بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شاهرود

دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی شیمی
پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد ‹‹M.Sc.››
گرایش : صنایع غذایی

عنوان :

بررسی تأثیر استفاده از صمغ دانه شاهی بر خصوصیات رئولوژیکی و بافتی ماست کم چرب

استاد راهنما :

دکتر حجت کاراژیان

استادان مشاور :

دکتر عبدالرضا محمدی نافچی

دکتر راضیه نیازمند

نگارش :

آرمیتا بهنیا

تابستان ۱۳۹۲

تقدیم به

پدر و مادر عزیز و مهربانم
که در سختی‌ها و دشواری‌های زندگی همواره یاوری دلسوز و فداکار و پشتیبانی محکم و مطمئن برایم بوده‌اند.
و برادر عزیزم.

سپاسگزاری

با تشکر و سپاس از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر حجت کاراژیان که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند.

از استاتید صبور و با تقوا، جناب آقای دکتر عبدالرضا محمدی نافچی و سرکار خانم دکتر راضیه نیازمند که زحمت مشاوره این رساله را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید.

و از استاد فرزانه و دلسوز؛ سرکار خانم دکتر پروین شرایعی که زحمت داوری این رساله را متقبل شدند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارم.

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

چکیده

ماست یک فرآورده لبنی تخمیری است که در سراسر جهان مورد توجه می‌باشد. در سالیان اخیر به‌عنوان یک فرآورده سلامتی بخش شناخته شده چون حاوی درصد بالایی از پروتئین و کلسیم می‌باشد. این فرآورده با درصدهای چربی مختلفی تهیه می‌شود امّا امروزه با توجه به افزایش تمایل جهت مصرف فرآورده‌های کم چرب و یا بدون چربی خصوصاً در افراد مبتلا به بیماری های قلبی-عروقی و دارای چربی خون بالا ترجیح داده می‌شود که از شیر بدون چربی جهت تهیه این فرآورده استفاده شود. جایگزین های چربی مبتنی بر پایه کربوهیدراتی و پروتئینی، کالری کمتری نسبت به چربی طبیعی ایجاد می‌کنند و خصوصیات حسی، فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی محصولات را بهبود می‌بخشند. پلی ساکارید های استخراج شده از گیاهان در صنایع غذایی به‌عنوان جایگزین چربی بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرند. این پلی ساکاریدهای گیاهی و یا موسیلاژ های دانه‌ای به دلیل طبیعی بودن برای بسیاری از مصرف‌کنندگان از مطلوبیت بیشتری برخوردار هستند. گیاه شاهی دارای کاربردهای دارویی بسیاری می‌باشد و ازآنجاکه مشخص شده است که دانه‌های این گیاه حاوی یک مقدار بسیار زیاد ترکیبات موسیلاژی هستند، در این پژوهش از صمغ دانه شاهی به‌عنوان یک پایدارکننده در ماست کم چرب استفاده شده است. هدف از این پژوهش، تعیین تأثیر غلظت های مختلف این صمغ (۰/۰۵، ۰/۰۷، ۰/۱ و ۰/۱۵ %) بر pH، اسیدیته، درصد آب اندازی، ویسکوزیته و بافت (سفتی و چسبندگی) ماست تولیدشده در طول دوره نگهداری (۱، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز) می‌باشد. نتایج حاصل از آنالیز آماری نشان داد که با افزایش غلظت صمغ pH نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافته است. با توجه به روند معکوس اسیدیته با pH، با افزایش غلظت صمغ و دوره نگهداری با افزایش اسیدیته مواجه هستیم. کمترین میزان آب اندازی در نمونه حاوی غلظت ۰/۱۵ از صمغ دانه شاهی می‌باشد که به طور معنی‌داری از نمونه شاهد کمتر است. بیشترین ویسکوزیته در نمونه ۰/۱ از صمغ دانه شاهی در روز هفتم به مقدار ۳۲۲/۱ میلی پاسکال ثانیه و کمترین ویسکوزیته در نمونه ۰/۱۵ در روز اول به مقدار ۷۷/۸۲ میلی پاسکال بر ثانیه مشاهده شد. در طی دوره نگهداری با افزایش ویسکوزیته در نمونه حاوی ۰/۱۵ مواجه هستیم. نتایج آزمون بافت بیانگر رابطه معکوس بین سفتی و چسبندگی نمونه‌های ماست می‌باشد. بیشترین مقدار سفتی در نمونه حاوی ۰/۰۷ صمغ در روز هفتم مشاهده شد که دارای کمترین چسبندگی می‌باشد. نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان می‌دهد که هیدروکلوئید دانه شاهی پتانسیل خوبی به‌عنوان یک پایدارکننده در فرمولاسیون ماست دارد.

واژه‌های کلیدی: صمغ دانه شاهی، ماست کم چرب، خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بافتی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده ۱
مقدمه ۲
فصل اول: کلیات
۱-۱. تاریخچه ماست ۵
۱-۲. تولید ماست ۷
۱-۲-۱. گام های اساسی در تولید ماست ۸
۱-۲-۱-۱. تصفیه شیر برای حذف آشغال‌ها ۸
۱-۲-۱-۲. چک کردن وجود آنتی بیوتیک ها ۸
۱-۲-۱-۳. طبقه‌بندی شیر برای تولید ماستی با کیفیت خوب ۸
۱-۲-۱-۴. هموژناسیون شیر ۸
۱-۲-۱-۵. عملیات حرارتی (پاستوریزاسیون) ۹
۱-۲-۱-۶. تلقیح و انکوباسیون ۹
۱-۲-۱-۷. خنک‌سازی و ذخیره سازی ۱۰
۱-۳. تولید ماست ۱۰
۱-۴. ارزش تغذیه‌ای ماست ۱۱
۱-۴-۱. کربوهیدرات‌ها ۱۲
۱-۴-۲. پروتئین‌ها ۱۳
۱-۴-۳. لیپیدها ۱۴
۱-۴-۴. ویتامین‌ها و مواد معدنی ۱۴
۱-۵. ماست و سلامتی ۱۴
۱-۶. خواص درمانی ماست ۱۵
۱-۷. کیفیت ماست ۱۶
۱-۷-۱. رئولوژی ۱۶
۱-۷-۲. سینرزیس ۱۷
۱-۷-۳. بافت ۱۷
۱-۷-۴. ظرفیت نگهداری آب ۱۸

۱-۸. پایدار کننده‌ها ۱۸
۱-۸-۱. کربوکسی متیل سلولز ۱۹
۱-۸-۲. پکتین ها ۲۰
۱-۸-۳. کاراگینان ۲۰
۱-۸-۴. آلژینات ۲۱
۱-۸-۵. صمغ گوار ۲۱
فصل دوم: مروری بر منابع علمی
بررسی منابع ۲۵
فصل سوم: مواد و روش ها
۳-۱. مواد و تجهیزات ۳۳
۳-۱-۱. مواد اولیه ۳۳
۳-۱-۲. مواد شیمیایی ۳۳
۳-۱-۳. دستگاه ها ۳۳
۳-۲. استخراج صمغ دانه شاهی ۳۳
۳-۳. آماده سازی استارتر ماست ۳۴
۳-۴. آماده سازی ماست ۳۴
۳-۵. آزمون ها ۳۴
۳-۵-۱. اندازه‌گیری pH ۳٤
۳-۵-۲. اندازه‌گیری اسیدیته ۳۵
۳-۵-۳. اندازه‌گیری درصد آب اندازی ۳۵
۳-۵-۴. اندازه‌گیری ویسکوزیته ۳۶
۳-۵-۵. اندازه گیری بافت ۳۷
تجزیه و تحلیل آماری ۳۸
فصل چهارم: نتیجه گیری و پیشنهادات
٤-۱. تغییرات pH و اسیدیته ۴۰
٤-۲. تغییرات درصد آب اندازی ٤۳
٤-۳. بررسی خصوصیات رئولوژیکی ٤۵
٤-٤. بررسی خصوصیات بافتی ۵۱
٤-۵. نتیجه گیری ۵۵
٤-٦. پیشنهادات پژوهشی و اجرایی ۵٦

پیوست ها

نمودارها

پ-۱. نمونه ای از تطبیق داده ها با مدل رئولوژیکی مناسب ۵۷
پ-۲. نمونه ای از منحنی سرعت برش- تنش برش- ویسکوزیته ۵۷

جدول ها

پ-۳. نمونه ای از آنالیز داده های دستگاه رئومتر ۵۸
پ-٤. نمونه ای از آنالیز داده های دستگاه بافت ٦۰

منابع و مأخذ

منابع فارسی ٦۱
منابع لاتین ٦۲
چکیده انگلیسی ۷۱

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

۱-۱. جدول: ترکیبات شیمیایی شیر انواع دام ها ٦
۱-۲. جدول: ترکیبات شیمیایی انواع ماست ۱۱
٤-۱. جدول: تغییرات pH در بین تیمارهای ماست کم چرب ۴۰
٤-۲. جدول: تغییرات اسیدیته در بین تیمارهای ماست کم چرب ۴۲
٤-۳. جدول: تغییرات درصد آب اندازی در بین تیمارهای ماست کم چرب ۴۳
٤-٤. جدول: تغییرات ویسکوزیته در بین تیمارهای ماست کم چرب ۴۶
۴-۵. جدول: پارامترهای مدل های قانون توان، هرشل- بالکلی و کاسون ۴۸
۴-۶. جدول: تغییرات سفتی در بین تیمارهای ماست ۵۲
۴-۷. جدول: تغییرات چسبندگی در بین تیمارهای ماست ۵۴

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

۳-۱. شکل: pH متر ۳۵
۳-۲. شکل: ویسکومتر ۳۷
۳-۳. شکل: دستگاه آنالیز بافت ۳۸

فهرست نمودارها

عنوان **صفحه**

۴-۱. نمودار: تغییرات pH تیمارهای مختلف ماست در طی دوره نگهداری ۴۱
۴-۲. نمودار: تغییرات اسیدیته تیمارهای مختلف ماست در طی دوره نگهداری ۴۲
٤-۳. نمودار: تغییرات درصد آب اندازی تیمارهای مختلف ماست در طی دوره نگهداری ۴۴
٤-٤. نمودار: تنش برشی در برابر سرعت برشی ٤۹
٤-٥. نمودار: ویسکوزیته در برابر سرعت برشی ٤۹
٤-٦. نمودار: پروفیل آنالیز بافت ٥۱

مقدمه

ماست یک فرآورده لبنی تخمیری است که در سراسر جهان مورد توجه می‌باشد. در سالیان اخیر به‌عنوان یک فرآورده سلامتی بخش شناخته شده چون حاوی درصد بالایی از پروتئین و کلسیم می‌باشد. این فرآورده با درصد های چربی مختلفی ساخته می‌شود امّا امروزه با توجه به افزایش تمایل جهت مصرف فرآورده‌های کم چرب و بدون چربی خصوصاً در افراد مبتلا به بیماری های قلبی-عروقی و دارای چربی خون بالا ترجیح داده می‌شود که از شیر بدون چربی جهت تهیه این فرآورده استفاده شود (آقازاده مشگی و همکاران، ۱۳۸۹).

همان‌گونه که مشخص است ماست های دارای چربی بیشتر، بافت مناسب تر و عطر و طعم بهتری دارند به همین علت برای ایجاد چنین خصوصیات یا خصوصیات مشابه در فرآورده‌های کم چرب یا بدون چربی باید از جایگزین‌ها یا افزودنی های مناسب استفاده نمود (فرحناکی و همکاران، ۱۳۹۰).

جایگزین های چربی مبتنی بر پایه کربوهیدراتی و پروتئینی، کالری کمتری نسبت به چربی طبیعی ایجاد می‌کنند و خصوصیات حسی، فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی محصولات را بهبود می‌بخشند. امروزه محققان به بررسی صمغ‌هایی (هیدروکلوئیدها) که بومی ایران هستند، پرداخته اند تا صمغ های موثر را شناخته و در نتیجه جایگزینی آن ها مقرون به صرفه می باشد.

هیدروکلوئید ها، بیوپلیمرهایی با وزن مولکولی بالا و آب دوست هستند که به‌عنوان اجزاء عملگر یا کارکردی[1] در فرمولاسیون های غذایی استفاده می‌شوند (دیکینسون، ۲۰۰۳).

پلی ساکارید های استخراج شده از گیاهان در صنایع غذایی بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرند. این پلیمرها به دلیل طبیعی بودن برای بسیاری از مصرف‌کنندگان از مطلوبیت بیشتری برخوردار هستند (لای و همکاران، ۲۰۰۰). اخیراً تقاضا برای هیدروکلوئیدها با خواص کارکردی ویژه افزایش یافته است، بنابراین یافتن منابع جدید صمغ های گیاهی با خواص مناسب جهت استفاده در صنعت اهمیت ویژه‌ای دارد و محققان صنعت غذا همواره به دنبال یافتن منابع جدید پلی ساکاریدی می‌باشند. صمغ های حاصل از دانه‌ها، افزودنی های غذایی مهمی در صنایع غذایی به شمار می روند (ویلیام و فیلیپ،

[1]- Functional ingredient

۲۰۰۰؛ یادای و همکاران،۲۰۰۷). موسیلاژهای دانه‌ای و پلی ساکاریدهای گیاهی به آسانی در دسترس می‌باشند و به دلیل قیمت مناسب اهمیت ویژه‌ای دارند و اکثر آن‌ها در فرمولاسیون های غذایی قابل استفاده هستند (کاراژیان، ۱۳۸۹).

گیاه شاهی[۲] با نام علمی لپیدیوم ساتیوم[۳] از خانواده کروسیفرا[۴] بوده و در انگلیسی عموماً تحت عنوان "شاهی باغی"[۵] نامیده می‌شود. شاهی یک گیاه کوچک، علفی و بدون کرک یک ساله و به ارتفاع ۵۰cm است. این گیاه بومی کشورهای جنوب و جنوب غربی آسیا می‌باشد. دانه‌های شاهی قهوه‌ای رنگ مایل به قرمز، طول حدود ۳۰۰µm (میکرومتر) و پهنای حدود ۱۰۰µm و بیضی شکل هستند. ۱۰۰ دانه دارای وزنی حدود ۰/۲ گرم دارند. هنگامی که دانه‌ها در آب خیسانده می‌شوند، به سرعت آب را جذب می‌کنند و یک مایع چسبناک و بی‌مزه‌ای را تولید می‌کنند. مشخص شده است که دانه‌ها حاوی یک مقدار بسیار زیاد ترکیبات موسیلاژی هستند (کاراژیان و همکاران، ۲۰۰۹؛ رضوی و همکاران، ۲۰۰۷).

ازاین‌رو برای عصاره هیدروکلوئیدی دانه شاهی می‌توان یک بازار مناسب جهت جایگزینی برای بعضی از هیدروکلوئید های موجود فراهم نمود. از آنجائیکه آگاهی بسیار خوبی از موارد کاربرد دارویی این دانه (از قبیل ضد سرطانی، درمان کم خونی، کاهش دهنده چربی خون و ...) ایجاد شده است، بدیهی است مواد غذایی فرموله شده با صمغ دانه شاهی هم به خوبی توسط مصرف‌کنندگان مورد پذیرش قرار می‌گیرند (کاراژیان، ۱۳۸۹).

بررسی منابع بیانگر فقدان اطلاعات علمی از کاربرد صمغ دانه شاهی به‌عنوان پایدارکننده در ماست کم چرب است. بنابراین هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر استفاده از صمغ دانه شاهی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و بافتی در ماست کم چرب می‌باشد.

[2] - Cress seed
[3] - *Lepidium sativum*
[4] - Cruciferae
[5] - Garden cress (water cress)

فصل اول:

کلیات

۱-۱- تاریخچه ماست

ماست یک غذای محبوب است (سودینی و همکاران، ۲۰۰۵). اگرچه هیچ گزارشی در مورد منشأ ماست وجود ندارد؛ اعتقاد بر این است که ماست یکی از قدیمی‌ترین محصولات تخمیری برای انسان‌ها بوده که در خاورمیانه و آسیا شناخته شده است (تمیم و رابینسون، ۱۹۹۹؛ چاندان، ۲۰۰۶). تهیه ماست قدمت هزاران ساله دارد و احتمالاً به زمان اهلی کردن گاو، گوسفند و یا بز می‌رسد. بر اساس اعتقادات ایرانیان، دلیل طولانی بودن عمر حضرت ابراهیم (ع)، به مصرف ماست نسبت داده شده است.

به احتمال زیاد، منشأ تولید ماست در خاورمیانه است و تحوّل در این محصول تخمیری طی قرن‌ها را می‌توان مرهون عشایر ساکن در این منطقه از جهان دانست؛ اولین ماست ها احتمالاً به طور تصادفی تهیه شده است، یعنی زمانی که شیر را در داخل خیک‌هایی که از پوست بز تهیه شده است، نگهداری می‌کردند. باکتری های موجود در پوست بز، شیر را تخمیر نموده و ماست حاصل می‌آمد (تمیم و رابینسون، ۱۹۸۵).

تولید شیر در خاورمیانه فصلی بوده و به چند ماه از سال محدود می‌شد. دلیل اصلی برای این دسترسی محدود به شیر، عدم تولید فشرده فراورده‌های دامی بوده است. کشاورزی در دست مردم عشایری بود که از یک منطقه به منطقه دیگری نقل مکان می‌کردند. ازاین‌رو، آن‌ها در بیابان‌ها به دور از شهرها بودند که در آنجا بتوانند محصولات دامی خود را به فروش برسانند. در دمای بالای ۴۰°C، شیر بلافاصله تحت شرایط اولیه، ترش می‌شد. تحت این شرایط، حمل و نقل و نگهداری شیر برای مدت طولانی ممکن نبود. بااین‌حال، مردم عشایر فرایند تخمیری را ابداع کرده بودند که در نتیجه آن، شیر را برای مدت زمان طولانی تری نگهداری می‌کردند و آن گرم کردن شیر بر روی آتش بود (تمیم و رابینسون ۱۹۸۵).

گرمایش شیر منجر می‌شود به:

- تغلیظ شیر
- تعدیل کازئین موجود در شیر
- انتخاب باکتری های اسیدلاکتیک گرمادوست مقاوم به درجه حرارت های بالا
- از بین بردن میکروارگانیسم های بیماری زا
- تخمیر در درجه حرارت کمی بالاتر در حین سرد شدن و غنی‌سازی باکتری های اسیدلاکتیک گرمادوست

شیرترش شده توسط باکتری های اسیدلاکتیک گرمادوست، روشی برای نگهداری شیر انتخاب شد که دیگر جوامع این روش را آموختند و در آخر محصول «ماست» به طور گسترده‌ای پذیرفته شد (تمیم و رابینسون، ۱۹۸۵).

مصرف شیر و فرآورده‌های آن در جهان به‌سرعت رو به افزایش است و با توجه به افزایش جمعیت و تغییر الگوی مصرف و اهمیت شیر و فرآورده‌های آن در تغذیه انسان، تولید آن نیز روند افزایشی داشته است. بررسی وضعیت تولید شیر در سطح جهان طبق آمار منتشره از سوی سازمان خواربار جهانی (FAO) نشان می‌دهد که در سال ۲۰۱۰ تولید جهانی شیر ۷۱۹ میلیون تن و تولید شیر در ایران ۷ میلیون تن گزارش شده است (آمارنامه FAO، ۲۰۱۳). در جدول ۱-۱ به ترکیبات شیمیایی شیر انواعی از دام‌ها اشاره شده است.

جدول (۱-۱). ترکیبات شیمیایی شیر انواع دام‌ها بر حسب g/۱۰۰g (FAO)

	مواد جامد (بدون چربی)	کلسیم	چربی	پروتئین (N×6.38)	لاکتوز (بدون آب)	آب	مواد معدنی	انرژی
شتر	۸/۷	۱	۳/۷	۳/۵	۴/۶	۸۷/۴	۰/۸	۷۰
گاو	۸/۸	۰/۱۲	۳/۹	۳/۳	۴/۵	۸۷/۴	۰/۹	۶۹
میش	۱۰/۹	۰/۲۰	۷/۵	۵/۶	۴/۴	۸۱/۶	۰/۹	۱۰۵
بز	۸/۷	۰/۱۳	۴/۵	۳/۳	۴/۴	۸۶/۸	۱/۰	۷۱

۱-۲- تولید ماست

ماست از پر مصرف‌ترین فرآورده‌های تخمیری شیر است که به دلیل ارزش تغذیه‌ای بالا، تأثیر مثبتی در سلامتی انسان و اهمیت ویژه‌ای در رژیم غذایی افراد دارد. ساختار ماست دارای یک شبکه از زنجیره ها و خوشه های میسل های کازئین است که شکل کروی خود را حفظ می کنند (کلب و همکاران، ۱۹۷۵). ماست و سایر فرآورده‌های لبنی تخمیری از لحاظ تغذیه، جزء مواد غذایی با چگالی بالا هستند که مقادیر معنی‌داری از چندین ماده مغذی را با کالری نسبتاً پایین فراهم می‌کنند. شیر ماده اصلی تشکیل‌دهنده ماست است. بااین‌حال، اکثراً ماست ها حاوی مواد جامد اضافی مانند مواد جامد بدون چربی شیر (MSNF[6])، برای افزایش مواد جامد شیر بدون چربی از ۸/۲۵% به ۱۶% می‌باشد (تمیم و رابینسون، ۱۹۹۹؛ CFR131.200a). کل مواد جامد در ماست های تجاری در محدوده ۹ تا ۳۰% است (تمیم و همکاران، ۱۹۸۷). دیگر مواد جامد شامل شیرین‌کننده‌ها، پایدار کننده‌ها، میوه‌ها و رنگ می‌باشد. شیرین کننده‌ها (جایگزین شکر) شامل ساکاروز، قند اینورت، فروکتوز، گلوکز و یا شربت گالاکتوز عمدتاً برای ایجاد طعم افزوده می‌شوند (تمیم و رابینسون، ۱۹۹۹). پایدار کننده‌ها شامل صمغ های طبیعی، صمغ های طبیعی اصلاح‌شده و یا صمغ های مرکب مصنوعی به‌منظور بهبود و حفظ ثبات و استحکام ژل، همچنین برای بسیاری از مردم برای بهبود ظاهر و حس دهانی افزوده می‌شوند. پایدار کننده‌های ماست عبارت‌اند از کربوکسی متیل سلولز (CMC)، صمغ گوار، صمغ زانتان، κ-کاراگینان و یا پکتین (سوکولیس و همکاران، ۲۰۰۷؛ تمیم و رابینسون، ۱۹۹۹). هیدروکلوئیدها به‌عنوان تثبیت کننده‌های ساختار ژل، افزایش ویسکوزیته و همچنین افزایش برهمکنش با ترکیبات شیر (به‌عنوان مثال پکتین) و یا ایجاد یک ساختار جداگانه ژل (به‌عنوان مثال در صمغ زانتان) استفاده می‌شوند (تلس و فلورس، ۲۰۰۷؛ کئوگ و اوکندی، ۱۹۹۸).

به دلیل طعم و تنوع مطلوب، ماست به‌عنوان غذایی سالم مورد توجه عامه قرار گرفته است. عامه‌پسندی این فرآورده در ابتدا به دلیل میزان بالای کلسیم، ویتامین‌ها، مواد معدنی و محتوای پایین چربی آن و سپس به دلیل سلامتی و اثر ماست بر باکتری های مضر و افزایش طول عمر، افزایش می‌یابد. (کووالسکا و همکاران، ۲۰۰۰ و روزمنت، ۲۰۰۰)

ویژگی های کلی ماست نظیر اسیدیته، میزان اسید چرب آزاد، میزان ترکیبات آروما (دی استیل، استالدئید و استوئین) همراه با خصوصیات حسی و تغذیه‌ای از ویژگی های مهم در ماست هستند. این ویژگی‌ها تحت تأثیر ترکیب شیمیایی شیر اولیه، شرایط فرآیند، اضافه کردن طعم دهنده‌ها و فعالیت باکتری های آغازگر در طی تخمیر است. (بونکوزا و همکاران، ۲۰۰۲)

[6] - Milk Solid Non-Fat

خصوصیات رئولوژیکی و بافت فرآورده‌های تخمیری شیر تحت تأثیر ترکیب شیر اولیه، میزان ماده خشک، عملیات حرارتی شیر، نوع کشت آغازگر، دمای انکوباسیون، ویسکوزیته اولیه شیر، سنتیک تخمیر و هموژنیزاسیون می‌باشد (جماه و همکاران، ۲۰۰۱ و هاردی و سلاکاناک، ۲۰۰۰).

ماست یک ماده رقیق شونده با برش، تیکسوتروپیک، ویسکوالاستیک می باشد (مالنیو و سیمونز، ۲۰۰۸).

۱-۲-۱- گام های اساسی در تولید ماست:

۱-۲-۱-۱- تصفیه شیر برای حذف آشغال‌ها

۱-۲-۱-۲- چک کردن وجود آنتی بیوتیک ها که ممکن است بر فعالیت باکتری های استارتر تأثیر بگذارد.

۱-۲-۱-۳- طبقه‌بندی شیر برای تولید ماستی با کیفیت خوب

در مرحله اول، چربی شیر به‌کاررفته در ماست را با توجه به تقاضای بازار می‌توان از ۰/۵ تا ۴/۵% متغیر در نظر گرفت. ازاین‌رو، می‌توان چربی شیر را جدا نموده و یا به آن اضافه نمود تا به مقدار مورد نظر برای محصول نهایی رسید.

ثانیاً، مواد جامد بدون چربی شیر (MSNF) به مقدار مورد نظر ارائه شده است. مقدار MSNF در شیر از ۸/۵ به ۹% متفاوت است. MSNF شامل ۴/۵% لاکتوز، ۳/۳% پروتئین (۲/۶% کازئین و ۰/۷% پروتئین آب پنیر) و ۰/۷% نمک های معدنی می‌باشد. MSNF، برای تولید محصولی با کیفیت خوب ضروری است.

پروتئین و مواد معدنی منجر به ساختن ژل و لاکتوز منبع انرژی برای رشد باکتری‌ها است. بااین‌حال، مقدار NFMS در شیر مایع، به‌اندازه کافی برای تشکیل ژلی قوی بالا نیست و باید آن را با اضافه کردن پودر شیر خامه گرفته و یا تبخیر تحت خلاء به مقدار ۱۸-۱۳% بالا برد.

۱-۲-۱-۴- هموژناسیون شیر

هموژناسیون، کاهش اندازه گلبول های چربی به μm ۲-۱ می‌باشد که از تشکیل خوشه و تجمع سطح جلوگیری می‌کند (چاندان، ۲۰۰۶). این فرآیند مانع از جداسازی چربی در طول تولید و اختلاط مواد تشکیل‌دهنده مانند پودر شیر خامه گرفته را بهبود می‌بخشد. هموژنیزاسیون باعث تعامل بین پروتئین های شیر (عمدتاً کازئین) و چربی، با توجه به افزایش سطح منطقه گویچه‌های چربی می‌شود (کانو رویز و ریچتر، ۱۹۹۷). پس از هموژناسیون، غشاء گلبول های چربی از بین می رود و آنزیم

های لیپاز به گلبول های از بین رفته حمله می‌کنند. از این رو، شیر باید بلافاصله بعد از هموژناسیون برای جلوگیری از تجزیه چربی، حرارت ببیند.

۱-۲-۱-۵- عملیات حرارتی (پاستوریزاسیون)

مخلوط ماست در دمای ۸۰ تا ۸۵°C به مدت ۳۰ دقیقه و یا در دمای ۹۰ تا ۹۵°C به مدت ۱۰ دقیقه برای از بین بردن باکتری های پاتوژن پاستوریزه می‌شود (CFR 1240.61). (شیر فرآوری شده، در درجه حرارت ۹۰-۹۵°C به مدت ۱۰-۵ دقیقه با عبور آن از میان مبدل حرارتی صفحه‌ای یا در ۸۰-۸۵°C به مدت ۳۰ دقیقه در فرآیند لوله‌ای، پاستوریزه می‌شود.) عملیات حرارتی، تمام باکتری های بیماری زا را از بین می‌برد و آنزیم‌هایی مثل لیپاز را غیرفعال می‌کند. همچنین باعث دناتوره شدن پروتئین های آب پنیر، β-لاکتوگلوبولین و α-لاکتالبومین می‌شود. این پدیده برای استحکام ژل بسیار اهمیت دارد. از آنجا که کمپلکس بین κ-کازئین و β-لاکتوگلوبولین دناتوره شده تشکیل می‌شود که باعث افزایش ماهیت هیدروفیلی (آب دوست) کازئین می‌گردد. کمپلکس بین κ-کازئین و β-لاکتوگلوبولین دناتوره شده، به همراه سینرزیس کاهش یافته و ثبات دلمه بهبود می‌یابد. درجه حرارت بهینه ۸۵°C است، از آنجائیکه رفتار گرما در دماهای بالاتر باعث کاهش ماهیت هیدروفیلی میسل های کازئین می‌شود.

۱-۲-۱-۶- تلقیح و انکوباسیون

پس از عملیات حرارتی، شیر تا ۴۳°C سرد شده و با استارتر تلقیح می‌شود. نسبت باسیل به کوکسی در کشت استارتر ۱:۱ است (ووترس، ۲۰۰۲؛ سوکومینسکا و پیکول، ۲۰۰۴).

این میکروارگانیسم‌ها در دمای ۳۹ تا ۴۶ درجه سانتی‌گراد رشد مطلوب دارند (چاندان، ۲۰۰۶). این دو باکتری به مخلوط پاستوریزه سرد شده (۴۴ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد) اضافه می‌شوند (چاندان، ۲۰۰۶). مقدار تلقیح می‌تواند بین ۵-۰/۵% متغیر باشد، امّا مقدار بهینه ۲% می‌باشد. سلول های استارتر توسط هم زدن با شیر مخلوط می‌شوند. سپس شیر به درون ظروف توزیع شده و در درجه حرارت ۴۲-۴۳°C به مدت ۴-۳ ساعت گرمخانه گذاری می‌شود. در پایان انکوباسیون، pH به ۴/۵ کاهش می‌یابد.

در ماست، تشکیل ژل نتیجه رفتار بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی است. رشد میکروبی باعث کاهش pH مخلوط از ۶/۸ به ۵ می‌شود (لی و لوسی، ۲۰۰۴-آ). کاهش pH، از ۵ به ۴/۶ باعث تجمع

فیزیکی میسل های کازئین می‌شود. در pH کمتر از ۴/۵، بازآرایی و تجمع میسل های کازئین منجر به تشکیل ژل پروتئین و در نتیجه ایجاد ساختار ژل ذرات می‌شود (تمیم و رابینسون، ۱۹۹۹).

۱-۲-۱-۷- خنک‌سازی و ذخیره‌سازی

پس از پایان انکوباسیون، در اسیدیته ۱/۴-۱/۲% (pH = 4/3)، محصول را بایستی به‌سرعت خنک کرد. در غیر این صورت، محصول بیش‌ازحد اسیدی می‌شود، انقباض (آب رفتگی) ژل پروتئین و سینرزیس آب پنیر در سطح رخ می‌دهد. خنک‌سازی در دو مرحله تنظیم می‌شود. در مرحله اول، درجه حرارت در pH حدود ۴/۶ تا حدود ۳۷°C کاهش می‌یابد. کاهش pH، با آهسته اسیدی شدن کنترل می‌شود و سپس به درجه حرارت کمتر از ۱۰°C در pH = ۴/۳ سرد می‌شود. ویسکوزیته ماست در طول ذخیره‌سازی در درجه حرارت ۴°C، به مدت ۲-۱ روز افزایش می‌یابد. هیدراتاسیون منجر به ایجاد ژلی محکم و ثبات میسل های کازئین می‌شود. ماست در pH = ۴/۵ در دمای کمتر از ۵ درجه سانتی‌گراد برای محدود کردن فعالیت های میکروبی سرد می‌شود (تمیم و رابینسون، ۱۹۹۹).

۱-۳- تولید ماست

ماست های موجود در بازار را می‌توان با توجه به ترکیب شیمیایی‌شان، روش ساخت، چاشنی و نوع فرآیند بعد از انکوباسیون طبقه‌بندی کرد (شاه، ۲۰۱۳). با توجه به ترکیب شیمیایی، آن‌ها را تحت عناوین ماست پر چرب، نیمه چرب و کم چرب طبقه‌بندی کرد (جدول ۱-۲).

۱-۳-۱- با توجه به روش تولید، آن‌ها را می‌توان به دو گروه نوع قالبی و نوع همزده تقسیم‌بندی کرد. تخمیر در ماست قالبی در ظروف صورت می‌پذیرد؛ امّا تخمیر در ماست همزده در مخازن رخ می‌دهد و این ژل قبل از خنک‌سازی، شکسته می‌شود و بعد از به هم زدن، در ظروف بسته‌بندی می‌شود.

درک کامل تولیدکننده از روند تخمیر، می‌تواند آن را در رسیدن به یک محصول باکیفیت خوب راهنمایی کند.

جدول (۱-۲). ترکیبات شیمیایی انواع ماست

	ماست پر چرب	ماست نیمه چرب	ماست کم چرب
% چربی	≥ ۳	۰/۵-۲	≤ ۰/۵
% مواد جامد شیر بدون چربی	≥ ۸/۲۵	≥ ۸/۲۵	≥ ۸/۲۵
% اسیدیته قابل تیتراسیون	≥ ۰/۹	≥ ۰/۹	≥ ۰/۹
pH	≤ ۴/۵	≤ ۴/۵	≤ ۴/۵

۱-۳-۲- در مورد چاشنی، ماست را می‌توان به زیرگروه‌هایی تقسیم کرد که شامل ماست های میوه‌ای که با افزودن ذرات میوه بدست می‌آید؛ و یا ماست های طعم دار که با افزودن ترکیباتی همچون شیرین‌کننده‌ها و رنگ دهنده‌ها ساخته می‌شود.

۱-۳-۳- در نهایت پس از انکوباسیون و بعد از تخمیر فرآیندهایی شامل تغلیظ، پاستوریزاسیون، انجماد و خشک‌کردن ماست صورت می‌پذیرد.

امروزه انواع مختلفی از محصولات مطابق با خواسته بازار در حال ظهور است، هر چند که خواص اولیه ماست حفظ می‌شود. در سال های اخیر، دو گروه دیگر به این تقسیم‌بندی افزوده شده است که شامل:

- نوع کشت مورد استفاده همچون پروبیوتیک
- پایدار کننده‌ها (که به این موضوع می‌پردازیم)

۱-۴- ارزش تغذیه‌ای ماست

ترکیب شیمیایی مواد غذایی، معیار مناسبی برای سنجش ارزش تغذیه‌ای بالقوّه آنهاست؛ می‌توان پذیرفت که ماست برای هر نوع رژیم غذایی مناسب است. بررسی مختصر ترکیبات شیمیایی و تعیین اهمیت ارزش تغذیه‌ای ماست، بسیار جالب خواهد بود.

برای انسان، ماست دارای مواد مغذی همچون پروتئین (کازئین و آب پنیر)، مواد معدنی و ویتامین‌ها است. استارتر باعث کاهش لاکتوز، قند اصلی موجود در شیر می‌شود که برای افرادی که عدم تحمل لاکتوز را دارند، مفید است (چاندان، ۲۰۰۶). ماست حاوی باکتری‌هایی است که اسید را تحمل می‌کنند و در مقابل اسید معده زنده می مانند و باعث ترشح اسیدلاکتیک در روده انسان می‌شود