دانشکده کشاورزی

گروه علوم و صنایع غذایی

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته علوم و صنایع غذایی

انکپسولاسیون توام پروبیوتیک‌ها و پری بیوتیک‌ها با آلژینات سدیم و اثر آن بر زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها در ماست و شرایط شبیه‌سازی معده

اساتید راهنما:

دکتر محمود رضازاد باری

دکتر محمد علیزاده خالدآباد

نگارش:

کیوان نیلی

بهمن ۹۳

حق چاپ برای دانشگاه ارومیه محفوظ است.

تقدیم به:

پدر دلسوز و مادر عزیزتر از جانم

که از نگاهشان صلابت

از رفتارشان محبت

و از صبرشان ایستادگی را آموختم

خانواده عزیزم

همراهان همیشه بی‌ریای زندگی‌ام

و

مردم همیشه سربلند کوبانی

مردمانی که با دستان خالی به تسلیم و تحقیر رضایت‌ندادند

تقدیر و تشکر

حمد و سپاس بی کران خداوندی را که در نهاد آدمیان شراره های حقیقت جویی و علم آموزی را برافروخت و نعمت نوشیدن جرعه ای از دریای بی منتهای علم لایزال خویش را بر من ارزانی فرمود. اکنون که به یاری خداوند متعال توفیق انجام این پایان نامه را یافته ام به حکم ادب و وظیفه بر خود لازم می دانم از تمامی عزیزانی که مرا در این راه یاری نموده اند هر چند خیلی کوتاه، تشکر و قدردانی کنم. از استاد راهنماهای گران قدرم، دکتر محمود رضا زاد باری و دکتر محمد علیزاده خالد آباد که در طی انجام این تحقیق، بار اهنمایی های ارزشمندشان بنده را یاری دادند صمیمانه سپاس گزاری می نمایم.

از سایر اساتید محترم و بزرگوارم، آقای دکتر اصغر خسروشاهی اصل و آقای دکتر محسن اسمعیلی، خانم دکتر زینالی و دکتر پیروزی فرد و سایر اساتید محترمی که در طول مدت تحصیل در دانشگاه ارومیه از محضرشان بهره بردم سپاس گزاری می نمایم.

از مسئولین محترم آزمایشگاه های گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه ارومیه، جناب آقای مهندس خشایی و خانم مهندس جعفری کمال تشکر و قدردانی را می نمایم.

از همکاری صمیمانه مهندس صابر امیری و مهندس احسان مقدس کیا و مهندس سامان عزیزی زاده، دوستان عزیز و گران قدری که همواره مشاور فکری و علمی و عملی این جانب بودند نهایت تشکر و قدردانی را می نمایم.

چکیده

در این پژوهش تأثیر میکروانکپسولاسیون با استفاده از آلژینات سدیم و همچنین پری‌بیوتیک لاکتولوز بـر روی میزان زنده‌مانی لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس LA-5 در ماست و همچنین شرایط شبیه‌سازی معده و نیز ویژگی-های فیزیکوشیمیایی ماست شامل سینرزیس، اسیدیته و ویسکوزیته مورد مطالعه قرار گرفت. در این پژوهش بـا استفاده از روش اکستروژن، کپسول‌های آلژینات کلسیم تولید شد و از لاکتولوز به میزان ۲ ٪ جهت بهبود شرایط زنده‌مانی لاکتوباسیلوس و ویژگی‌های حسی ماست استفاده شد.

نتایج نشان داد که انکپسولاسیون و وجود لاکتولـوز اثـر معنـی‌داری ($p<0.05$) بـر زنـده‌مـانی لاکتوباسـیلوس اسیدوفیلوس LA-5 و ویژگی‌های حسی ماست دارند. در طول دوره نگهداری که ۲۲ روز بود اسـیدیته افـزایش یافت که به دلیل فعالیت باکتری‌های استارتر ماست و باکتری‌های پروبیوتیک می‌باشد و یکـی از دلایـل اصـلی کاهش جمعیت میکروبی لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در طول دوره نگهداری می‌باشد. همچنـین در طـول دوره نگهداری سینرزیس ماست کاهش و ویسکوزیته افزایش یافت و این عامل عمدتا به دلیل اگزوپلی‌سـاکاریدهـای تولیدی توسط باکتری‌های پروبیوتیک می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: زنده‌مانی پروبیوتیک، انکپسولاسیون، سینرزیس،پری‌بیوتیک، لاکتولوز، اسیدیته، ویسکوزیته

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۱

فصل دوم: کلیات ۳

۲-۱ تعریف ماست ۳

۲-۲ تاریخچه ماست ۵

۲-۳ مراحل تولید ماست ۶

۲-۳-۱ انتخاب شیر ۶

۲-۳-۲ استاندارد کردن شیر. ۷

۲-۳-۳ اضافه کردن افزودنی‌ها ۷

۲-۳-۴ هواگیری ۷

۲-۳-۵ هموژنیزاسیون ۸

۲-۳-۶ پاستوریزاسیون ۸

۲-۳-۷ خنک کردن ۹

۲-۳-۸ مایه زنی و گرمخانه گذاری ۹

۲-۳-۹ سرد کردن ۹

۲-۳-۱۰ بسته بندی ۹

۲-۳-۱۱ نگهداری ۱۰

۲-۴ مشکلات و عیوب تولید ماست ۱۰

۲-۴-۱ شیر منعقد نمیشود، یا بافت ماست دانه دار، شنی و آبکی است ۱۰

۲-۴-۲ آب انداختگی ۱۱

۲-۴-۳ ویسکوزیته پائین ماست ۱۱

۲-۴-۴ حباب‌های موجود در لخته ماست ۱۱

۲-۴-۵ دان دان بودن لخته تولیدی ماست ۱۲

۲-۵ مشکلات و معایب طعمی ماست ۱۲

۲-۵-۱ طعم تلخی ۱۲

۲-۵-۲ طعم ترشی ۱۳

۲-۵-۳ طعم ماستی/مخمری ۱۳

۲-۵-۴ طعم رنسیدی ۱۳
۲-۶ جلوگیری از بیش اسیدی شدن ۱۳
۲-۷ انواع ماست ۱۴
۲-۷-۱ ماست قالبی ۱۴
۲-۷-۲ ماست همزده ۱۴
۲-۷-۳ ماست میوه ای ۱۴
۲-۷-۴ ماست خامه ای (ماست یونانی) ۱۴
۲-۷-۵ ماست موسیر ۱۵
۲-۷-۶ ماست چکیده ۱۵
۲-۷-۷ ماست پروبیوتیک ۱۵
۲-۷-۸ ماست پنیری ۱۵
۲-۷-۹ ماست منجمد ۱۶
۲-۷-۱۰ ماست نوشیدنی شیرین ۱۶
۲-۷-۱۱ ماست خشک شده ۱۶
۲-۸ غذای عملگرا ۱۶
۲-۹ پروبیوتیک‌ها ۱۷
۲-۹-۱ معیارهای انتخاب پروبیوتیک ۱۹
۲-۱۰ لاکتوباسیلوس ۲۰
۲-۱۱ پری بیوتیک ها ۲۳
۲-۱۱-۱ خصوصیات و ویژگیهای پری‌بیوتیک‌ها ۲۳
۲-۱۱-۲ انواع پری‌بیوتیک‌ها ۲۴
۲-۱۲ لاکتولوز ۲۵
۲-۱۳ آلژینات ۲۶
۲-۱۴ میکروانکپسولاسیون ۲۹
۲-۱۴-۱ روشهای میکرو انکپسولاسیون پروبیوتیک‌ها ۳۰
۲-۱۴-۲ میکروانکپسولاسیون پروبیوتیک‌ها در ماست ۳۳
فصل سوم: مواد و روش‌های تحقیق ۳۵

۳-۱ مواد ۳۵
۳-۲ لوازم آزمایشگاهی و تجهیزات مورد استفاده ۳۶
۳-۳ طرح آزمایشی و تیمار آماری ۳۷
۳-۴ انکپسولاسیون ۳۹
۳-۵ تولید ماست ۴۰
۳-۶ اندازه گیری میزان اسیدیته ۴۱
۳-۷ اندازه گیری میزان سینرزیس ۴۱
۳-۸ آنالیز میکروبی ۴۱
۳-۹ شرایط شبیه سازی معده ۴۲
۳-۱۰ بازده انکپسولاسیون ۴۲
۳-۱۱ اندازه گیری ویسکوزیته ۴۳
فصل چهارم : بحث و نتایج ۴۴
۴-۱ زنده مانی پروبیوتیک ۴۴
۴-۱-۱ زنده مانی لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در ماست ۴۴
۴-۱-۲ زنده مانی لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در شرایط شبیه سازی معده ۴۹
۴-۲ اسیدیته ۵۲
۴-۳ سینرزیس ۵۴
۴-۴ ویسکوزیته ۵۷
فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۵۹
۵-۱ نتیجه گیری ۵۹
۵-۲ پیشنهادات ۶۰
منابع ۶۱
پیوست‌ها و ضمائم ۷۱

فهرست جداول

جدول ۲-۱: انواع ماست از نظر چربی، مطابق طبقه‌بندی FAO/WHO ۷

جدول ۲-۲: پروبیوتیک هایی که بصورت فرآورده های تجاری مورد استفاده قرار می گیرند ۲۰

جدول ۲-۳: انواع پری‌بیوتیک‌ها و تاثیر آنها بر روی میکروب‌های روده ۲۴

جدول ۳-۱: طرح آزمایشی ۳۸

فهرست اشکال

شکل ۲-۱: لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس ۲۲

شکل ۲-۲: ساختار شیمیایی لاکتولوز ۲۵

شکل ۲-۳: ساختارهای شیمیایی مانورانت، گولورونات و آلژینات و ساختارهای بعدی آنها ۲۷

شکل ۲-۴: نوع میکروکپسول ماتریکسی، کلاسیک و پوشینه دار ۳۰

شکل ۲-۵: نمای شماتیک انکپسولاسیون اکستروژنی ۳۱

شکل ۲-۶: نمای شماتیک انکپسولاسیون امولسیونی..... ۳۲

شکل ۲-۷: نمای شماتیک خشک کردن پاششی..... ۳۳

شکل ۳-۱: کپسول‌های آلژینات بر روی کاغذ صافی ۳۹

شکل ۳-۲: کپسول آلژینات زیر میکروسکوپ ۴۰

فهرست نمودارها

نمودار ۴-۱: تاثیر انکپسولاسیون، لاکتولوز و زمان بر میزان زنده‌مانی پروبیوتیک..... ۴۷
نمودار ۴-۲: زنده‌مانی لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس به صورت آزاد در شرایط شبیه سازی معده..... ۴۹
نمودار ۴-۳: زنده‌مانی لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس به صورت کپسوله در شرایط شبیه‌سازس معده..... ۵۰
نمودار ۴-۴: زنده‌مانی لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس به صورت توام کپسوله با لاکتولوز در شرایط شبیه‌سازی معده ۵۰
نمودار ۴-۵: تاثیر زمان نگهداری بر میزان اسیدیته ماست ۵۳
نمودار ۴-۶: سینرزیس نمونه‌های مختلف ماست در طول دوره نگهداری ۵۵
نمودار ۴-۷: تاثیر زمان نگهداری و کپسولاسیون بر ویسکوزیته ماست..... ۵۸

۱ فصل اول: مقدمه

پروبیوتیک‌ها بر اساس تعریف FAO/WHO[1] میکروارگانیسم‌هایی هستند که اگر به تعداد کافی به‌صورت زنـده مورداستفاده قرار گیرند اثرات سلامت‌بخش در میزبان از خود بروز می‌دهند. برخی از خواص سلامت‌بخش آن‌ها عبارت‌اند از: بهبود عدم تحمل لاکتوز، کاهش کلسترول خون، تنظیم چربی خون، جلوگیری و کنترل سرطان‌ها، درمان زخم معده، درمان التهاب روده، بهبود جذب املاح و تقویت سیسـتم ایمنـی بـدن (Randheera et al., 2010).

میکروانکپسولاسیون[2] یکی از بزرگ‌ترین نوآوری‌های آفرینش محسوب می‌شود و نقطه آغاز حیات به شمار می‌رود و در طی ۳-۲ میلیارد سال طبیعت با محصور کردن ملکولهای حیاتی در واحدهای ساختمانی به نام سـلول امکان حیات را بر روی کره‌ی خاکی میسر نموده است. انسان با الهام از طبیعت سعی کـرده اسـت تـا ترکیبـات موردنیاز خود را تغلیظ و پوشش دهـی و حمایـت نمایـد کـه در مقیـاس میکروسـکوپی ایـن پدیـده را میکـرو-انکپسولاسیون می‌نامند. در مورد پروبیوتیک‌ها هدف از این امر افزایش میزان ماندگاری تا حد قابل‌قبـول (۱۰[۶]) در هنگام مصرف و محافظت از این باکتری‌ها در حین عبور از محیط اسیدی معده و محیط قلیایی روده می‌باشد (Trau et al., 2003).

از عمده‌ترین ترکیبات مورداستفاده در کپسولاسیون پروبیوتیک‌ها آلژینات سدیم است. این صمغ یک هتروپلـی-ساکارید خطی متشکل از واحدهای ساختمانی D- مانورونیک اسید و L- گولورونیک اسید می‌باشد و از جلبک-های دریایی استخراج می‌شود. کپسول‌های آلژینات را می‌توان به روش‌های اکستروژن و امولسیون تهیه کـرد . (Mokarram et al., 1996)

پری‌بیوتیک‌ها اغلب از جنس هیدرات‌های کربن هستند و در معده و روده کوچک انسان هضـم و جـذب نشـده؛

[1] Food and Agriculture Organization/ World Health Organization
[2] Microencapsulation

درنتیجه به همان شکل اولیه وارد روده بزرگ شده و به مصرف پروبیوتیک‌ها می‌رسند. به ترکیبی از پروبیوتیک-ها و پری‌بیوتیک‌ها سین بیوتیک گفته می‌شود. عملکرد کم پروبیوتیک‌ها در محصولات شیری مانند ماست، ناشی از تجمع اسیدلاکتیک و اسیداستیک و pH کم، حضور پراکسید هیدروژن و ظرفیت اکسیژن می‌باشد. ریز پوشانی روشی است که باعث بهبود کارایی میکروارگانیسم‌ها در محصولات شیری و دستگاه گوارش می‌شود (Mortazvian et al., 2007).

هدف از این پژوهش تولید ماست سین‌بیوتیک با استفاده از لاکتولوز به عنوان پری‌بیوتیک و نیز تکنولوژی انکپسولاسیون به‌منظور اثرگذاری آن‌ها روی افزایش زنده‌مانی لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در زمان نگهداری و همچنین در شرایط شبیه‌سازی معده می‌باشد؛ همچنین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی شامل سینرزیس، اسیدیته و ویسکوزیته ماست در طول زمان نگهداری ماست که ۲۲ روز بود، بررسی شد.

۲ فصل دوم: کلیات

۲-۱ تعریف ماست

بر طبق تعریف استاندارد ماست فرآورده منعقد شده‌ای است که از تخمیر اسیدی شیر پاستوریزه به وسیله فعالیت باکتری‌های اختصاصی لاکتیک به ویژه استرپتوکوکوس سالیواریوس زیرگونه ترموفیلوس[۱] و لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه بولگاریکوس[۲] به میزان معین و درجه حرارت و زمان مشخص به دست می‌آید که افزودن هرگونه افزودنی به آن ممنوع است (استاندارد ملی ایران شماره ۶۹۵).

ماست در گروه لبنیات قرار دارد و گاهی مصرف آن نسبت به شیر بیشتر توصیه می‌شود، زیرا سیستم گوارشی بعضی افراد نسبت به قند لاکتوز موجود در شیر حساسیت دارد. این فرآورده غذایی به دلیل کاهش میزان لاکتوز و دارا بودن غلظت بالایی از Ca که ارزش غذایی بالایی دارد و همچنین در فرآورده‌های حاوی ترکیبات پروبیوتیک و باکتری‌های پروبیوتیک به دلیل اثرات زیست فعال مثبت توسط متخصصان تغذیه موردتوجه می‌باشد. ماست ساده معمولی از طریق افزودن باکتری‌های لاکتیکی که تخمیر لاکتیکی را تشدید می‌کنند تهیه می‌شود. مزه و طعم ماست از سایر فرآورده‌های اسیدی شده شیر متفاوت بوده و مواد فرار و معطر آن شامل مقدار کمی اسید استیک و استالدئید است. ماست فرآورده حاصل از تخمیر شیر است که از تلقیح دو نوع باکتری مخصوص به داخل شیر تولید می‌شود. پس از تلقیح، شیر را در دمای ۴۳-۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد نگهداری می‌نمایند. شیر پس از مدتی بر اثر ترشح اسید لاکتیک مترشحه از باکتری‌ها منعقد می‌گردد. برای تولید ماست باید از شیر باکیفیت بالا استفاده شود، این شیر باید تازه بوده و از دام سالم دوشیده شده باشد. اگر شیر از دامی که دچار بیماری ورم پستان[۳] است تهیه شود، این شیر به دلیل ترکیبات غیرطبیعی و همچنین احتمال داشتن باقی‌مانده‌ی آنتی‌بیوتیکی، قابل‌استفاده برای تولید ماست نخواهد بود (اسمیت، ۱۳۸۶).

[1] streptococcus salivarius subsp. thermophilus
[2] Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus.
[3] Mastitis

ماست به‌صورت سنتی با گذاشتن شیر برای ترش شدن در دمای ۴۵-۴۰ درجه سانتی‌گراد به دست می‌آید. تولید مدرن ماست یک فرایند کنترل‌شده است. اجزاء آن شامل شیر، شیر خشک، شکر، میوه، طعم‌دهنده‌ها، رنگ‌ها، امولسیون و پایدار کننده‌ها بوده و کشت‌های خالص باکتری‌های اسیدلاکتیک در آن تنظیم می‌شوند. استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس بولگاریکوس یک رابطه همزیستی را در فرایند تولید ماست نشان می‌دهند. طی تخمیر استرپتوکوکوس ترموفیلوس در ابتدا به سرعت رشد می‌کند و اسیدهای آمینه تولیدشده توسط لاکتوباسیلوس بولگاریکوس را مصرف کرده و در عوض اسید لاکتیک و اسید فرمیک تولیدشده، به نوبه خود موجب تحریک رشد لاکتوباسیلوس بولگاریکوس می‌شوند زیرا اسید لاکتیک PH را به حد بهینه برای رشد این گونه می‌رساند (اسمیت، ۱۳۸۶).

رشد استرپتوکوکوس ترموفیلوس در خارج از PH های ۴/۴-۴/۲ محدود می‌شود درحالی‌که محدوده PH برای لاکتوباسیلوس ۳/۸-۳/۵ است. سه ساعت پس از تخمیر تعداد دو میکروارگانیسم باید مساوی باشد. البته تخمیر طولانی‌تر میزان استرپتوکوکوس ترموفیلوس را کاهش می‌دهد و لاکتوباسیلوس بولگاریکوس همراه با تولید مقدار اضافی اسیدلاکتیک سبب کاهش PH می‌شود. PH ماست‌های تجاری غالبا بین ۴/۳-۳/۷ است. اگرچه استرپتوکوکوس ترموفیلوس تولید استالدئید و طعم تند می‌کند، اما فعالیت آن در دمای تخمیر نسبت به لاکتوباسیلوس بولگاریکوس کمتر بوده و استالدئید بیشتری توسط میکروارگانیسم تولید می‌شود. امروزه از هر نوع شیری برای تهیه ماست می‌توان استفاده نمود؛ اما ماست‌های امروزی را اغلب از شیر گاو تهیه می‌کنند. شیر بز به‌رغم دارا بودن مزایای گوناگون در مقایسه با شیر گاو، ایجادکننده نقایص مربوط به فناوری گوناگون در تولید ماست است. استفاده از این شیر پدیده نامطلوب بیش- اسیدی را به دلیل ظرفیت بافری کم آن، نتیجه می‌دهد. درعین‌حال مقدار کازئین آن در مقایسه با شیر گاو کمتر بوده و کازئین نوع $s_1\alpha$ یا وجود ندارد یا مقدار آن ناچیز است. همچنین در شیر بز درجه پراکنش میسل‌های کازئین نسبت به شیر گاو بیشتر است. ماست از تخمیر قند شیر به نام لاکتوز حاصل می‌شود. باکتری ویژه تهیه ماست، لاکتوز را به اسید لاکتیک تبدیل می‌کند و به علاوه به ماست بافت ژل مانندی می‌دهد و به دلیل وجود اسیدلاکتیک، ماست مزه تند و ترشی پیدا می‌کند (اسمیت، ۱۳۸۶).

جهت تهیه ماست باید باکتری مخصوص را داخل شیر پاستوریزه شده ریخت. دمای شیر و همچنین شرایط محیط برای تهیه ماست بسیار حائز اهمیت است. این باکتری، قند موجود در شیر را تجزیه نموده و اسیدلاکتیک تولید می‌کند. به دلیل وجود این اسید pH شیر پایین رفته و پروتئین موجود در شیر به‌صورت توده جامدی درمی‌آید. معمولاً از ترکیب دو نوع باکتری به نام‌های استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس بولگاریکوس استفاده می‌شود. اگر پس از انجام عمل تخمیر روی شیر، ماست به‌دست‌آمده را حرارت ندهیم تا باکتری‌های موجود در آن کشته نشوند، به‌عنوان ماستی که باکتری زنده و فعال داخلش وجود دارد به فروش رسیده و اغلب افراد عقیده دارند که این ماست، دارای ارزش غذایی بسیار بالایی است. البته معمولاً ماست را پس از تهیه پاستوریزه می‌کنند که باکتری‌های موجود در آن کشته شود. این نوع ماست پاستوریزه را تا چند ماه می‌توان حتی بیرون از یخچال نگهداری نمود. ماست‌هایی که پس از تهیه، پاستوریزه نمی‌شوند آنزیمی برای تجزیه لاکتوز دارند. بنابراین افرادی که به لاکتوز حساسیت دارند با خوردن این نوع ماست متوجه شده‌اند که پس از مصرف، مشکلاتی که با خوردن لبنیات در آن‌ها بروز پیدا می‌کند دیگر دیده نمی‌شود. ازنظر تغذیه‌ای، ماست ماده غذایی مفیدی می‌باشد که سرشار از پروتئین و برخی انواع ویتامین‌های گروه ب است. املاح موجود در آن زیاد بوده و در عوض، میزان چربی آن با میزان چربی شیری که ماست از آن تهیه‌شده برابر می‌باشد (اسمیت، ۱۳۸۶).

۲-۲ تاریخچه ماست

ماست درمجموع پرمصرف‌ترین فرآورده تخمیری شیر در جهان است. هرچند ماندگاری بالاتر آن در قیاس با شیر (به‌عنوان فراورده تخمیری) موردتوجه بوده است، امروزه به سبب خواص حسی ویژه‌ای که برخوردار است مصرف می‌شود. این فرآورده ارزش تغذیه‌ای قابل‌توجه به ویژه از نظر پروتئین و کلسیم و پاره‌ای خواص درمانی به سبب تخمیری بودن را در بردارد؛ طوری که از دوران قدیم برای درمان برخی بیماری‌ها و مسمومیت‌ها تجویز شده است. همچنین مچینکوف[1] در سال ۱۹۰۷ بر مبنای فرضیه‌ای، سلامت و طول عمر بالای کشاورزان و دامداران بلغار را به مصرف زیاد و مداوم ماست توسط آن‌ها در طول زندگی نسبت داد. انواع گسترده‌ای از خواص

[1] Élie Metchnikoff

دارویی (پیش‌گیری کننده و درمانی) در ارتباط با پروبیوتیک‌ها به اثبات رسیده است (استاندارد ملی ایران شماره ۶۹۵).

تا دهه ۱۹۵۰، تولید و مصرف ماست به‌صورت جهانی در نیامده بود و بیشتر به خاورمیانه، جزایر بالکان، هند، اروپای شرقی و اقوام پراکنده محدود می‌شد. به تدریج این روند با سرعت بالا به‌سوی جهانی شدن تغییر کرد. فراگیر شدن استفاده از یخچال، افزودن موادی همچون میوه و شکر به ماست (که باعث شناخته شدن ماست به‌عنوان فرآورده‌ای دسر–مانند، لوکس و نه چندان گران شدند) و تولید انواع ماست‌های پروبیوتیک ازجمله دلایل این تغییر بودند (استاندارد ملی ایران شماره ۶۹۵).

۲-۳ مراحل تولید ماست

۲-۳-۱ انتخاب شیر

شیر حاصل از گونه‌های مختلف پستانداران می‌تواند برای تولید ماست به‌کاربرده شود. تفاوت موجود در کیفیت ماست تا حدی به نوع شیر مصرف‌شده بستگی دارد. شیر پرچرب مانند شیر گوسفند، گاومیش و گوزن در مقایسه با شیر کم‌چرب، ماستی شیرین و با طعم بسیار عالی می‌دهد. ویسکوزیته یا قوام محصول با پروتئین شیر در ارتباط است و ماست حاصل از شیر مادیان و الاغ قوام کمتری نسبت به ماست حاصل از شیر گوسفند و گوزن دارد اما به دلیل گستردگی و فراوانی شیر گاو، تولید صنعتی ماست در جهان بر پایه شیر گاو است (حبیبی و همکاران، ۱۳۷۷).

شیر مورداستفاده در تهیه ماست باید از نظر باکتریولوژیکی دارای کیفیت بسیار خوبی باشد. شیر نباید حاوی آنتی‌بیوتیک، باکتریوفاژ[1]، باقیمانده مواد شوینده و محلول CIP باشد (Bylund, 1995).

[1] Bacteriophage

۲-۳-۲ استاندارد کردن شیر

چربی و مواد جامد شیر جهت تولید ماست موردنظر استاندارد می‌شود. مطابق جدول ۲-۱، FAO/WHO ماست را از نظر چربی به سه دسته ماست معمولی، ماست کم‌چرب و ماست بدون چربی تقسیم‌بندی می‌کند. همچنین بر اساس اصول FAO/WHO حداقل میزان ماده خشک بدون چربی (MSNF) باید ۸/۲ ٪ باشد (Bylund, 1995).

جدول ۲-۱: انواع ماست از نظر چربی، مطابق طبقه‌بندی FAO/WHO

• Yoghurt	Min. milk fat		3 %
• Partially skimmed yoghurt	Max. milk fat	less than	3 %
	Min. milk fat	more than	0.5 %
• Skimmed yoghurt	Max. milk fat		0.5 %

بر اساس استاندارد ایران، حداقل MSNF[1] برای ماست بدون چربی، ۱۰ ٪ و برای ماست با چربی بیش از ۳ ٪، حداقل ۹ ٪ می‌باشد (استاندارد ملی ایران شماره ۶۹۵).

۲-۳-۳ اضافه کردن افزودنی‌ها

موادی مانند شیرین‌کننده‌ها، قوام دهنده‌ها و انواع صمغ‌ها را می‌توان در تولید ماست‌های مختلف به کار برد.

۲-۳-٤ هواگیری

در تولید فرآورده‌های تخمیری تا حد امکان باید مقدار هوای موجود در شیر را کاهش داد. فواید حاصل از هواگیری عبارت‌اند از:

- بهبود شرایط کار برای هموژنایزر

[1] Milk Solids Not Fat

- کاهش خطر رسوب در طی فرآیند حرارتی
- افزایش ویسکوزیته و پایداری بافت ماست
- حذف بوهای نامطبوع (Bylund, 1995).

۲-۳-۵ هموژنیزاسیون[1]

هموژنیزه کردن، آمیختن شدید برای یکدست نمودن ذرات در دو ماده مرتبط به هم و یا گروهی از مواد مربوط به هم برای ایجاد یک فرم ثابت از وجه‌های مختلف نامحلول (گاهی به کمک افزودن سورفکتانت‌ها[2]) برای به دست آوردن سوسپانسیون و یا امولسیون است. یکی از قدیمی‌ترین و اصلی‌ترین کاربردهای هموژنیزه در صنعت شیر است. شیر دارای چربی‌هایی (لیپیدها) است که ذرات آن‌ها به یک اندازه نبوده و هنگامی‌که شیر گرم می‌شود این چربی‌ها به‌صورت سرشیر روی شیر پخش می‌شوند و به شکل خامه روی سطح شیر را می‌گیرند. برای جلوگیری از این بروز این وضعیت باید ذرات چربی شکسته و یک اندازه شوند تا پیوند بین آن‌ها قوی‌تر شود. پایداری و قوام خوب ماست با عمل هموژنیزاسیون حاصل می‌گردد (کریم، ۱۳۷۴).

۲-۳-٦ پاستوریزاسیون[3]

قبل از عمل مایه‌زنی، جهت حصول اهداف زیر شیر حرارت داده می‌شود:

- حذف میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و نامطلوب و تولیدکننده مواد محرک یا ممانعت کننده از رشد استارتر
- بهبود ویژگی‌های شیر به‌عنوان یک سوبسترای مناسب برای رشد باکتری‌های آغازگر
- اطمینان از یک لخته مطلوب و محصولی با قوام مناسب
- کاهش آب اندازی فرآورده (Bylund, 1995).

معمولا محدوده دما / زمان، ۹۵-۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ الی ۱۰ دقیقه برای تهیه ماست مورد استفاده

[1] Homogenization
[2] Surfactants
[3] Pasteurization

قرار می‌گیرد(Mottar et al., 1989).

۲-۳-۷ خنک کردن[1]

شیر حرارت داده شده ابتدا به دمای مناسب برای کشت آغازگرها (۴۵-۴۰ درجه سانتی‌گراد) رسانده شده و سپس عمل تلقیح صورت می‌گیرد (کریم، ۱۳۷۴).

۲-۳-۸ مایه‌زنی و گرمخانه گذاری

باکتری‌های مورد استفاده در تهیه ماست عبارت‌اند از: استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه بولگاریکوس. نسبت کوکسی به باسیل در مایه معمولا برابر بوده و به میزان ۲-۳ ٪ حجم شیر است (کریم، ۱۳۷۴).

بعد از تلقیح، عمل گرمخانه‌گذاری در دمای موردنظر (معمولا ۴۵-۴۰ درجه سانتی‌گراد) انجام می‌گیرد.

۲-۳-۹ سرد کردن

تولید ماست یک پروسه بیولوژیک است و برای کنترل فعالیت متابولیکی استارتر و آنزیم‌های آن، عمل خنک کردن صورت می‌گیرد. پس از رسیدن PH محصول نهایی به حدود ۴/۵ – ۴/۲ خنک کردن شروع می‌شود (حبیبی نجفی و همکاران، ۱۳۷۷).

۲-۳-۱۰ بسته‌بندی

بسته‌بندی مناسب ماست باعث افزایش ماندگاری محصول تا زمان مصرف می‌شود. برای محصولات پروبیوتیک بسته‌بندی بسیار مهم است چراکه پتانسیل اکسیداسیون احیا و حضور اکسیژن در زنده‌مانی آن‌ها بسیار اثرگذار

[1] Cooling