-treated Skim Milk Powder. *Food Chemistry and Toxicology*, 65: 200-205.
11. Jaros, D. Partschefeld, C. Henle, T. and Rohm, H. 2006. Transglutaminase in dairy products: chemistry, physics, applications. *Journal of Texture Studies*, 37: 113–155.
12. Burgain, J. Gaiani, C. Linder, M. and Scher, J. 2011. Encapsulation of probiotic living cells: from laboratory scale to industrial applications. *Journal of Food Engineering*, 104: 467–483.
13. Ozer, B. Kirmaci, H.A. and Oztekin, S. 2007. Incorporation of microbial transglutaminase into non-fat. *International Dairy Journal*, 17: 199–207.
14. Pihlanto, A. Virtanen, T. And Hannu, K. 2010. Angiotensin 1 converting enzyme (ACE) inhibitory activity and antihypertensive effect of fermented milk. *International Dairy Journal*, 20:3-10.
15. Sahan, N. Yasar, K. and Hayaloglu, A.A. 2008. Physical, chemical and flavor quality of non-fat yogurt as affected by a b-glucan hydrocolloidal composite during storage. *Food Hydrocolloids*, 22: 1291–1297.
16. 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.
17. Schorsch, C. Carrie, H. and Norton, I.T. 2000. Cross-linked casein micelles by a microbial transglutaminase: influence of cross-links in acid-induced gelation. *International Dairy Journal*, 10: 529–539.
18. Smiddy, M. A. Martin, J. E. G. H. Kelly, A. L. De Kruif, C. G. and Huppertz, T. 2006. Stability of casein micelles cross-linked by transglutaminase. *Journal of dairy science*, 89: 1906-1914.
19. Sodini, I. Montella, J. and Tong, P.S. 2005. Physical properties of yogurt fortified with various commercial whey protein concentrates. *J. of the Science of Food and Agriculture*, 85: 853–859.
20. Tolkach, A. and Kulozik, U. 2005. Fractionation of whey proteins and caseinomacropeptide by means of enzymatic crosslinking and membrane separation by means by enzymatic crosslinking and membrane separation techniques. *Journal of Food Engineering*. 67: 13-20.

Archive of SID

www.SID.ir

21. Vasala, A. Panula, J. and Neubauer, P. 2005. Efficient lactic acid production from high salt containing dairy by-products by *Lactobacillus salivarius* ssp. *salicinius* with pre-treatment by proteolytic microorganisms. *Journal of Biotechnology*, 17: 421–431.
22. Wroblewska, B. Kolakowski, P. and Pawlikowska, K. 2009. Influence of the addition of transglutaminase on the immunoreactivity of milk proteins and sensory quality of kefir. *Food Hydrocolloids.* 23: 2434-2445.
23. Yuksel, Z. and Erdem, Y. 2010. The influence of transglutaminase treatment on functional properties of set yoghurt. *International Journal of Dairy Technology*, 63: 86-97.

Archive of SID

www.SID.ir