نام خداوند جان و خرد

تکنولوژی فراورده‌های لبنی تخمیری

تألیف
دکتر جواد حصاری
مهندس مهناز منافی

۱۳۸۹

سرشناسه	:
عنوان و نام پدیدآور	:
مشخصات نشر	:
مشخصات ظاهری	:
فروست	:
شابک	:
وضعیف فهرست‌نویسی	:
یادداشت	:
یادداشت	:
موضوع	:
شناسه افزوده	:
شناسه افزوده	:
رده‌بندی کنگره	:
رده‌بندی دیویی	:
شماره کتابشناسی ملی	:

عنوان: تکنولوژی فراورده‌های لبنی تخمیری

مؤلف: جواد حصاری – مهناز منافی

ناشر: انتشارات مؤسسه آموزش عالی علمی‌کاربردی جهاد کشاورزی

ویراستار علمی: اصغر خسروشاهی اصل

ویراستار ادبی ـ فنی: عبدالرضا حسنی

طراح جلد:

صفحه‌آرایی، لیتوگرافی، چاپ و صحافی: پیام‌رسان

نوبت چاپ: اول

تاریخ نشر: ۱۳۸۹

شمارگان: ۱۵۰۰

قیمت: ۴۶۰۰ تومان

شابک: ۸-۷۵-۸۷۴۸-۹۶۴-۹۷۸

تمام حقوق اثر برای انتشارت مؤسسه آموزش عالی علمی‌کاربردی جهاد کشاورزی محفوظ است.

تهران: صندوق پستی ۱۷۵۷ـ ۱۳۱۴۵ تلفن ۶۶۴۳۰۴۳۷

پایگاه اطلاع‌رسانی: www.itvhe.ac.ir

پست الکترونیک: Pub @ itvhe.ac.ir

پیشگفتار ناشر

کتاب و کتاب‌خوانی، یکی از معیارهای توسعهٔ کشورها و جوامع گوناگون است. به این سبب، هر سال سازمان‌های جهانی، مانند یونسکو و جز این، از آن مانند یکی از شاخص‌های توسعه‌یافتگی استفاده می‌کنند و به بررسی میزان انتشار کتاب، نشریه و سایر منابع علمی و اطلاعاتی سازمان‌های آموزشی و پژوهشی می‌پردازند.

تولید منابع علمی و اطلاعاتی، چنان اهمیتی دارد که مهم‌ترین شاخص ارزشیابی کار اعضای هیئت‌های علمی سازمان‌های آموزشی و پژوهشی نیز به‌شمار می‌آید. اما در این زمینه، نیاز مؤسسه‌های آموزشی علمی-کاربردی به متون آموزشی، بیش از دیگر سازمان‌های فرهنگی است؛ زیرا این مؤسسه‌ها، باید از این متون برای تدریس به دانشجویانی استفاده کنند که علاوه بر آموزش‌های رسمی و کلاسیک، به آموزش جنبه‌های کاربردی محتوا و روش‌ها نیازمند است.

مؤسسهٔ آموزش عالی علمی-کابردی جهاد کشاورزی، با توجه به اهمیت تولید و انتشار منابع اطلاعاتی و به‌ویژه کتاب‌های آموزشی، این را در رأس کارهای خود قرار داده است. گفتنی است که تألیف و چاپ بیش از ۱۰۰ عنوان کتاب مربوط به دروس دوره‌های علمی-کاربردی در بخش کشاورزی، در دستور کار این مؤسسه قرار دارد و مسئولان آن امیدوارند با همکاری مدرسان و اعضای هیئت‌های علمی دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی و پژوهشی، در راه افزایش کیفیت این کتاب‌ها گامی اساسی بردارند.

از آن‌جا که انتشار چنین مجموعه‌ای، کاری دشوار و نیازمند توجه و دقت بسیار است، امیدواریم استادان، صاحب‌نظران و مدرسان این کتاب‌ها، ما را در راه ارتقای کیفیت علمی یاری کنند و از انتقادها و پیشنهادهای خود را ارائه دهند. بدون شک، حمایت‌ها و هدایت‌های بی‌دریغ مسئولان آموزش و تحقیقات در سطح وزرات جهاد کشاورزی، اعضای محترم هیئت امنای مؤسسهٔ آموزش عالی علمی-کاربردی و به‌ویژه مدیران عالی سازمان و آموزش کشاورزی، در شکل‌گیری و ادامهٔ چاپ این کتاب‌ها نقش اساسی دارد و امیدواریم نظارت آنان، ضامن کیفیت کار ما باشد.

مجتبی رجب‌بیگی

مدیرمسئول انتشارات و رئیس موسسه آموزش عالی علمی-کاربردی جهاد کشاورزی

فهرست مطالب

فصل ۱: تخمیر در فراورده‌های لبنی

۱-۱ مقدمه ۵
۱-۲ انواع فراورده‌های تخمیری ۶
۱-۳ کشت‌های آغازگر ۶
۱-۳-۱ باکتری‌های اسید لاکتیک بومی ۷
۱-۳-۱-۱ جنس لاکتوکوکوس ۸
۱-۳-۱-۲ جنس لوکونستوک ۹
۱-۳-۱-۳ جنس پدیوکوکوس ۱۱
۱-۳-۱-۴ جنس استرپتوکوکوس ۱۱
۱-۳-۱-۵ جنس لاکتوباسیلوس ۱۲
۱-۳-۲ باکتری‌های الحاقی به کشت‌های آغازگر ۱۴
۱-۳- ۲-۱ جنس بیفیدوباکتریوم ۱۴
۱-۳-۲-۲ جنس انتروکوکوس ۱۶
۱-۳-۲-۳ جنس پروپیونی باکتریوم ۱۶
۱-۳-۲-۴ جنس بروی باکتریوم ۱۸
۱-۳-۳ میکروانسیم‌های متفرقه ۱۹
۱-۳-۳-۱ کپک‌ها ۱۹
۱-۳-۲-۲ مخمرها ۲۰
۱-۳-۲-۳ پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک‌ها ۲۱
۱-۴ بیوشیمی تخمیر ۲۳
۱-۴-۱ سیستم انتقال و هیدرولیز قند ۲۵
۱-۴-۲ تخمیر لاکتوز ۲۶
۱-۴-۲-۱ هوموفرمنتاسیون (تخمیر همگون) ۲۸
۱-۴-۲-۲ هتروفرمنتاسیون (تخمیر ناهمگون) ۲۸

۱-۴-۳ تخمیر سیترات ۳۳
۱- ۵ تولید پلی‌ساکاریدها ۳۵
۱-۶ تولید باکتریوسین‌ها ۳۷
۱-۷ فعالیت لیپولیتیکی آغازگرها ۳۹
۱-۸ پروتئولیز ۴۱

فصل۲ : جمع‌آوری، حمل و نقل و دریافت شیر خام

۲-۱ کلیات ۴۹
۲-۲ وسایل حمل شیر ۴۹
۲-۳ دریافت شیر در کارخانه ۵۲
۲-۳-۱ دریافت شیر از بیدون ۵۳
۲-۳-۲ دریافت از تانکر ۵۵
۲-۴ اندازه گیری مقدار شیر دریافتی ۵۵
۲-۴-۱ اندازه گیری حجمی ۵۵
۲-۴-۲ اندازه گیری بر اساس وزن ۵۵
۲-۵ گرفتن هوای شیر ۵۶
۲-۵-۱ هواگیری در موقع جمع‌آوری شیر ۵۷
۲-۵-۲ هواگیری در موقع دریافت در کارخانه ۵۸
۲-۶ صاف کردن شیر ۶۰
۲-۷ سرد کردن شیر ۶۱
۲-۸ ذخیره‌سازی شیر خام ۶۱
۲-۹ تأثیر مراحل حمل و نقل و نگهداری روی کیفیت شیر خام ۶۲
۲-۹-۱ تأثیر بر چربی شیر ۶۳
۲-۹-۱-۱ ثبات امولسیون چربی ۶۳
۲-۹-۱-۲ لیپولیز ۶۳
۲-۹-۱-۳ اکسیداسیون چربی‌ها ۶۵
۲-۹-۲ اثر روی پروتئین‌های شیر ۶۵
۲-۹-۲-۱ تغییرات میسل‌های کازئین ۶۵
۲-۹-۲-۲ پروتئولیز ۶۶
۲-۹-۲-۳ اکسیداسیون پروتئین‌ها ۶۶

۲-۹-۳ اثر روی فلور میکروبی ۶۶

فصل ۳: فرایندهای عمومی شیر

۳-۱ کلیات ۷۱
۳-۲ صاف‌کردن سانتریفیوژی و خامه‌گیری ۷۲
۳-۲-۱ اساس جداسازی سیستم‌های چندفازی ۷۲
۳-۲-۲ سرعت ته‌نشینی یا صعود مواد ۷۲
۳-۲-۳ تاریخچه جداسازی سانتریفیوژی ۷۳
۳-۲-۴ اساس جداسازی سانتریفوژی ۷۵
۳-۲-۵ صافی‌های سانتریفوژی (کلاریفایر) ۷۸
۳-۲-۶ خامه‌گیر (سپراتور) ۷۸
۳-۲-۷ طرح‌های خامه‌گیر سانتریفوژی ۸۰
۳-۲-۷-۱ خامه‌گیرهای نیمه‌باز (نیمه‌بسته) ۸۱
۳-۲-۷-۲ خامه‌گیر بسته ۸۲
۳-۲-۸ کنترل دستگاه خامه‌گیر ۸۲
۳-۲-۸-۱ کنترل خامه‌گیر نیمه‌بسته ۸۳
۳-۲-۸-۲ خامه‌گیر بسته ۸۴
۳-۲-۹ مقایسه عملکرد خامه‌گیرهای بسته و نیمه‌بسته ۸۷
۳-۲-۱۰ سیستم تخلیه لجن خامه‌گیر ۸۷
۳-۲-۱۱ استاندارد کردن چربی خامه و شیر ۸۹
۳-۲-۱۲ عوامل مؤثر بر خامه‌گیری ۹۲
۳-۲-۱۲-۱ درجه حرارت ۹۲
۳-۲-۱۲-۲ سرعت دوران کاسه ۹۴
۳-۲-۱۲-۳ فاصله بین دیسک‌ها ۹۴
۳-۲-۱۲-۴ سرعت جریان ۹۴
۳-۲-۱۲-۵ شرایط شیر خام ۹۶
۳-۲-۱۲-۶ خرابی سانتریفیوژ ۹۶
۳-۳ هوموژنیزاسیون ۹۶
۳-۳-۱ دستگاه هوموژنایزر ۹۷
۳-۳-۲ نظریه‌های هوموژنیزاسیون ۹۹

۳-۳-۲-۱ نظریه تلاطم گردابی ۹۹
۳-۳-۲-۲ نظریه حفره ۹۹
۳-۳-۳ اثر هوموژنیزاسیون ۹۹
۳-۳-۴ هوموژنیزاسیون یک یا دو مرحله‌ای ۱۰۱
۳-۳-۵ عوامل مؤثر در هوموژنیزاسیون ۱۰۲
۳-۳-۵-۱ فشار هوموژنیزاسیون ۱۰۲
۳-۳-۵-۲ دمای شیر ۱۰۲
۳-۳-۵-۳ ترکیب فراورده ۱۰۳
۳-۳-۶ روش‌های ارزیابی فرایند هوموژنیزاسیون ۱۰۳
۳-۳-۷ موقعیت دستگاه هوموژنایزر در خط تولید شیر پاستوریزه یا استریل ۱۰۴
۳-۳-۸- ۱ آثار هوموژنیزاسیون روی فراورده‌های شیر ۱۰۴
۳-۳-۸- ۲ افزایش گرانروی فراورده ۱۰۵
۳-۳-۸- ۳ سفیدتر شدن رنگ فراورده ۱۰۵
۳-۳-۸- ۴ بهبود طعم ۱۰۵
۳-۳-۸-۵ افزایش قابلیت هضم چربی شیر ۱۰۵
۳-۳-۸-۶ کاهش حساسیت به اکسیداسیون چربی ۱۰۵
۳-۳-۸-۷ افزایش استحکام دلمه ماست ۱۰۶
۳-۳-۸-۸ افزایش حساسیت چربی به لیپولیز ۱۰۶
۳-۳-۸-۹ گسترش آلودگی میکروبی ۱۰۶
۳-۳-۸-۱۰ نرم شدن دلمه پنیر و افزایش رطوبت آن ۱۰۶
۳-۳-۸-۱۱ مصرف انرژی بیشتر ۱۰۷
۳-۴ پاستوریزاسیون ۱۰۸
۳-۴-۱ اساس پاستوریزاسیون ۱۰۸
۳-۴-۲ روش‌های اصلاحی برای بهبود کیفیت شیرهای خام ۱۱۰
۳-۴-۲-۱ باکتو فوگاسیون ۱۱۰
۳-۴-۲-۲ صاف کردن غشایی ۱۱۱
۳-۴-۲-۲-۵ عوامل مؤثر در صاف کردن غشایی ۱۱۳
۳-۴-۲-۲-۱ اسمز معکوس ۱۱۵
۳-۴-۲-۲-۲ نانوفیلتراسیون (NF) ۱۱۵
۳-۴-۲-۲-۳ فراپالایش (اولترافیلتراسیون) ۱۱۵
۳-۴-۲-۲-۴ میکروفیلتراسیون ۱۱۶

۳-۴-۲-۳ ترمیزاسیون و تیندالیزاسیون ۱۱۷
۳-۴-۳ مبنای پاستوریزاسیون ۱۱۸
۳-۴-۳-۱ از بین رفتن مقاوم‌ترین میکروارگانیسم بیماری‌زا ۱۱۸
۳-۴-۳-۲ کاهش بار میکروبی شیر و افزایش ماندگاری آن ۱۱۹
۳-۴-۳-۳ امکان کنترل آنزیمی فرایند ۱۱۹
۳-۴-۳-۴ کاهش خط خامه ۱۱۹
۳-۴-۳-۵ حاشیه اطمینان ۱۱۹
۳-۴-۴ روش‌های پاستوریزاسیون ۱۲۰
۳-۴-۵ تجهیزات مورد استفاده برای پاستوریزاسیون ۱۲۱
۳-۴-۵-۱ تجهیزات پاستوریزاسیون LTLT (غیر مداوم) ۱۲۱
۳-۴-۵-۲ پاستوریزاسیون HTST (مداوم) ۱۲۲
۳-۴-۶ طرز کار مجموعهٔ پاستوریزاسیون ۱۲۳
۳-۴-۷ کنترل دستگاه پاستوریزاتور ۱۲۷
۳-۴-۸ روش‌های پاستوریزاسیون ویژه ۱۲۹
۳-۴-۸-۱ پاستوریزاسیون آنی ۱۲۹
۳-۴-۸-۲ اولتراپاستوریزاسیون ۱۲۹
۳-۴-۱۱ عوامل فاسد شدن شیر پاستوریزه ۱۲۹

فصل۴: خامه

۴-۱ کلیات ۱۳۵
۴-۲ خامه پاستوریزه ۱۳۶
۴-۲-۱ انتخاب شیر خام ۱۳۶
۴-۲-۲ خامه‌گیری ۱۳۸
۴-۲-۳ استاندارد کردن ۱۳۸
۴-۲-۴ هموژنیزاسیون ۱۳۹
۴-۲-۵ پاستوریزاسیون ۱۴۰
۴-۲-۶ افزودن پایدارکننده ۱۴۱
۴-۲-۷ بسته‌بندی ۱۴۲
۴-۳ خامه پاستوریزه قنادی ۱۴۲
۴-۴ خامه شکلاتی پاستوریزه ۱۴۲

۳-۵ استاندارد خامه پاستوریزه ۱۴۳
۴-۶ فساد خامه پاستوریزه..... ۱۴۳
۳-۷- خامه استریل ۱۴۳

فصل ۵ : کره

۵-۱ کلیات ۱۴۷
۵-۲ فرایند تولید کره..... ۱۴۸
۵-۲-۱ انتخاب مواد خام..... ۱۴۹
۵-۲-۲ پاستوریزاسیون..... ۱۵۰
۴-۲-۳ هواگیری ۱۵۱
۵-۲-۴ عمل‌آوری و رساندن خامه..... ۱۵۲
۵-۲-۴-۱ روش سرد کردن یک مرحله ای..... ۱۵۴
۵-۲-۴-۲ روش آلنارپ..... ۱۵۴
۵-۲-۴-۳ روش مخصوص چربی تابستانه (خنک کردن چند مرحله‌ای)..... ۱۵۵
۵-۲-۵ کشت دادن خامه..... ۱۵۵
۵-۲-۶ کره‌زنی ۱۵۹
۵-۲-۶-۱ کره‌زنی غیر مداوم ۱۵۹
۵-۲-۶-۲ کره‌زنی مداوم..... ۱۵۹
۵-۲-۷ بسته‌بندی..... ۱۶۶
۵-۳ عوامل مؤثر بر راندمان کره‌زنی ۱۶۷
۵-۳-۱ درصد چربی خامه..... ۱۶۷
۵-۳-۲ درجه حرارت کره‌زنی ۱۶۷
۵-۳-۳ نسبت بین چربی مایع به چربی جامد ۱۶۸
۵-۳-۴ pH خامه ۱۶۸
۵-۳-۵ مقدار خامه چرن ۱۶۸
۵-۳-۶ سرعت گردش چرن..... ۱۶۸
۵-۴ عیوب کره ۱۶۹
۵-۵ فساد کره..... ۱۷۰
۵-۵-۱ فساد شیمیایی..... ۱۷۰
۵-۵-۱-۱ اکسیداسیون..... ۱۷۰

۵-۵-۱-۲ لیپولیز ۱۷۱
۵-۵-۱-۳ تجزیه لیستین ۱۷۱
۵-۵-۲ فساد میکروبی ۱۷۱
۵-۵-۲-۱ فساد سطحی ۱۷۱
۵-۵-۲-۲ فسادهای میکروبی ایجادکننده طعم نامطلوب در کره ۱۷۱
۵-۵-۲-۳ فساد میکروبی تشکیل‌دهنده رنگ‌های مختلف در کره ۱۷۲
۵-۶ استاندارد کره ۱۷۲

فصل۶ : ماست

۶-۱ کلیات ۱۷۷
۶-۲ مراحل تولید ماست قالبی ۱۷۸
۶-۲-۱ انتخاب شیر خام ۱۷۹
۶-۲-۲ استاندارد کردن شیر ۱۷۹
۶-۲-۲-۱ روش سنتی جوشاندن شیر ۱۸۰
۶-۲-۲-۲ اضافه کردن شیر خشک ۱۸۰
۶-۲-۲-۳ افزودن دیگر مواد خشک لبنی ۱۸۲
۶-۲-۲-۴ تغلیظ شیر به وسیله اپراتورهای تحت خلأ ۱۸۲
۶-۲-۲-۵ تغلیظ با فیلتراسیون غشایی ۱۸۲
۶-۲-۳ افزودنی‌های ماست ۱۸۲
۶-۲-۴ هواگیری ۱۸۳
۶-۲-۵ هوموژنیزاسیون ۱۸۴
۶-۲-۶ فرایند حرارتی (پاستوریزاسیون) ۱۸۵
۶-۲-۷ تهیه آغازگر ۱۸۸
۶-۲-۸ فرایند تهیه ماست قالبی ۱۹۴
۶-۲-۹ فرایند تخمیر لاکتیکی ۱۹۴
۶-۲-۱۰ خنک کردن ۱۹۶
۶-۲-۱۱ تولید ماست هم‌زده ۱۹۷
۶-۳ استاندارد ماست ۱۹۹
۶-۴ فساد ماست ۱۹۹
۶-۴-۱ کپک زدگی ۱۹۹

۶-۴-۲ ترش شدن ماست ۲۰۰
۶-۴-۳ معایب بافتی ۲۰۱

فصل ۷: کشک و دوغ، کفیر و کومیس

۷-۱ کشک ۲۰۵
۷-۱-۱ مراحل تولید کشک مایع صنعتی ۲۰۵
۷-۱-۲ استاندارد کشک مایع ۲۰۶
۷-۲ دوغ ۲۰۷
۷-۲-۱ روش تولید ۲۰۷
۷-۲-۱-۱ تهیه دوغ از ماست ۲۰۷
۷-۲-۱-۲ تهیه دوغ از شیر رقیق شده ۲۰۸
۷-۲-۲ استاندارد ویژگی‌های دوغ ۲۰۹
۷-۳ کفیر ۲۰۹
۷-۳-۱ دانه‌های کفیر ۲۱۰
۷-۳-۲ آغازگرهای صنعتی کفیر ۲۱۱
۷-۳-۳ روش‌های تولید کفیر ۲۱۲
۷-۳-۴ استاندارد کفیر ۲۱۴
۷-۴ کومیس ۲۱۴
۷-۴-۱ میکروفلورکومیس ۲۱۵
۷-۴-۲ روش تولید کومیس ۲۱۵
۷-۴-۲-۱ روش سنتی ۲۱۵
۷-۴-۲-۲ روش تولید صنعتی ۲۱۶
۷-۴-۳ ترکیب کومیس ۲۱۷

فصل ۸ : تمیز کردن تجهیزات لبنی

۸-۱ کلیات ۲۲۱
۸-۲ عوامل مؤثر در تمیز کردن تجهیزات ۲۲۱
۸-۲-۱ ماهیت رسوبات ۲۲۱
۸-۲-۲ ترکیبات شوینده ۲۲۳
۸-۲-۳ انرژی خارجی ۲۲۴

۸-۲-۴ مدت زمان ۲۲۵
۸-۲-۵ ماهیت سطوح و شکل هندسی داخل تجهیزات ۲۲۵
۸-۳ روش‌های تمیز کردن ۲۲۵
۸-۳-۱ مراحل شستشو در صنایع شیر ۲۲۶
۸-۳-۲ روش‌های شستشوی تجهیزات لبنی ۲۲۶
۸-۳-۲-۱ شستشوی دستی ۲۲۶
۸-۳-۲-۲ شستشوی مکانیکی ۲۲۷
۸-۴ سی آی پی ۲۲۷
۸-۴-۱ مراحل سی آی پی ۲۲۷
۸-۴-۲ سی آی پی مبدل حرارتی ۲۲۹
۸-۴-۳ سی آی پی سطوح خنک ۲۲۹
۸-۴-۴ سی آی پی مخازن ۲۳۰
۸-۴-۴-۱ سیستم تک مرحله‌ای سراسری ۲۳۰
۸-۴-۴-۲ سیستم شستشوی گردشی ۲۳۰
۸-۴-۴-۳ سیستم شستشوی گردشی با مخازن بیرونی ۲۳۱
۸-۴-۵ گوی‌های پاششی و توربین‌های پاششی ۲۳۲

منابع ۲۳۵

پیشگفتار

اگرچه استفاده از میکروارگانیسم‌ها برای تولید متابولیت‌های با ارزش در عصر حاضر با تکوین علم بیوتکنولوژی نمود پیدا کرده است اما این ریززنده‌ها از هزاران سال قبل با ایفای نقش پنهانی در تخمیر مواد غذایی خدمات ارزنده‌ای به بشر کرده‌اند. فراورده‌های لبنی تخمیری نیز با قدمتی بالغ بر ده هزار سال قبل از میلاد از متنوع‌ترین و رایج‌ترین فراورده‌های تخمیری به حساب می‌آیند.

بدون شک آغاز پیدایش فراورده‌های لبنی تخمیری تصادفی بوده است و توسعه تولید آن نیز به‌طور تجربی از نسلی به نسل دیگر منتقل شده، اما امروزه و با پیشرفت دانش بشری اساس تولید فراورده‌های تخمیری بر پایه پیچیده‌ترین واکنش‌های بیوشیمیایی استوار است، به‌ویژه در حالتی که محیط کشت، پایه شیر باشد که خود به عقیده بسیاری از دانشمندان پیچیده‌ترین غذای طبیعی انسان است.

کتاب حاضر، به سفارش مؤسسه محترم آموزش عالی علمی-کاربردی وزارت جهاد کشاورزی برای دانشجویان رشته شیر تدوین شده است، اما دانشجویان علوم و صنایع غذایی، کنترل کیفی، بیوتکنولوژی، مهندس شیمی و دیگر رشته‌های مرتبط و نیز دست‌اندرکاران و کارشناسان عرصه صنعت شیر نیز می‌توانند از آن استفاده کنند. در تهیه این کتاب سعی شده است تا ضمن پرداختن به اساس واکنش‌های تخمیر لاکتیکی، به تکنولوژی و مبانی کاربردی صنایع فراورده‌های لبنی تخمیری نیز توجه شود. به رغم تلاش‌ها بی‌گمان این مجموعه نیز خالی از اشکال نیست ولی امید داریم که با نقدهای سازنده و پیشنهادهای ارزنده استادان متخصص و کارشناسان امر بتوانیم به رفع این عیوب بپردازیم.

جواد حصاری

فصل ۱
اساس تخمیر لاکتیکی

اهداف رفتاری

در پایان این فصل از فراگیرندگان انتظار می‌رود:

۱. میکروارگانیسم‌های مورد استفاده به عنوان آغازگر در تولید فراورده‌های لبنی تخمیری را بشناسند.

۲. بیوشیمی تخمیر لاکتوز، سیترات و جز این‌ها را توضیح دهند.

۳. با تولید باکتریوسین و پلی‌ساکارید توسط آغازگرها آشنا شوند.

۴. فعالیت لیپازی و پروتئازی آغازگرها را توضیح دهند.

۱-۱ مقدمه

چگونگی پیدایش تخمیر لاکتیکی در دوران باستان همچنان نهفته مانده است اما می‌توان حدس زد که جوامع بدوی هنر نگهداری شیر در کیسه‌های پوستی یا خمره‌های سفالین را چگونه فراگرفته‌اند. در ابتدا احتمالاً هدف آن‌ها خنک نگه‌داشتن شیر از طریق تبخیر سرم آن از منافذ ریز این ظروف بوده است ولی به طور تصادفی تبدیل شیر به یک مایع لزج‌تر با عطر و طعم ویژه جلب توجه نموده است. پیشرفت‌های دیگر از قبیل آغاز تغلیظ شیر با جوشاندن روی آتش برای تولید لخته سفت‌تر نیز طی زمان متمادی در این زمینه دخیل بوده است. تا اینکه در نهایت مهارت تولید ماست و فراورده‌های مشابه در خاورمیانه و سواحل غربی مدیترانه کسب پدید آمد.

بررسی‌های دقیق تاریخی نشان می دهد که مبدأ فراورده‌های تخمیری لبنی نظیر ماست، کفیر، کومیس و شیر ترش به تمدن‌های اولیه بشری در حدود ده هزار سال قبل از میلاد برمی‌گردد، زمانی که معیشت انسان از جمع‌آوری غذا به تولید غذا تغیر یافت و اهلی کردن گاو، گوسفند، گاومیش و شتر آغاز شد (پدرسون، ۱۹۷۹). به این ترتیب، طیف وسیعی از فراورده‌های تخمیری در مناطق روستایی به طور سنتی از دیرباز تولید شد. بسیاری از این محصولات به تخمیر خودبخودی توسط میکروفلور طبیعی شیر (به‌طور عمده باکتری‌های لاکتیکی) وابسته‌اند. با وجود این، در برخی مناطق مانند نواحی استپی آسیا ظروف مخصوصی از پوست اسب و دیگر حیوانات ساخته می‌شوند که میکروارگانیسم‌های باقیمانده از تولیدات قبلی را دارند و از آن‌ها برای تهیه محصولات تخمیری مانند کومیس استفاده قرار می‌شود، بنابراین، تولید این فراورده‌ها به ظروف خاص آن‌ها وابسته است.

از سوی دیگر، انجام هر نوع تخمیر به شرایط آب و هوایی منطقه تولید نیز بستگی دارد. در مناطق حاره‌ای تخمیرهای گرما دوست غالب‌اند، ولی در نواحی معتدل و سرد مانند اروپای شمالی تخمیرهای مزوفیل بیشتر مشاهده می‌شود (تمیم و مارشال، ۱۹۹۷).

امروزه، ضرورت تولید فراورده‌های غذایی سالم با کیفیت معین و ثابت، موجب گردیده است تا فراورده‌های تخمیری تحت شرایط کنترل شده و به کار بردن آغازگرهای معین تولید شوند. در این فصل اساس تخمیر لاکتیکی و انواع آغازگرها بررسی می‌شود.

۱-۲ انواع فراورده‌های تخمیری

فراورده‌های لبنی تخمیری گوناگون امروزه در بیشتر نقاط دنیا تولید می‌شوند و حدود ۴۰۰ نام جنریک برای این فراورده‌های سنتی و صنعتی گزارش شده است (کمپل - پلت، ۱۹۸۷؛ کومان و همکاران، ۱۹۹۲). گرچه بیشتر فراورده‌های تخمیری اسامی محلی متفاوتی دارند ولی در اصل، انواع این محصولات چندان هم زیاد نیست. به ویژه اگر تنوع ناشی از نوع شیر مورد استفاده (شامل شیر گاو، گوسفند، بز و ....) و گونه‌های میکروبی را که فلور غالب را تشکیل می‌دهند در نظر بگیریم.

برای سهولت کار، محققان بر اساس معیارهای خاص، فراورده‌های لبنی تخمیری را طبقه‌بندی کرده‌اند. برای مثال تمیم و دیت (۱۹۸۰) ماست را با ویژگی‌های خاص فیزیکی به چهار نوع: مایع، نیمه‌جامد، جامد و پودری طبقه‌بندی نموده‌اند. از سوی دیگر، ممکن است الزامات استانداردها برای مثال ترکیب شیمیایی شامل درصد چربی نیز در طبقه‌بندی این محصولات در نظر گرفته شود. همچنین، کورمان (۱۹۸۹) سعی کرد تا فراورده‌های لبنی تخمیری را براساس نوع میکروارگانیسم‌های مورد استفاده به شرح ذیل دسته‌بندی کند:

- میکروفلور نامعین؛
- میکروفلور معین؛
- میکروفلور با باکتری‌های روده انسانی گزینش‌شده؛
- فراورده‌های غنی‌سازی شده با پری و پروبیوتیک‌ها.

در جدول ۱-۱ ، انواع اصلی فراورده‌های تخمیری لبنی نشان داده شده است.

۱-۳ کشت‌های آغازگر[1]

از طیف وسیعی از انواع میکرواگانسیم‌ها در تهیه مواد غذایی طی هزاران سال استفاده شده است. طبق نظر تمیم و همکاران (۲۰۰۶)، مهم‌ترین نقش کشت‌های آغازگر را در مواد غذایی لبنی می‌توان به شرح ذیل بیان کرد:

- نگهداری فراورده با تولید اسید طی تخمیر که موجب افزایش عمر انبارداری و بهبود سلامتی آن می‌شود.

1. starter culture

- بهبود عطر و طعم و ویژگی‌های حسی فراورده با تولید اسیدهای آلی، ترکیبات کربونیلی و هیدرولیز پروتئین‌ها و چربی‌ها.
- بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی (مانند گرانروی و سفتی) و گاهی تولید گاز (در پنیر) و رنگ (کپک‌های سفید و آبی).
- مشارکت در خواص تغذیه‌ای و ویژگی‌های عملگرای[1] مواد غذایی برای نمونه، با به کاربردن پروبیوتیک‌ها.

در حدود ۴۰۰ تا ۳۵۰۰ نام برای به‌ترتیب فراورده‌های تخمیری شیر و پنیر جهان دنیا وجود دارد (کورمان و همکاران، ۱۹۹۲). به نظر می‌رسد نقش اولیه میکروارگانسیم‌های آغازگر تولید اسید لاکتیک در طی تخمیر لاکتیکی باشد. این کار به تشکیل ژل و عطر و طعم اسیدی تازه و محسوسی طی انعقاد و عمل‌آوری لخته می‌انجامد که اهمیت به سزایی دارد.

نقش دوم این موجودات ریز، تولید ترکیبات فرار (مانند دی‌استیل یا استالدئید) است که در عطر و طعم فراورده‌های تخمیری مشارکت می‌کنند. و سوم ممکن است آغازگرها فعالیت پروتئولیتکی و لیپولیتیکی داشته باشند که در رسیدن شماری از انواع پنیر مطلوب است. چهارم، تولید سایر ترکیبات مانند الکل در تهیه کفیر و کومیس. پنجم، ایجاد شرایط اسیدی در فراورده‌های لبنی و گاهی تولید باکتریوسین‌ها[2] که از رشد و فعالیت میکروب‌های بیماریزا و بسیاری از میکروارگانسیم‌های فسادزا جلوگیری می‌کند.

در تولید فراورده‌های تخمیری لبنی از باکتری‌ها، مخمرها، کپک‌ها و یا ترکیبی از آن‌ها استفاده می‌شود که می‌توان آن‌ها را به صورت ذیل طبقه‌بندی نمود:

۱-۳-۱ باکتری‌های اسید لاکتیک بومی

باکتری‌های اسید لاکتیک دربرگیرنده گروه اصلی میکروارگانسیم‌هایی هستند که طی دهه‌های متمادی برای تولید فراورده‌های تخمیری لبنی استفاده می‌شود. این میکروارگانسیم‌ها به جنس‌های *لاکتوکوکوس*، *لوکونستوک*، *پدیوکوکوس*، *استرپتوکوکوس* و *لاکتوباسیلوس* تعلق دارند (جدول۱-۲). براساس مورفولوژی، می‌توان باکتری‌های لاکتیکی را به انواع کروی و میله‌ای و براساس دمای بهینه رشد به انواع میانه‌دوست و گرمادوست که به

1. functional
2. bacteriocins

ترتیب در دمای ۲۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد و ۳۷-۴۵ درجه سانتی‌گراد رشد می‌کنند، تقسیم‌بندی نمود (تمیم و همکاران، ۲۰۰۶). در ادامه جنس‌های مختلف باکتری‌های لاکتیکی بررسی می‌شود.

جدول ۱-۱ طبقه‌بندی شیرهای تخمیری و پنیر (رابینسون و همکاران، ۲۰۰۲)

دسته	شیرهای تخمیری	پنیر
تخمیر لاکتیکی	دوغ‌کره تخمیری	چدار
میانه‌دوست	لانگوفیل یمیر	گودا ادام
گرمادوست	ماست دوغ لبنه اسکیر	امنتال موزارلا پارمیزان
طبی	شیر اسیدوفیلوس لبنه یاکولت	گودا کوارگ کاتیج
تخمیرهای کپکی - لاکتیکی	ویلی	کاممبرت برای راکفورت
تخمیرهای مخمر- لاکتیکی	کفیر کومیس	پنیرهای کپکی
میکروفلور متفرقه: استوباکتر، پروپیونی باکتر بروی باکتر کشت‌های ثانویه پنیر	کفیر	انواع پنیر

۱-۳-۱- ۱ جنس لاکتوکوکوس

کشت‌های آغازگر متعلق به جنس لاکتوکوکوس شامل لاکتوکوکوس لاکتیس زیر گونه لاکتیس، زیر گونه کرموریس و زیر گونه لاکتیس بیوواریته دی استیلا کتیس هستند. میکروارگانسیم مورد اخیر بسیار شبیه ل. لاکتیس زیرگونه لاکتیس است، با این تفاوت که سیترات مثبت است. این کشت‌ها از قبل به جنس استرپتوکوک‌ها تعلق داشتند. با وجود این

اسنات و همکاران (۱۹۸۶) و هات و همکاران (۱۹۹۴) همه این باکتری‌های لاکتیکی را در گونه واحد لاکتوکوکوس لاکتیس قرار دادند. این ایده براساس وجوه تشابه متعدد این میکروب‌ها بنا نهاده شده است. تنها ویژگی متمایز کننده آن‌ها از هم، پلاسمید کنترل شده و هومولوژی DNA بالای آنهاست. ویژگی‌های کلی این میکرواگانسیم‌ها عبارت‌اند از:

- مورفولوژی کروی یا بیضوی به قطر mm ۰/۵ - ۱ و تشکیل زنجیرهای کوتاه تا بلند جفت‌تایی.
- گرم مثبت، میکروایروفیل و تخمیرکننده همگون (هوموفرمانتاتیو[1]) که ال(+)–لاکتات از لاکتوز تولید می‌کند. از بین آن‌ها فقط ل. *لاکتیس* زیرگونه *لاکتیس بیوواریته دی‌استیلاکتیس* دی‌استیل تولید می‌کند.
- برخی از گونه‌ها پلی‌ساکاریدهای خارج سلولی (EPS[2]) و یا باکتریوسین تولید می‌کنند. همه گونه‌ها تاژک ندارند، هاگ تولید نمی‌کنند و برای رشد بهینه نیازمند ویتامین ب هستند.
- عدم رشد در دمای ۴۵Ć ولی قادر به رشد در حضور g ۱۰۰/ g ۰/۳ میتلن‌بلو و هیدرولیز آرژینن هستند.

ویژگی‌های متمایز کننده جنس‌های لاکتوکوکوس مطابق جدول ۱-۲ است.

۱-۳-۱-۲ جنس لوکونستوک

در جنس *لوکونستوک‌ها*، میکروارگانیسم‌هایی که در کشت‌های آغازگر استفاده می‌شوند، عبارت از: *لوکونستوک مزنتروئیدس*، زیر گونه *کرموریس* که قبلاً *لوکونستوک کرموریس* یا *لوکونستوک سیتروورم* نام داشت و *لوکونستوک مزنتروئیدس*، زیرگونه *دکسترانیکم* و در پاره‌ای موارد *لوکونستوک لاکتیس* هستند. این میکروارگانیسم‌ها از نظر فنوتیپ با جنس‌های *لاکتوباسیلوس* و پدیوکوکوس مرتبط‌اند. لوکونستوک‌ها نیازهای غذایی پیچیده‌ای دارند و برخی از آن‌ها پلی‌ساکاریدهای خارج سلولی تولید می‌کنند. آن‌ها مستعد تولید دی لاکتات، دی اکسید کربن و ترکیبات معطر (مانند اتانول، دی‌استیل و اسیداستیک) هستند. *لوکونستوک‌ها*، اغلب در کشت‌های آغازگر مخلوط یا ترکیب پنیر یا شیرهای تخمیری به عنوان تولید کننده عطر و طعم به کار برده می‌شوند.

---

1. Homofermentatire
2. Exopolysaccarid

جدول ۱-۲ برخی از ویژگی‌های مهم باکتری‌های اسید لاکتیک (تمیم، ۲۰۰۲)

ویژگیها	لاکتوکوکوس لاکتیس زیر گونه			لوکونستوک مزنتروئیدس زیر گونه			پدیوکوکوس	استرپتوکوکوس
	لاکتیس	لاکتیس بیو واریته دی استیلاکتیس	کرموریس	مزنتروئیدس	دکسترانیکوم	کرموریس	اسیدیلاکتیسی	ترموفیلوس
میانگین G و C	۳۶/۹- ۳۳/۸	۳۳/۸-۳۴/۸	۳۵/۰-۳۶/۲	۳۷-۳۹	۳۷-۴۰	۳۸-۴۰	۳۸-۴۰	۳۷-۴۰
اسید لاکتیک	L(+)	L(+)	L(+)	D(-)	D(-)	D(-)	DL	L(+)
رشد در ۴۵/۱۰ ع	-/+	/+	-/+	/+	-/+	/+	+/-	+/-
کربوهیدرات								
اسکولین	ب	ب	ب	ب	ب	-		+
آمیگدالین				ب	ب	-	ب	-
آرابینوز	ب	ب	-	+	-	-	ب	ب
سلوبیوز				ب	ب	-	+	-
فروکتوز				+	+	-	+	+
گالاکتوز	+		+	+	ب	+	+	(ب)
مالتوز	+	+	-	+	+	ب	-	-
مانیتول				ب	ب	-	ب	-
مانوز				+	ب	-	+	
ملزیتوز	-	-	-				-	
ملیبیوز	-	-	-	ب	ب	-	-	(ب)
رافینوز	-	-	-				ب	
رامنوز	-	-	-				ب	
ریبوز	+	+	+	+		-	+	-
سالیسین	ب	ب	ب	ب	ب	-	ب	-
سوربیتول	-	-	-				-	
ساکارز	ب	-	-	+	+	-	(ب)	+
ترهالوز	ب	ب	ب	+	+	-	ب	-
گزیلوز	ب	ب	-	ب	ب	-	+	ب

G و C : میانگین گوانین و سیتوزین در DNA . + : بالغ بر ۹۰ درصد سویه‌ها مثبت، - : بالغ بر ۹۰ درصد سویه‌ها منفی، ب: ۸۹-۱۱ درصد سویه‌ها واکنش مثبت، (ب) : واکنش با تأخیر.

لوکونستوک مزنتروئیدس زیر گونه کرموریس به زمان تکثیر طولانی‌تری (۴۸ ساعت در دمای ۲۲- ۳۰ درجه سانتی‌گراد) در مقایسه با *لوکونستوک مزنتروئیدس* زیرگونه مزنتروئیدس (با زمان تکثیر ۲۴ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد) نیاز دارند. دیگر ویژگی‌های مهم *لوکونستوک‌ها* عبارت‌اند از:

- مورفولوژی سلولی با شرایط رشد متغیر است و در برابر گلوکز سلول‌ها حالت کشیده و دراز (شبیه لاکتوباسیل‌ها) پیدا می‌کنند.

- سلول‌ها کروی شکل، گرم مثبت، هاگزا و غیر متحرک، و به حالت تکی یا جفت که ممکن است زنجیرهای کوتاه تا متوسط تشکیل بدهند، دیده می‌شوند.

۱-۳-۱-۳ جنس پدیوکوکوس

تنها سویه این جنس که در کشت‌های آغازگر لبنی استفاده می‌شود پدیوکوکوس اسیدولاکتیسی[1] است. با وجود این، میکروارگانسیم مزبور دارای مترادف‌های دیگر مانند پدیوکوکوس لیندری، پدیدوکوکوس سرویسیه و استرپتوکوکوس لیندری است. پدیوکوکوس‌ها، به صورت متناوب به دو بخش عمودی جهت تشکیل تترادها تقسیم می‌شوند و این کار آن‌ها را از نظر مورفولوژی از دیگر باکتری‌های اسید لاکتیک، متمایز می‌سازد. این میکروارگانسیم‌ها، هاگزا نیستند، گرم مثبت کروی شکل و غیر متحرک‌اند و DL- لاکتات تولید می‌کنند.

سویه‌های پدیدوکوکوس در پنیر مشاهده می‌شوند ولی فقط بخش کوچکی از جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیک را در آن تشکیل می‌دهند و نقش دقیق آن‌ها هنوز به درستی شناخته نشده است (فاکس و همکاران، ۱۹۹۰ ؛ السون، ۱۹۹۰). با وجود این بیوکیس[2] که در جمهوری چک تولید می‌شود یک شیر تخمیری با خصوصیات درمانی است که کشت آغازگر آن از پدیوکوکوس اسیدولاکتیسی، لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و بیفیدوباکتریوم به نسبت ۱ به ۰/۱ به ۱ تشکیل می‌شود (تمیم و مارشال، ۱۹۹۷).

۱-۳-۱-۴ جنس استرپتوکوکوس

وضعیت طبقه‌بندی استرپتوکوکوس ترموفیلوس که توسط ارلا- جانسون (۱۹۳۱) گزارش شده بود از دهه ۱۹۸۰ به خاطر ارتباط نزدیک بین این میکروارگانسیم با استرپتوکوکوس سالیواریوس متزلزل شده است. بنابراین، در اواسط دهه۱۹۸۰، این میکروارگانسیم به عنوان زیر گونه استرپتوکوکوس سالیواریوس (استرپتوکوکوس سالیواریوس زیرگونه ترموفیلوس) در نظر گرفته می‌شود (فارو و کولینس، ۱۹۸۴). در اوایل دهه ۱۹۹۰ برای این میکروارگانسیم یک موقعیت گونه‌ای مجزا براساس ویژگی‌های ژنتیکی و فنوتیپی به‌طور مجدد پیشنهاد شد. استوبتوکوکوس ترموفیلوس به صورت ترکیب با دیگر آغازگرها در تهیه ماست، پنیر (انواع سویسی و ایتالیایی) و شیر تخمیری بیو، به کاربرده می‌شود. برخی از ویژگی‌های مهم این میکروارگانسیم عبارت است از:

1. Pediococcus acidolactici
2. Biokys

- سلول‌ها کروی یا بیضوی شکل با قطر کمتر از ۱ mm و بـه صـورت زنجیـری یـا دوتـایی مشاهده می‌شوند.
- این میکروارگانیسم در ۱۵ درجه سانتی‌گراد رشد نمی‌کند ولی بیشتر سویه‌های آن قـادر به رشد در دامنه دمای ^{o}C ۴۰-۵۰ هستند و به ویتـامین ب و برخـی اسـیدهای آمینـه جهت رشد سریع نیاز دارند.
- این استرپتوکوکوس جزء باکتری‌های اسیدلاکتیک هوموفرمانتاتیو و گرم منفی هستند و ال(+)لاکتات، استالدئید و دی‌استیل از لاکتوز، در شیر تولید می‌کنند.
- برخی از سویه‌ها EPS تولید می‌کنند.

۱-۳-۱-۵ جنس لاکتوباسیلوس

ارلا- جنسن (۱۹۳۱)، لاکتوباسیل‌ها (گونه‌های میله‌ای شکل کاتـالاز منفـی) را بـه ۳ جـنس ترموبـاکتریوم، اسـترپتوباکتریوم و بتابـاکتریوم تقسـیم کـرد. در دهـه ۱۹۸۰، جـنس لاکتوباسیلوس هنوز به ۳ گروه اصلی (I, II , III) تقسیم بندی می‌شد، بدون اینکه آنها را بـه عنوان زیر جنس در نظر بگیرند.

لاکتوباسیلوسهایی که در صنایع لبنیات به کاربرده می‌شوند عبارت‌اند از:

الف) گروه۱ : لاکتوباسیلوس‌های هوموفرماناتیو اجباری:

ایـن گونـه‌هـا عبـارت‌انـد از: لاکتوباسـیلوس بلگـاریکوس، لاکتوباسـیلوس هلوتیکـوس، لاکتوباسیلوس کفیرانوفاسـینس[1]، لاکتوباسـیلوس اسـیدوفیلوس، لاکتوباسـیلوس گاسـری[2] و لاکتوباسیلوس جانسونی.

سه میکروارگانیسم اخیر، در تولید فراورده‌های لبنی بیو به کـار مـی‌رونـد، در حـالی کـه لاکتوباسیلوس کفیرانوفاسینس در دانه‌های کفیر وجود دارد.

ب) گروه۲ : لاکتوباسیل‌های هتروفرمانتاتیو[3] اختیاری؛

از این گروه می‌توان به لاکتوباسیلوس کازئی، لاکتوباسیلوس پاراکازئی زیرگونه پاراکـازئی، لاکتوباسیلوس پاراکازئی زیر گونـه تولـورانس، لاکتوباسـیلوس رامنوسـوس و لاکتوباسـیلوس پلانتارم اشاره کرد.

1. Lactobacillus kefiranofaciens
2. L.gasseri
3. Heterofermantative

ج) گروه۳: لاکتوباسیلوس‌های هتروفرمانتاتیو اجباری؛

از میکروارگانسیم‌های مربوط به این گروه در صنایع لبنی به عنوان آغازگر به جز در کفیر استفاده نمی‌شود و از بین آن‌ها می‌توان به لاکتوباسیلوس برویس، لاکتوباسیلوس فرمنتوم و لاکتوباسیلوس کفیر اشاره کرد.

لاکتوباسیل‌ها را امروزه براساس ویژگی‌های گفته شده به سه گروه A، B وC (شکل ۱-۱) تقسیم می‌کنند. در داخل هر گروه نیز سه زیر گروه a، b و c تعریف شده که به ترتیب به لاکتوباسیلوس دلبروکی، لاکتوباسیلوس کازئی - پدیوکوکوس و لوکونستوک تعلق دارند (هامز و وگل، ۱۹۹۵). در جدول ۱-۳ برخی از ویژگی‌های مهم لاکتوباسیول‌ها گفته شده است.

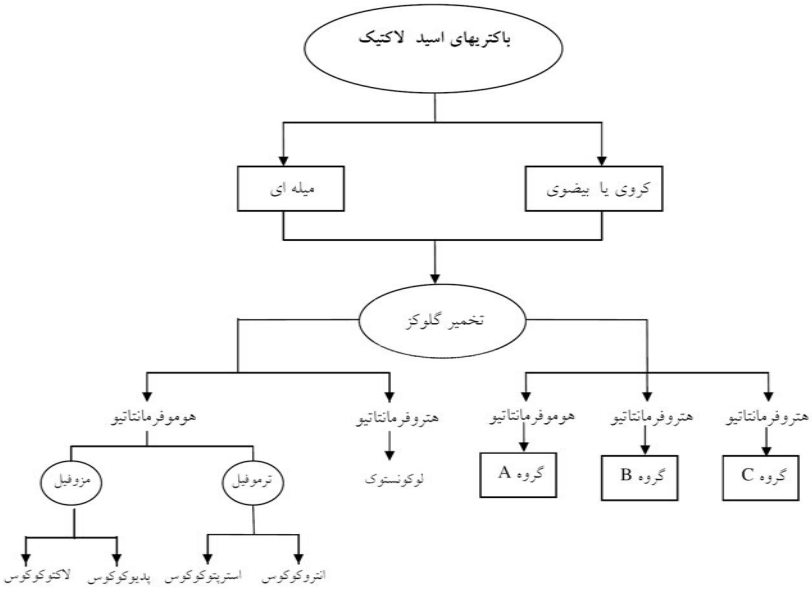
جدول ۱-۳ ویژگی‌های مهم برخی از سویه‌های لاکتوباسیل‌های مربوط به شیرهای تخمیری و پنیر (تمیم، ۲۰۰۲)

ارگانیسم آغازگر گروه	گروبندی پلی ژنیک	G و C	اسید لاکتیک	رشد C° ۴۵/۱۵	مصرف کربوهیدرات اسکولین	آمیگدالین	آرابینوز	سلوبیوز
گروه A	هوموفرمنتاتیو	اختیاری						
ل- اسیدوفیلوس	a	۳۴-۳۷	DL	+/-	+	+	-	+
ل- دلبروکی								
زیرگونه دلبروکی	a	۴۹-۵۱	D(-)	+/-	-	-	-	ب
زیرگونه بلگاریکوس	a	۴۹-۵۱	D(-)	+/-	-	-	-	-
زیرگونه لاکتیس	a	۴۹-۵۱	D(-)	+/-	+	+	-	ب
ل- گاسریک	a	۳۳-۳۵	DL	+/-	+	+	-	+
ل. هلوتیکوس	a	۳۸-۴۰	DL	+/-	-	-	-	-
ل. جانسونی	a	۳۳-۳۵	DL	+/+		+		+
ل. کفیرانوفاسنس	a	۳۴-۳۵	D(L)	-/-		-		-
گروه B	هتروفرمنتاتیو	اختیاری						
ل. پاراکازئی								
زیرگونه پاراکازئی	b	۴۵-۴۷	L/DL	+/ب	+	+	-	+
زیرگونه تولرانس	b	۴۵-۴۷	L(+)	-/+	-	-	-	-
ل. رامنوسوس	b	۴۵-۴۷	L(+)	+/+	+	+	د	+
ل. پلانتاروم	b	۴۴-۴۶	DL	-/+	+	+	+	+
گروه C	هتروفرمنتاتیو	اجباری						
ل. برویس	b	۴۴-۴۷	DL	-/+	ب	-	+	-
ل. فرمنتوم	b	۵۲-۵۴	DL	+/-	-	-	ب	ب
ل. کفیر	b	۴۱-۴۴	DL	-/+	-	-	ب	-
ل. ورتری	b	۴۰-۴۴	DL	+/-	-	-	+	-
ل. ورمیس	c	۴۱-۴۴	DL	-/+	-	-	-	-

G و C : میانگین گوانین و سیتوزین در DNA . + : بالغ بر ۹۰ درصد سویه‌ها مثبت، - : بالغ بر ۹۰ درصد سویه‌ها منفی، ب: ۸۹-۱۱ درصد سویه‌ها واکنش مثبت، (ب) : واکنش با تأخیر.

۱-۳-۲ باکتری‌های الحاقی به کشت‌های آغازگر

طیف وسیعی از میکروارگانسیم‌های مختلف برای مقاصد خاصی به شیر (در کنار کشت‌های آغازگر اصلی) اضافه می‌شوند که برخی از گونه‌های مهم آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند.



شکل ۱-۱ طبقه‌بندی کشت‌های آغازگر اصلی شیر (سنات و همکاران، ۱۹۸۶)

۱-۳- ۲-۱ جنس بیفیدوباکتریوم

موقعیت طبقه‌بندی و نام بیفیدوباکترها از قرن بیستم، با قرار دادن آن‌ها در زیر گونه‌های لاکتوباسیلوس‌ها تغییر پیدا کرد. اما در آخرین ویرایش کتابچه راهنمای برگی[1] این میکروارگانسیم‌ها در جنس مجزای بیفیدوباکتریوم طبقه‌بندی شدند (هالت و همکاران، ۱۹۹۴ ؛ کلین و همکاران، ۱۹۹۸). بالغ بر ۳۰ گونه بیفیدوباکتر، تاکنون از محیط، انسان، حیوانات و حشرات جداسازی و شناسایی شده‌اند که از بین آن‌ها ۶ گونه بیفیدوباکتریوم ادولنتیس، بروه، بیفیدوم، ابنفانتیس، لاکتیس و لانگوم در صنایع لبنی توجه شده است.

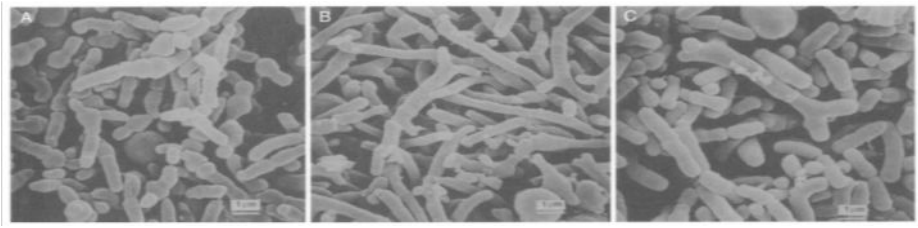
دیگر ویژگی‌های مهم بیفیدوباکترها عبارت‌اند از:

1. Bergeyes Manual

- این باکتری‌ها گرم مثبت، هتروفرمانتاتیو بی‌هوازی، غیـر متحـرک ومیلـه‌ای شـکل غیـر هـاگزا هستند.
- گونه‌های مختلف بیفیدوباکتر از کربوهیـدرات‌هـای متفـاوت مطـابق جـدول ۱-۴ اسـتفاده می‌کنند که می‌توان از آن‌ها برای شناسایی استفاده کرد. در ایـن رابطـه، آنـزیم ۶ فسـفات فسفوکتولاز (F-6-PPK) به عنوان یـک پـارامتر کلیـدی در شناسـایی بیفیـدوباکترها بـه کاربرده می‌شود.

جدول ۱-۴ برخی از ویژگی‌های مهم بیفیدوباکترها و انتروکوک‌ها (تمیم و رابینسون، ۱۹۹۹)

	زیر گونه های بیفیدوباکتریوم						زیرگونه های انتروکوکوس		
ویژگیها	ادولسنتیس	بیفیدوم	برو	انفنتیس	لاکتیس	لانگوم	فاسیوم	دورانس	فکالیس
میانگین G و C	۵۸/۹	۶۰/۸	۵۸/۴	۶۰/۵	۶۱/۹	۶۰/۸	۳۷-۴۰	۳۸-۴۰	۳۷-۴۰
کربوهیدرات									
آرابینوز	+	-	-	-	ب	+	+	-	-
سلوبیوز	+	-	ب	-	-	-			
فروکتوز	+	+	+	+	+	+			
گالاکتوز	+	+	+	+	+	+			
گلوکونات	+	-	-	-	-	-	ب	-	+
اینولین	ب	-	ب	ب	+	-			
لاکتوز	+	+	+	+	+	+			
مالتوز	+	-	+	+	+	+			
مانیتول	ب	-	ب	-	-	-	ب	-	+
مانوز	ب	-	+	ب	-	ب			
ملزیتوز	+	-	ب	-	-	+			+
ملیبیوز	-	ب	-	+	+	+	+	-	-
رافینوز	+	-	+	+	+	+	-	-	-
ریبوز	+	-	+	+	+	+			
سالیسین	+	-	+	-	-	-			
سوربیتول	ب	-	ب	-	+	-	-	-	+
نشاسته	+	-	-	-	-	-			
ساکارز	+	ب	+	+	+	+	+	-	
ترهالوز	ب	-	ب	-	+	-			
گزیلوز	+	-	-	ب	ب	ب	-	-	-



شکل ۱-۲ تصویر مورفولوژی سلولی(A) بیفیدوباکتریوم اینفنتس، (B) بیفیدوباکتریوم لانگوم و (C) بیفیدوباکتریوم انیمالیس (تمیم، ۲۰۰۲).

۱-۳-۲-۲ جنس انتروکوکوس

انتروکوکوس‌هایی که در صنایع فراورده‌های تخمیری شیر و پنیر به کار برده می‌شوند، انتروکوکوس فاسیوم و انتروکوکوس دورانس نام دارند.

برخی از ویژگی‌های مهم گونه‌های انتروکوکوس در جدول ۱-۴ نشان داده شده است. این باکتری‌ها کوکسی‌های گرم مثبت، گاهی متحرک و غیر هاگزا و یا جزء باکتری‌های اسیدلاکتیک هموموفرمانتاتیو بی‌هوازی هستند و از تخمیر گلوکز، L (+) – لاکتات تولید می‌کنند. دیواره سلولی پپتیدوگلیکان در همه گونه‌ها Lys – D – Asp هستند. نیازهای غذایی اولیه این میکروارگانیسم‌ها پیچیده است. انتروکوک‌ها در فراورده‌های لبنی سنتی که از شیر خام تهیه می‌شوند به فراوانی یافت می‌شوند. برای مثال، تحقیقات نوید قاسمی و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که انتروکوکوس فسیوم فلور غالب، پنیر سنتی لیقوان را تشکیل می‌دهد و بعد از آن لاکتو کوکوس لاکتیس و انتروکوکوس فکالیس غالب هستند.

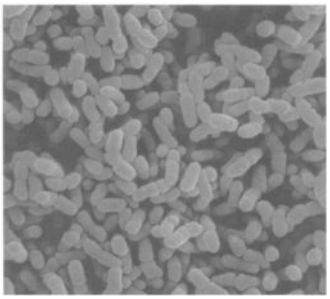
۱-۳-۲-۳ جنس پروپیونی باکتریوم

جنس پروپیونی باکتریوم از دو گروه اصلی تشکیل شده است:

الف) سویه‌های مربوط به فراورده‌های لبنی ب) دیگر سویه‌ها که در پوست و روده انسان یافت می‌شوند. گروه اول به نام پروپیونی باکتر کلاسیک یا بروپیونی، باکتری‌های لبنی معروف هستند (بریتس و ریدل، ۱۹۹۱). مهم‌ترین گونه این جنس پروپیونی باکتریوم فرودنریچی[1] است که در سطح وسیعی در پنیرهای سویسی، مانند امنتال و گروير به خاطر توانایی آن در تولید حفرات بزرگ گازی در طول رسیدن پنیر، به کاربرده می‌شوند.

1. P. Freudenreichii

گونه‌های دیگر پروپیونی باکترها مانند پروپیونی باکتر جنسنی، پروبیونی باکتریوم تونی و پرپیونی باکتریوم اسیدی پروپیونیسی نیز از فراورده‌های لبنی جداسازی شده‌اند. سلول‌های پروپیونی باکتریوم میله‌ای شکل گرم مثبت، غیر متحرک و غیر هاگزا هستند (شکل ۱-۳).



شکل ۱-۳ تصویر مورفولوژی سلولی پروپیونی باکتریوم روی لاکتات آگار (تمیم، ۲۰۰۲).

گونه‌های پروپیونی باکتریوم کلاسیک کوتاه و به نسبت ضخیم‌اند و برخی از آن‌ها ترکیبات اگزو و پلی ساکارید تولید می‌کنند. برخی از ویژگی‌های آن‌ها در جدول ۱-۵ نشان داده شده است.

جدول۱-۵- ویژگی‌های مهم پروپیونی باکتریوم و بروی باکتریوم (اسنت و همکاران، ۱۹۸۶).

	زیر گونه های پروپیونی باکتریوم			زیرگونه های بروی باکتریوم	
ویژگیها	فروندنریچی	جنسنی	توانی	لاپنس	کازئی
میانگین G و C	۶۵	۶۷	۶۶		
نوع پپتیدوگلیکان	meso-DAP	t-DAP	t-DAP		
کربوهیدرات				تمامی زیرگونه های بروی باکتریوم از گلوکز یا کربوهیدراهای دیگر تولید اسید جزی کرده یا اصلا اسید تولید نمی کنند.	
آمیگدالین	−	ب+	+		
آرابینوز	+	−	−		
سلوبیوز	−	ب−	−		
اریتریتول	+	+	+		
اسکولین	−	−	+		
فروکتوز	+	+	+		
گالاکتوز	+	+	+		
گلوکز	+	+	+		
لاکتوز	ب−	ب+	ب−		
مالتوز	−	ب+	ب+		
مانیتول	−	+	−		
مانوز	+	+	+		
ملزیتوز	−	ب+	ب+		
رافینوز	−	+	ب+		
ریبوز	ب+	+	+		
سوربیتول	−	−	ب+		
نشاسته	−	−	+		
ساکارز	−	+	ب+		
ترهالوز	−	+	+		
گزیلوز	−	ب+	ب+		

+: واکنش مثبت در بالغ بر ۹۰-۱۰۰ سویه‌ها یا pH کمتر از ۵/۷ در ۹۰ درصد سویه‌ها،
- : واکنش منفی در بالغ بر ۹۰-۱۰۰ سویه‌ها یا pH بیشتر از ۵/۷ در ۹۰ سویه‌ها،
ب - : واکنش مثبت در ۱۰-۴۰ سویه‌ها، ب+: واکنش مثبت در ۴۰-۹۰ سویه‌ها.

مانتر- آلجونن (۱۹۹۵) گزارش کرد که پروپیونی باکتریوم فردنریچی را می‌توان براساس ویژگی‌های ذیل، به عنوان یک میکروارگانیسم پروبیوتیک در نظر گرفت:

۱. تولید اسید پروپیونیک.
۲. تولید باکتریوسین.
۳. سنتز ویتامین $B_{۱۲}$
۴. تشدید رشد دیگر باکتری‌های مفید.
۵. زنده ماندن در سیستم گوارش.
۶. استفاده بهتر از خوراک.

۱-۳-۲-۴ جنس بروی باکتریوم

گونه‌های این جنس(بروی باکتریوم لایننس و بروی باکتریوم کازئی) رنگ محسوس قرمز-نارنجی بر روی سطح پنیر لیمبورگر (ریس، ۱۹۹۳) و رنگ سفید خاکستری در پنیر کامبرت سنتی (گرپیون ۱۹۹۳) تشکیل می‌دهند و سلول‌های کروی میله‌ای شکل هستند که درازای متغیر دارند.

بروی باکترها گرم مثبت، هوازی اجباری با دمای بهینه رشد ^{o}C ۲۰-۲۵ برای گونه لاینس و ۳۰-۳۷ درجه سانتی‌گراد برای گونه کازئی هستند. در جدول ۱-۵ برخی از ویژگی‌های مهم بروی باکتری‌ها نشان داده شده است.

این میکروارگانیسم‌ها، مقاوم به نمک و غیر متحرک‌اند، به سرعت اسید تولید نمی‌کنند و اندوسپور تشکیل نمی‌دهند. نیازهای غذایی بروی باکتریوم‌ها پیچیده است و به خوبی شناخته نشده‌اند. با وجود این، بیشتر سویه‌ها به اسیدهای آمینه و ویتامین‌های ب نیاز دارند. به‌تازگی خالص‌سازی و شناسایی پروتئینازهای سرنیی توسط باسیلوس لاینس گزارش شده است (هایاشی و همکاران، ۱۹۹۰). گذشته از تولید رنگدانه، نقش اولیه آن‌ها در تولید پنیر، تولید ترکیبات گوگردی معطر است. کشت‌های تجارتی خشک شده به روش انجمادی با فعالیت پروتئولیتیکی متفاوت در بازار در دسترس‌اند (باکلمن، ۱۹۹۹).

۱-۳-۳ میکروارگانیسم‌های متفرقه

در حال حاضر، چندین محصول تجارتی از کشت‌های منفرد یا مخلوط عرضه می‌شوند که به عنوان کشت‌های الحاقی در پنیر استفاده می‌شوند. از این کشت‌ها می‌توان به باکتری‌های کورینه فرم‌ها، مخمرها (دبرومایسس هانسنی، کانیدا پوتیلیتیس و ساکارومیسس سرویسیا) و میکروکوک‌ها (مانند استافیلوکوکوس گزیلوسوس و استافیلوکوکوس کارنوسوس) اشاره کرد. میکروارگانیسم اخیر به توسعه بافت و عطر و طعم در پنیر کمک می‌کند، در حالی که مخمرها، جایگزین فلور مخمر طبیعی شیر خام می‌شوند،که در زمان پاستورایزاسیون غیر فعال شده‌اند (بوکلمن، ۱۹۹۹).

۱-۳-۳- ۱ کپک‌ها

کپک‌ها به‌طور عمده در صنعت پنیرسازی برای تولید برخی از انواع پنیرهای نیمه‌نرم به کاربرده می‌شوند. نقش اصلی آن‌ها زیاد کردن عطر و طعم و اصلاح جزئی بدنه و بافت دلمه پنیر است (گریپون، ۱۹۹۳). با در نظر گرفتن رنگ و شرایط رشد، می‌توان کپک‌ها را به دو دسته کپک‌های سفید و کپک‌های آبی طبقه‌بندی کرد (جدول ۱-۶).

کپک‌های سفید، در سطح پنیر مانند کامبرت و برایی[1] رشد می‌کنند، به نام پنی‌سیلیوم کامبرتی شناخته می‌شوند. اگرچه، در برخی منابع علمی قدیمی یا تولیدکنندگان آغازگر تجارتی اسامی دیگری مانند پنی‌سیلیوم کازئی کولوم، پنی‌سیلیوم کازئی کولا، پنی‌سیلیوم کاندیدوم و پنی‌سیلیوم آلبوم ذکر شده، اما اکنون همه آن‌ها به عنوان بیوتیپ یا مترادف پنی‌سیلیوم کامبرتی در نظر گرفته می‌شوند (رامیرز، ۱۹۸۲).

کپک آبی، در واقع پنی‌سیلیوم راکفورتی است که درون پنیر رشد می‌کند. از پنیرهای آبی می‌توان به راکفورت، دانیش بلو و گورگونزولا اشاره کرد. پنی‌سیلیوم گورگونزولا یا پنی‌سیلیوم استیلتون مترادف‌های دیگر پنی‌سیلیوم راکفورتی‌اند (رامیرز، ۱۹۸۲). با وجود این، بویسن و همکاران(۱۹۹۶) گزارش کردند که در طبقه‌بندی فعلی، پنی سیلیوم راکفورتی با دو واریته (پنی سیلیوم راکفورتی واریته راکفورتی که در پنیرسازی به کاربرده می‌شود و پنی‌سیلیوم راکفورتی واریته کارنئوم که تولید پاتولین می‌کند) در نظر گرفته می‌شود ولی

1. Brie

باید به سه گونه (پنی سیلیوم راکفورتی، پنی سیلیوم کارنیوم و پنی سیلیوم پارنیوم) براساس ویژگی‌های بیوشیمیایی و ژنتیکی، طبقه‌بندی شوند.

دیگر جنس‌های کپک کاربرد بسیار محدودی دارند و در برخی از نقاط دنیا به طور سنتی از آن‌ها استفاده می‌شود. از میان آن‌ها می‌توان به موکور راسمولبن (که در نروژ برای تولید پنیرهای رسیده شیر پس چرخ، به کار برده می‌شود) و آسپژریلوس آریزا (که در ژاپن برای تولید پنیر شیر سویا استفاده می‌شود) اشاره کرد (کازیکوفسکی و میستری، ۱۹۹۷).

ژنوتریکوم کاندیدم روی سطح شیر در تولید ویلی[1] (که یک فراورده تخمیری شیر در فنلاند است) رشد می‌کند و لایه سفید مخملی تشکیل می‌دهد (تمیم و مارشال، ۱۹۹۷).

۱-۳-۲-۲ مخمرها

به طور کلی، وجود مخمرها در فراورده‌های لبنی به عنوان یک آلودگی و نامطلوب در نظر گرفته می‌شود. (IDF، ۱۹۹۸). با وجود این، برخی گونه‌های خاص مخمری در تولید پنیر به شیر اضافه می‌شوند. همچنین، در موارد خاص در صنایع شیر، مخمرها در کنار باکتری‌های اسیدلاکتیک به شیر اضافه می‌شوند و به تخمیر مخمری- اسید لاکتیکی منجر می‌گردند. این نوع تخمیر به تولید کفیر و کومیس اختصاص دارد.

در کشت آغازگر کفیر، که گاهی دانه‌های کفیر نامیده می‌شود جمعیت دقیق میکروارگانیسم‌ها تا حدی بحث برانگیز است. تمیم و مارشال(۱۹۹۷) گزارش کردند که در دانه‌های کفیر گونه‌های مخمری وجود دارد (جدول ۸-۷). بسیاری از محققان باور دارند که کاندیدا کفیر و ل- کفیر تنها میکروارگانیسم‌های اصلی دانه‌های کفیر محسوب می‌شوند، ولی محققان دیگر گونه‌های مخمری مختلف، باکتری‌های اسیداستیک و اسیدلاکتیک را در دانه‌های کفیر، دخیل می‌دانند. ژئوتریکوم کاندیدوم و باکتری‌های اسید استیک به عنوان آلودگی دانه‌های کفیر در برخی کشورها در نظر گرفته می‌شوند (تمیم و مارشال، ۱۹۹۷).

در ژاپن توبا و همکاران(۱۹۹۰و ۱۹۹۱) ال- کفیرانو فاسینس کا ۱ [2] را که یک میکروارگانسیم تولید کننده پلی ساکارید کپسولی است، از کفیر جداسازی نمودند و از آن یک شیر تخمیری با بافت طنابی شدن که مقاوم به آب‌اندازی بود، تهیه کردند.

1. Villi
2. L. Kefiranofaciens K 1

میکروفلور کومیس نیز هنوز به خوبی شناخته نشده است ولی از لاکتولاسیل‌ها، مخمرهای تخمیرکننده لاکتوز (ساکاروماسیس لاکتیس، ترولا کومیس) و مخمرهایی که لاکتوز را تخمیر نمی‌کنند (ساکارومایس کارتیلاگینو سوس) و مخمرهای که کربوهیدرات‌ها را تخمیر نمی‌کنند (گونه‌های مایکودرما) تشکیل می شود (اوبرمان و لیبوزیس، ۱۹۹۸).

جدول ۱-۶ طبقه‌بندی کپک‌ها و مخمرهای مورد استفاده در صنایع لبنی (کورتزمن و فل، ۱۹۹۸)

کپک‌ها	کپک‌های سفید	پنی‌سیلیوم کامبرتی	کلنی‌های کم‌رنگ خاکستری سبز، به شدت پروتئولیز کننده است و فراورده‌های نرم تولید می‌کند. رشد بر روی آگار تولید سرهای مخروطی شکل، می‌کند.
	کپک‌های آبی	پنی‌سیلیوم راکفورتی	کپک‌های سبز تیره مخملی.
	متفرقه	موکور راسموسن آسپرژیلوس اوریزا ژئوتوتریکلوم کاندیدم	
مخمرها	کاندیدا کفیر		- رشد در دمای ۲۵ درجه به مدت ۳ روز در گلوکز/ مخمر اکستراکت/ پپتون براس به شکل تخم‌مرغی دراز . - رشد در محیط آگار به مدت یک ماه، کشت خامه‌ای زرد رنگ، نرم و نیمه کدر .- رشد در Corn meal agar ، سدومیسلیوم‌ها به حالت زبر و شامه‌های خمیده هستند. - میانگین درصد G و C در DNA ۴۱/۳ درصد است و گلوکز، گالاکتوز و ساکارز را تخمیر می‌کند.

۱-۳- ۲-۳ پروبیوتیک‌ها و پری بیوتیک‌ها

واژه پروبیوتیک که برای اولین بار در سال ۱۹۶۵ به کاربرده شد به عوامل محرک رشد اطلاق می‌شد که توسط یک میکروارگانیسم تولید می‌گردد و رشد میکروارگانسیم دیگر را تحریک می‌کند. به این ترتیب کلمه پروبیوتیک مقابل کلمه‌ی آنتی بیوتیک بود. این تعریف دچار تغییرات متعددی شد و از سال ۱۹۸۹ پروبیوتیک‌ها را به صورت ذیل تعریف کردند:

پروبیوتیک‌ها، مکمل‌های خوراکی میکروبی زنده‌ای هستند که آثار سودمندی بر سلامتی مصرف با بهبود تعادل روده‌ای دارند (فولو، ۱۹۸۹). و سازمان بهداشت جهانی(WHO) این تعریف را ارائه می‌دهد: پروبیوتیک‌ها، میکروارگانسیوم‌های زنده‌اند و زمانی که در دوز کافی

تجـویز شـوند، آثـار سـودمندی بـر میزبـان دارنـد. ایـن تعریـف گذشـته از زنـده بـودن میکروارگانسیم‌ها بر دوز مصرفی آن‌ها برای بروز آثار سودمند، نیز تأکید می‌کند (هـاتکینس، ۲۰۰۶).

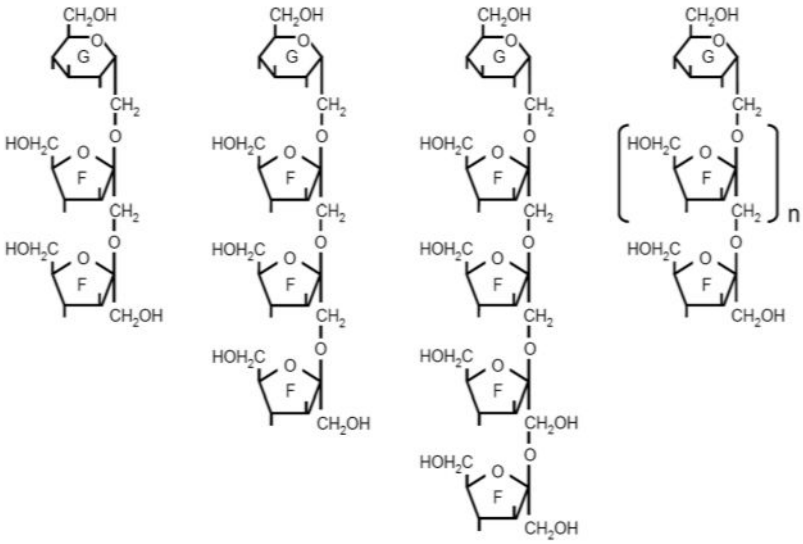
این تأثیرات مفید، به پایین آوردن کلسترول خون، حفظ سلامتی جهاز هاضـمه، تسـکین بیماری‌های روده‌ای، بهبود سیستم ایمنی، کاهش ابـتلا بـه عفونـت‌هـای روده‌ای و معـده‌ای، کاهش ابتلا به عفونت‌های سیستم ادراری و تناسلی، تسکین عدم تحمل لاکتوز، ضد سـرطان و ضد تومورزایی، کاهش شیوع و شدت اسهال کمک می‌کند، ولی این که همه ایـن خواصـی که به پروبیوتیک‌ها نسبت داده می‌شود معتبر است، جای بحث دارد.

میکروارگانسیم‌های پروبیوتیک اصلی شامل گونه‌هایی از بیفیدوباکتریوم و لاکتوباسیل‌هـا هستند، اما میکروارگانسیم‌های دیگری نیز مانند گونه‌های ساکارومایسس، باسیلوس‌ها و حتی اشریشیاکلی نیز، به صورت تجاری در قالب پروبیوتیک عرضه می‌شوند. بـه طـور کلـی، تهیـه کشت‌های پروبیوتیک به روش مشابه آغازگرها انجام می‌شود ولی معمولاً بـه صـورت افـزودن مستقیم به وت و نه به شکل کشت انبوه، استفاده می‌شوند.

پری بیوتیک‌ها، عبارت از ترکیبات غذایی غیر قابل هضم‌اند که با تحریک رشد و یا فعـال کردن یک یا تعداد محدودی باکتری در روده بزرگ، آثار مفیدی بـر سـلامتی میزبـان دارنـد (گیبسون و روبرفروئید، ۱۹۹۵). در واقع، می‌تـوان گفـت ایـن ترکیبـات کربوهیـدرات‌هـایی هستند که قادرند از هضم و جذب در معده و روده کوچک خـود را رهـا کننـد و وارد روده‌ی بزرگ بشوند. بنابراین، پروبیوتیـک موجـب تکثیـر و افـزایش جمعیـت میکروارگانسـیم‌هـای مطلوب نظیر لاکتوباسیل‌ها و بیفیدوباکترها می‌شوند.

بیشتر پروبیوتیک‌ها که به صورت تجاری مورد استفاده قرار مـی‌گیرنـد، پلـی‌سـاکارید یـا اولیگوساکاریداند، که یا از مواد گیاهی به دست مـی‌آینـد و یـا از دی‌سـاکاریدهـای طبیعـی ساخته می‌شوند (شکل ۱-۴). برای مثال، اینولین یک پلی‌ساکارید طبیعی گیاهی است که از واحدهای فروکتوز با اتصالات β-۱،۲ با باقیمانده نهایی گلوکز تشکیل یافته است و مـی‌توانـد بـه صـورت سـالم یـا بـر اثـر هیـدرولیز نسـبی بـه صـورت ترکیبـی از مولکـول‌هـای فروکتواولیگوساکارید(FOS) استفاده شود. نوع دیگر پری‌بیوتیک‌ها که بسیار مورد توجه قـرار می‌گیرند گالاکتواولیگوساکاریدها (GOS) هستند. این ترکیبات از لاکتوز با افزودن باقیمانـده گـالاکتوز توسـط β-گالاکتوزیـداز، بـا فعالیـت گالاکتوترانسـفرازی بـالا تهیـه مـی‌شـوند. گالاکتواوگیلوساکاریدها شبیه اولیگوساکارهای شیر مادر هستند. امـروزه، دلیـل غالـب بـودن

بیفیدوباکترها در روده بزرگ نوزادان که از شیر مادر تغذیه می‌کنند، به اوگیلوساکاریدهای آن که به اصطلاح فاکتور بیفیدوس نامیده می‌شوند، نسبت می‌دهند. این نوزادان معمولاً سالم‌تر از نوزادانی هستند که از غذای کودک استفاده می‌کنند و به عفونت روده‌ای کمتر مبتلا می‌شوند.



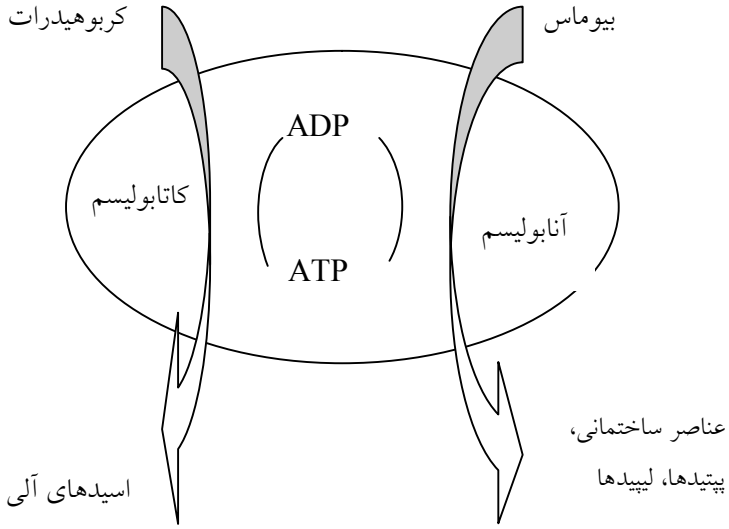
شکل ۱- ۴ ساختمان برخی از پری‌بیوتیک‌ها (هوتکینس، ۲۰۰۶).

۱-۴ بیو شیمی تخمیر

فعالیت حیاتی میکروارگانیسم‌ها فعل و انفعالات پیچیده‌ای دارد که همراه با آن، تولید انرژی، عمل بیوسنتز ترکیبات مختلف نیز انجام می‌گیرد. هرمسیر متابولیکی به طور جداگانه از واکنش‌های متعددی تشکیل شده است که با سیستم آنزیمی ویژه کنترل می‌گردد. با توجه به این که اساس تولید فراورده‌های لبنی تخمیری متکی بر پایه تخمیر لاکتوز و ترکیبات دیگر است، بنابراین، شناسایی مسیرهای متابولیکی تخمیر برای درک درست سازوکار ساخت این فراورده‌ها و بهبود و کنترل کیفیت آن‌ها ضروری است.

به طور کلی، می‌توان گفت که مهم‌ترین فعالیت باکتری‌های اسید لاکتیک تجزیه کربوهیدرات‌های موجود در شیر به اسیدلاکتیک است. با این کار میکروارگانیسم‌ها، انرژی مورد نیاز برای سنتز بیوماس را فراهم می‌آورند (شکل ۱-۵). اگرچه سایر میکروارگانیسم‌ها

می‌توانند از راه‌های مختلف مانند سیستم سیتوکروم، چرخه تری‌کربوکسیلیک و غیره انرژی مورد نیاز خود را تأمین کنند اما، باکتری‌های اسید لاکتیک فقط از طریق تخمیر کربوهیدرات‌ها انرژی مورد نیاز خود را به دست می‌آورند (تمیم و همکاران، ۲۰۰۶). در شکل ۱-۶ جذب کربوهیدرات، تجزیه کربن کربوهیدرات‌ها و تعادل اکسیداسیون- احیا را که یکی از نقش‌های اصلی گیرنده الکترون (اکسیژن) است، نشان داده می‌شود.



شکل ۱-۵ تجزیه کربوهیدرات‌ها به منظور تأمین سوخت و واکنش‌های آنابولیسم (جنسن، ۱۹۹۹).

باکتری‌های اسید لاکتیک مجهز به آنزیم‌های مورد نیاز برای تنفس نیستند، بنابراین، قدرت فسفوریلاسیون اکسیداتیو را ندارند. در نتیجه انرژی آن‌ها فقط از طریق ساخت آدنوزین تری فسفات (ATP) یا معادل‌های آن، انجام می‌گیرد. به این دلیل، بازده تولید ATP از گلوکز در آن‌ها بسیار کمتر از حالتی است که در آن سوختن/ کاتابولیسم گلوکز به طور کامل انجام می‌شود (به لحاظ نظری، بالاترین حد ممکن ۳۶ واحد ATP به ازای هر واحد گلوکز است). با وجود این، میکروارگانیسم‌ها می‌توانند سرعت رشد بالایی از خود نشان دهند (بالغ بر ۰/۷ برساعت). ضرورت این کار، قابلیت عبوردهی بالای کربوهیدرات‌هاست تا انرژی مورد نیاز برای واکنش‌های آنابولیسم تأمین شود. بنابراین، وجود یک سیستم جذب کربوهیدرات کارآمد ضروری است.

برحسب شرایط رشد سلول و اینکه از چه نوع کربوهیدراتی استفاده قرار می‌شود، جذب کربوهیدرات از طریق سازوکار متعدد می‌تواند انجام پذیرد که به بررسی آن می‌پردازیم.

۱-۴-۱ سیستم انتقال و هیدرولیز قند

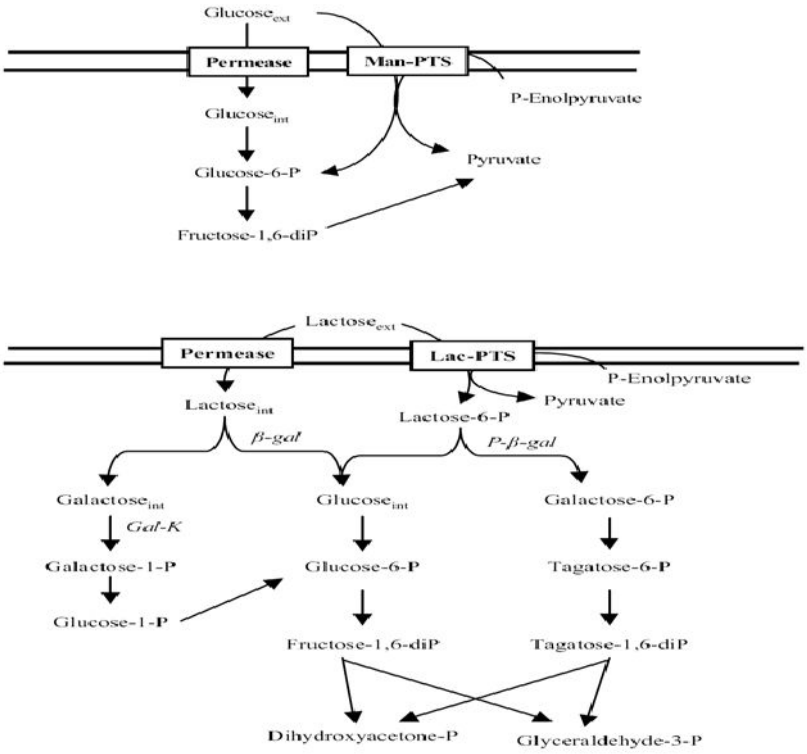
مطابق شکل ۱-۷، دو سیستم واسطه انتقال برای جذب گلوکز به داخل سلول میکروارگانیسم وجود دارد. سیستم اول پرمئاز ناشی از گرادیان پروتونی است که گلوکز را از میان غشای باکتریایی انتقال می‌دهد. در طی این فرایند، گلوکز، هیچ تغیری نمی‌کند اما پس از ورود به داخل سلول، توسط گلوکوکیناز دچار فسفوریلاسیون شده و به گلوکز-۶- فسفات (P-۶-G) تبدیل می‌شود که سپس به طرق مختلف مانند مسیر امبدن- میرهوف- پارناز (EMP[1]) کاتابولیزه شده، ابتدا به پیروات و سپس به کمک لاکتات و دهیدروژناز به اسیدلاکتیک تبدیل می‌گردد. گلوکز در زمان تبدیل به پیروات، دو مولکول ATP تولید می‌کند. این فعل و انفعالات برای حفظ سطح نیروی محرکه به پروتون[2] (PMF) نیازمند ATP است. به این دلیل، برآورد دقیق میزان تولید ATP به ازای هر مولکول گلوکز خارج سلولی مشکل است (بنتین، ۱۹۹۲). باتوجه به موارد مزبور می‌توان گفت که سیستم پرمئاز از نظر انرژی مقرون به صرفه نیست. چرا که هم فرایند انتقال و هم فسفوریلاسیون بعدی انرژی مصرف می‌کنند.

سیستم دوم مانوز- فسفوتراتسفراز (مانور- PTS) است که در طی آن گلوکز در حین انتقال به داخل سلول با فسفوترافسفراز (PTS) به G- ۶- P فسفوریله می‌شود. انرژی بالای پیوند فسفات از فسفر انول پیروات (PEP) که به پیروات تبدیل می‌شود، نشأت می‌گیرد. این سیستم از نظر انرژی مقرون به صرفه است. به این دلیل که انتقال و فسفوریلاسیون با صرف یک PEP انجام می‌گیرد. انرژی خالصی که از یک مولکول گلوکز خارج سلولی حاصل می‌شود، دو مولکول ATP است. این سیستم برای انتقال مانور و قندهای دیگر نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. PEP در فسفوریلاسیون گلوکز منتقل شده به وسیله سیستم PTS مشارکت می‌کند و به صورت سوسیترای آنزیم پیروات کیناز نیز محسوب می‌شود و لذا نقش مهمی در کنترل و تنظیم چرخه‌های میتابولیکی ایفا می‌کند (شکل۱-۶).

به طریق مشابه، انتقال لاکتوز از میان غشای سلول میکروبی به دو روش ممکن است: الف) سیستم لاکتوز- PTS و ب) سیستم پرمئاز (گاریجز و همکاران، ۱۹۹۷). اما باید توجه

1. Embeden- Meyerhoff- Parnas pathway
2. Proton motive force

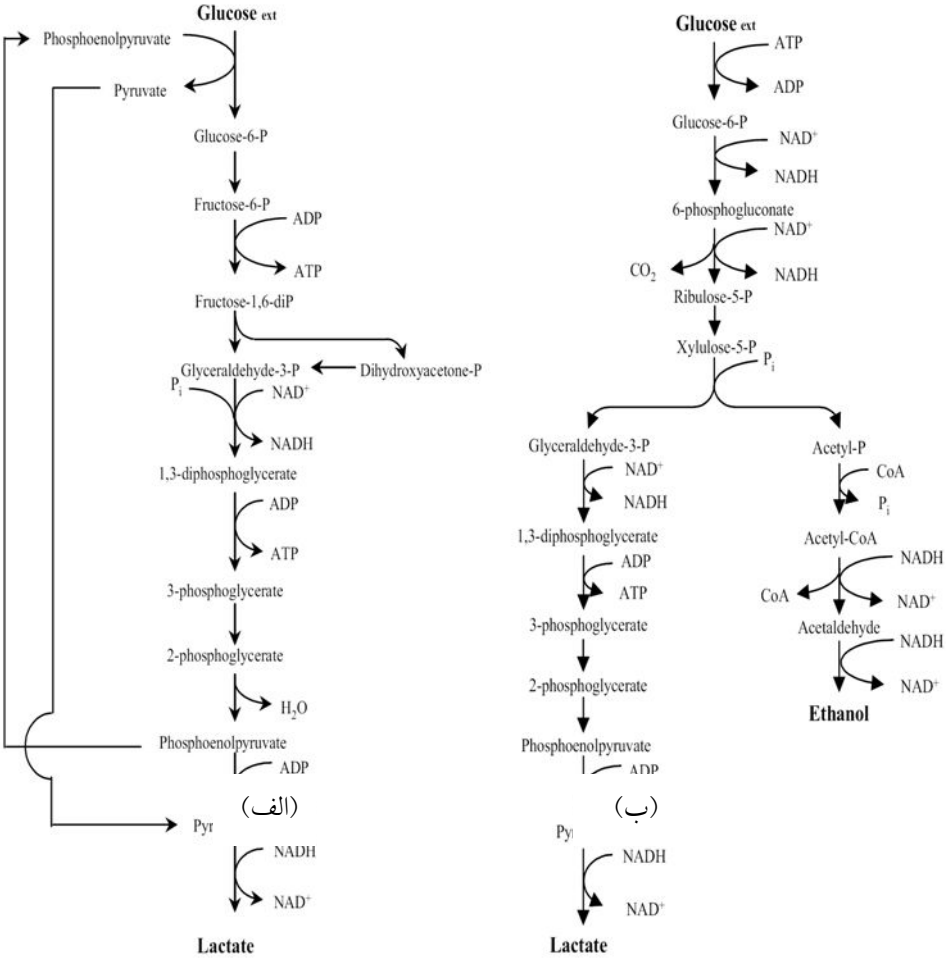
کرد که هر کدام از قندهای مونومر باید متحمل چندین مرحله اضافه شوند که در شکل ۱-۶ نشان داده شده است.



شکل ۱-۶ سیستم پرمئاز و فسفوترانسفراز در تخمیر گلوکز و لاکتوز. β- gal : بتا- گالاکتوزیداز؛ P- β -gal : فسفو بتا الاکتوزیداز؛ Gal- k: گالاکتوکیناز (جنسن، ۱۹۹۹) .

۱-۴-۲ تخمیر لاکتوز

تبدیل سریع کربوهیدرات‌ها به فراورده‌های متابولیک اغلب همراه با تولید انرژی بوده که برای رشد مورد نیاز است. شکل ۱-۷ مسیرهای تولید انرژی در باکتری‌های اسیدلاکتیک را نشان می‌دهد. وجود مسیرهای مجزا، امکان تشخیص دو نوع تخمیر هومولاکتیک و هترولاکتیک را براساس محصولات اصلی حاصل از گلوکز میسر می‌کند.



شکل ۱-۷ تخمیر لاکتیکی، الف: مسیر امبدن میرهوف در باکتری‌های اسید لاکتیک هوموفرمانتاتیو و ب: مسیر فسفوکتولاز توسط باکتری‌های اسید لاکتیک هتروفرمانتاتیو (جنسن، ۱۹۹۹).

۱-۴-۲-۱ هوموفرمنتاسیون[1] (تخمیر همگون)

باکتری‌های اسید لاکتیک به‌طور عمده تخمیر کننده‌های اجباری‌اند. واکنش‌های فسفوریلاسیون که طی تخمیر انجام می‌گیرند، نقش اصلی تولید ATP از سوی این میکروارگانسیم‌ها محسوب می‌شوند. در باکتری‌های اسیدلاکتیک هوموفرمانتاتیو، تخمیر هگزوزها به وسیله آنزیم‌های مسیر گلکولیز امبدون- میرهوف صورت می‌گیرد.

یکی از آنزیم‌های اساسی در این مسیر، آلدولاز است که قندها را از طریق تجزیه فروکتوز ۱و ۶- دی‌فسفات به دو فسفات توی‌اوز وارد مسیر متابولیکی می‌کند. توی‌اوزها، سرانجام به عنوان سوبسترا برای تولید ATP، استفاده می‌شوند. مطابق شکل ۱- ۸ الف، مسیر امبدون میرهوف از هر مول هگزوز ۲ مول پیروات و ۲ مول ATP تولید می‌کند. پیروات حاصل در ادامه توسط آنزیم لاکتات دهیدروژناز به L- یا D- لاکتات، احیا می‌شود. در متابولیسم هوموفرمانتاتیو بالغ بر ۹۰ درصد سوبسترا به اسید لاکتیک تبدیل می‌شود (هاتکینس، ۲۰۰۶).

باکتری‌های اسید لاکتیک هوموفرمانتاتیو در صنایع لبنیات شامل لاکتوکوکوس لاکتیس، استرپتوکوکوس ترموفیلوس، لاکتوباسیلوس هلوتیکوس و لاکتوباسیلوس دلبروکی زیر گونه بولگاریکوس است (تمیم و همکاران، ۲۰۰۶).

۱-۴-۲-۲ هتروفرمنتاسیون[2] (تخمیر ناهمگون)

باکتری‌های اسید لاکتیک، هتروفرمنتاتیو هگزوزها را از طریق مسیر فسفوکتولاز (شکل۱- ۸ ب) متابولیزه می‌کنند. در باکتری‌های هتروفرمنتابتو اجباری، آلدولاز موجود نیست و به جای آن آنزیم فسفوکتولاز وجود دارد. در طی این نوع تخمیر، به ازای هر هگزوز تقریباً هم ارزمولی[3] لاکتات، استات، اتانول و Co_2 همراه با یک مول ATP تولید می‌شود. اکسیداسیون NADH و برقراری تعادل $NADH / NAD^+$ از طریق دو واکنش احیا که توسط استالدئید دهیدروژناژ و الکل دهیدروژناژ کاتالسیت می‌شود، صورت می‌گیرد (هاتکینس، ۲۰۰۶).

1. Homofermentation
2. Hetexofermentation
3. Eqimola

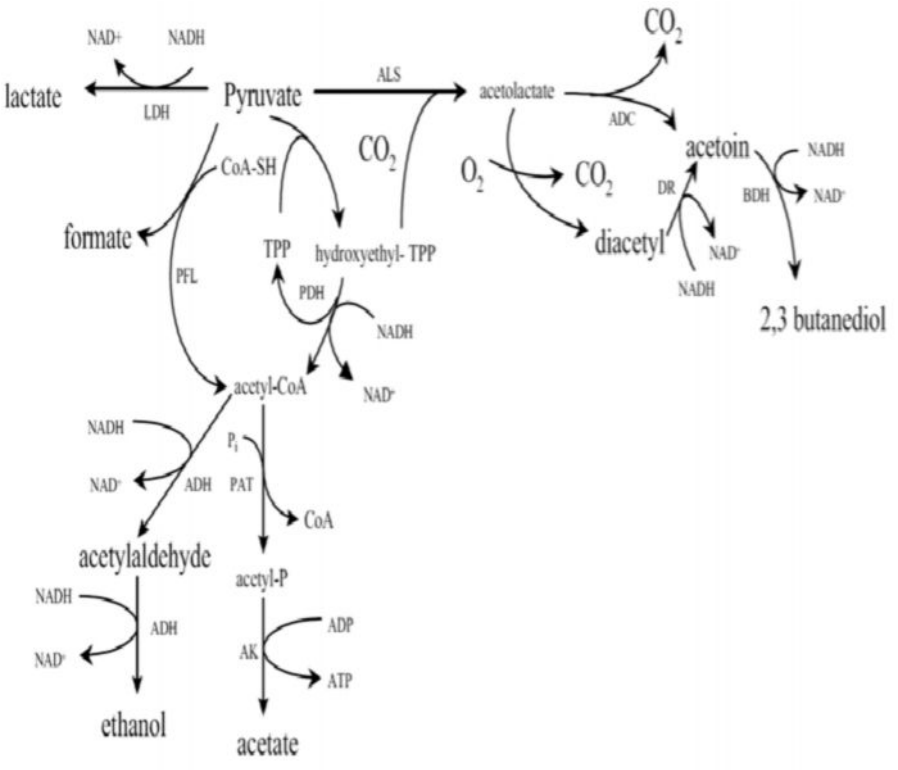
بسیاری از باکتری‌های اسیدلاکتیک که در تخمیر مواد غذایی از آن‌ها استفاده می‌شود، هتروفرمانتاتیو هستند. از این دسته می‌توان به لویکونستک مزنتروئیدس زیر گونه کرموریس و لویکونستک لاکتیس اشاره کرد.

در کنار این دو دسته باکتری‌های اسیدلاکتیک، برخی از باکتری‌های اسیدلاکتیک هتروفرمانتاتیو اختیاری‌اند که در آن‌ها هر دو مسیر وجود دارد. باید توجه داشت که حتی باکتری‌های هوموفرمانتاتیو اجباری هم پتانسیل تولید اسیداستیک، اتانول، استوئین، CO_2 و فراورده‌های نهایی دیگر به غیر از اسیدلاکتیک را دارند. باوجود این، چنین فراورده‌هایی در شرایط خاصی که سرعت تولید پیروات درون یاخته‌ای از سرعت تبدیل آن به لاکتات فراتر رود تولید می‌شوند. به غیر از قندها، پیروات می‌تواند از اسیدهای آمینه هم تولید شود و چنانچه در درون سلول بیش از حد تجمع یابد می‌تواند سمی باشد. علاوه بر آن، در حالتی که پیروات اضافی در نتیجه تخمیر قند تولید می‌شود، سلول باید وسیله‌ای برای اکسیداسیون مجدد NADH تشکیل شده در طی گلیکولیز داشته باشد (تمیم و همکاران، ۲۰۰۶).

با وجود این، به علت متفاوت بودن کاتابولیسم گلوکز در چرخه تخمیر هومولاکتیک در شرایط بی‌هوازی، مقادیر مولی مساوی لاکتات، اتانول و دی‌اکسید کربن از تجزیه گلوکز براساس واکنش ذیل حاصل می‌شود:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_3H_6O_3 + C_2H_6O + CO_2$$

بیوشیمی این واکنش‌ها در شکل ۱-۸ نشان داده شده است.



شکل ۱–۸ فراورده‌های نهایی جایگزین کاتابولیسم پیروات. فراورده‌های خارج سلول با حروف بزرگ نشان داده شده‌اند. LDH: لاکتات دهیدروژناز؛ PFL: پیروات فرمات لیاز؛ ADH : الکل دهیدروژنار؛ PAT : فسفوترانس استیل ترانسفراز؛ AK : استات‌کیناز؛ ALS: استولاکتات سینتاز؛ ADC: استولاکتات و کربوکسیلاز؛ PR : دی استیل ردوکتاز، BPH: بوتاندبول دهیدروژناز؛ PDH : پیروات دهیدروژناز: (جنسن، ۱۹۹۹).

متابولیسم لاکتوز به لاکتات (اسیدلاکتیک) برای تولید انواع پنیر و فراورده‌های تخمیری شیر ضروری است. برحسب نوع آغازگر، لاکتوز در اثر مسیرهای گلیکولیتیک (بسیاری از باکتری‌های آغازگری) یا فسفوکتولازی(لویکونستوک ها) متابولیزه می‌شود.

فراورده‌های اصلی متابولیسم لاکتوز، L- یا D- لاکتات و یا مخلوط راسمیک هر دو آنهاست. باید توجه داشت که برخی از سویه‌ها مانند گونه‌های لوکونستوک، محصولات دیگری مانند اتانول نیز تولید می‌کنند. برخی از باکتری‌های آغازگری ویژه مانند استرپتوکوکوس ترموفیلوس قادر به متابولیزه کردن نیمه گالاکتوز نیستند و مجبور به رشد با

سویه‌های لاکتوز مثبت (مانند لاکتوباسیل‌های گالاکتوز +) هستند. در غیر این صورت گالاکتوز در فراورده انباشته می‌شود. لاکتات، در عطر و طعم فراورده نهایی مانند پنیر با دلمه اسیدی و پنیرهای رسیده مشارکت می‌کند. از سوی دیگر، در ادامه تخمیر لاکتات توسط مسیرهای مختلف به ترکیبات متفاوت تبدیل می‌شود که در عطر و طعم فراورده نهایی مؤثرند.

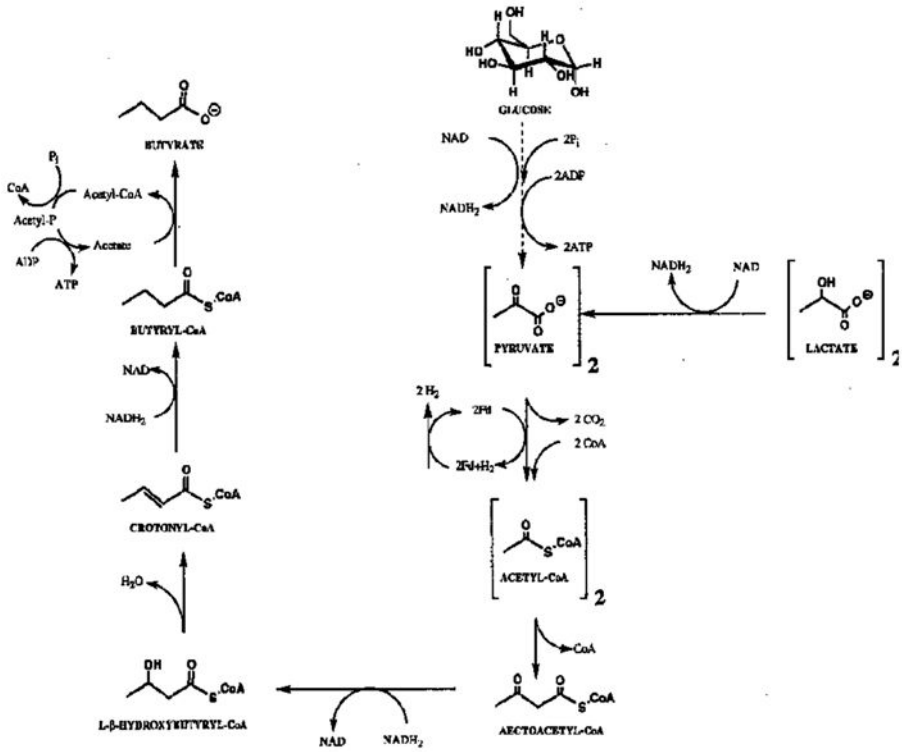
راسمیزاسیون لاکتات آسیب کمی به طعم پنیر وارد می‌کند ولی از نظر تغذیه‌ای به ویژه برای اطفال ممکن است پیامدهای نامطلوبی در پی داشته باشد. حلالیت کلسیم- D- لاکتات کمتر از کلسیم – L- لاکتات است. ممکن است کلسیم- D- لاکتات در پنیر کریستالیزه شده و لکه‌های سفید سطوح برش، تشکیل دهد.

لاکتات توسط باکتری‌های اسیدلاکتیک غیر آغازگر[1] (NSLAB) در پنیرهای سخت می‌تواند به استات و Co_2 تبدیل شود. اندازه قالب پنیر و نفوذپذیری بسته بندی آن، میزان در دسترس بودن O_2 در آن را مشخص می‌کند. به رغم انتظار، این مسیر در پنیر به علت پتانسیل اکسیداسیون احیای پایین (حدود Vm ۲۵۰-) در سطح قابل توجهی انجام می‌شود. استات که ترکیب طعم‌زای مهمی در بسیاری از پنیرهاست، علاوه بر اینکه می‌تواند از لاکتوز توسط باکتری‌های اسید لاکتیک تولید شود، ممکن است در پی متابولیسم سیترات و لاکتات یا در نتیجه کاتابولیسم اسیدهای آمینه نیز تشکیل گردد.

پروپیونی باکتویوم در پنیرهای سویسی با ورود پنیر به اتاق گرم، بعد از آب نمک‌گذاری رشد می‌کنند و لاکتات را به پروپیونات، استات و Co_2 تبدیل می‌کند. دی‌اکسید کربن موجب ایجاد چشمک در این نوع پنیرها می‌شود و همراه با استات در طعم پنیرها مشارکت می‌کنند (مکسوینی و سوسا، ۲۰۰۰).

بادکردگی دیررس و بروز طعم ناخوشایند در برخی از انواع پنیرهای سخت از متابولیسم لاکتات (با گلوکز) توسط گونه‌های کلستریدیوم به اسید بوتیریک و H_2 می‌انجامد. مسیر تخمیر بوتیریکی در شکل ۱-۹ نشان داده شده است. با رعایت اصول بهداشتی صحیح و یا با افزودن نیترات، لیزوزیم یا باکتری‌زدایی فیزیکی، به ویژه اسپورها توسط باکتوفوگاسیون یا میکروفیلتراسیون می‌توان از این نوع تخمیر نامطلوب جلوگیری کرد.

1. Non starter lactic acid bacleria



شکل ۱-۹ مسیر تشکیل بوتیرات و H_2 از گلوکز یا لاکتات توسط گونه‌های کلستریدیوم (مکسوینی و سوسا، ۲۰۰۰)

در پنیرهایی که با کپک سطحی رشد می‌کنند مانند کامبرت و برای، باکتری‌های اسیدلاکتیک در آن‌ها موجب تولید اسیدلاکتیک در دلمه (حدود ۱ درصد) می‌شوند. این اسید به سرعت با میکروارگانیسم‌های ثانویه (در ابتدا ژئوتریکوم کاندیدم و دباریوما یسس‌هانسنی و در ادامه با بنی سیلیوم کامبرتی و احتمالاً باکتری‌های کورینه فرم مانند بروی باکتریوم لاینس) متابولیزه می‌شود. مخمرها و کپک‌های مربوط، به سرعت لاکتات را به دی اکسید کربن و آب متابولیزه می‌کنند وموجب افزایش pH سطح پنیر می‌شوند. با تمام لاکتات، پنی‌سیلسیوم کامبریت اسیدهای آمینه آزاد شده از کازئین‌ها را با تولید NH_3 متابولیزه می‌کنند. کاهش اسیدیته سطح پنیر تأثیر منفی بر رشد بروی باکتریوم‌ها و فعالیت پلاسمین گذاشته و بر بافت پنیر با تولید رسوبات یون کلسیم به شکل $Ca3(po_4)_2$ اثر

چشمگیری دارد. در شرایط هوازی، پیروات فرمئات لیاز غیر فعال می‌شود و مسیرهای دیگر فعال می‌گردد (مکسوینی و سوسا، ۲۰۰۰).

۱-۴-۳ تخمیر سیترات

میزان تخمیر سیترات با باکتری‌های لاکتیکی بسیار پایین است ولی این کار از ویژگی‌های مهم و با اهمیت برخی از آغازگرهای مزوفیل محسوب می‌شود. سیترات با لاکتوکوکوس‌ها و لویکونستوک‌ها متابولیزه می‌شود، اما باکتری‌های گرمادوست قادر به انجام این کار نیستند. از میان آغازگرهای تخمیرکننده سیترات (سیترات مثبت) لاکتوکوکوس لاکتیس زیر گونه لاکتیس بیوواریته دی استیلاکتیس و گونه‌های لوکونستوک اشاره کرد که این توانایی را از وجود آنزیم سیترات پرمتاز کسب می‌کنند. (مونت و همکاران، ۱۹۹۶). ژن‌های کدگذاری شده برای این آنزیم در پلاسمید kb ۷/۹ قرار گرفته‌اند (بورل و همکاران، ۲۰۰۱).

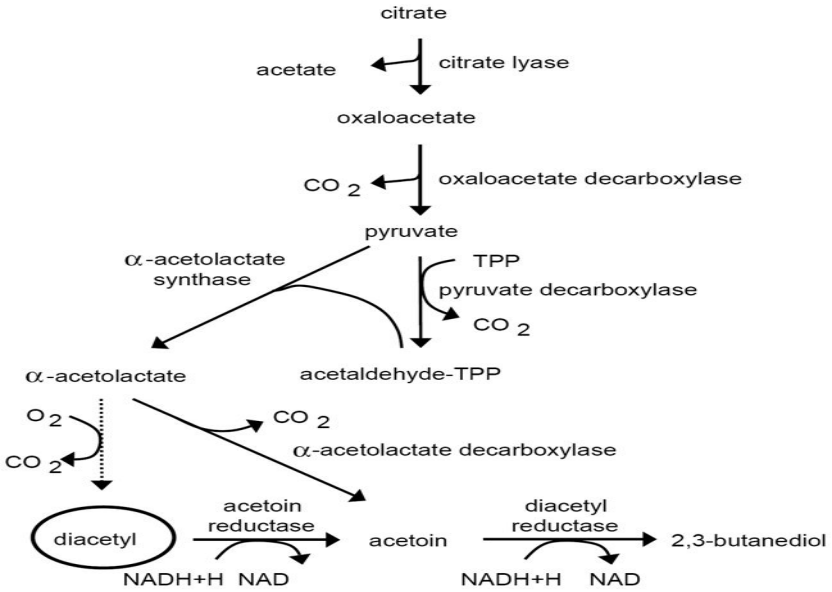
متابولیزم سیترات که با آنزیم سیترات پرمئاز کنترل می‌شود به میزان قابل توجهی به وابسته pH است. این آنزیم pH بهینه باریکی بین ۵ الی ۶ دارد (اسمیت، ۱۹۹۲). امروزه، گفته می‌شود که سیترات از لحظه آغاز رشد آغازگرها درpH برابر ۶/۹ مصرف می‌گردد؛ گرچه جذب سیترات در pH برابر ۴/۵ در سلول‌های ساکن نیز گزارش شده است. دلیل این امر بیشتر به افزایش نفوذ پری‌سلول‌ها در pH های پایین نسبت داده می‌شود تا به سیستم انتقال فعال. مصرف و جذب سیترات به درجه حرارت نیز بستگی دارد (باسیت و همکاران، ۱۹۹۵). مطابق شکل ۱-۱۲ سیترات پس از وارد شدن به سلول، توسط سیترات لیاز (CL) به اگزالاستات و استات تجزیه می‌گردد. در لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه لاکتیس بیوواریته دی‌استی لاکتیس سیترات لیاز به طور طبیعی تولید می‌شود اما در لویکونستوک‌ها تولید آن نیاز به محرک دارد (هوگون هولتز و استارنبورگ، ۱۹۹۲).

در پی آن، اگزال استات تولید شده با آنزیم اگزال استات دکربوکیسلاز به پیروات و CO_2 تبدیل می‌شود. ترکیبات کربونیلی و مولد عطر و طعم مانند استات، دی‌استیل، استوئین و ۲، ۳ بوتانیدول و دی اکسید کربن در اثر متابولیزم سیترات در شیر، تولید می‌شوند (شکل ۱- ۱۰). این در حالی است که، استوئین و بوتاندیول بی‌طعم‌اند و در عطر و طعم فراورده‌های تخمیری دخالت نمی‌کنند، دی‌استیل یک ترکیب مولد عطر و طعم اصلی در دوغ کره و خامه‌ترش که در آن‌ها از آغازگرهای مزوفیل استفاده می‌شود، به حساب می‌آیند. (تمیم و همکاران، ۲۰۰۶).

باید توجه داشت که، باکتری‌های اسید لاکتیک می‌توانند هم سیترات و هم قند را تخمیر کنند و تخمیر سیترات در حضور قندها تسریع می‌گردد. مطابق شکل ۱-۱۰سیترات در طی تخمیر ابتدا از سوی سیترات لیاز به استات و اگزالاستات آبکافت می‌شود. اگزالاستات به پیروات دکربوکسیله می‌گردد. استولاکتات از پیروات حاصل شده و در اثر دکربوکسیلاسیون به استوئین تبدیل می‌گردد که آن هم با بوتانیدول دهیدروژناز به بوتانیدول احیا می‌شود. گذشته از آن، استولاکتات که ماده ناپایداری است می‌تواند به دی‌استیل نیز تبدیل شود.

محققان بر این باورند که تولید دی‌استیل یک فرایند غیر آنزیمی(شیمیایی) است، به این معنی که، آنزیم دی‌استیل سنتتاز در باکتری‌های اسیدلاکتیک هرگز مشاهده نشده است. دی‌استیل نیز می‌تواند با استوئین دهیدروژناز و بوتانیدول دهیدروژناز به ترتیب به استوئین و بوتانیدول تبدیل شود.

سویه‌های خالص L آغازگرهای مزوفیل به هیچ صورت دی‌استیل و استوئین تولید نمی‌کنند. اما سویه‌های DL, D و نوع L حاوی لاکتوکوکس‌های تولید کننده سیترات قادر به تولید مقادیر زیادتری استوئین در مقایسه با دی‌استیل از سیترات هستند (تمیم و همکاران، ۲۰۰۶).



شکل ۱-۱۰ متابولیسم سیترات در باکتری‌های اسیدلاکتیک هوموفرمانتاتیو (مکسوینی و سوسا، ۲۰۰۰).

۱- ۵ تولید پلی‌ساکاریدها

به منظور افزایش بازارپسندی، امروزه تولید کنندگان فراورده‌های لبنی تخمیری مانند ماست سعی می‌کنند که به روش‌های مختلف ماده خشک شیر را بیشتر کرده و یا اینکه مواد قوام دهنده و پایدار کننده (استابیلازر) به شیر اضافه کنند. کاربرد این روش‌ها ممکن است در بهبود بافت، افزایش قوام و گرانروی و کاهش آب‌اندازی می‌تواند کمک زیادی کند، ولی افزودن قوام دهنده در خیلی از کشورها مجاز نیست و چندان استقبال نمی‌شود. یکی از روش‌های جایگزین استفاده از پایدار کننده‌های خارجی با بهره‌گیری از آغازگرهای تولیدکننده پلی‌ساکارید در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است.

پلی‌ساکاریدهای میکروبی پلی‌ساکاریدهای خارج سلولی (ای پی اس) هستند که یا به شکل کپسول درسطح سلول قرار گرفته‌اند یا به شکل ماده‌ی لزج شبیه لجن به محیط خارجی ترشح می‌شوند. این ترکیبات به ترتیب اگزوپلی‌ساکاریدهای کپسولی یا لجنی نام دارند. این ترکیبات توسط میکروارگانیسم به‌طور ذاتی با هدف محافظت آن در برابر خشک شدن، فاگوسیتوز یا تهاجم فازها، آنتی‌بیوتیک‌ها و مواد سمی(مانند یون‌های فلزی، دی‌اکسید گوگرد و اتانول) تولید می‌گردد. تشکیل بیوفیلم، چسبیدن به سطوح فلزی نیز از دیگر نقش‌های اساسی اگزوپلی‌ساکاریدها برای میکروارگانیسم‌هاست. اگزوپلی ساکاریدهای باکتری‌های اسید لاکتیک را می‌توان به دوگروه تقسیم کرد (تمیم و همکاران، ۲۰۰۶):

۱) هوموپلی ساکاریدها که خود شامل چهار زیرگروه است:

الف) $D-\alpha$ گلوکان؛ مانند دکستران‌ها (مربوط به لوکونستوک مزنتروئیدس زیرگونه دکسترانیکوم و زیرگونه مزنتروئیدس). این نوع پلی‌ساکاریدها به طور عمده از مولکول‌های گلوکز پیوند شده به صورت β-۱ و ۶ تشکیل شده‌اند.

ب) $D-\beta$ گلوکان؛ که از مولکول‌های گلوکز به هم پیوسته با پیوندهای β-۱ و ۲ تشکیل یافته‌اند و با گونه‌های پدیدکوکوس و استرپتوکوکوس‌ها تولید می‌شوند.

ج) فروکتانس[1]؛ که به طور عمده از مولکول‌های فروکتوز با اتصالات ۲و ۶ تشکیل شده‌اند. از این دسته پلی‌ساکاریدها می‌توان به لوان که با استرپتوکوکوس سالیواریوس تولید می‌شود، اشاره کرد.

د) متفرقه مانند پلی‌گالاکتان.

1. Fructans

۲) هتروپلی‌ساکاریدها؛ با آغازگرهای مزوفیل(مانند لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه لاکتیس و زیرگونه کرموریس، لاکتو باسیلوس کازئی، لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس، لاکتوباسیلوس دلبروکی، باکتوباسیلوس هلوتیکوس و استرپتوکوکوس ترموفیلوس) تولید می‌شوند. این نوع پلی‌ساکارید نقش مهمی در رئولوژی، بافت و بدنه و احساس دهانی فراورده‌های تخمیری لبنی ایفا می‌کنند. برای مثال در ماست، بافت خامه‌ای نرم توسط آغازگرهای ماست قدرت تولید پلی‌ساکارید حتی در مقادیر بسیار کم را دارند. بهره‌گیری از باکتری‌های اسیدلاکتیک تولیدکننده پلی‌ساکارید از نظر تکنولوژیکی قدرت بسیار بالایی برای تولید فراورده‌های لبنی ویژه مانند ماست کم‌چرب، ماست با ماده خشک پایین، ماست خامه‌ای و جز این‌ها را دارد. از سوی دیگر، برخی از این پلی‌ساکاریدها می‌توانند از نظر سلامتی نیز برای مصرف کنندگان جالب باشند. اثرات قلبی آنها یا از عدم قابل هضم بودن این ترکیبات ناشی می گردد و یا به ویژگیهای ضد تومور، ضد زخم معده، ویژگیهای ایمنی بخشی یا فعالیت پایین آورندگی کلسترول پلی‌ساکاریدها مربوط است. لذا امروزه این مبحث کاربرد جالبی در غذاهای عملگرا[1] به خود اختصاص داده است.

در مورد ترکیب شیمیایی هترو پلی‌ساکاریدهای باکتری‌های اسیدلاکتیک در گذشته محققان نوعی ساختمان گلیکو پروتئینی را به آن‌ها نسبت می‌دادند ولی امروزه اعتقاد بر این است که، جنس پلی‌مرهای باکتری‌های اسیدلاکتیک پلی‌ساکاریدها از واحدهای تکرار شونده با اتصالات α یا β است. این پلی‌ساکاریدها، از انواع مختلفی تشکیل شده‌اند ولی مونومرهای سازنده آن‌ها به طور عمده شامل D- گالاکتوز، D- رامنوز و D گلوکز است. این سه مونومر همیشه در پلی‌ساکاریدهای این باکتری‌ها وجود دارند ولی نسبت آن‌ها به همدیگر متفاوت است. باقیمانده‌های دیگری نیز مانند sn- گلیسرول- ۳- فسفات، قندهای N استیل آمینه و گروه‌های فسفات و استیل نیز ممکن است در ترکیب پلی‌ساکارید وجود داشته باشند (هاتکینس، ۲۰۰۶). میزان تولید پلی‌ساکارید در فراورده‌های لبنی در حدود ۵۰- ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر است که به نوع کشت باکتری‌های اسیدلاکتیک و شرایط تبخیر مانند pH، درجه حرارت انکوباسیون، حضور یون‌ها و غیره بستگی دارد (زیسو و شاه، ۲۰۰۳).

اگزوپلی‌ساکاریدها در اثر پلیمریزاسیون واحدهای تکرار شونده به عنوان پیش‌سازها ساخته می‌شوند. این پیش‌سازها در داخل سیتوپلاسم سلول تشکیل می‌شوند و در غشای

1. Funtional foods

سلولی با اضافه شدن مداوم قندهای فعال (مانند نوکلئوتیدهای قندی یا قندهای نوکلئودی فسفات) انباشته می‌شوند. به این ترتیب واحدهای تکرار شونده در حال رشد به یک حامل لیپیدی، متصل می‌شوند. بعد از کامل شدن یک واحد تکرار شونده از غشای سلولی بیرون آمده و در نهایت با پلی‌مریزاسیون به پلی ساکارید تبدیل می‌شود. بنابراین، آنزیم‌ها و یا پروتئین‌های متعددی در بیوسنتر و ترشح پلی‌ساکارید دخالت دارند (تمیم و همکاران، ۲۰۰۶).

۱-۶ تولید باکتریوسین‌ها

باکتری‌های اسید لاکتیک با تولید اسید و پایین آوردن pH، نقش مهمی را در جلوگیری از فساد مواد غذایی ایفاء دارد. ولی از مدت‌ها قبل مشخص شده است که بسیاری از این باکتری‌ها ترکیبات ضد میکروبی دیگری نیز تولید می‌کنند که آن‌ها را در اصطلاح باکتریوسین می‌نامند. این ترکیب‌ها در واقع پروتئین‌ها یا پپتیدهایی هستند که فقط باکتری‌ها آن‌ها را تولید می‌کنند و می‌توانند موجب مرگ یا جلوگیری از رشد میکروب‌های گونه‌های مشابه و برخی از میکروب‌های بیماری‌زا بشوند. وجه مشخصه باکتریوسین‌ها با آنتی‌بیوتیک‌ها در این است که تولید آنتی‌بیوتیک‌ها به وسیله ارگانیسم‌های پروکاریوتیک و یوکاریوتیک است و در غلظت‌های پایین قادر به بازداری دیگر موجودات (پروکاریوت و یوکاریوت) هستند. محققان انواع مختلف باکتریوسین‌ها را مطابق جدول ۱-۷ به گروه تقسیم‌بندی کرده‌اند (تمیم و همکاران، ۲۰۰۶):

گروه اول: (کوچک‌تر از ۵KDa) ، لانتی بیوتیک‌ها[1]، *گروه دوم*: (بین ۵ – ۱۰KDa)، غیرلانتی بیوتیک‌ها[2]ی کوچک مقاوم به حرارت، *گروه سوم*: (بزرگ‌تر از ۳۰KDa) : باکتریوسین‌های بزرگ حساس به حرارت.

1. Lantibiotics
2. Non- Lantibiotics

جدول۱-۷- گروه‌بندی باکتریوسین‌های باکتری‌های اسیدلاکتیک (تمیم و همکاران، ۲۰۰۶)

طبقه	گروه‌بندی	نمونه
گروه۱ : لانتی بیوتیک‌های مقاوم به حرارت	نوع A	Nisin, lacticin 481 and 3147, cytolysin
	نوع B	Mersacidin, actagardine, cinnamycin,
گروه۲ : غیر لانتی بیوتیک‌های مقاوم به حرارت	زیر گروه a	Lactococcin G, plantaricin S, lactacin F,
	زیر گروه b	plantaricin EF, plantaricin JK
	زیر گروهc	Pediocin PA-1, sakacin A ,P, nterocin
	زیر گروهd	A, leucocin A-UAL 187
	زیر گروه e (متفرقه)	Divergicin A, acidicin B, enterocin P Enterocin L50
		Lactococcin A, lactococcin B, enterocin B
گروه ۳ : پروتئین‌های بزرگ حساس به حرارت		Helveticin J, acidophilucin A, caseicin 80, lacticin A

واژه لانتی‌بیوتیک از آنتی‌بیوتیک‌های حاوی لانتیونین[1] مشتق می‌شود. باکتریوسین‌های گروه اول و دوم بیشتر در باکتری‌های اسید لاکتیک مشاهده می‌شوند و از نظر صنعتی اهمیت زیادی دارند. باید توجه داشت که هنوز استفاده از باکتری‌های اسیدلاکتیک تولیدکننده باکتریوسین‌ها در صنایع غذایی زیاد مرسوم نیست. با این حال، چند کشت تجارتی در بازار عرضه می‌شود که به کشت‌های نگهدارنده[2] معروف‌اند. این کشت‌ها به منظور جلوگیری از فعالیت باکتری‌های غیرمفید و بیماری‌زا مانند استافیلوکوکوس اورئوس و لیستریا مونوسیتوژنر در ماست (بنکروم و همکاران، ۲۰۰۲) و یا کلستروئیدیوم تایروبوتیرکم در پنیر(ماتوت و همکاران، ۲۰۰۳) به کاربرده می‌شوند.

در حال حاضر، نیسین تنها باکتریوسین مجاز به عنوان نگه‌دارنده در مواد غذایی به کار برده می‌شود، ولی در آینده شاهد کاربرد بیشتر باکتریوسین‌ها به عنوان نگه‌دارنده‌های طبیعی در صنایع غذایی خواهیم بود.

1. Lanthionin- containing antibiotics
2. Protective cultures

۱-۷ فعالیت لیپولیتیکی آغازگرها

لیپازها و استرازهای باکتری‌های اسیدلاکتیک مهم‌ترین عوامل لیپولیز در پنیرهای چدار و پنیرهای هلندی هستند که از شیر پاستوریزه تهیه می‌شوند (فاکس و مکسوینی، ۱۹۹۸). شواهد این ادعا از پایین بودن سطح اسیدهای چرب آزاد در پنیرهای بدون آغازگر که در تولید آن‌ها از گلوکونو دلتا لاکتون به عنوان ماده اسید ساز استفاده شده بود، به دست آمد. (ریتر و همکاران، ۱۹۶۷). مطالعات استاد هودرز و ورینگا (۱۹۷۳) در مورد نقش باکتری‌های اسیدلاکتیک در لیپولیز نشان داد که، چربی شیر تا حدی هیدرولیز شده، سوبسترای بهتری برای لیپازهای آغازگرها در مقایسه با چربی کامل محسوب می‌شوند.

باکتری‌های اسیدلاکتیک برای هیدرولیز چربی در شیر و فراورده‌های لبنی، استرازها و لیپازهایی دارند که می‌توانند استرهای اسیدهای چرب، تری، دی و مونوگلیسریدها را آبکافت کنند (فاکس و والاس، ۱۹۹۷). به رغم وجود داشتن این آنزیم‌ها، باکتری‌های اسیدلاکتیک در مقایسه با گونه‌های دیگر مانند سودوموناسه، اسینتوباکتر و فلاوباکتریوم جزء عوامل لیپولیز ضعیف‌اند. با وجود این، در برخی فراورده‌های تخمیری مانند پنیر، با توجه به تعداد زیاد باکتری‌های اسید لاکتیک و نیز طولانی بودن زمان رسیدن، این باکتری‌ها سهم بسزایی در لیپولیز دارند. لیپازها و استرازهای باکتری‌های اسید لاکتیک در داخل سلول هستند و تعدادی از آن‌ها تاکنون شناسایی شده‌اند. السودا و همکاران (۱۹۸۶) وجود استراز در چهار سویه لاکتوباسیلوس شامل لاکتوباسیلوس هلوتیکوس، لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه بلگاریکوس، لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه لاکتیس و لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس را گزارش کردند که همه آنها بر سوبستراهای پنج کربنه به بالا تأثیر داشتند. دو سویه اخیر بیشترین فعالیت استرازی را دارند. کمالی و همکاران (۱۹۹۰) وجود لیپاز در عصاره بی‌سلول[1] تعدادی از سویه‌های لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه لاکتیس و کرموریس را گزارش کردند، این آنزیم‌ها به طور کلی در دمای ۳۷ ^{o}C و pH حدود ۷-۸/۵ فعالیت بهینه‌ای دارند. به طریق مشابه وجود فعالیت لیپازی در دیگر سویه‌های لاکتیکی مانند لاکتوباسیلوس کازئی، لاکتوباسیلوس پلانتاروم و استرپتوکوکوس ترموفیلوس گزارش شده است (کولینس و همکاران، ۲۰۰۳).

1. cell-free extracts

با توجه به این که بیشتر آنـزیم‌هـای اسـتراز و لیپـاز بـاکتری‌هـای اسـیدلاکتیک داخـل سلولی‌اند، برای فعالیت زیاد این آنزیم‌ها باید از طریق لیزشدن سلول‌های باکتریایی به داخـل فراورده آزاد شوند. دلایل زیادی وجود دارد اتولیز شدن باکتری‌های اسید لاکتیـک و لیپـولیز هنوز باشدت نیست ولی در هر حال شرایط آغازگر در شدت لیپولیز می تواند مؤثر باشد.

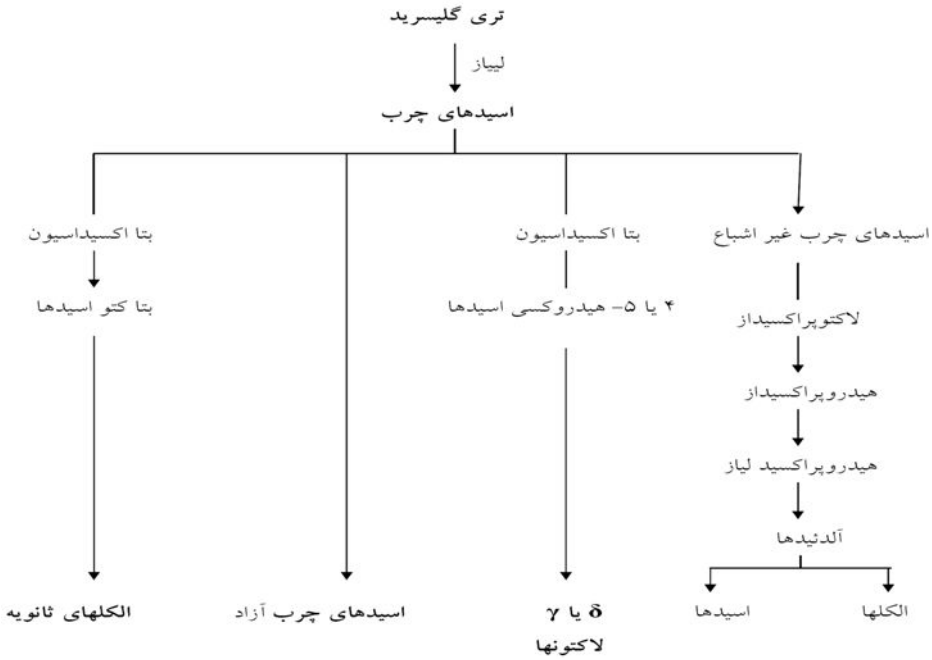
گذشته از باکتری‌های اسیدلاکتیک، محققان وجود فعالیت لیپـولیزی در مخمرهـا را نیـز گزارش کرده‌اند. برای نمونه، ولچ بایلارگون و همکاران (۱۹۸۹) وجـود فعالیـت لیپـازی را در سه سویه ژئوتریکوم کاندیدوم گزارش کردند.

برویباکتریوم لایننس از اعضای تشکیل دهنده فلور پنیرهای با رسـیدگی سـطحی اسـت (مانند لیمبورگر) که شامل لیپولیز بسیاری می‌شود. وجود فعالیت لیپولیزی در برویبـاکتریوم لایننس با استفاده از روغن زیتون به عنوان سوبسترا نشان داده شده اسـت (سـان کلمنتـه و وادهرا، ۱۹۶۷). در پنیرهایی که توسط کپک‌ها به دست می‌آینـد، ماننـد بـرای، کـاممبرت و راکفورت، میکروارگانیسم پنیسـیلیوم عامـل اصـلی لیپـولیز اسـت. (مکسـوینی و سوسـا، ۲۰۰۰). پنیسیلیوم راکفورتی دو نوع لیپاز دارد، اول با pH بهینه ۸-۷/۵ و دوم با pH بهینه انـدکی قلیـایی (۹/۵-۹). این کپک لیپاز خارج سلولی با فعالیت بهینه بر تری بوتانوئیک اسید در pH برابر ۹ دارد.

باکتری‌های اسید پروپیونیک ۱۰ تا ۱۰۰ برابر فعالیـت لیپـولیتیکی بیشـتری نسـبت بـه باکتری‌های اسید لاکتیک دارند (دوپـویس، ۱۹۹۴). پروپیونیبـاکتریوم فرودنریچـی زیرگونـه شرمانی[1] که از میکروفلور پنیرهای سویسی است حاوی لیپاز سلولی با pH و دمای بهینه بـه ترتیب ۷/۲ و ۴۷ درجه سانتی‌گراد است.

با توجه به مطالب گفته شده می‌توان نتیجه گرفـت کـه آغازگرهـا بـا دارا بـودن فعالیـت لیپولیزی نقش مهمی در تولید اسیدهای چرب آزاد در فراورده‌های لبنی تخمیری با ماندگاری طولانی مانند پنیر دارند. اسیدهای چرب آزاد به‌ویژه انواع کوتاه زنجیر و متوسط زنجیر به طور مستقیم در طعم پنیر مشارکت می‌کننـد. از سـوی دیگـر، اسـیدهای چـرب آزاد، پـیش‌سـاز مجموعه‌ای از واکنش‌های کاتابولیک ثانویه‌اند که به تولید ترکیبات مولد عطر و طعـم ماننـد متیل کتون‌ها، لاکتون‌ها، استرها، آلکان‌ها و الکل‌های ثانویه می‌انجامند. مسیرهای کاتابولیسم ثانویه اسیدهای چرب آزاد در شکل ۱- ۱۱نشان داده شده است (کولینس و همکاران، ۲۰۰۳).

1. Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii



شکل ۱-۱۱ مسیرهای کاتابولیسم اسیدهای چرب آزاد(کولینس و همکاران، ۲۰۰۳).

۱-۸ پروتئولیز

باکتری‌های اسیدلاکتیک، میکروارگانیسم‌های مشکل پسندی هستند و نیازهای اسیدآمینه‌ای پیچیده دارند. غلظت اسیدهای آمینه در شیر کمتر از نیازهای غذایی برای رشد باکتری‌های لاکتیکی است. بنابراین، به هنگام رشد، سیستم پیچیده پروتئولیتیکی آن‌ها به‌طور عمده کازئین‌ها را به پپتیدهای کوچک و اسیدهای آمینه تجزیه می‌کند که نیازهای غذایی آن‌ها را برطرف کرده و در عطر و طعم فراورده‌های لبنی تخمیری سهیم می‌شوند (لاو و همکاران، ۱۹۹۵؛ استیل، ۱۹۹۵).

بسیاری از اجزای سیستم پروتئولیتیک، باکتری‌های لاکتیکی خالص‌سازی و شناسایی بیشتر ژن‌های مربوط، کلونینگ[1] و سکوانسی[2] شده‌اند. از میان باکتری‌های لاکتیکی، سیستم آنزیمی پروتئولیتیک مربوط به لاکتوکوکوس‌ها و لاکتوباسیلوس‌هااند که اهمیت تجارتی زیادی به عنوان کشت‌های آغازگر در صنایع لبنی دارند. سیستم پروتئولیتیک

1. Cloning
2. Sequence

لاکتوباسیل‌های مزوفیل که فلور غیرآغازگر چدار، پنیرهای هلندی و بسیاری از واریته‌های پنیر را تشکیل می‌دهند، کمتر مورد توجه‌اند.

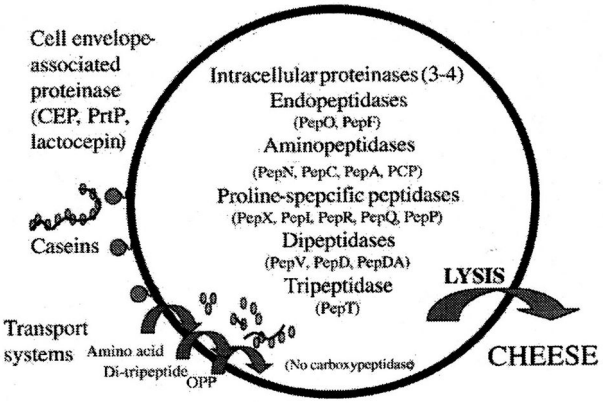
اجزای اصلی سیستم پروتئولیتیک، باکتری‌های اسیدی لاکتیک پروتئینازها (به‌طور عمده CEP یا لاکتوسپین (EC ۳.۴.۲۱.۹۶))، سیستم‌های انتقال اسیدهای آمینه و پپتیدها و مجموعه‌ای از پپتیدازهای درون یاخته‌ای است. به این ترتیب، پروتئینازهای داخل‌یاخته‌ای نیز جزء این دسته‌اند (آکوزاوا و همکاران، ۱۹۹۰).

براساس تحقیقات انجام شده، لاکتوسپین در خارج از سلول لاکتوکوس قرار دارد . جرم مولکولی لاکتوسپین‌ها حدود ۱۴۰ kDa و pH بهینه آن‌ها ۵/۶-۵/۵ است. لاکتوسپین‌های متعلق به چندین گونه لاکتوکوکوس به روش بیوشیمیایی و ژنتیکی شناسایی شده‌اند. لاکتوسپین‌های متعلق به لاکتوکوکوس‌ها، به دو گروه بزرگ تقسیم بندی می‌شوند: گروه پروتیئناز P_1 و P_{III} (۳۲۴). آنزیم‌های P_I (که برای نمونه، توسط لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه کرموریس HP و W92 تولید می‌شوند) β-کازئین را به سرعت تجزیه می‌کنند اما روی هیدرولیز α_{s1}-کازئین اثر کمتری دارند. این در حالی است که پروتئینازهای نوع P_{III} (مانند AM1 و SK11) بتا کازئین را به صورت متفاوت و α_{s1}-کازئین و کاپاکازئین را سریع‌تر از آنزیم‌های P_I تجزیه می‌کنند. گرچه این تقسیم‌بندی با وسعت زیاد هنوز مفید است ولی مشخص شده است که پروتئینازهای متعلق به برخی از گونه‌های لاکتوکوس ویژگی عمل بین آنزیم‌های P_I و P_{III} را دارند (دیوس و سیزن، ۱۹۹۴).

نقش اولیه لاکتوسپین، تجزیه کازئین‌ها به منظور تأمین پپتیدهای کوچک مورد نیاز برای رشد سلول‌های لاکتوکوس در شیر است. با وجود این، نقش آن در رسیدن پنیر متفاوت است. در پپتیدهای جدا شده از پنیر چدار، آنقسمت‌هایی که N- یا C- ترمینال مطابق با ویژگی عمل لاکتوسپین دارند، مکان‌های شکست چندانی مربوط به کموزین یا پلاسمین در آن‌ها دیده نشد. بنابراین، پیشنهاد گردید که کیموزین یا پلاسمین در ابتدا و سپس، لاکتوسپین پپتیدهای با اندازه مولکولی متوسط را هیدرولیز می‌کنند (فاکس و مکسوینی، ۱۹۹۶).

در حالی که نقش لاکتوسپین تجزیه کازئین‌ها به اولیگوپپتیدها به هنگام رشد میکروارگانیسم‌های در شیر است، هیدرولیز این پپتیدها (پس از جذب به داخل سلول) به اسیدهای آمینه توسط پپتیداز کاتالیست می‌شود. پپتیدازهای متعددی از باکتری‌های اسیدلاکتیک با عمل بیوشیمیایی و ژنتیکی جداسازی شده‌اند. در شرایطی که نقش تعدادی

از این پپتیدازها مانند اندوپپتیداز[1] تجزیه اولیگوپپتیدها به پپتیدهای کوتاه است، وظیفه اگزوپپتیدازهاست[2] یک یا دو اسید آمینه همزمان از پپتیدهای کوتاه آزاد کنند (سیزن، ۱۹۹۹). براساس ویژگی عمل روی سوبسترا، پپتیدازها به دو۲ گروه مجزا تقسیم می‌شوند که در شکل ۱-۱۲ نشان داده می‌شود.



شکل ۱-۱۲ نمایش شمایی سیستم پروتئولیتیکی باکتری‌های اسیدلاکتیک (سوسا و همکاران، ۲۰۰۱).

در زمان رشد باکتری‌های لاکتیکی در شیر، اولین مرحله تجزیه کازئین‌ها توسط لاکتوسپین انجام می‌گیرد و پپتیدهای کوتاه حاصل از طریق سیستم انتقال پپتیدی جذب سلول می‌گردد. ادامه تجزیه و تبدیل به اسیدهای آمینه، با چندین پپتیداز درون سلولی انجام می‌گیرد. رشد آغازگرها در دلمه پنیر پس از پایان تولید به خاطر pH پایین، افزایش غلظت NaCl ، دمای پایین و نبود سوبسترای قابل تخمیر کربوهیدراتی متوقف می‌شود. با وجود این، آنزیم‌های حاصل از باکتری‌های لاکتیکی نقش مهمی در رسیدن پنیر به ویژه در زمان آزاد شدن آنزیم‌های داخلی در اثر لیزشدن سلول‌ها از آغازگرها، دارند. سرعت پروتئولیز ثانویه در پنیرهای تهیه شده از آغازگرهایی که سریع لیز می‌شوند، بیشتر است. (حبیبی نجفی و لی، ۱۹۹۵).

به رغم اینکه فناوری اولترافیلتراسیون بالغ بر یک دهه در صنایع شیر جهت تولید پنیر به کار برده و نظر به مزایای بسیار قابل توجه خود به ویژه بازده بالای تولید ناشی از الحاق

1. Endopeptidase
2. Exopeptidases

پروتئین‌های آب پنیر به محصول رو به گسترش است به‌طوری که امروزه بالغ بر ۸۰ درصد پنیر صنعتی را پنیر یو-اف[1] تشکیل می‌دهد، پنیر فتای اولترافیلتراسیون معمولاً از ویژگی‌های حسی مطلوبی در مقایسه با پنیرهای سنتی برخوردار نبوده و بافت نرم‌تری دارد و سرعت رسیدن آن بسیار کندتر از پنیرهای سنتی صورت می‌گیرد.

نتایج حاصل ازتحقیقات اخیر نشان می‌دهد که تجزیه α_{s1}-کازئین و بویژه β-کازئین در پنیر اولترافیلتراسیون آهسته‌تر از پنیر سنتی صورت می‌گیرد. تفاوت‌های کمی و کیفی محسوسی در پروفیل پپتیدی، هم محلول و هم نامحلول، در اتانول دو نوع پنیر مذکور مشاهده شد و آنالیز آماری پروفیل پپتیدی آن‌ها نشان‌دهنده وجودتفاوتهای اساسی بین دو نوع پنیر است. از سوی دیگر، سطح اسیدآمینه‌های اختصاصی و کل در پنیر اولترافیلتراسیون کمتر از پنیر سنتی بود. تجزیه کمتر پپتیدها و تولید کمتر اسیدهای آمینه در پنیر اولترافیلتراسیون دیر رسیدن این نوع پنیر را نشان می‌دهد و می‌تواند در ضعیف شدن عطر و طعم پنیر فتای اولترافیلتراسیون نقش داشته باشد (حصاری و همکاران، ۲۰۰۷).

حصاری و همکاران (۲۰۰۶)، تاثیر پروتئین‌های آب پنیر شامل آلفا لاکتالبومین، بتالاکتوگلوبولین و آلبومین سرم گاوی بر فعالیت پپتیدازهای لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه کرموریس AM۱ با استفاده از مشتقات پی- نیتروآنیلید اسیدهای امینه را بررسی کردند. نتایج نشان داد که افزودن مخلوط پروتئین‌های آب پنیر به مخلوط آزمایشی موجب کاهش فعالیت PepN می‌شود. در حالی که بتالاکتوگلوبولین و آلبومین سرم گاوی تأثیر منفی بر فعالیت PepN مربوط به آغازگر لاکتوکوکوس لاکتیس زیر گونه کرموریسAM۱ دارند. این مشاهدات می‌تواند تا حدی پاسخگویی پایین بودن میزان اسیدآمینه‌های آزاد و عطر و طعم ضعیف یا تلخی در پنیرهای اولترافیلتراسیون باشد.

همچنین، در صورت حذف آغازگر در تولید پنیر فتای اولترافیلتراسیون، تجزیه قابل توجّهی در کازئین‌ها مشاهده نمی‌شود که پایین بودن فعالیت آنزیم‌های پروتئینازی درونی شیر در این نوع پنیر را نشان دهد. هر دو عامل رنت و آغازگر به صورت مستقیم یا غیر مستقیم در تولید اسیدهای آمینه آزاد در پنیر فتای اولترفیلتراسیون مؤثر بودند و حذف هر کدام آن‌ها موجب کاهش تولید اسیدآمینه آزاد در زمان رسیدن پنیر شد (حصاری و همکاران، ۲۰۰۶).

1. UF: Ultrafiltration

خودآزمایی

۱. ویژگی‌های کاربردی لاکتوباسیل‌ها و لاکتوکوکوس‌های مورد استفاده به عنوان آغازگر و شرایط رشد آن‌ها چیست؟
۲. پری‌بیوتیک‌ها و پروبیوتیک‌ها را تعریف کنید و چند نمونه از آن‌ها نام ببرید؟
۳. چه ویژگی‌هایی موجب شده تا پروپیونی باکتریوم فردنریچی به عنوان یک میروارگانیسم پروبیوتیک در نظر گرفته شود؟
۴. دو نوع اصلی تخمیر لاکتوز از نظر متابولیت های حاصل نام ببرید و بیوشیمی مسیرهای متابولیکی را در هر کدام توضیح دهید؟
۵. تخمیر دیررس پنیر چیست و با چه عواملی ایجاد می‌شود؟
۶. آغازگرهای EPS چه کاربردی در صنایع لبنیات دارند؟
۷. انواع پلی‌ساکاریدهای تولید شده توسط آغازگرها نام ببرید؟
۸. فعالیت پپتیدازی آغازگرها چه نقشی در رسیدن پنیر دارد؟
۹. تفاوت باکتریوسین‌ها با آنتی بیوتیک‌ها در چیست، انواع باکتریوسین‌ها را توضیح دهید؟
۱۰. فعالیت لیپولیزی آغازگرها را نسبت به سویه‌های دیگر توضیح دهید؟

فصل ۲

جمع‌آوری، حمل و نقل و دریافت شیر خام

اهداف رفتاری

در پایان این فصل از فراگیرندگان انتظار می‌رود:

۱. با مراحل جمع‌آوری، حمل و نقل و دریافت شیر در کارخانه‌های لبنی آشنا شوند.
۲. اصول صحیح حمل و نگهداری شیر خام را بدانند.
۳. با تجهیزات مورد استفاده در دریافت شیر خام در کارخانه‌ها آشنا شوند.
۴. مشکلاتی که با رعایت نشدن اصول صحیح نگهداری و حمل شیر خام به وجود می‌آید را با بیان ساز و کار توضیح دهند.
۵. فعالیت لیپازی و پروتئازی آغازگرها را توضیح بدهند.

۲-۱ کلیات

شیر تولیدی دامداری‌ها برای تبدیل به فـراورده‌هـای مختلـف بـه کارخانـه حمـل مـی‌شـود. دامداری‌های بزرگ معمولاً شیر را بـه طـور مسـتقیم و مسـتقل حمـل کـرده و بـه کارخانـه می‌دهند. اما چون هنوز از یک سو بیشتر شیر تولیدی کشور مـا در مراکـز کوچـک سـنتی و روستاها به دست می‌آید و از سوی دیگر بالا بودن ظرفیت کارخانه‌های صنایع شیر باعث شده تا از نقاط دور دست نیز شیر لازم تأمین شود و در نتیجه مسافت حمل و نقل شـیر طـولانی گشته است، بنابراین، از نظر اقتصادی برای بسـیاری از تولیدکننـدگان حمـل مسـتقیم شـیر مقرون به صرفه نیست.

برای رفع این مشکل، مراکز جمع‌آوری شیر در بیشتر نقاط کشور احداث شده است. ایـن مراکز شیر را از تولیدکنندگان دریافت و بعد آن را به کارخانه می‌فرستند. در این حالت چون شیرهای مختلف با هم مخلوط می‌شوند امکان ردیابی معایب احتمالی موجـود در آن مشـکل است. از سوی دیگر کیفیت پایین شیر یک دامداری ممکن است بقیه شـیرهای سـالم را نیـز تحت تأثیر قرار دهد.

بنابراین، شیرهای معیوب مانند آغوز، شـیر حاصـل از دام‌هـای مبـتلا بـه ورم پسـتان[1] و شیرهای آلوده به بقایای آنتی‌بیوتیک و مواد بازدارنده رشد میکروبـی بـا بقیـه شـیرها نبایـد مخلوط شوند و شیرهای آلوده به آنتی‌بیوتیک باید در ظروف مجزا جمع‌آوری گردند.

۲-۲ وسایل حمل شیر

حمل شیر به کارخانه در ظروف موسوم به بیدون یا مخازن نصب شده روی کـامیون (تـانکر) انجام می‌گیرد.

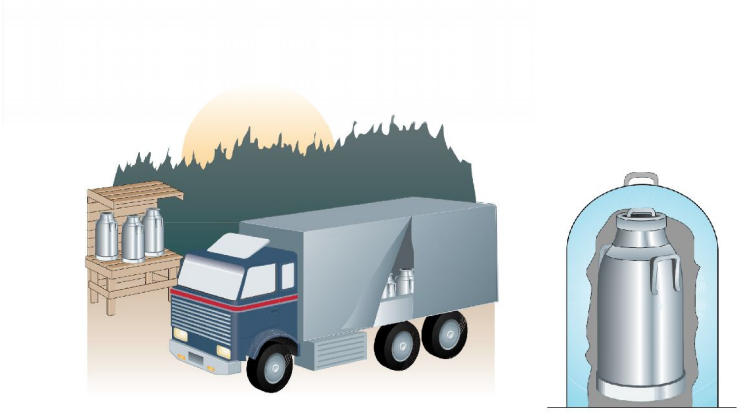
بیدون‌ها، ظروفی استوانه‌ای از نوعی آلیاژ آلومینیوم به نـام آمـازیلیوم (حـاوی ۹۷ درصـد آلومینیوم، ۲/۵ درصد سیلیسیوم و ۰/۲۷ درصد منیزیم) هستند. این ظروف سخت نسبت بـه

1. Mastitis

ترکیبات شیمیایی و ضربات مکانیکی مقاوم‌اند اما نگهداری شیر سرد در آن‌ها به خوبی مخازن استیل نیست. بنابراین، بهتر است که با یک روکش پلی استایرین یا پارچه‌ای در مقابل نور آفتاب محافظت شوند. از سوی دیگر، این ظروف باید تا حد امکان پر شده و به حالت بسته حمل شوند.

بیدون‌های استیلی هم برای این کار استفاده شود ولی اشکال اصلی در وزن زیاد آن‌هاست. بیدون‌های پلاستیکی اگر چه خیلی سبک و ارزان هستند ولی به علت مشکل تمیز و ضدعفونی کردن و نیز احتمال تغییر طعم شیر در آن‌ها از رده خارج‌اند.

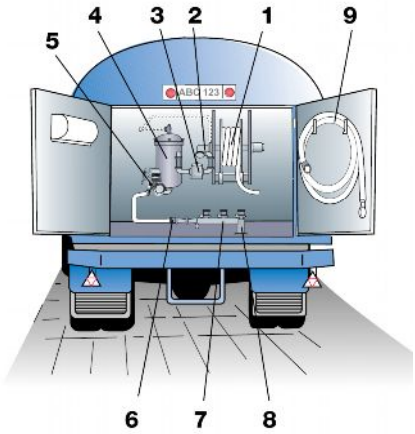
بیدون‌ها از دامداری‌ها به کنار جاده حمل و بی‌درنگ به کامیون منتقل می‌شوند. این کامیون هم باید روکش‌دار باشد (شکل ۲-۱).



شکل ۲- ۱ حمل شیر با بیدون (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

امروزه، برای صرفه جویی در وقت و هزینه و سرعت کار، حمل شیر بیشتر با تانکر انجام می‌شود. شیر سرد شده در مخازن از دامداری یا مراکز جمع‌آوری با پمپ به تانکر منتقل می‌شود یا بیدون‌های حاوی شیر در ایستگاه‌های جمع‌آوری به داخل تانکر تخلیه می‌شوند. بهتر است که مراکز جمع‌آوری، شیر را پس از تحویل بدون معطلی به وسیله مبدل صفحه‌ای خنک کنند و سپس ذخیره کنند تا در زمان لازم با تانکر حمل شود. بنابراین، مرکز جمع‌آوری یا نگهداری شیر باید طوری طراحی و ساخته شود تا کامیون امکان توقف در نزدیک آن را داشته باشد.

کامیون‌های حمل شیر باید یک صافی در لوله ورودی جهت جداسازی مواد خارجی، pH متر، جریان سنج[1] جهت اندازه‌گیری حجم شیر ورودی و پمپ مکش شیر داشته باشد. علاوه بر این، در تانکرهای مدرن در جعبه عقب کامیون سیستم هواگیری نیز تعبیه شده است تا با حذف هوای محبوس در داخل شیر، اندازه‌گیری حجم جریان دقیق انجام گیرد (شکل۲-۲).



۱. لوله مکش شیر
۲. صافی
۳. پمپ
۴. هواگیر
۵. جریان سنج
۶. شیر بازرسی
۷. فلکه
۸. خروجی مخزن
۹. لوله تخلیه شیر

شکل ۲-۲ تانکر مجهز به سیستم هواگیر (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

همچنین، در برخی از تانکرها حسگر[2] ویژه‌ای در مسیر شیر ورودی تعبیه گردیده است که در زمان خالی شدن مخزن، پمپ را از کار می‌اندازد تا از ورود هوا به سیستم جلوگیری شود. مخزن کامیون‌ها از جنس فولاد ضد زنگ ساخته می‌شود و معمولاً شیر سرد را تا رسیدن به کارخانه خنک نگه می‌دارد. اما در صورت نیاز، سیستم سرد کن لوله‌ای هم دارند و علاوه بر آن ممکن است در سطح بیرونی تانکر یک لایه پلاستیکی کشیده شده است. از سوی دیگر، تانکرهای بزرگ معمولاً چند خانه ساخته می‌شوند تا شیرهای مختلف کمتر با هم مخلوط شوند و هم از تکان خوردن شیر در تانکر تا حد امکان جلوگیری به عمل آید.

1. Flow meter
2. Sensor

در برخی کشورهای اروپایی به‌خصوص در مناطق کوهستانی مانند اتریش برای حمل شیر ممکن است از خط لوله استفاده کنند. این لوله‌ها معمولاً از جنس پلی‌اتیلن یا کلروپلی وینیل، مخصوص مواد غذایی هستند و در عمق ۳۰ تا ۲۵۰ سانتی‌متری زمین کار گذاشته می‌شوند. به این ترتیب، در هزینه حمل و نقل صرفه جویی شده و شیر سریع‌تر به کارخانه منتقل می‌شود و چون این عمل در شرایط بسته انجام می‌گیرد، کیفیت بهداشتی شیر تحویلی به کارخانه بالا خواهد بود.

نکته مهم در مورد حمل شیر این است که در هر صورت دمای شیر در طول مراحل مختلف آن تا رسیدن به کارخانه نباید از ۲۰ درجه سانتی‌گراد (ترجیحاً ۴ درجه سانتی‌گراد) بیشتر باشد. اگر این توالی سرما در هر نقطه از مسیر شکسته شود، میکروارگانیسم به سرعت ازدیاد پیدا کرده و مواد متابولیکی و آنزیم‌های مختلف در شیر ترشح می‌شوند. در این حالت سرد کردن مجدد زیاد کارساز نیست، چون اول؛ تعداد میکروب‌ها افزایش یافته است و مواد مختلف به ویژه آنزیم‌های آبکافتی[1] به شیر ترشح شده است و دوم، نوسانات دمایی آثار سویی بر تعادل فیزیکی- شیمیایی شیر خواهند گذاشت که در ادامه توضیح داده خواهد شد.

۲-۳ دریافت شیر در کارخانه

قبل از دریافت شیر ابتدا باید به منظور ارزیابی کیفیت و حصول اطمینان از قابل فرایند بودن آن آزمایش‌های کنترل کیفی مقدماتی روی آن انجام شود. اصولاً تولید هر محصول لبنی وجود شرایط کیفی ویژه‌ای را در شیر خام می‌طلبد و تولید یک فراورده خوب از ماده اولیه با کیفیت پایین مقدور نیست.

گذشته از آن، اگر شیر در حد کیفیت پایین باشد، قابل فرایند نخواهد بود. به عنوان مثال اسیدیته زیاد شیر خام یا شمارش میکروبی بالای آن را غیر قابل پاستوریزاسیون می‌کند. از سوی دیگر کشف تقلب‌های مختلف در شیر مثل افزودن آب، مواد نگهدارنده و ... هدف اصلی دیگر این آزمایش‌هاست.

مهم‌ترین آزمایش‌های کنترل کیفی مقدماتی در زمان دریافت است که در یک آزمایشگاه مجزا به نام آزمایشگاه دریافت کارخانه انجام می‌شود، این آزمایش‌ها شامل موارد زیر است:

1. Hydrolytic Enzymes

۱. ارزیابی خواص ارگانولپتیکی شامل طعم، بو و رنگ شیر. شیر باید بدون هر گونه طعم، بو و رنگ غیر طبیعی محسوس باشد.
۲. آزمایش‌های میکروبی برای شمارش تعداد کل میکروب‌ها.
۳. آزمایش متیلن‌بلو (تست ردوکتاز) به عنوان یک روش غیر مستقیم جهت ارزیابی کیفیت میکروبی کلی شیر.
۴. آزمایش اسیدیته و pH جهت تعیین درجه تازگی شیر خام.
۵. آزمایش سدیمنتاسیون[1] یا رسوب برای ارزیابی مواد خارجی مانند خون، گلبول‌های سفید و ... و درجه پاکیزگی شیر.
۶. آزمایش دانسیته و نقطه انجماد جهت کشف تقلب آب اضافی.
۷. تعیین مقدار چربی و مقدار پروتئین شیر.
۸. آزمایش الکل و جوش برای ارزیابی ثبات سیستم پروتئینی شیر.
۹. آزمایش تشخیص باقیمانده آنتی بیوتیک و مواد بازدارنده رشد میکروبی در شیر.

بعد از انجام آزمایش این مراحل در صورت پذیرفته شدن نتایج، شیر خام دریافت می‌گردد. مراحل اصلی دریافت عبارت‌اند از:

۱. توزین یا تعیین مقدار شیر.
۲. هواگیری.
۳. صاف کردن.
۴. سرد کردن.
۵. نگهداری در مخازن شیر خام.

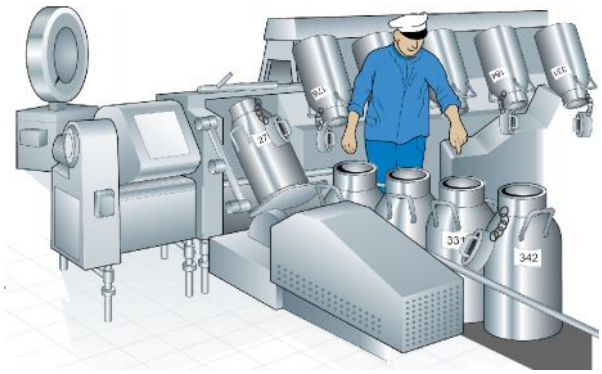
۲-۳-۱ دریافت شیر از بیدون

بیدون‌های حاوی شیر روی نوار نقاله قرار می‌گیرند و به طرف دستگاه تخلیه و توزین هدایت می‌شوند. در این مسیر ابتدا درب بیدون‌ها به صورت خودکار برداشته می‌شود و سپس محتویات آن‌ها داخل ترازوی مخزنی تخلیه می‌گردد (شکل ۲-۳) و وزن آن مشخص می‌شود. میزان شیر هر بیدون توسط کاربر[2] در مقابل نام یا کد تولیدکننده ثبت شده و یا از طریق صفحه کلید در رایانه درج می‌شود. مجموع وزن‌های ثبت شده، مقدار شیر هر تولیدکننده را نشان می‌دهد.

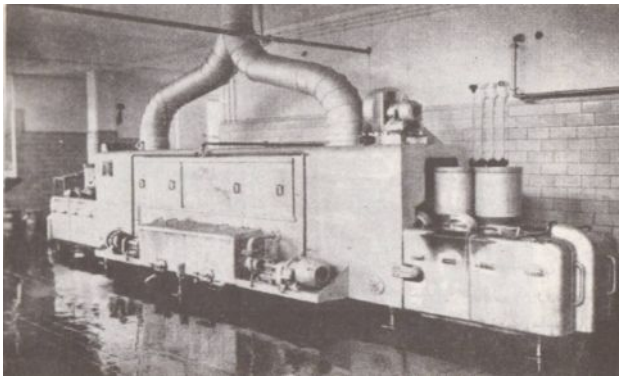
1. Sedimentation
2. Operator

بعد از توزین، شیر خام برای انجام فرایند بعدی به وسیله پمپ به داخل مخازن ذخیره فرستاده می‌شود. بیدون‌ها، نیز پس از تخلیه به قسمت شستشو منتقل و در آن جا با آب و محلول شوینده به صورت مکانیکی شسته و تمیز شده و در نهایت در سکوی دیگری به دامدار تحویل داده شوند.

ماشین‌های بیدون‌شویی در دو حالت گرد (برای ظرفیت‌های پایین) و ماشین مستقیم (برای ظرفیت‌های بالا) موجودند. بیدون‌ها به صورت وارونه در داخل آن‌ها قرار گرفته و طی مراحل مختلف شامل خروج قطرات شیر باقی‌مانده، آبکشی اولیه با پاشیدن آب از نازل[1] به طرف بالا، شستشو با محلول قلیایی داغ، آبکشی گرم و بخار خشک و در انتها هوای گرم و خشک، شسته و می‌شوند (حکمتی، ۱۳۷۰) (شکل ۲-۴).



شکل ۲-۳ تخلیه بیدون‌ها در کارخانه (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)



شکل ۲-۴ دستگاه بیدون‌شویی

1. Injector

۲-۳-۲ دریافت از تانکر

کامیون‌های حمل شیر برای تخلیه به سکوی تحویل وارد می‌شوند. سکوی تحویل باید طوری طراحی شوند که تخلیه شیر از کامیون‌ها و بیدون‌ها به راحتی انجام شود. برای کامیون‌ها سکو باید وسیع باشد تا تردد چند تانکر در آن به سهولت انجام پذیرد. در مورد بیدون‌ها معمولاً قسمتی از سکو با ارتفاع حدود یک متر پایین تر از سطح کارخانه ساخته می‌شود.

همچنین، کف سکو باید قابل شستشو و باشد. تانکر بعد از قرار گرفتن در محل ویژه تخلیه به لوله‌های تخلیه استیل بسته شده و خالی می‌شود. بعد از این کار تانکر به سیستم شستشوی CIP[1] کارخانه وصل و طبق برنامه به‌طور کامل شسته، بعد از کارخانه خارج می‌شود.

۲-۴ اندازه‌گیری مقدار شیر دریافتی

میزان شیر ورودی به کارخانه به روش‌های زیر اندازه‌گیری می‌شود:

۲-۴-۱ اندازه گیری حجمی

در این روش شیر در مسیر خود از لوله‌های دریافت از یک کنتور جریان‌سنج عبور می‌کند و به این ترتیب حجم شیر دریافتی بر حسب لیتر مشخص می‌شود. با این روش هوای موجود در شیر هم اندازه گرفته می‌شود که در نتیجه زیاد دقیق نیست. برای رفع این نقیصه از دستگاه هواگیر قبل از جریان سنج استفاده می شود.

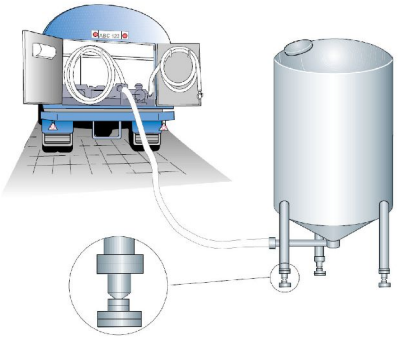
۲-۴-۲ اندازه‌گیری بر اساس وزن

توزین شیر به دو صورت انجام می‌گیرد:

الف. توزین کامیون پر و خالی: در این روش ابتدا تانکر پر از شیر به وسیله باسکول کارخانه وزن می‌شود. سپس به سکوی تحویل رفته و بعد از تخلیه شیر، دوباره توزین می‌شود. اختلاف دوبار توزین نشان‌دهنده میزان شیر دریافتی است. این روش امروزه در بیشتر کارخانه‌های بزرگ شیر به کار گرفته می‌شود. در صورت گل آلود بودن زیاد کامیون باید قبل از توزین اولیه آن را شستشو داد (شکل ۲-۵).

1. Cleaning in place

ب. *مخزن توزین‌کننده:* در این حالت شیر از کامیون به داخل مخزن توزین مخصوصی تخلیه می‌شود که پایه‌های آن (شکل ۲-۶) حسگرهای وزنی کار گذاشته شده است. پس از تخلیه کامل شیر، از روی پیام‌های الکتریکی حسگرها، دستگاه توزین خودکار میزان وزن آن را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۵ باسکول کردن تانکر

شکل۲-۶ دریافت در مخزن توزین

۲-۵ گرفتن هوای شیر

شیر پس از دوشیدن حاوی ۶-۸ درصد هواست که به‌طور عمده شامل اکسیژن، ازت و دی‌اکسیدکربن است. این گازها، به سه شکل محلول، متصل به ترکیبات شیر و به حالت امولسیون (پخش شده) هستند. مقدار هوای محلول شیر بستگی به درجه حرارت بستگی دارد. هر قدر دمای شیر پایین باشد میزان هوای محلول بیشتر خواهد بود. اهمیت این مسئله در نگهداری شیر سرد در دامداری‌هاست که هر قدر زمان آن طولانی باشد احتمال جذب و انحلال هوا بیشتر است.

از سوی دیگر، در طول مراحل حمل و نقل و هم زدن شیر و یا پمپ کردن آن در اثر تلاطم ایجاد شده، هوا به صورت حبابچه‌های ریز و درشت وارد شیر می‌شود. وجود هوا چه به صورت محلول و چه به صورت پراکنده نامطلوب است و مشکلات زیادی را در فرایند ایجاد می‌کند که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از :

۱. وجود هوا در شیر سبب خطا در اندازه‌گیری حجمی شیر می‌شود.
۲. حباب‌های هوا لایه قشری در سطح مبدل‌های حرارتی پاستوریزاتور ایجاد می‌کند و موجب کاهش بازده انتقال حرارت و بالا رفتن دمای سطح صفحات و در نتیجه سوختن

فراورده خواهد شد. تبدیل هوای محلول به حالت پراکنده در اثر گرما این مسئله را تشدید خواهد کرد.

۳. وجود هوای زیاد در شیر آن را برای تهیه فراورده‌های تخمیری نامطلوب می‌کند.
۴. وجود هوا بازده خامه‌گیری در سپراتور و اثر هوموژنیزاسیون را کاهش می‌دهد.
۵. وجود هوا در کار سیستم خودکار استانداردکننده شیر در خامه‌گیری خطا ایجاد می‌کند.
۶. وجود هوا در ماست ثبات (آب‌اندازی) آن را کاهش می‌دهد.
۷. وجود هوا (به صورت کف) در شیر گلبول‌های چربی و دناتوراسیون سطحی پروتئین‌ها را می‌شکند.
۸. تشکیل کف در سطح شیر در داخل مخازن در روش پاستوریزاسیون LTLT[1] سبب فرایند حرارت ناقص در سطح شیر و زنده باقی ماندن میکروب‌های آن می‌شود.

برای اجتناب از خطرهای فوق انجام دادن عمل هواگیری در فرایند شیر توصیه می‌شود، ضمن این که همراه با هوا بوی ناخوشایند هم از محصول خارج می‌شود. گرچه در فرایند حرارتی مستقیم با استفاده از تزریق بخار یا ریزش در بخار، هوا و گازهای موجود در برج خلأ گرفته می‌شود ولی در محصولات دیگر معمولاً این کار ممکن نیست. بنابراین با، روش‌های مختلف به شرح ذیل عمل هواگیری انجام می‌شود:

۲-۵-۱ هواگیری در زمان جمع‌آوری شیر

در مواردی که شیر در دامداری‌ها بارگیری و اندازه‌گیری حجمی می‌شود برای بالا بردن دقت عمل جریان‌سنج در قفسه واقع در انتهای تانکر یک سیستم هواگیر[2] تعبیه می‌شود. شکل ۲-۷ یک نمونه از سیستم حذف هوا موسوم به ودهلمز را نشان می دهد. شیر، از طریق شلنگی که به مخزن نگهداری شیر خام دامداری متصل است با یک پمپ جا به جایی مثبت مکیده و پس از عبور از یک صافی وارد محفظه حذف هوا می‌شود.

پس از آن که، سطح شیر در داخل مخزن بالا رفت فشار داخل مخزن افزایش می‌یابد که این امر موجب باز شدن دریچه کنترل و خروج شیر بدون هوای پراکنده از زیر مخزن می‌شود. شیر پس از عبور از جریان‌سنج و دریچه ۷ (شکل ۲-۷) وارد مخزن تانکر می‌شود.

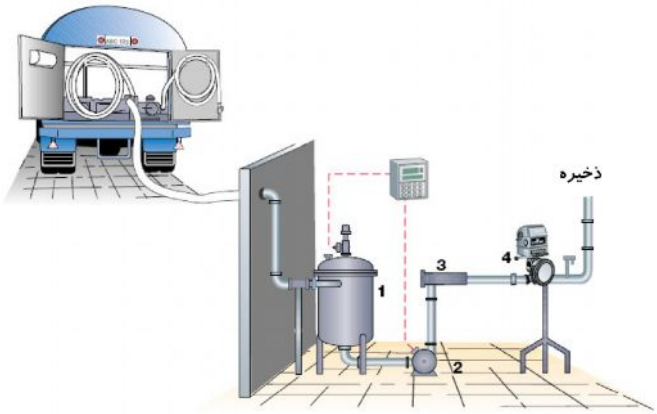
1. Low temperature long time
2. Air eliminator (air separator)

۲-۵-۲ هواگیری در زمان دریافت در کارخانه

در طول حمل و نقل و بارگیری و تخلیه و تکان‌های شدید، میزان هوای پراکنده در شیر افزایش می‌یابد که این امر باعث خطا در اندازه‌گیری حجمی شیر خواهد شد. برای رفع این مشکل در مسیر دریافت شیر معمولاً یک سیستم هواگیر نصب می‌شود.

۲-۵-۲-۱ هواگیر مخزنی ودهلمز

هواگیر مخزنی یک مخزن استوانه‌ای به نسبت کوچک است که معمولاً در سطحی پایین‌تر از سکوی دریافت کار گذاشته می‌شود تا عمل تخلیه شیر بر اساس اختلاف دو سطح، از تانکر به هواگیر به آرامی انجام شود. سطح شیر در داخل هواگیر با یک شناور کنترل می‌گردد. بعد از آن که سطح شیر در داخل این مخزن بالا رفت، پمپ پس از هواگیری با ارسال جریان الکتریکی از مخزن به کار می‌افتد و شیر را از پایین مخزن می‌کشد، از جریان‌سنج عبور می‌دهد و به طرف صافی و سردکننده می‌کند و هوای محبوس در داخل شیر به صورت حباب به روی مخزن منتقل شده و سپس خارج می‌شود.



۱. هواگیر
۲. پمپ
۳. صافی
۴. جریان‌سنج

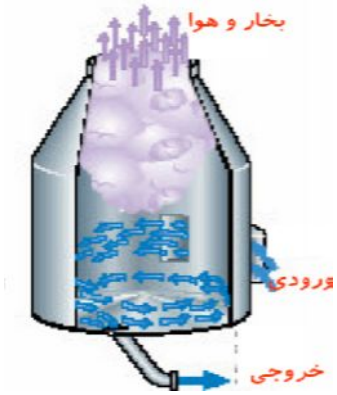
شکل ۲- ۷ مخزن هواگیر در محل دریافت (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

اگر سطح شیر در داخل هواگیر از یک حد مشخص پایین‌تر باشد، شناور پایین می‌آید. این امر باعث قطع جریان برق و خاموش شدن اتوماتیک پمپ می‌شود و در نتیجه از ورود هوا به مسیر جلوگیری می‌شود. عمل تخلیه به صورت دستی هم می‌تواند کنترل گردد.

کارایی هواگیرهای مزبور به نحوه پخش حباب‌های هوا در شیر بستگی دارد به صورتی که هوای محلول یا حباب‌های بسیار ریز را نمی‌توان با این سیستم حذف نمود. برای این کار از سیستم هواگیری‌های خلأدار استفاده می‌شود.

۲-۵-۲-۲ هواگیری همراه با خلأ در خط تولید

هواگیری‌های مجهز به سامانه خلأ به علت حذف هوای محلول و حباب‌های ریز، کارایی زیادی دارند و از آن‌ها بیشتر در خط تولید استفاده می‌شود (شکل ۲-۹). در این سیستم ابتدا شیر در بخش بازیافت حرارتی[1] پاستوریزاتور حدود ۶۰-۷۰ درجه سانتی‌گراد حرارت می‌بینند و سپس وارد برج خلأ[2] هواگیر می‌شود. خلأ داخل برج طوری تنظیم می‌شود که در دمای کمتر از ۷-۸ درجه سانتی‌گراد نسبت به شیر ورودی، آن را به جوش آورد. در نتیجه اگر برای مثال شیر با دمای ۶۸ درجه سانتی‌گراد وارد برج شود، بلافاصله به جوش آمده و دمای آن به ۶۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. برای افزایش کارایی سیستم، شیر به صورت یک لایه نازک و به طور مماس با دیواره از طریق یک دریچه عریض در بدنه برج، وارد آن می‌گردد. بخارهای حاصل از تبخیر، در کندانسور سرد شده و پس از میعان به داخل شیر برگشت داده می‌شود. پمپ خلأ هوا و گازهای غیر قابل کندانس را همراه با بوی نامطبوع از سیستم خارج می‌کند. شیر پس از هواگیری با دمای حدود ۶۰ درجه سانتی‌گراد وارد خامه‌گیر شده و بقیه مراحل فرایند را طی می‌کند.



شکل ۲-۹ هواگیر تحت خلأ (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

1. Regeneration section
2. Vacuum chamber

۲-۶ صاف کردن شیر

به دلایل مختلف ممکن است مواد خارجی از قبیل علوفه، کاه، مو، مدفوع حیوان، مگس، حشرات و مانند آن‌ها در شیر دیده شود. البته این مواد باید در دامداری‌ها با صاف کردن شیر برطرف گردند تا از گسترش آلودگی و خیس و پخش شدن آن‌ها جلوگیری شود. اما برای اطمینان بیشتر یک مرحله صاف کردن مجدد، زمان دریافت در کارخانه هم ضروری است.

بهترین وسیله برای این کار صافی‌های فلزی است که در مسیر دریافت شیر قرار می‌گیرند. این صافی‌ها به علت مقاومت مکانیکی بالا و قابل شستشو بودن، بر صافی‌های دیگر ارجحیت دارند. اما ممکن است از صافی‌های پارچه‌ای، پنبه‌ای و حتی کاغذی هم جهت جداسازی مواد ریزتر استفاده شود.

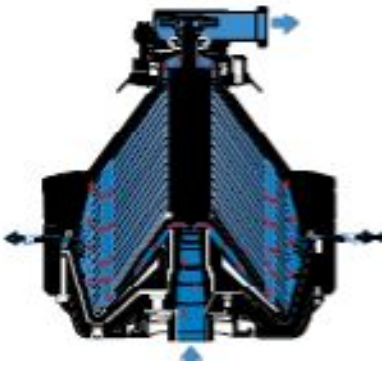
نکته مهم در مورد این صافی‌ها شستشوی مرتب آن‌هاست. در غیر این صورت صافی نیز منبع آلودگی خواهد بود. مورد دیگر، بازدهی در تصفیه است که با افزایش دمای شیر بالا می‌رود. اما مناسب‌ترین دما برای این صافی‌ها ۳۲- ۶۰ درجه سانتی‌گراد است.

صافی‌های فلزی و پارچه‌ای فقط قادر به جداسازی مواد خارجی درشت هستند. برای جداسازی مواد ریزتر و اجزایی، مانند گلبول‌های سفید خون، چرک و آلودگی‌ها، سلول‌های پستانی و جداسازی کامل مواد خارجی، روش بهتر، استفاده از سانتریفوژهای صافی یا کلاریفایر[1] است، این صافی‌ها به صورت مداوم کار می‌کنند.

اساس کار سانتریفوژهای صافی بر پایه اختلاف چگالی ذرات خارجی و جرم شیر با خود شیر است. اگر شیر حاوی این مواد، به حالت سکون گذاشته شود بعد از مدتی لایه‌ای از ذرات جامد در کف مخزن رسوب خواهد کرد. برای بالا بردن سطح رسوب‌گذاری می‌توان تعداد صفحات را زیاد کرد و از سوی دیگر، با چرخاندن ۹۰ درجه‌ای آن‌ها و سپس دوران آن‌ها حول محور عمودی از نیروی گریز از مرکز برای افزایش سرعت ته‌نشینی استفاده کرد.

با توجه به این که ذرات جامد دانسیته بیشتری دارند بنابراین، نیروی گریز از مرکز بیشتری را متحمل شده و به کناره صفحات جمع می‌شوند در صورتی که شیر صاف شده از بالای دستگاه خارج می‌شود (شکل ۲-۱۰). سرعت دوران سانتریفوژهای صافی بین ۳ الی ۴ هزار rpm[2] بوده و به صورت گرم یا سرد استفاده می‌شوند.

1. Clarifier
2. Round per minute



شکل ۲-۱۰ شمای داخل سانتریفوژ صافی (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

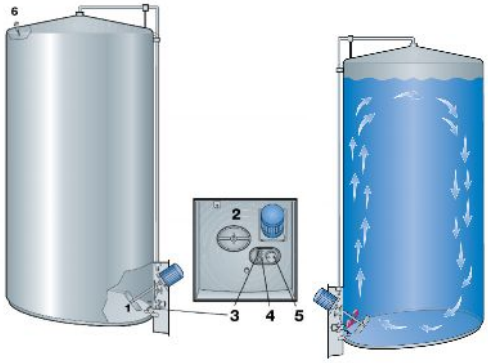
۲-۷ سرد کردن شیر

شیر در زمان تحویل باید دمای پایینی داشته باشد اما ممکن است در طول حمل و نقل و دریافت، دمای آن کمی افزایش پیدا کند. بنابراین، سرد کردن سریع شیر تا ۴ درجه سانتی‌گراد زمان دریافت الزامی است. برای این کار مناسب‌ترین وسیله، مبدل صفحه‌ای سردکننده[1] است که شیر در آن با آب سرد ۳-۲ درجه سانتی‌گراد تبادل حرارتی انجام می‌دهد و بعد از خنک شدن تا ۴ درجه سانتی‌گراد به مخازن نگهداری شیر خام منتقل می‌شود. آب سرد لازم برای این کار معمولاً در کمپرسور مرکزی کارخانه تهیه می‌شود.

۲-۸ ذخیره‌سازی شیر خام

برای نگهداری سالم شیر خام از مخازن استیل ضد زنگ به گنجایش ۲۵ تا ۲۵۰ تن استفاده می‌شود. مخازن کوچک در داخل سالن نصب می شوند و به عایق‌بندی نیاز ندارند. این در حالی است که تانک‌های بزرگ برای کاهش هزینه‌های ساختمانی و استفاده بهینه از فضای داخل سالن، در بیرون کار گذاشته می‌شوند. در این حالت برای اجتناب از تأثیر عوامل خارجی مانند آفتاب، هوای گرم و ... از مخازن دو جداره استفاده می‌شود که بین دو جدار آن یک لایه عایق از جنس پشم شیشه و سطح بیرونی با ورقه‌های فلزی آلومینیومی یا استیل به هم جوش داده شده و پوشانده می‌شود. در حالی که لایه داخلی به‌طور حتم باید از جنس استیل ضد زنگ و به صورت صاف و صیقلی باشد.

1. Cooling plate



۱. همزن
۲. دریچه
۳. دماسنج
۴. نشانگر سطح تحتانی
۵. نشانگر پنوماتیکی
۶. نشانگرسطح فوقانی

شکل ۲-۱۲ مخازن نگهداری شیر خام (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

نکته مهم این که شیر در داخل مخازن نگهداری با ملایمت هم زده شده تا از جدا شدن خامه و دو فازه شدن شیر جلوگیری به عمل آید. از هم زدن شدید شیر هم باید خودداری شود به این دلیل که باعث اختلاط هوا با شیر و شکستن امولسیون چربی شده و فعل و انفعالات بعدی را در پی دارد.

۲-۹ تأثیر مراحل حمل و نقل و نگهداری بر کیفیت شیر خام

شیر در طی حمل و نقل و دریافت و ذخیره تحت تأثیر تنش‌ها و عوامل مختلفی قرار می‌گیرد که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

۱. **صدمات مکانیکی**. شیر خام در طول حمل و نقل و دریافت به ویژه در اثر پمپاژ کردن و نیز در محل زانوها و سوپاپ‌ها، ضربات مکانیکی شدیدی را متحمل می‌شود.
۲. **کف کردن شیر**. در اثر تکان‌های شدید ممکن است شیر کف کند که تأثیر نامطلوبی روی ثبات اجزاء کلوئیدی شیر خواهد گذاشت.
۳. **نوسانات دمایی**. سرد و گرم شدن‌های مکرر ممکن است چند بار بعد از بالا رفتن دمای شیر با سرد کردن مجدد آن یا اختلاط شیر خام خنک با شیر گرم پیش آید.
۴. **نگهداری طولانی مدت در سرما**.
۵. **قرار گرفتن در معرض آفتاب**. این عوامل ممکن است تغییرات محسوسی بر فاز چربی، کلوئیدی و امولسیونی شیر خام داشته باشد که در مورد آن‌ها بحث می‌شود.

۲-۹-۱ تأثیر بر چربی شیر

چربی شیر در حالت طبیعی به‌طور عمده در داخل گلبول‌های چربی محافظت می‌شود. با این حال ممکن است عوامل گفته شده به طرق مختلف آن را ناپایدار و تغییرپذیر کنند که مهم‌ترین این موارد آن عبارت‌اند از:

۲-۹-۱-۱ ثبات امولسیون چربی

چربی موجود در گلبول‌های چربی در دمای بدن به حالت مایع است ولی پس از خروج شیر از پستان، در دمای اتاق تا حدی کریستالیزه می شود. این عمل در زمان سرد کردن شیر تشدید می‌شود به حدی که فشار بلورهای سخت می‌تواند به تخریب غشای گلبول منجر شود. گرم و سرد شدن زیاد با ایجاد انقباض و انبساط متوالی به این کار کمک می‌کند.

گلبول‌های چربی در حالت مایع انعطاف‌پذیراند و تنش‌های حاصل از تلاطم، هم‌زدن و پمپاژ شیر را تا حدی تحمل می‌کنند. اما با سرد کردن شیر و کریستالیزه شدن چربی‌ها، انعطاف‌پذیری آن‌ها کم شده و شکننده‌تر می‌گردند. بنابراین، در برابر تنش‌های مزبور غشای چربی منجر شود و چربی آزاد می شود.

تشکیل کف در شیر در اثر تکان‌های حین حمل و نقل، پمپاژ کردن یا هم زدن شیر، باعث ایجاد نیروی کشش سطحی بالا در سطح مشترک سرم- هوا می‌شود. گلبول‌های چربی با تجمع در سطح مشترک و متراکم شدن در اثر نیروهای وارده شده تغییر شکل داده و در نهایت می‌ترکند. صاف کردن سانتریفوژی (کلاریفیکاسیون) سرد شیر خام نیز به تخریب گلبول‌های چربی کمک می‌کند.

به این ترتیب، تحت تأثیر عوامل مختلف مذکور ممکن است ثبات امولسیونی چربی شیر از بین رفته که این امر سبب تغییرات شیمیایی چربی‌ها را به شرح ذیل در پی خواهد داشت.

۲-۹-۱-۲ لیپولیز

آزاد شدن اسیدهای چرب آزاد در اثر آبکافت چربی توسط آنزیم‌های لیپاز طعم تندی در محصول ایجاد می‌کند که به تند شدن لیپولیزی[1] معروف است. لیپولیز، در اثر عمل آنزیم لیپاز در دماهای نگهداری بالا، رخ می‌دهد. در حالت طبیعی این فرایند لیپولیز خود به

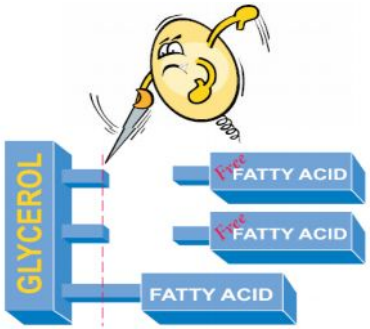
1. Lipolytic rancidity

خودی[1] نام گرفته است، بسیار کند به وقوع می پیوندد که علت اصلی آن تماس نداشتن آنزیم با چربی‌های محصور در غشای در داخل گلبول‌های چربی بر اثر نقش محافظت‌کنندگی غشای گلبول‌هاست. اما عملیات مکانیکی در طول حمل و نقل و نگهداری به ترتیبی که توضیح داده شد، موجب شکستن غشای گلبول و تماس آنزیم با سوبسترا و در نتیجه تشدید آبکافت چربی‌ها می‌شود. علاوه بر این، عملیات مکانیکی مانند هم زدن باعث پخش لیپاز در شیر و گسترش لیپولیز می‌گردد. از سوی دیگر، گرم و سرد شدن پی در پی و اختلاط شیر سرد و گرم باعث افزایش تماس لیپاز و گلبول‌های چربی و انتقال عمده لیپاز به فاز چربی شیر می‌شود (فاکس و مکسیونی، ۱۹۹۸). به این دلایل، لیپولیز در چربی به صورت غیرطبیعی در زمان عملیات مکانیکی تشکیل می‌شود که آن را لیپولیز تحمیلی[2] می‌نامند.

این فرایند با تولید اسیدهای چرب آزاد فرّار باعث بوی نامطبوع و طعم تند در شیر می‌گردد. فعالیت باکتری‌های سرماگرا در زمان نگهداری شیر سرد نیز باعث تولید آنزیم‌های لیپولیتیک مقاوم به حرارت در شیر و تشدید لیپولیز می‌شود.

با وجود این، شیر برخی از گاوها به طور طبیعی مستعد لیپولیز هستند. به این معنی که شیر این نوع گاوها پس از دوشیدن و خنک‌شدن در اثر لیپولیز طعم تند محسوسی دارد که آن را همان‌گونه که توضیح داده شد لیپولیز خودبه‌خودی می‌نامند. عامل لیپولیز خودبه‌خودی به لیپوپروتئین ویژه‌ای نسبت داده شده که از خون وارد شیر می‌شود و به عنوان کوفاکتور لیپاز عمل می‌کند. به صورتی که در حضور آن لیپوپروتئین لیپاز شیر می‌تواند لیپوپروتئین‌های غشایی را تجزیه کرده و به چربی داخل غشایی دسترسی پیدا کند. لیپولیز خودبه‌خودی به ندرت در شیرهای ذخیره شده در مخازن مشاهده می‌شود که علت آن اختلاط شیرهای معیوب با شیر سالم و تأثیر بازدارنده‌های لیپاز موجود در شیرهای طبیعی است.

1. Spontaneous lipolysis
2. Induced lipolysis



شکل ۲-۱۲ شمای واکنش لیپولیز (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

۲-۹-۱-۳ اکسیداسیون چربی‌ها

مانند لیپولیز، اکسیداسیون چربی‌ها نیز ممکن است به دو حالت خودبه‌خودی و تحمیلی رخ دهد. عامل لیپولیز خودبه‌خودی را بیشتر به عمل آنزیم گزانتین اکسیداز نسبت می‌دادند. ولی بسیاری از تحقیقات اخیر نقش این آنزیم را در اکسیداسیون چربی بی‌تأثیر می‌دانند. به نظر می‌رسد که حساسیت شیر به اکسیداسیون با غلظت بالای مس در آن مرتبط باشد (والسترا و همکاران، ۲۰۰۶).

به دلایل مختلفی که گفته می‌شود اکسیداسیون چربی‌ها در مراحل حمل و نقل و نگهداری شیر خام تشدید و تحمیل می‌شود:

۱. با شکسته شدن غشای گلبول‌های چربی مواد اکسیدکننده مانند آنزیم گزانین اکسیداز و فلزات با چربی تماس می‌گیرند. این مواد بیشتر در سطح غشای گلبول‌ها قرار دارند.
۲. کف کردن شیر باعث افزایش میزان اکسیژن محلول آن می‌شود.
۳. اگر شیر در معرض نور آفتاب قرار گیرد این واکنش تشدید می‌شود.
۴. نگهداری شیر در دماهای پایین باعث بروز اکسیداسیون چربی‌ها می‌شود. زیرا باکتری‌های لاکتیک در این حالت فعالیت کمتری دارند و در نتیجه نمی‌توانند اکسیژن مصرف کنند. علاوه بر آن قدرت انحلال اکسیژن شیر در دماهای پایین زیاد است.

۲-۹-۲ تأثیر بر پروتئین‌های شیر

۲-۹-۲-۱ تغییرات کازئین

سرد کردن شیر و نگهداری آن در دمای پایین باعث تجزیه کازئین، کلسیم و فسفر از هم دیگر می‌شود. به این ترتیب که آلفا اس کازئین‌ها[1] تقریباً موقعیت خود را حفظ می‌کنند ولی

1. αs1- caseins

بتاکازئین[1] در سرما میسل را ترک کرده و وارد سرم شیر می‌شود. (شکل ۲-۱۳) علت این پدیده مربوط به خاصیت آبگریزی شدید ملکول‌های بتاکازئین است که در سرما با توجه به ماهیت گرماگیر بودن[2]، این پیوندها تضعیف شده و در نتیجه بتاکازئین از میسل جدا شده و به سرم منتقل می‌گردد. از سوی دیگر در دماهای پایین مقداری از کلسیم فسفات کلوئیدی نیز میسل را ترک و وارد سرم می‌شود که نتیجه آن افزایش یون کلسیم و pH شیر است (والسترا و جننسف، ۱۹۸۴). در آخر نگهداری شیر سرد سبب جدا شدن آنزیم‌های پروتئینازهای متصل به میسل مانند پلاسمین به سرم شیر می‌شود.

به عقیده برخی از محققان با حرارت دادن شیر در دمای ۶۰-۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ الی ۳۰ دقیقه یا بعد از پاستوریزاسیون HTST[3] می‌توان تغییرات کازئینی حاصل از نگهداری شیر سرد را به حالت اولیه تا حدی بازگردانید.

۲-۹-۲-۲ پروتئولیز

همان طور که گفته شد، سرد کردن شیر باعث ورود آنزیم پروتئیناز طبیعی (پلاسمین) و نیز بتاکازئین به سرم شیر می‌شود. در نتیجه با دسترسی آنزیم های پروتئولیز (آنزیم‌های درونی و باکتریایی) به سوبسترا، بتاکازئین تجزیه شده و به اجزایی مانند گاماکازئین، پروتئوزیبون، پپتیدهای ریز مولکول و ... تبدیل می‌گردد و ممکن است طعم شیر تلخ شود و یا تولید پنیر کم شده و زمان انعقاد طولانی شود و استحکام دلمه پایین بیاید (ونگ و همکاران، ۱۹۸۸).

۲-۹-۲-۳ اکسیداسیون پروتئین‌ها

قرار گرفتن شیر در نور آفتاب سبب می‌شود تا اسیدهای آمینه میتونین به کمک ریبوفلاوین (ویتامین B_2) اکسیده شده و ترکیبی به نام متیونال به وجود آید. این ماده که ترکیب شیمیایی آن ۳- مرکاپتو متیل پروبیون آلدئید است طعم آفتاب[4] در شیر ایجاد می کند.

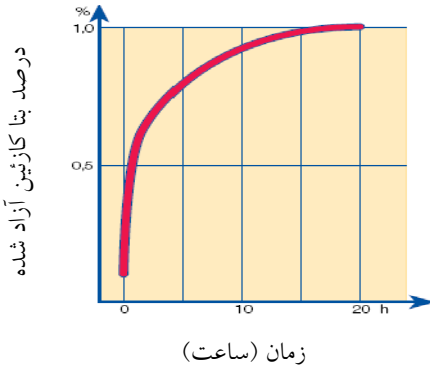
۲-۹-۳ اثر روی فلور میکروبی

نگهداری طولانی مدت شیر سرد باعث تبدیل فلور غالب میکروبی شیر از باکتری‌های لاکتیک

1. β-casein
2. Endothermic
3. High temperature short time
4. Sunlight flavour

به باکتری‌های سرماگرا[1] می‌شود. گروه اخیر با تولید آنزیم‌های لیپاز و پروتئاز مقاوم به حرارت حرارت که با پاستوریزاسیون شدن هم موجودند و با فعالیت خود سبب لیپولیز چربی و پروتئولیز پروتئین‌ها شده و بسیار مضرند.

باکتری‌های سرمادوست پس از ورود به شیر در مدت ۴۸-۷۳ در حالت کمون شروع به رشد و تکثیر می‌کنند و با هیدرولیز ترکیبات شیر موجب طعم بد[2] در شیر می‌شوند (شکل ۲-۱۳). بنابراین، نگهداری شیر باید محدود به زمان فوق شود در غیر این صورت به ناچار دمای نگهداری به ۲-۳ درجه سانتی‌گراد کاهش داده شود. باکتری‌های سرماگرا که در فصول بهار و تابستان نیز می‌توانند شیر را آلوده کنند به طور عمده از طریق تجهیزات آلوده به شیر راه می‌یابند. بهترین روش مقابله با این باکتری‌ها کاهش بار میکروبی و رعایت اصول بهداشتی در تولید و حمل و نقل شیر است (دبیریان و ربیعی، ۱۳۸۰). بررسی‌ها نشان داده مهم‌ترین یاکتری سرماگرا، (سدوموناس)، زمانی می‌تواند تأثیر محسوسی در شیر بگذارد که شمارش فعالیت آن به $۱۰^{۸}$-$۱۰^{۶}$ کلنی در میلی لیتر برسد. از سوی دیگر، زمان نگهداری شیر خام در دمای پایین باید محدود به ۴۸ ساعت باشد. همچنین، استفاده از $CO_۲$ نیز به عنوان یک روش ساده، سالم و کم هزینه می‌تواند از رشد باکتری‌های سرماگرا جلوگیری کند (سلیمانی، ۱۳۸۵).



شکل ۲-۱۳ میزان ورود بتاکازئین به سرم در دمای پایین (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

1. Pshycrotrophic bacteria
2. Off flavour

خودآزمایی

۱۰. ساختمان و چگونگی کار دستگاه هواگیر در مسیر دریافت شیر خام را توضیح دهید؟

۱۱. مهم‌ترین عواملی را که در مراحل نگهداری و حمل شیر خام بر کیفیت آن اثر منفی می‌گذارد نام ببرید؟

۱۲. اهمیت هواگیری شیر را قبل از فرآوری توضیح دهید؟

۱۳. انواع لیپولیز در شیر را نام برده و علل وقوع آنها را توضیح دهید؟

۱۴. فعالیت باکتری‌های سرماگرا چه مشکلاتی را در فراورده‌های لبنی ایجاد می‌کنند و چگونه می‌توان آن را مهار کرد؟

فصل ۳

فرایندهای عمومی شیر

اهداف رفتاری

در پایان این فصل از فراگیرندگان انتظار می‌رود:

۱. با مراحل عمومی استاندارد کردن و پاستوریزاسیون شیر به عنوان مراحل اولیه تولید فراورده‌های لبنی تخمیری آشنا شوند.

۲. ساختمان و نحوه کار و کنترل دستگاه‌های فرآوری شیر از قبیل سپراتور، هوموژنایزر و پاستوریزاتور را توضیح دهند.

۳. اهداف فرایند حرارتی و روش‌های انجام آن را بدانند.

۴. روش‌های اصلاح آلودگی میکروبی شیر خام قبل از فرایند حرارتی را توضیح دهند.

۵. دلایل فساد شیر پاستوریزه را توضیح دهند.

۳-۱ کلیات

فرایند کلی تولید شیر پاستوریزه را به صورت ذیل می‌توان بیان کرد:

شیر از مخازن نگهداری شیر خام با دمای حدود ۴ درجه سانتیگراد توسط پمپ سانتریفوژی مکیده می‌شود و وارد بخش تبادل حرارتی در قسمت بازیافت حرارتی پاستوریزاتور صفحه‌ای می‌شود. در بخش تبادل حرارتی، شیر پاستوریزه گرم، تا دمای ۵۰-۶۰ درجه سانتی‌گراد حرارت مقدماتی داده شده و سپس از مبدل حرارتی خارج و وارد خامه‌گیر (سپراتور[1]) می‌شود.

بعد از گرفته‌شدن چربی و استاندارد کردن، شیر وارد هوموژنایزر می‌گردد. ممکن است خامه گرفته شده وارد هوموژنایزر شود و بعد از هوموژنیزاسیون به شیر پس چرخ اضافه شود.

در آخر پس از این مرحله شیر به پاستوریزاتور برگشته و آنجا با تبادل حرارتی آب گرم (یا بخار) تا دمای مورد نظر (۷۵-۷۲ درجه سانتی‌گراد) حرارت داده می‌شود. سپس با عبور از لوله نگهداری[2] به مدت ۱۵ ثانیه در دمای پاستوریزاسیون قرار گرفته و سپس وارد بخش خنک‌کن پاستوریزاتور می‌شود. در اینجا شیر پاستوریزه توسط تبادل حرارتی با آب سرد خنک و سپس در مخازن نگهداری شیر پاستوریزه ذخیره می‌شود تا در صورت نیاز به مرحله بسته بندی و بعد از بسته بندی به سردخانه منتقل می‌شود. در ادامه هر یک از این مراحل به تفصیل بررسی می‌شوند.

---

1. Separator
2. Holding tube

۳-۲ صاف کردن سانتریفیوژی و خامه‌گیری

۳-۲-۱ اساس جداسازی سیستم‌های چندفازی

یک سیستم دو یا چندفازی مانند شیر که حاوی دو فاز مایع غیر قابل استخراج (چربی و پلاسما) و یک فاز جامد نامحلول (مواد خارجی) است. چنانچه این سیستم به حالت ساکن باشد پس از مدتی اجزای (فازهای) سیستم تمایل به جدا شدن از هم دارند. رفتار هر فاز در این حالت به دانسیته آن بستگی دارد. به این ترتیب که فاز چربی به علت داشتن دانسیته کمتر از پلاسمای شیر بتدریج بالا می آید و مواد خارجی احتمالی موجود به علت کم بودن رسوب می‌کنند.

۳-۲-۲ سرعت ته‌نشینی یا صعود مواد

ذرات جامد یا قطرات مایع با اختلاف دانسیته در یک سیال لزج، به طرف پایین یا بالا شروع به حرکت می‌کنند تا این که به یک سرعت ثابت برسند. این سرعت به عوامل زیر وابسته است (کسلر، ۱۹۸۱):

۱. قطر ذرات (d)(m).
۲. اختلاف دانسیته ذرات(ρ_2). با دانسیته فاز پیوسته(ρ_1). (kg/m^3).
۳. شتاب جاذبه زمین (g) (m/s^2).
۴. گرانروی[1] فاز پیوسته (μ) $(kg/m,s)$.

که با فرمول استوک[2] بیان می‌شود:

$$v_g = \frac{d^2(\rho_2 - \rho_1)}{18\mu} g$$

مطابق فرمول استوک سرعت صعود گویچه‌های چربی یا نزول ذرات جامد در شیر با توان دوم قطر ذرات نسبت مستقیم، با اختلاف دانسیته ذرات و پلاسمای شیر و نیز با شتاب جاذبه زمین نسبت مستقیم و با گرانروی سیال نسبت معکوس دارد. اگر داده‌های فرمول را در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد برای گویچه‌های چربی شیر به قطر میانگین ۳ میکرومتر در نظر بگیریم، بر طبق قانون استوک:

1. Viscosity
2. Stocke's law

$$d = ۳\ \mu m = ۳ \times ۱۰^{-۶} m$$

$$\rho_۲ - \rho_۱ = (۹۸۰ - ۱۰۳۶) = -۵۶\ m^۲$$

$$v_g = \frac{(۳ \times ۱۰^{-۶})^۲ \times ۵۶ \times ۹/۸۱}{۱۸ \times ۱/۴۲ \times ۱۰^{-۳}} = ۱.۹۳ \times ۱۰^{-۷} m/s$$

$$\Rightarrow v_g = ۰.۱۹۳ \times ۱۰^{-۳} mm/s \cong ۰.۶۹ mm/h$$

یعنی اینکه گویچه‌های چربی در اندازه متوسط با ساکن نگه داشتن شیر و با سرعت بسیار پایین حدود ۰/۷ میلی‌متر در ساعت بالا می‌آیند. تجربه نشان داده که در شیر ساکن گویچه‌های چربی با سرعت بیشتری بالا می‌آیند. علت این امر، وجود ترکیباتی به نام آگلوتنین‌هاست. این ترکیبات متعلق به ایمونوگلوبولین است که در حرارت پایین بر گویچه‌های چربی می‌نشینند و موجب به هم چسبیدن چربی‌ها و در نتیجه تسریع رویه بستن[1] شیر می‌شود.

در گذشته با روش سنتی از این خاصیت برای جدا کردن خامه شیر که در اصطلاح سرشیربندی نامیده می‌شد، استفاده می‌کردند. به این ترتیب که شیر تازه گاو را داخل خمره ساکن بدون هر گونه لرزش و تکان نگهداری کرده و بعد از حدود ۲۴-۴۸ ساعت قسمت عمده چربی شیر بالا آمده و تشکیل لایه‌ای از خامه یا سرشیر روی سطح شیر می‌داد. در آخر این لایه را برداشته و از آن استفاده می‌کردند.

۳-۲-۳ تاریخچه جداسازی سانتریفیوژی

در سال ۱۸۷۷ میلیش زیتانگ ویژگی‌های یک دستگاه جدید جهت خامه‌گیری شیر اختراع کرد. این دستگاه شامل استوانه دواری بود که شیر در داخل آن گردش می‌کرد و پس از مدتی خامه آن به صورت شناور از شیر جدا می‌شد. در سال ۱۸۷۸، "گوستاو دی لاوال" اولین سپراتور مداوم خود را عرضه کرد. شیر، از طریق مدخل فوقانی سپراتور وارد محفظه کاسه مانند دستگاه می‌شد و آنجا تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز حاصل از دوران محفظه، شیر بدون چربی به طرف کناره بدنه محفظه منتقل و به صورت شیر پس چرخ از طریق یک

1. Creaming

لوله خارج می‌شد. در حالی که چربی در مرکز دستگاه تغلیظ شده و به صورت خامه در می‌آمد.

در سال ۱۸۸۰ یک مهندس آلمانی به نام "وان بختوشیم" با ابداع سپراتور دیسکی به این کار کمک بزرگی کرد. او سپراتور دی لاوال را به یک سیستم دیسکی مجهز کرد که موجب جریان خطی خامه در مجاری بین دیسک‌ها شد و با جلوگیری از آشفتگی و به هم خوردن ذرات شیر و چربی، موجب افزایش عمل خامه‌گیری شد. امتیاز این طرح در سال ۱۸۸۹ توسط شرکت سوئدی AB سپراتور، خریداری گردید.

شکل ۳-۱ سپراتور مداوم دولاول (مرتضوی و همکاران، ۱۳۷۴)

بعد از ابداع سپراتورهای دیسکی بتدریج اصلاحاتی هم در آن انجام گرفت که مهم‌ترین آن‌ها تغییر لوله مرکزی بود. ابتدا شیر از طریق محور در برگیرنده دیسک‌ها به کف کاسه رسیده و سپس به دیسک‌ها هدایت می‌شد. اما به علت این که سپراتورهای اولیه جریان روباز داشتند شیر پس چرخ در مجرای خروجی دستگاه کف می‌کرد، در سال ۱۹۳۳ شرکت آلفا لاوال با ابداع یک سیستم بسته برای ورود شیر در انتهای کاسه، مشکل کف کردن شیر را حل نمود. پس از مدتی سپراتورهای نیمه بسته تولید شد که برای جلوگیری از ایجاد کف در آن مجرای خروجی شیر پس چرخ، توسط دیسک یقه‌ای[1] با فشار بالا کار می‌کرد.

1. Paring disc

۳-۲-۴ اساس جداسازی سانتریفیوژی

فرض کنید که یک ظرف رسوبی چند لایه (شکل ۳-۲)، ۹۰ درجه چرخانده شود و سپس حول محور عمودی به دوران درآید. نتیجه به دست آمده، شمایی از یک سپراتور سانتریفیوژی خواهد بود (شکل۳-۲). بنابراین، می‌توان گفت که اساس مکانیسم جداسازی در سانتریفیوژ مشابه ظروف رسوب‌گذاری است با این تفاوت که در آن ذرات به جای نیروی جاذبه تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز قرار می‌گیرند و به شتاب گریز از مرکز می‌رسند که به شعاع و سرعت دوران بستگی دارد و مطابق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$a=r\omega^{2}$$

r= شعاع دوران (m)

ω= سرعت زاویه ای دوران (rad/s)

a= شتاب گریز از مرکز

در نتیجه مقدار نیروی گریز از مرکز که به هر ذره در میدان سانتریفیوژ وارد می‌شود برابر خواهد بود با:

$$F_c = mr\omega^{2}$$
$$m = \rho.v \rightarrow F_c \in \rho$$

m= جرم ذره (kg)

بنابراین، مقدار نیروی گریز از مرکز به دانسیته ذره بستگی دارد و مواد با چگالی بالا بیشتر تحت تأثیر این نیرو قرار می‌گیرند و مواد با دانسیته پایین برعکس عمل کرده و نیروی گریز از مرکز کمتری بر آن‌ها وارد می‌شود.

با جایگزینی شتاب گریز از مرکز به جای g در فرمول استوک، می‌توان سرعت هر ذره در سانتریفیوژ را به این صورت محاسبه کرد:

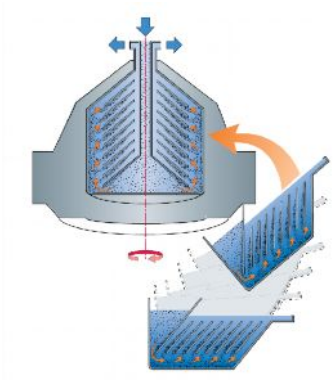
$$v_c = \frac{d^{2}(\rho_{2} - \rho_{1})}{18\mu} r\omega^{2}$$

قبل از این گفته شد که یک گویچه چربی با قطر ۰/۳ میکرومتر تحت تأثیر نیروی ثقل با سرعت ۰/۷ میلی‌متر بر ساعت بالا می‌آید. با استفاده از معادله فوق می‌توان سرعت جدا شدن هر گویچه چربی با قطر متوسط ۳ میکرومتر را در یک سپراتور با شعاع ۲۰ cm و سرعت ۴۵۰۰ rpm محاسبه کرد:

$$\omega = \frac{۲\pi N}{۶۰} = \frac{۲\times ۳/۱۴\times ۴۵۰۰}{۶۰} = ۵۶۴/۴۹ rads^{-۱}$$

$$n = \frac{(۳\times ۱۰^{-۶})۲\times ۵۶}{۱/۱\times ۱/۴۲\times ۱۰^{-۳}}\times ۰/۲\times (۵۶۴/۴۹)^{۲} = ۰.۱۲۵\times ۱۰^{-۲} m/s = ۴۵۲۳ mm/h$$

نتیجه این که، سرعت جداسازی در سپراتورهای سانتریفیوژی حدود $۶۵۰۰ (\frac{۴۵۲۳}{۰/۷} = ۶۵۵۵)$ برابر سریع‌تر از جداسازی بر اساس نیروی ثقلی است.



شکل ۳-۲ طبقات رسوبی در سانتریفیوژ (آلفا لاوال/ تراپک، ۱۹۹۵).

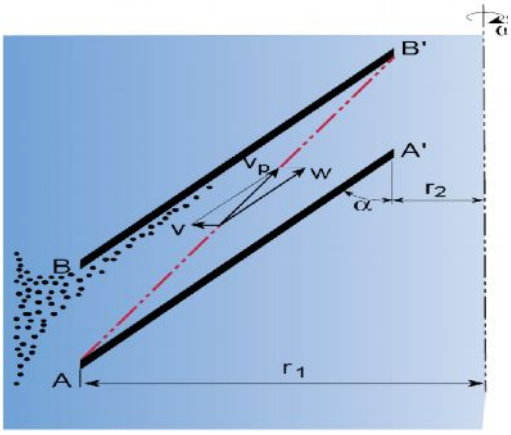
داخل سپراتور صفحه‌هایی به شکل دیسک‌های مخروطی گذاشته شده که در واقع نقش سطوح رسوبی را دارد. قرار گرفتن دیسک‌ها بر روی هم، مجموعه‌ای به نام توده دیسک[1] به وجود می‌آورد. در حد فاصل دیسک‌ها زائده‌ای به نام درز[2] به دیسک‌ها جوش خورده که موجب نگهداری آن‌ها در فواصل میلی‌متری مجزایی از هم می‌شود. این فاصله مجاری جداکننده را در سپراتور هستند.

مایع ناهمگن مانند شیر (شکل ۳-۷) از لبه خارجی وارد مجاری بین دیسک‌ها در سپراتور می‌شود. سرعت حرکت مایع در تمام قسمت‌های داخل مجرا یکسان نیست بلکه مقدار آن از حدود تقریباً صفر در سطح دیسک تا بیشترین مقدار در وسط دیسک تغییر می‌کند. بنابراین، گرانروی تأثیر به بسزائی در سرعت حرکت و بازده جداسازی دارد و باید تا حد امکان کاهش داده شود.

1. Disk stack
2. Caulk

مطابق شکل ۳-۳ ذرات مختلف تحت تأثیر دو نوع نیرو در داخل مجـرا قـرار مـی‌گیرنـد. نیروی حاصل از جریان مایع که آن را به طرف مستقیم در مسیر مجرا پیش می‌برد. و نیروی گریز از مرکز که آن را به طرف محیط سپراتور هدایت و رسوب می‌دهد. برآیند ایـن دو نـوع نیرو رفتار هر ذره‌ای را در داخل مجرا مشخص می‌کند. به این ترتیب که ذرات سـبک ماننـد چربی، نیروی گریز از مرکز کمتری را تحمل می‌کنـد و برآینـد سـرعت مـایع (w) و سـرعت رسوبی (v) به طرف بالا انجام می‌گیرد. بنابراین، خامه به سمت مرکز و بالای محفظه سپراتور نقل مکان کرده و از طریق مجرای ویژه در بالای آن خارج می‌شود.

اگر بر ذرات سنگین مانند جرم و ذرات خارجی به علـت وجـود دانسـیته بیشـتر، نیـروی بیشتری وارد شود، برآیند نیروهای فوق به طرف کنار و پایین محفظه خواهد بود و این ذرات به سطوح سپراتور چسبیده و جدا می‌شوند. مواد با دانسیته متوسط ماننـد شـیر پـس‌چـرخ[1] رفتاری بین این دو حالت دارند.



شکل ۳-۳ رفتار جریان در مجاری جداسازی بین دیسک‌ها (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

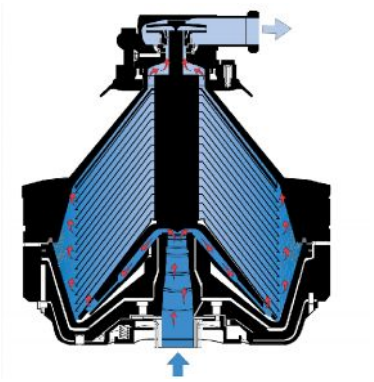
امروزه به علت کارایی بسـیار بـالا، جهـت کاربردهـای مختلـف در صـنایع لبنـی از انـواع سانتریفوژهای مختلف استفاده می شود که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

1. Skim milk

۳-۲-۵ صافی‌های سانتریفیوژی (کلاریفایر)

در شکل ۳-۴ نمای داخل بدنه سانتریفیوژ نشان داده شده است. شیر از طریق مجرای زیر کاسه (یا در وسط کاسه) وارد پخش کننده شده و در آنجا تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز حاصل از چرخش کاسه‌ها و دیسک‌ها قرار گرفته و سپس به صورت شعاعی در مجاری بین دیسک‌ها جریان می‌یابد. در ضمن حرکت شیر از میان دیسک‌ها در اثر نیروی گریز از مرکز ناخالصی‌های شیر شامل مواد خارجی، سلول‌های بافتی، باکتری‌ها، گویچه‌های قرمز و سفید خون و ... که همه ۰/۵ تا ۰/۱ درصد از وزن شیر را تشکیل می‌دهند جدا شده به طرف بدنه سپراتور هدایت و سپس در محفظه مخصوص مواد رسوبی (مخزن گل[1]) جمع‌آوری می‌شوند. پس از پاکسازی، شیر از طریق مجاری بالای دستگاه از آن خارج می‌شود.

دمای عمل کلاریفیکاسیون ممکن است بین ۵ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد متفاوت باشد. از این دستگاه می‌تواند به صورت سرد در ابتدای دریافت شیر خام استفاده شود ولی بازدهی و کارکرد بهینه آن در حالت استفاده گرم بعد از حرارت مقدماتی شیر است.



شکل ۳-۴ صافی سانتریفیوژی (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

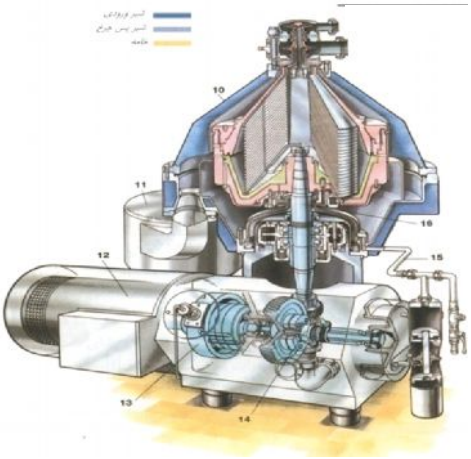
۳-۲-۶ خامه‌گیر (سپراتور[2])

شیر کامل[3] در ابتدا تا دمای ۵۵-۶۵ درجه سانتی‌گراد، حرارت مقدماتی داده می‌شود. سپس وارد دستگاه خامه‌گیر می‌گردد. در آنجا چربی از شیر جدا شده و شیر کامل به شیر پس‌چرخ

1. Sludge tank
2. Seprator
3. Whole milk

تبدیل و خامه با درصد چربی معین می‌شود. در ادامه فرایند مقداری از این خامه برای افزودن به شیر پس چرخ برای تهیه فراورده‌های مختلف شیر پاستوریزه ، استریل و ... به مسیر اختلاط مجدد فرستاده می‌شود. خامه مازاد در تانکر ذخیره خامه یا دستگاه پاستوریزاتور خامه قرار می‌گیرد.

دستگاه سپراتور (خامه‌گیر) از توده کاسه‌های متداخل مجهز به سوراخ‌های توزیع‌کننده تشکیل شده است. (شکل ۳-۵) کاسه‌های خامه‌گیر منافذ خاصی دارند که بعد از قرار گرفتن کاسه‌ها بر روی هم مجرای عمودی خاصی را برای عبور شیر از صفحات می‌دهند. با توجه به نوع سپراتور، شیر از بالا یا پایین دستگاه از طریق یک لوله ورودی (A) به آن، تغذیه می‌گردد. در لوله تغذیه ساکن (B) انرژی جنبشی به انرژی فشاری تبدیل شده که در نتیجه آن شیر با فشار وارد توزیع‌کننده شیر (C) باید به طور دائم پر از جریان پیوسته شیر باشد در غیر این صورت، ایجاد خلأ در کانال‌ها به کشیده شدن سریع شیر و وارد آمدن صدمات مکانیکی به آن و در نتیجه شکستن گویچه‌های چربی منجر خواهد شد.



شکل ۳-۵ خامه‌گیر (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

شیر، در محفظه توزیع‌کننده در اثر چرخش دیسک‌ها تحت شتاب سانتریفیوژی قرار می‌گیرد و از طریق سوراخ بین کاسه‌ها وارد آن‌ها شده و در اثر نیروی گریز از مرکز، اجزای شیر در داخل مجاری بین دیسک‌ها از هم جدا می‌شوند (شکل ۳-۶). به این ترتیب، که خامه به علت داشتن چگالی کمتر به سمت مرکز سپراتور حرکت می کند و از مجاری ویژه در بالای دستگاه خارج می شود. شیر پس چرخ به علت داشتن دانسیته بالا به سمت پایین در

کناره نقل مکان کرده و از مجرای بدنه دستگاه به سمت بالا حرکت و در نهایت از طریق مجرای ویژه در بالای سپراتور خارج می‌شود.

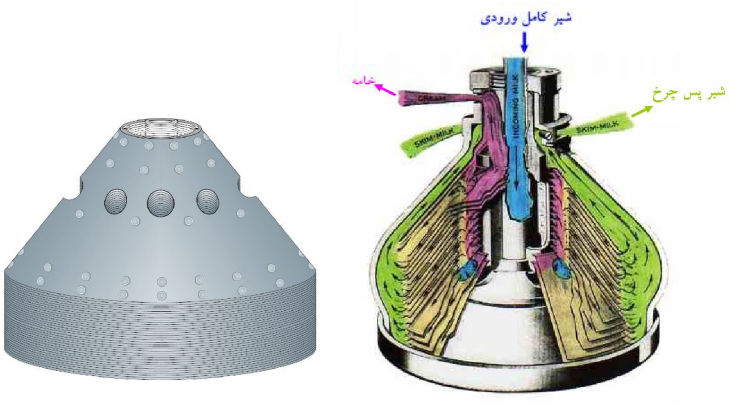
در خامه‌گیر نیز مانند کلاریفایر، مواد خارجی با داشتن چگالی بالا به کناره‌های بدنه خامه‌گیر رانده شده و در محفظه مخصوص جمع‌آوری می‌شوند.

با توجه به مطالب گفته شده تفاوت‌های اصلی دستگاه خامه‌گیر با کلاریفایر عبارتست از :

۱- کلاریفایر معمولاً فقط یک خروجی برای شیر تمیز دارد در حالی که در خامه‌گیر دو خروجی موجود است.

۲- در کلاریفایر حجم کاسه‌ها کوچک و تعداد آن‌ها کمتر است.

۳- در خامه‌گیر صفحات کاسه‌ای سوراخدار است و شیر از طریق این سوراخ‌ها جریان دارد ولی در کلاریفایر دیسک‌ها سوراخ ندارند و جریان شیر از کنار خارجی صفحات انجام می‌شود.



شکل ۳-۶ برش نمای مجاری بین کاسه ها و شکل کاسه خامه گیر

۳-۲-۷ طرح‌های خامه‌گیر سانتریفیوژی

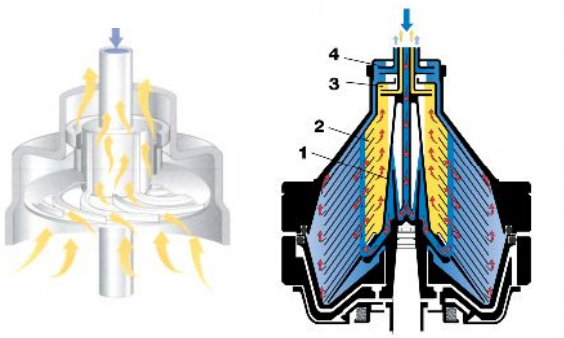
دستگاه سپراتور (شکل ۳-۵) در مجموع از دو قسمت اساسی بدنه و کلاهک تشکیل شده که توسط قفل حلقوی خاصی به هم متصل می‌شوند. توده‌های دیسک‌ها بین کلاهک و مجرای تقسیم (توزیع) جریان سوار می‌شوند. حرکت دورانی موتور توسط چرخ دنده‌ها به محور دوکی شکل بدنه و سپس به کاسه‌ها منتقل می‌شود.

خامه‌گیرهای جدید دو شکل دارند: نیمه‌باز[1] یا نیمه‌بسته[2] و بسته[3].

۳-۲-۷-۱ خامه‌گیرهای نیمه‌باز (نیمه‌بسته)

این نوع خامه‌گیرها با داشتن دیسک‌های یقه‌ای از دیگر سپراتورها متمایز می‌شوند. در این نوع دستگاه‌ها معمولاً شیر از مجرای بالای بدنه وارد یک لوله ساکن محوری می‌شود. زمانی که شیر وارد توزیع کننده ناودانی شد با دوران در داخل بدنه به شتاب لازم می‌رسد و بعد به داخل مجاری جدا کننده در دیسک ها می‌رود. این عملیات در فشار جو انجام می‌گیرد.

خامه، پس از جداشدن از شیر پس‌چرخ به سمت محور میانی هدایت و سرانجام در بالای محفظه وارد محفظه یقه‌ای خامه می‌شود (۳). شیر پس‌چرخ نیز از توده دیسک‌ها عبور کرده و سپس وارد ناودان اصلی بدنه و در نهایت از محفظه یقه‌ای شیر پس‌چرخ (۴) خارج می‌شود (شکل ۳-۷).



شکل ۳-۷ خامه‌گیر نیمه‌باز و سیستم دیسک‌های یقه‌ای (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

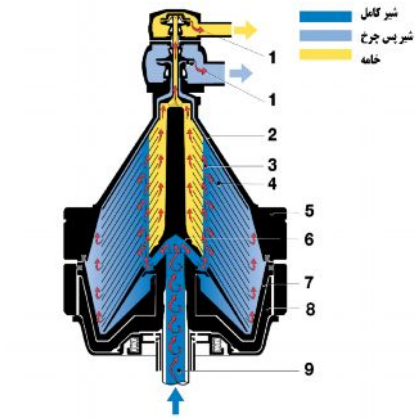
بنابراین، در مسیرهای خروجی خامه و شیر پس‌چرخ در خامه‌گیرهای نیمه‌بسته، طرح ویژه مجرای خروجی به نام دیسک یقه‌ای تعبیه شده که به آن‌ها پرینگ‌سپراتور یا خامه‌گیر یقه‌ای گفته می‌شود. لبه ساکن دیسک یقه‌ای داخل ستونی از مایع در حال دوران، غوطه‌ور است و مایع را به سمت بیرون هدایت می‌کند. با چرخش مایع در داخل دیسک در هنگام خروج از سپراتور، انرژی جنبشی حاصل از آن به فشار تبدیل می‌شود که افت فشار در

1. Semi open
2. Semi hermetic
3. Hermetic

قسمت‌های پایین را جبران می‌کند. افزایش فشار در قسمت بالای سیستم از سکون و خستگی ناشی از خروج مایع جلوگیری می‌کند.

۳-۲-۷-۲ خامه‌گیر بسته

در سپراتورهای بسته، شیر از پایین دستگاه از طریق مجرای دوکی شکل وارد آن پس از مواجه شدن با محور دوار در بدنه شتاب گرفته و از میان سوراخ‌های کاسه وارد فضای بین صفحات می‌شود. بدنه این نوع سپراتور در هنگام کار باید به طور کامل از شیر پر شود تا در داخل آن هوایی باقی نماند. فشار داخل خامه‌گیرهای بسته توسط پمپ‌های تعبیه‌شده در بیرون سیستم تأمین می‌شود که برای غلبه بر مقاومت جریانی و تخلیه خامه و شیر پس‌چرخ، لازم است.



شکل ۳-۸ خامه‌گیر بسته (هرمیتیک) (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

۳-۲-۸ کنترل دستگاه خامه‌گیر

شیر کامل پس از خامه‌گیری در سپراتور، به شیر پس‌چرخ و خامه با درصد چربی معین تبدیل می‌شود. از این میان مقدار شیر کامل ورودی، مقدار خامه خروجی، و در نتیجه درصد چربی خامه و فشار شیر پس‌چرخ خروجی قابل تنظیم و کنترل است. مقدار تغذیه با شیر کامل به دستگاه توسط پمپ مربوط قابل تنظیم است ولی معمولاً آن را برای سادگی کار ثابت نگه می‌دارند.

نحوه کنترل پارامترهای دیگر به نوع سپراتور و تجهیزات کنترل مورد استفاده بستگی دارد و به صورت‌های زیر است.

۳-۲-۸-۱ کنترل خامه‌گیر نیمه‌بسته

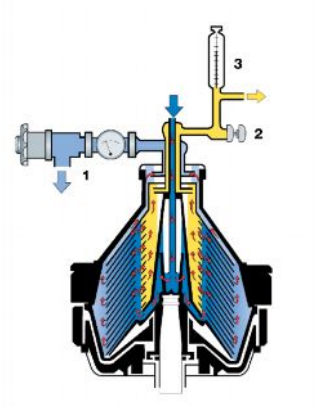
به طور کلی، درصد چربی خامه بسته به سرعت خروج آن است. یعنی هر قدر سرعت خروج خامه کمتر باشد، زمان لازم برای جداسازی کامل چربی از شیر پس‌چرخ بیشتر خواهد بود و در نتیجه خامه با درصد چربی بالا به دست آمده و برعکس با افزایش مقدار خامه خروجی درصد چربی آن پایین می‌آید.

در سپراتورهای مجهز به دیسک‌های یقه‌ای، حجم خامه خروجی به وسیله دریچه کنترل[1] خامه (شکل ۳-۹) کنترل می‌شود. با باز کردن تدریجی آن، سرعت تخلیه خامه افزایش و درصد چربی آن کاهش می‌یابد. به طور کلی، مقدار خامه خروجی حدود ۱۰ درصد کل جریان را شامل می شود اما این میزان با درصد چربی مورد نیاز تنظیم می‌شود. برای مثال، اگر شیر ۴ درصد چربی با سرعت l/h ۲۰/۰۰۰ به سپراتور تغذیه شود، برای تولید خامه با ۴۰ درصد چربی باید خروجی خامه روی l/h ۲۰۰۰ تنظیم گردد. خامه‌گیرهای نیمه‌باز معمولاً به یک جریان‌سنج شیشه‌ای (۳) مجهزند.

لوله شیشه‌ای مدرج است و در داخل آن یک گلوله شناور قرار دارد که با عبور خامه از مسیر در مقابل عدد خاصی قرار می گیرد و شاخصی از مقدار جریان را نشان می‌دهد. با چرخاندن پیچ، دریچه کنترل روی عدد که معمولاً این عدد درصد جریان خامه را نشان می دهد، سرعت جریان خامه به طور تقریبی تنظیم می شود. سپس با اندازه‌گیری درصد چربی خامه خروجی در آزمایشگاه، کاربر آن را در صورت لزوم به‌طور مجدد تنظیم می‌کند.

از سوی دیگر، فشار شیر پس‌چرخ خروجی باید در حد معینی ثابت شود که این عمل توسط دریچه کنترل فشار (۱) در خروجی شیر پس‌چرخ صورت می گیرد (شکل ۳-۹). هر تغییر در جریان تخلیه خامه با یک تغییر مساوی و در خلاف جهت آن در تخلیه شیر پس‌چرخ همراه می‌شود.

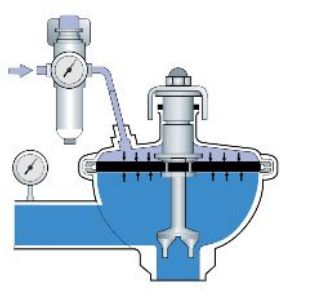
1. Throttling valve



شکل ۳-۹ سپراتور یقه‌ای مجهز به سیستم کنترل دستی (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

۳-۲-۸-۲ خامه‌گیر بسته

در مسیر خروجی شیر پس‌چرخ یک دریچه دیافراگمی تعبیه شده که روی دیافراگم هوا با فشار ثابت از پیش تنظیم‌شده وارد می‌شود. این دریچه موجب ثابت ماندن فشار شیر پس‌چرخ خروجی می‌شود. پایین آمدن فشار شیر پس چرخ موجب غلبه فشار هوا روی دیافراگم نسبت به فشار شیر پایین آن شده که این امر به پایین آمدن توپی متصل به دیافراگم و مسدود کردن دریچه خروجی شیر پس‌چرخ می‌شود. در اثر این کار فشار داخل شیر پس‌چرخ افزایش یافته و با رسیدن به مقدار مورد نظر دوباره موجب بالا رفتن توپی و باز شدن دریچه می‌گردد.



شکل ۳-۱۰ دریچه کنترل فشار دیافراگمی (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

سپراتورهای جدید مجهز به حسگرها، جریان‌سنج، چگالی‌سنج و دریچه‌های کنترل پنوماتیکی و سیستم کنترل رایانه‌ای هستند که عمل کنترل پارامترهای مختلف را به صورت

دقیق و اتوماتیک انجام می‌دهند، که در بخش استاندارد کردن ضمن فرایند فراورده توضیح داده می‌شوند.

همان طور که گفته شد محتوای چربی خامه قابل تنظیم است و به سرعت جریان خامه بستگی دارد. در کارخانه‌های مدرن امروز از دستگاه کامپیوتری برای کنترل دقیق عملکرد سپراتور استفاده می‌شود. برای این کار معمولاً یک جریان‌سنج در مسیر جریان خامه برای کنترل مقدار چربی خامه به کار گرفته می‌شود.

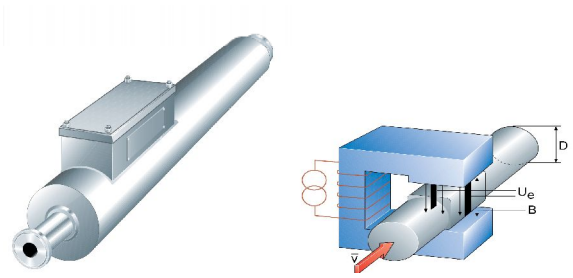
جریان‌سنج‌ها انواع زیادی دارند. یک نوع آن جریان‌سنج الکترومغناطیسی است (شکل ۳-۱۱) که، یک لوله اندازه‌گیری دارد و در میدان مغناطیسی ثابتی قرار گرفته است. با عبور مایع رسانا مانند شیر از داخل لوله، اختلاف پتانسیل (ولتاژ) الکتریکی بین دو الکترود ایجاد می‌شود که مقدار آن مطابق فرمول زیر به سرعت جریان سیال بستگی دارد:

$$U_e = K \times B \times V \times D$$

U_e= ولتاژ الکتریکی، D = قطر لوله

K= ضریب ثابت دستگاه، B= قدرت میدان مغناطیسی

V= سرعت متوسط سیال



شکل ۳-۱۱ جریان‌سنج و چگالی‌سنج الکترومغناطیسی (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

هر مقدار سرعت سیال بالاتر باشد ولتاژ الکتریکی تولید شده هم بیشتر خواهد بود. به این ترتیب، بر مبنای ولتاژ الکتریکی تولید شده میزان جریان سیال اندازه گرفته می شود. ولتاژ دریافتی ابتدا وارد یک تقویت‌کننده شده و سپس به صورت سیگنال به رایانه ارسال می‌شود. در رایانه، با تجزیه و تحلیل سیگنال دریافتی سرعت جریان مشخص می‌شود و در مقایسه آن با سرعت جریان برنامه‌ریزی شده آن را تنظیم می‌کند. یعنی برای مثال اگر سرعت جریان

خامه افت کرده باشد با ارسال پیام از رایانه به دریچه کنترل خامه، دریچه باز شده و سرعت جریان آن بالا می‌رود.

این روش (کنترل جریان به تنهایی) به سرعت از خود واکنش نشان می‌دهد و زمانی که دما و محتوای چربی شیر کامل ورودی به خامه‌گیر ثابت باشد یک روش کارآمد محسوب می‌شود. اما اگر محتوی چربی شیر تغییر کند، دستگاه از تنظیم خارج می‌شود.

برای تنظیم دقیق‌تر محتوای چربی خامه از دستگاه چگالی‌سنج استفاده می‌شود. با توجه به این که چگالی چربی، کمتر از سرم شیر است. بنابراین، هر قدر چربی خامه کمتر باشد دانسیته آن بالا می‌رود. روی این اصل، چگالی‌سنج با اندازه‌گیری مداوم چگالی، داده های آن را به محتوای چربی خامه در رایانه تبدیل می‌نماید. چگالی‌سنج (شکل ۳-۱۱) شامل یک لوله مستقیم است که با سیم‌پیچ از خارج پوشیده شده است.

$$D = 1038/2 - 0/17T - 0/003T^2 - (133/7 - 475/5/T)$$

D= دانسیته خامه در دمای ۸۰-۴۰ درجه سانتیگراد

T= دما (درجه سانتیگراد)، Ø = محتوای نسبی چربی

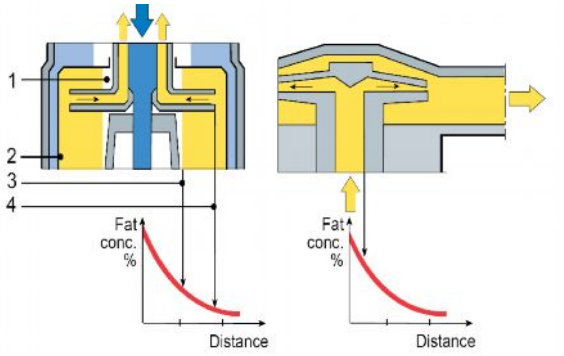
عبور مایع موجب جریان القایی خاصی می‌شود. میزان جریان به چگالی مایع بستگی دارد. به این ترتیب، هر قدر محتوای چربی خامه پایین باشد چگالی آن بالا می‌رود و سیگنال‌های الکتریکی با شدت بیشتری تولید و به رایانه ارسال می‌شود. بعد از تحلیل پیام در رایانه و مقایسه مقدار چربی خامه با مقدار از قبل تعیین‌شده یک فرمان الکتریکی به دریچه کنترل صادر می‌شود که موجب بسته شدن نسبی دریچه و کاهش سرعت جریان می‌گردد. به این ترتیب میزان درصد چربی به حد اولیه می‌رسد. چگالی‌سنج همچنین، مجهز به یک حسگر حرارتی است تا تغییرات دما و تأثیرات ناشی از آن، روی چگالی خنثی گردد.

محتوای چربی شیر پس‌چرخ به بازدهی چربی‌گیری دستگاه خامه‌گیر بستگی دارد و معمولاً حدود ۰/۳-۰/۵ است. نکته مهم، تنظیم فشار شیر پس‌چرخ خروجی است که این عمل با یک شیر فلکه فشار ثابت که در مسیر خروجی شیر پس‌چرخ قرار دارد انجام می‌گیرد. از سوی دیگر، برای کنترل دقیق سرعت جریان، یک جریان‌سنج مشابه خامه در مسیر شیر پس‌چرخ قرار داده می‌شود که با رایانه کنترل مرکزی در ارتباط است و اطلاعات مربوط را در اختیار آن قرار می‌دهد.

۳-۲-۹ مقایسه عملکرد خامه‌گیرهای بسته و نیمه‌بسته

شکل ۳-۱۲، وضعیت خروجی خامه در سپراتورهای نیمه‌بسته و هر کدام را نشان داده می‌شود. در سپراتورهای نیمه‌بسته تمام قطر خروجی یعنی دیسک یقه‌ای باید داخل مایع در حال دوران قرار گیرد. افزایش قطر مجرای خروجی در این حالت موجب کاهش درصد چربی خامه خروجی می‌شود. در این نوع سپراتورها، برای دسترسی به غلظت بالای خامه خروجی لازم است غلظت خامه در داخل سپراتور به طور قابل توجهی افزایش یابد که این حالت را در اصطلاح حالت فوق غلیظ[1] می‌نامند. این عمل می‌تواند سبب نابودی گویچه‌های چربی در محدوده مرتبط با هوا شود (بیشتر غلظت چربی خامه با این نوع خامه‌گیرها حدود ۵۰-۶۰ درصد است).

در سپراتورهای بسته، چون که مجرای خروجی عمق کمتری دارد، جهت دسترسی به خامه با چربی بالا، نیازی به ایجاد حالت فوق غلیظ در داخل دستگاه نیست و می‌توان خامه بسیار غلیظ (تا حدود ۷۰ درصد چربی) بدون شکستن گویچه‌های چربی تولید کرد. برای این کار فشار بسیار بالا لازم است که این فشار فقط در سپراتورهای بسته انجام می‌شود.



شکل ۳-۱۲ سیستم خروجی خامه در سپراتورهای نیمه‌باز و بسته (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

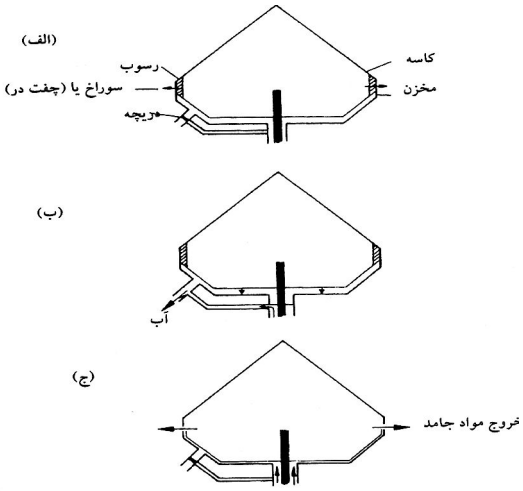
۳-۲-۱۰- روش تخلیه لجن خامه‌گیر

شیر حاوی اجزای جامدی مانند ذرات خارجی و مواد سلولی ناشی از خون و باکتری است. این مواد جامد سنگین بتدریج در قسمت محیطی کاسه سپراتور انباشته می‌شوند و جریان

1. Over concentrate

شیر پس‌چرخ و فرایند خامه‌گیری را متوقف می‌کنند. این زمان محدود عملکرد سپراتورها به پیشرفت در زمینه تخلیه اتوماتیکی مواد جامد بدون توقف در کار دستگاه و با ابداع سپراتورهای خود تمیزساز یا خود تخلیه‌ساز[1] می‌انجامد.

سازوکار تخلیه رسوبات در انواع سپراتورها متفاوت است ولی همه آن‌ها از یک حجم ثابت آب به نام آب تعادل[2] استفاده می‌کنند. اساس کلی عملیات تخلیه معمولاً مطابق شکل ۳-۱۳ است. در بدنه خارجی کاسه سپراتور شیاری وجود دارد که در حالت عادی به وسیله یک کاسه تحتانی در کف محفظه پیستون به حالت بسته نگه داشته می‌شود. این پیستون توسط فشار هیدرولیکی آب جاری در مجرای زیرین، بالا برده می‌شود.



شکل ۳-۱۳ الف) سپراتور خود تمیز کن معمولاً با بالا آمدن کاسه تحتانی با فشار هیدرولیکی کار می‌کند. ب) عمل کردن شیر هیدرولیکی موجب خالی شدن مجرا و نشست کاسه تحتانی می‌شود. ج) دریچه تخلیه لجن باز شده و رسوبات جامد به خارج پاشیده می‌شوند (رابینسون، ۱۹۹۴ a).

هنگامی که عملیات تخلیه لازم باشد، شیر هیدرولیکی مجرای آب باز می‌گردد و خروج آب از مجرا سبب می‌شود کاسه تحتانی روی کف دستگاه نشت کند. در نتیجه، شیار بدنه باز می‌گردد. در این حالت نیرویی که بر رسوبات به طرف خارج وارد می‌شود موجب تخلیه آن‌ها

1. self desludging
2. balance water

به یک کاسه بیرونی می‌شود و از آنجا با حرکت گردابی تحت تأثیر نیروی وزن یا گاه به وسیله پمپ رسوبات انباشته شده به فاضلاب راه می‌یابد. سپس شیر هیدرولیکی بسته می‌شود تا مجرا دوباره از آب پر شود. با بالا رفتن کاسه تحتانی، شیار بدنه دوباره بسته می‌شود. این عملیات با سرعت انجام می‌شود و زمان باز شدن دریچه کمتر از یک سوم ثانیه طول می‌کشد. معمولاً تناوب زمانی تخلیه رسوب‌ها به طور خودکار و با برنامه زمانی از پیش تعیین شده صورت می‌گیرد که به شرایط شیر و سطح محفظه رسوب‌گیر بستگی دارد.

۳-۲-۱۱ استاندارد کردن چربی خامه و شیر

برای تولید فراورده‌های مختلف شیر ، استاندارد کردن چربی شیر و خامه ضروری است. برای این کار می‌توان از اختلاط شیر کامل با شیر پس‌چرخ، خامه با شیر پس‌چرخ، شیر پس‌چرخ با روغن بدون آب شیر (AMF) [1] استفاده کرد. برای محاسبه میزان اختلاط مواد مختلف جهت رسیدن به مخلوطی با درصد چربی معین معمولاً از مربع پیرسون استفاده می‌شود. مثال:

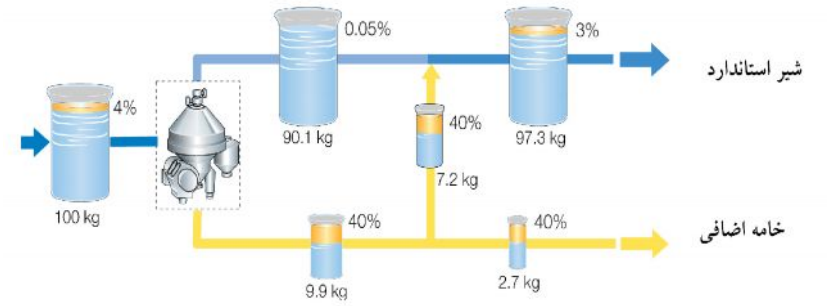
برای تولید ۵ تن شیر ۲/۵ درصد چربی چه مقدار خامه ۴۰ درصد را باید با شیر پس چرخ ۰/۰۵ درصد مخلوط کرد؟

خامه (۴۰ درصد) ۲/۴۵ کیلوگرم + شیر پس چرخ (۰/۰۵ درصد) ۳۷/۵ کیلوگرم = شیر (۲/۵ درصد) ۳۹/۹۵ کیلوگرم

شیر کامل بعد از عمل خامه‌گیری به دو بخش خامه و شیر پس‌چرخ در می‌آید که معمولاً در صورت ثابت بودن بقیه عوامل، میزان درصد چربی آن‌ها ثابت است. اصول کلی استاندارد کردن چربی (شکل ۳-۱۴) در عملیات خامه‌گیری و استاندارد کردن ۱۰۰ کیلوگرم شیر ورودی با ۴ درصد چربی بیان شده است. فراورده‌هایی که تولید می‌شوند شیر با ۳ درصد چربی و خامه با ۴۰ درصد چربی است. بعد از انجام عمل خامه‌گیری مقدار ۹۰/۳۵ کیلوگرم شیر پس‌چرخ با چربی ۰/۰۵ درصد و ۹/۶۵کیلوگرم خامه با چربی ۴۰ درصد به دست می‌آید.

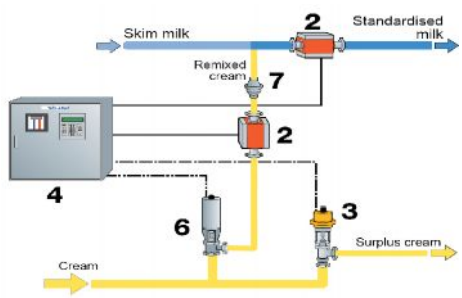
در ادامه کار باید مقدار ۷/۲ کیلوگرم از خامه ۴۰ درصد به شیر پس‌چرخ اضافه شده تا مقدار ۹۷/۵۵ کیلوگرم شیر با چربی ۳ درصد تولید شود. در نهایت مقدار ۲/۴۵ کیلوگرم خامه ۴۰ درصد به عنوان خامه مازاد به دست می‌آید (معمولاً درصد چربی خامه قابل تنظیم است).

1. Anhydrous milk fat



شکل ۳-۱۴ اصول استاندارد کردن چربی (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

استاندارد کردن چربی شیر هم از نظر رعایت موازین قانونی و استاندارد آن اهمیت دارد و هم در برآورد اقتصادی کارخانه کاملاً مؤثر است. در گذشته، از استاندارد کردن مخزنی (به روش غیر مداوم) در داخل تانک استفاده می‌شد اما امروزه به علت بالا بودن ظرفیت کارخانه‌ها، از سیستم استاندارد کردن ضمن تولید[1] استفاده می‌شود. به این ترتیب، بعد از این که شیر در خامه‌گیر به خامه و شیر پس‌چرخ تبدیل شد، مقداری از خامه را دوباره (شکل ۳-۱۴) به شیر پس‌چرخ بر می‌گردانند تا شیر استاندارد با درصد چربی معین تهیه گردد. خامه مازاد به تانک ذخیره یا پاستوریزاتور خامه منتقل می‌شود. برای اطمینان از دقت فرایند لازم است عوامل فوق به‌طور مرتب اندازه‌گیری و کنترل گردد.



۱. نوسانات چربی شیر ورودی
۲. نوسانات میزان فراورده خروجی
۳. درصد چربی خامه
۴. نوسانات دمای اولیه

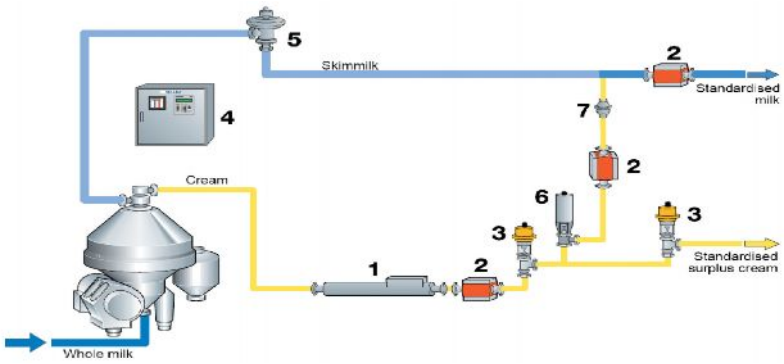
شکل ۳-۱۵ تجهیزات استاندارد کردن ضمن تولید

1. In line standardisation

این عوامل می‌توانند به صورت دستی کنترل شوند، مانند کنترل مقدار خامه خروجی و کنترل میزان اختلاط خامه با شیر پس‌چرخ به وسیله پیچ تنظیم یا کنترل فشار شیر پس‌چرخ با دریچه فشار ثابت. اما امروزه کار با دقت زیاد با چرخه کنترل رایانه‌ای انجام می‌گیرد. برای این کار دو جریان‌سنج در مسیر شیر کامل و خامه اختلاطی قرار دارد که سیگنال‌های مربوط به میزان شیر کامل و خامه اختلاطی را به میکروکامپیوتر می‌فرستند. ریزپردازنده رایانه، نسبت بین دو سیگنال دریافتی را با مقدار مرجع مقایسه و دستورهای اصلاحی لازم را به صورت سیگنال برای تنظیم مقدار خامه در خط اختلاط ارسال می‌کند.

برای مثال، اگر نسبت بین سیگنال خط خامه اختلاطی به سیگنال شیر کامل از مقدار تعیین‌شده پایین باشد، چنین حالتی نشانه پایین بودن درصد چربی شیر کافی ناشی از اختلاط بسیار کم خامه است. در این حالت با ارسال پیام الکتریکی توسط رایانه مرکزی به دریچه کنترل و سبب بسته شدن آن می گردد. در اثر این کار فشار خامه خروجی بالا می‌رود و موجب افزایش میزان خامه در خط اختلاطی می‌شود تا این که مقدار چربی شیر کامل به حد استاندارد برسد.

علاوه بر سرعت جریان، میزان چربی خامه و شیر پس‌چرخ نیز باید کاملاً ثابت و تحت کنترل باشد. محتوای چربی خامه همان طور که گفته شد، قابل تنظیم است و معمولاً بین ۳۵-۴۰ درصد تنظیم می‌شود. میزان انحراف معیار درصد چربی خامه بر پایه ۰/۲- ۰/۳ درصد قرار دارد. میزان درصد چربی شیر پس‌چرخ نیز با توجه به کارایی دستگاه ثابت می‌ماند و انحراف معیار آن در حدود ۰/۰۳ درصد چربی است.



شکل ۳-۱۶ روش استاندارد کردن مستقیم خامه و شیر(آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

برای کنترل تمام این مراحل، از سیستم کنترل درصد چربی خامه با چگالی‌سنج به همراه سیستم کنترل سرعت جریان و نیز دریچه تنظیم فشار برای کنترل و ثابت نگه داشتن شیر پس‌چرخ استفاده می‌شود (شکل ۳-۱۶). به این ترتیب، با کنترل کردن همه عوامل مؤثر امکان تولید شیر استاندارد و خامه با درصد چربی معین فراهم می‌شود.

۳-۲-۱۲ عوامل مؤثر بر خامه‌گیری

هدف از خامه‌گیری، انتقال بیشترین مقدار چربی موجود در شیر کامل به بخش خامه و کمترین مقدار آن به قسمت شیر پس‌چرخ است. بازده خامه‌گیری بر اساس باقی ماندن کمترین محتوای چربی در شیر پس‌چرخ خروجی از دستگاه بیان می‌شود.

مهم‌ترین عوامل مؤثر بر سرعت و بازده خامه‌گیری عبارت است از:

۳-۲-۱۲-۱ درجه حرارت

خامه‌گیری می‌تواند به دو حالت سرد و گرم انجام گیرد. سانتریفیوژ گرم در دمای ۲۵+ - ۶۰+ درجه سانتی‌گراد و سانتریفیوژ سرد معمولاً در دمای ۴-۵ درجه سانتی‌گراد صورت می‌گیرد. به طور کلی نقش حرارت در فرایند خامه‌گیری عبارت است از:

۱. افزایش دمای شیر موجب کاهش گرانروی آن می شود.
۲. افزایش دمای شیر موجب افزایش اختلاف دانسیته خامه و شیر پس‌چرخ می‌شود.

بنابراین، به لحاظ نظری با افزایش درجه حرارت بازدهی خامه‌گیری افزایش پیدا می‌کند.

استفاده از درجه حرارت خیلی بالا مانند دما خیلی پایین، می‌تواند موجب تخریب گویچه‌های چربی و کاهش بازدهی جداسازی شود. تحقیقات نشان داده است که انجام عمل خامه‌گیری در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد منجر به باقی ماندن چربی بیشتر در شیر پس‌چرخ نسبت به خامه‌گیری در ۵۴/۵ درجه سانتی‌گراد می‌شود. ولی در دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد، خامه‌گیری بازدهی کمتری نسبت به دمای ۵۴/۵ یا ۷۲ درجه سانتی‌گراد دارد.

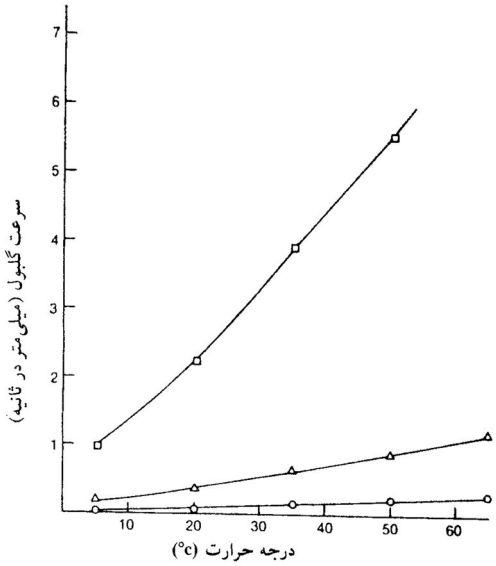
بهترین دما برای جداسازی بر اساس مطالب گفته شده معمولاً حدود ۵۰ درجه سانتی‌گراد برآورد می‌شود. دماهای بالاتر موجب دناتوراسیون پروتئین‌ها و منتقل شدن فسفولیپیدها به شیر پس‌چرخ می‌شود که مورد اخیر تأثیر بسزایی روی خواص خامه دارد.

دمای جداسازی بر مقدار اسیدهای چرب خامه نیز تأثیر می‌گذارد. خامه‌گیری در دماهای بالا مانند ۳۲ درجه سانتی‌گراد موجب افزایش میزان اسیدهای چرب آزاد نسبت به ۷۰ درجه

سانتی‌گراد می‌شود، ولی در دماهای پایین مانند ۱۰ درجه سانتی‌گراد، اسیدهای چرب آزاد کمتر تشکیل می‌شوند.

سپراتورهای مخصوص شیر سرد در دمای پایین ۴-۵ درجه سانتی‌گراد امکان خامه‌گیری شیر هنگام دریافت از کارخانه را فراهم می‌آورند. اگرچه، در این حالت مقدار از دست رفتن چربی در شیر پس‌چرخ بالاست ولی این عمل موجب صرفه‌جویی در مقدار انرژی مصرفی می‌شود و از نظر اقتصادی در شرایط خاص مقرون به صرفه است.

در تولید پنیر، به علت این که دمای بالا مضر است، انجام عمل خامه‌گیری سرد می‌تواند از این نظر مفید باشد. از سوی دیگر، خامه‌گیری در دمای پایین موجب انتقال زیاد فسفولیپیدها به خامه می‌شود. به این ترتیب، خصوصیات کف کردن آن بهبود می یابد. تغییر عمده در خامه‌گیرهای سرد، فضای زیاد بین دیسک‌هاست که امکان جریان خامه سرد و لزج را بین دیسک‌ها فراهم می‌آورد.



شکل ۳-۱۷ تأثیر درجه حرارت و اندازه گویچه‌های چربی روی سرعت جداسازی در یک سانتریفیوژ با سرعت ۵۰۰۰ دور بر دقیقه با قطر (○)μm ۰/۱ ، (Δ) μm ۲، (□)μm ۵ (رابینسون ، ۱۹۹۴ a)

۳-۲-۱۲-۲ سرعت دوران کاسه

سرعت حرکت گویچه‌های چربی با مربع سرعت دورانی کاسه متناسب است. در نتیجه افزایش سرعت خامه‌گیر تأثیر بسزایی بر بازده خامه‌گیری دارد. با وجود این، افزایش سرعت سانتریفیوژ نیازمند مصرف انرژی بیشتر و طراحی دستگاه بزرگ‌تر است طوری که قابلیت تحمل نیروی بالای وارده به پیرامون کاسه را داشته باشد. از سوی دیگر، در سرعت بالا سر و صدای دستگاه بیشتر می‌شود. در نهایت سرعت بالای دوران ترکیب شیر پس‌چرخ را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد.

به دلایل فوق سرعت های دورانی حدود ۳۰۰۰ – ۵۰۰۰ دور بر دقیقه مطلوب است.

۳-۲-۱۲-۳ فاصله بین دیسک‌ها

به لحاظ نظری فاصله کم بین دیسک‌ها موجب افزایش بازده جداسازی می‌شود. به این علت که مسافت پیموده شده توسط گویچه‌های چربی کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، کاهش فاصله بین دیسک‌ها موجب ایجاد جریان خطی می‌شود که در این حالت بازده بیشتر خواهد بود. چرا که وجود هر گونه اغتشاش در جریان هوا موجب مخلوط شدن چربی با شیر پس‌چرخ خواهد شد. با این حال با کاهش فاصله دیسک‌ها از یک حد بیشتر، سرعت جریان کم می‌شود. بنابراین، همیشه یک فاصله میلیمتری بین کاسه‌ها در نظر گرفته می‌شود.

۳-۲-۱۲-۴ سرعت جریان

سرعت جریان شیر ورودی و جریان‌های وابسته به آن یعنی جریان خامه و شیر پس‌چرخ، باید به دقت کنترل شوند تا به بازدهی جداسازی مناسبی همراه با سرعت کار ایده آل دست یافت. معمولاً بازده جداسازی بالا در سرعت‌های پایین تغذیه شیر امکان‌پذیر است، چون در این حالت شیر فرصت بیشتری برای جداشدن گویچه‌های چربی دارد. با وجود این، سرعت جریان نباید بیش از حد کاهش داده شود، زیرا در این حالت فضاهای موجود در داخل کاسه پر از هوا می‌شود و بازدهی جداسازی پایین خواهد می‌آید.

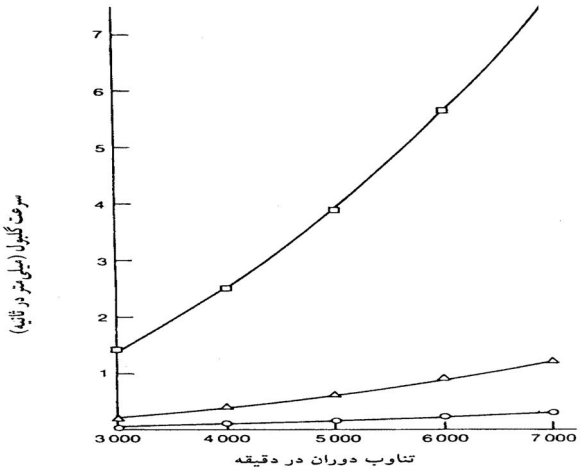
سرعت جریان را نباید به جهت کاهش زمان فرایند، زیاد بالا بـرد، زیـرا موجـب افـزایش میزان ضایعات چربی در شیر پس‌چرخ خواهد شد. از سوی دیگر، اگر سرعت خیلی بالا بـرود موجب ایجاد طغیان[1] جریان می‌شود و امکان عمل جداسازی را سلب خواهد نمود.

۳-۲-۱۲-۵ شرایط شیر خام

وضعیت شیر خام نیز بر بازده جداسازی موثر است. از این نظر اندازه گویچه‌های چربی بسـیار مهم است. هر قدر گویچه‌های چربی ریزتر باشد جداسازی آن‌ها بهتر انجام می‌گیرد. در عمل، ذرات چربی کوچک‌تر از $1\ \mu$ به سختی جدا می شوند.

معمولاً اندازه گویچه‌های چربی به شرایط هم‌زدن، پمپ‌کردن، کف‌کردن آن بستگی دارد.

اسیدیته شیر نیز در جداسازی مؤثر است. در صورت ترش بودن شیر ممکن اسـت بعـد از خامه‌گیری ماده خشک آن به علت رسوب پروتئین‌ها پایین بیاید.



شکل ۳-۱۸ تأثیر سرعت دورانی بر جداسازی چربـی بـا قطـر (○)۰/۱ μm ، (Δ) ۲ μm، (□)۵ μm (رابینسون، ۱۹۹۴ a)

1. Flooding

۳-۲-۱۲-۶ خرابی سانتریفیوژ

سانتریفیوژ ممکن است به علت نواقص مختلف عملکرد خوبی نداشته باشد. مهم‌ترین و شایع ترین موارد نقص در سپراتور عبارت است از :

۱. کاهش سرعت سانتریفیوژ به دلایل چرب شدن افت کلاج یا فرسوده شدن آن.
۲. سر و صدای زیاد که می‌تواند به دلایل ذیل باشد:
   الف) وضعیت استقرار سانتریفیوژ تراز نیست.
   ب) بسته شدن دیسک‌ها خوب انجام نگرفته و دیسک‌ها پاره شده‌اند.
   ج) سرعت تغذیه شیر خام بالاست.
   د) شیر مقدار زیادی هوا دارد.
   هـ) واشرها و رابط‌های دستگاه صدمه دیده‌اند.

۳-۳ هوموژنیزاسیون[1]

هوموژنیزاسیون شیر عملی است که طی آن گویچه‌های بزرگ چربی به ذرات کوچک‌تر خرد می‌شوند و هدف اصلی آن ایجاد یک حالت پایدار در امولسیون چربی است که در مقابل سرشیربندی تحت تاثیر نیروی وزن قرار دارند.

با بالا آمدن چربی شیر، جداسازی آن از شیر پس‌چرخ فراهم می‌شود. با این حال در برخی فراورده‌ها مانند شیر نوشیدنی، شیر کاکائو، خامه و بستنی این ویژگی خوبی نیست و باید به روشی از تشکیل خامه در سطح فراورده جلوگیری شود. از آن جا که مطابق قانون استوک سرعت صعود به اندازه قطر گویچه‌ها بستگی دارد، بنابراین، با خرد کردن چربی می‌توان از سرعت حرکت آن‌ها تا حدی کاست که این عمل توسط دستگاه هوموژنایزر انجام می‌شود.

عمل هوموژنیزاسیون یا یکنواخت کردن چربی شیر یک فرایند مکانیکی است. به این ترتیب، شیر با فشار از میان یک مجرای بسیار باریک عبور داده شده و گویچه‌های چربی که در حالت طبیعی قطر متوسط ۳-۴ میکرومتر دارند تا حدود μm ۱ خرد می‌شود.

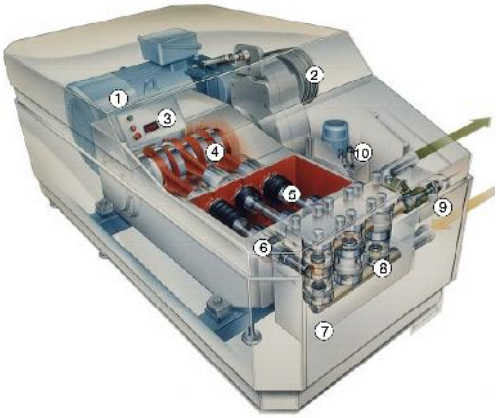
1. Homogenisation

۳-۳-۱ دستگاه هوموژنایزر

در سال ۱۸۹۹ برای اولین بار یک محقق فرانسوی به نام گائولین[1] فرایندی را برای پایدار نگه داشتن مایعات چند فازه ابداع نمود که بعدها اساس هوموژنیزاسیون را تشکیل داد و مهم‌ترین کاربرد آن در فرایند شیر است.

اجزای اصلی دستگاه هوموژنایزر از یک پمپ سه پیستونی و بخشی به نام هد[2] تشکیل شده است. پمپ پیستونی با جریان الکتریکی به کار می‌افتد و نیروی موتور از طریق میل لنگ و میله ارتباطی به صورت حرکت متناوب رفت و برگشتی به پیستون‌ها منتقل می‌شود.

پیستون‌ها در داخل سیلندرها تحت فشار بالا کار می کنند. با درزبندی مضاعف توسط دو عدد رینگ برای هر پیستون از نشت روغن به داخل فراورده جلوگیری می‌شود. از سوی دیگر، برای خنک شدن پیستون‌ها آب در اطراف آن‌ها گردش دارد.



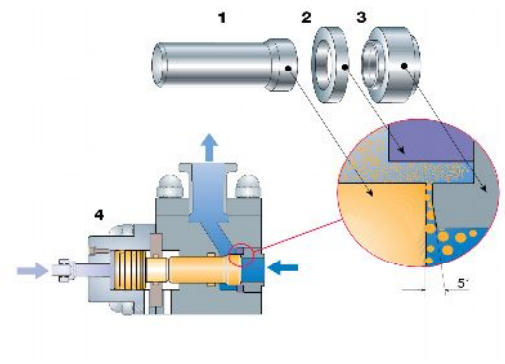
۱. **موتور اصلی**
۲. **تسمه انتقال نیرو**
۳. **فشارسنج**
۴. **میل لنگ**
۵. **پیستون**
۶. **کارتریج حامل پیستون**
۷. **محافظ پمپ استیل**
۸. **دریچه‌ها**
۹. **هد هموژنایزر**
۱۰. سیستم ایجاد فشار هیدرولیکی

شکل ۳-۱۹ نمای ساختمان دستگاه هوموژنایزر (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

هوموژنایزر دریچه مخصوصی است که عمل هوموژنیزاسیون در آن انجام می‌شود و به اشکال مختلف هد مسطح، دندانه‌دار و هد مخروطی موجود است. اندازه شکاف هد قابل تنظیم است و در واقع فشار هوموژنایزر را کنترل می‌کند. به این ترتیب، با بستن شکاف هد، فشار دستگاه را بالا می‌برند که این عمل در صنعت، بار دادن نامیده می‌شوند.

1. Gaulin
2. Head

فراورده برای یکدست شدن وارد محفظه پمپ سه پیستونی مـی گـردد. پمـپ پیسـتونی فشار شیر را از حدود ۳ بار تا ۲۰۰ بار افزایش می‌دهد و به هد هوموژنایزر با فشار بالا هدایت می‌کند. این فشار را فشار پشتی[1] می‌نامند. در پشت هد، از یک سیسـتم هیـدرولیکی کـه در آن روغن توسط پمپ ویژه به جریان در می‌آید و موجب ایجاد فشار در پیستون هیدرولیکی و مقابله با فشار پشتی هوموژنایزر می‌گردد، استفاده می‌شود.



شکل ۳-۲۰ اجزای هد هوموژنایزر(آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

۱) میله نگه‌دارنده ۲) حلقه ارتباطی ۳) حلقه اصلی هد ۴) شمای کلی هد

شیر با فشار بالا و سرعت پایین به قطعه فشار برخورد می‌کند و از روزنه باریک بین حلقه اتصالی و هد عبور می‌کند. در واقع بسته بودن مسیر و وجود یک روزنه کوچک، موجب فشـار بالای مقابل هد را ایجاد می‌کند. بر طبق قانون برنولی می‌توان گفت:

$$P + ۱/۲\,\rho v ۲ = c$$

بنابراین، مجموع انرژی فشاری و جنبشی در سیستم ثابت است. در جلوی هد، فشار شـیر که همان فشار هوموژنیزاسیون است، بالا و سرعت آن به لحاظ ناچیز بودن قابل اغماض است. با عبور آن از شکاف باریک که پهنای آن تقریباً ۰/۱ میلی متر (۱۰۰ برابر اندازه گویچـه‌هـای چربی در شیر هوموژنیزه) است، سرعت یکباره افزایش می یابد و فشار پایین می‌آیـد. بعـد از عبور مایع از هد، سرعت پایین آمده و بخشی از انرژی جنبشی دوباره به انرژی فشاری تبدیل شده و مازاد انرژی به علت وجود اصطکاک به گرما تبدیل می‌شود. در اثـر تـنش‌هـای آنـی و

1. Back pressure

شدید ایجاد شده، اجزای مایع خرد و به صورت همگن در می‌آیند. هر ۴۰ بار فشار بر هد، دمای فراورده را یک درجه سانتی‌گراد بالا می‌برد.

۳-۳-۲ فرضیه‌های هوموژنیزاسیون

درباره سازوکار هوموژنیزاسیون فرضیه‌های زیادی ارائه شده است که دو مورد از آن‌ها بیشتر پذیرفته می‌شوند.

۳-۳-۲-۱ فرضیه تلاطم گردابی

بر اساس این نظریه، هنگام عبور مایع از داخل روزنه ، تعدادی گرداب ریز[1] در برابر جریان مایع به وجود می‌آید. هر قدر سرعت جریان بیشتر باشد اندازه گرداب‌ها کوچک‌تر می‌شود. تا زمانی که یک گویچه روغن به گرداب هم اندازه خود برخورد نماید، در اثر تلاطم ایجاد شده کشیده می گردد و به قطرات ریزتری شکسته می‌شود. این فرضیه آثار هوموژنیزاسیون در فشارهای مختلف بالا را توضیح می‌دهد، به طوری که فشار بالاتر با ایجاد گرداب ریزتر موجب خرد شدن بیشتر گویچه‌ها می‌شود.

۳-۳-۲-۲ فرضیه حفره[2]

بر اساس این فرضیه، در هنگام عبور مایع از داخل هد، فشار تا حد زیادی پایین می‌آید. به‌طوری که ممکن است مایع به جوش آید. بعد از عبور از هد، دوباره فشار بالا می‌رود و مایع از جوش می‌افتد. حباب‌های بخار ایجاد شده در این حالت پس از مدتی می‌ترکند و شوک امواج ایجاد شده در اثر ترکیدن حباب هوا، موجب شکسته شدن گویچه‌های چربی می‌شود.

۳-۳-۳ اثر هوموژنیزاسیون

مطابق مطالب گفته شده، هوموژنیزاسیون موجب شکسته شدن گویچه‌های چربی می‌گردد. قطر گویچه‌های چربی شیر خام بین ۱ μm تا ۸-۱۰ μm متغیر است و به طور متوسط μm ۳-۴ در نظر گرفته می‌شود. در اثر هوموژنیزاسیون قطر گویچه‌ها به حدود μm ۱-۱/۵ تقلیل می‌یابد و تعداد آن‌ها مطابق فرمول ذیل بیشتر می‌شود:

$$P = \frac{D^3}{d}$$

1. Micro whirl
2. Cavitation

P= تعداد گویچه‌های چربی بعد از هوموژنیزاسیون؛

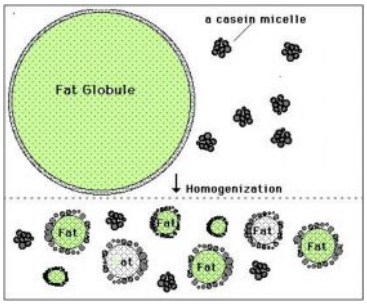
D= قطر گویچه‌های چربی قبل از هوموژنیزاسیون؛

d= قطر گویچه‌های چربی بعد از هوموژنیزاسیون.

در اثر این کار سطح گویچه‌های چربی افزایش یافته و مطابق فرمول ذیل به حدود ۴ برابر اولیه می‌رسد.

$$\text{سطح کل} = \frac{۶۷ \times F}{d} (m^{۲}/\ell.t) \qquad F = \text{درصد چربی}$$

سطوح جدید قطره‌های ریز چربی تشکیل شده باید توسط غشای جدید احاطه شوند. برای این کار، پروتئین‌های شیر (به‌طور عمده کازئین) جذب سطح گویچه‌های جدید می‌شوند (شکل ۳-۲۱). کازئین حدود نصف مواد موجود در غشاهای جدید را تشکیل می‌دهد و بقیه از مواد تشکیل‌دهنده غشای اولیه و جز این‌ها هستند. برای انجام یک هوموژنیزاسیون مؤثر، به ازای هر گرم چربی حداقل ۰/۲ گرم کازئین باید وجود داشته باشد. این مطلب در مورد فراورده‌هایی که میزان چربی بالا و محتوای پروتئینی پایینی دارند مانند خامه غلیظ حایز اهمیت است (لارسن و فرایبورگ، ۱۹۹۰).



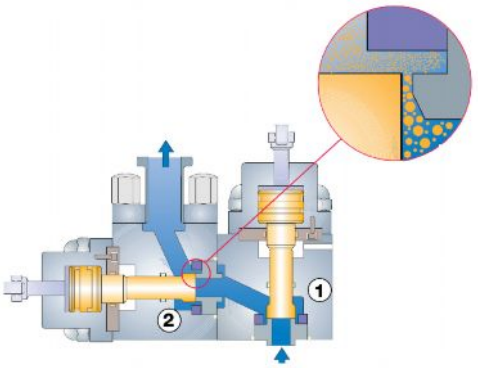
شکل ۳-۲۱ تغییر غشای گویچه‌های چربی توسط هوموژنیزاسیون (والسترا و همکاران، ۲۰۰۶).

در غیر این صورت، (کمبود مواد غشای لازم) گویچه‌های خرد دوباره به هم می‌پیوندند و به این ترتیب، خرد شدن گویچه‌های چربی همیشه با محدودیت فیزیکی وجود مواد پروتئینی کافی روبه‌رو است. اندازه میسل‌های کازئین هنگام هوموژنیزاسیون معمولاً تغییری نمی‌کند، فقط میسل‌های خیلی بزرگ شکسته می‌شوند و اجزای حاصل دوباره به هم می‌پیوندند.

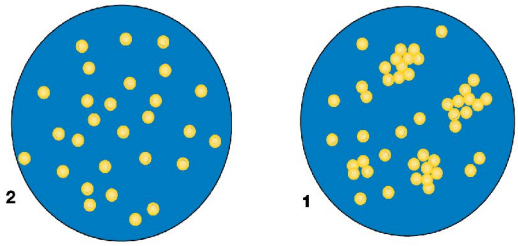
۳-۳-۴ هوموژنیزاسیون یک یا دو مرحله‌ای

دستگاه هوموژنایزر ممکن است به صورت یک مرحله‌ای یا دو مرحله‌ای عمل کند. در سیستم تک مرحله‌ای تمام فشار در یک سری استفاده می‌شوند. فشار کل بین مرحله اول و مرحله دوم به نسبت ۷۰-۸۰ درصد در مرحله اول به ۲۰-۳۰ درصد در مرحله دوم تقسیم می‌شود.

شکل ۳-۲۳ تغییرات گویچه‌های چربی پس از هوموژنیزاسیون یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای را نشان می‌دهد. در صورت استفاده از هوموژنایزر یک مرحله‌ای فرایند در مرحله سوم با خوشه‌ای شدن[1] گویچه‌های چربی پایان می‌گیرد، بنابراین، گرانروی فراورده بیشتر بالا می‌رود. در صورتی که در هوموژنیزاسیون دو مرحله‌ای ذرات چربی خوشه‌ای شده دوباره از هم جدا می‌شوند.



شکل ۳-۲۲ نمای ساختمان هد در هوموژنیزاسیون دو مرحله‌ای (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)



شکل ۳-۲۳ گلبول‌های چربی پس از هوموژنیزاسیون یک مرحله‌ای (۱) و دو مرحله‌ای (۲).

بر این اساس می‌توان گفت که موارد کاربرد هوموژنیزاسیون یک مرحله‌ای عبارتند از:

1. Clustering

۱. هوموژنیزاسیون فراورده‌هایی که محتوای چربی پایین دارند.
۲. هوموژنیزاسیون فراورده‌هایی که می‌خواهیم گرانروی بالاتری داشته باشند.

و هوموژنیزاسیون دو مرحله‌ای که در اصل برای شکستن خوشه‌های چربی حاصل از مرحله اول به کار گرفته می‌شوند، در موارد ذیل مفیدترند:

۱. هوموژنیزاسیون فراورده‌هایی که چربی بالایی دارند، مانند خامه غلیظ.
۲. هوموژنیزاسیون فراورده‌هایی که مقدار ماده خشک بالایی دارند، مانند شیر غلیظ و بستنی.
۳. فراورده‌هایی که بخواهیم گرانروی پایین داشته باشند.
۴. فراورده‌هایی که بخواهیم ثبات کلوئیدی بالاتری داشته باشند.

۳-۳-۵ عوامل مؤثر در هوموژنیزاسیون

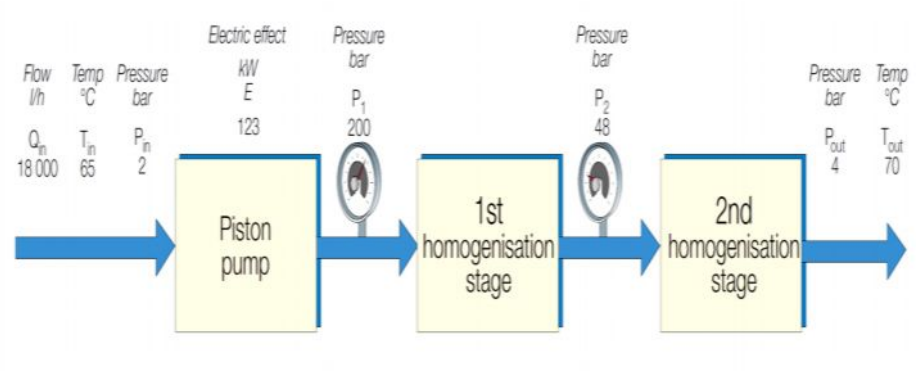
به طور کلی، مهم‌ترین عوامل مؤثر در هوموژنیزاسیون عبارت‌اند از:

۳-۳-۵-۱ فشار هوموژنیزاسیون

با افزایش فشار هوموژنیزاسیون، اندازه ذرات حاصل کوچک‌تر می‌شود و عمل یکنواخت شدن چربی بهتر انجام می‌گیرد. فشار مورد استفاده معمولاً بین ۱۰۰ تا ۲۵۰ بار است که به نوع فراورده بستگی دارد. در هوموژنیزاسیون دو مرحله‌ای فشار در دو مرحله اعمال می‌گردد. بنا بر تحقیقات انجام شده شیر زمستانه به فشار هوموژنیزاسیون کمتری در مقایسه با شیر تابستانه برای درجه هوموژنیزاسیون مساوی نیاز دارد (معمولاً اختلاف حدود ۲۵ بار است) که علت این امر را می‌توان به شکننده‌تر بودن چربی شیر زمستانه نسبت داد.

۳-۳-۵-۲ دمای شیر

هوموژنیزاسیون زمانی بیشترین تأثیر را دارد که چربی به صورت مایع باشد. در هوموژنیزاسیون سرد شیر، چربی حالت جامد دارد، بنابراین، عملیات هوموژنیزاسیون مؤثر نخواهد بود. از سوی دیگر، گرانروی فراورده در حالت جامد بیشتر است و افت انرژی بیشتری خواهد داشت. با بالا رفتن دما، پراکنده شدن ذرات چربی بیشتر می‌شود و گرانروی فراورده کاهش می‌یابد. بنابراین، دمای معمول در هوموژنیزاسیون بین ۵۵- ۸۰ درجه سانتی‌گراد است.



شکل ۳-۲۴ انرژی، دما و فشار در یک نمونه هوموژنیزاسیون(آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

۳-۳-۵-۳ ترکیب فراورده

همان طور که گفته شد، برای انجام یک هوموژنیزاسیون باید در مواد پروتئینی به‌طور عمده کازئین به غلظت لازم (غلظت طبیعی شیر) وجود داشته باشد. بنابراین، فراورده‌های با غلظت چربی بالا مانند خامه خیلی غلیظ به علت کم بودن میزان پروتئین‌ها و تمایل ذرات چربی به توده‌ای شدن خیلی خوب هوموژنیزه نمی‌شوند.

۳-۳-۶ روش‌های ارزیابی فرایند هوموژنیزاسیون

به طور کلی، روش استانداردی برای ارزیابی کارایی هوموژنیزاسیون فراورده هوموژنیزه وجود ندارد. سازمان بهداشت و درمان امریکا شیر هوموژنیزه را این گونه تعریف می‌کند:

شیر هوموژنیزه شیری است که بعد از ۴۸ ساعت ساکن ماندن، تشکیل سرشیر ندهد.

روشی که از دیر باز از آن برای بررسی تأثیر هوموژنیزاسیون استفاده می‌شده به این ترتیب است که یک لیتر نمونه شیر هوموژنیزه را به مدت ۴۸ ساعت نگهداری می‌کنند. پس از این مدت درصد چربی را در ۱۰۰ میلی لیتر از سطح بالای نمونه تعیین می‌کنند. سپس میزان چربی باقی مانده تحتانی فراورده را اندازه می‌گیرند و بنا بر فرمول ذیل شاخص هوموژنیزاسیون را مشخص می‌کنند:

$$\text{شاخص هموژنیزاسیون} = \frac{(\text{درصد چربی تحتانی} - \text{درصد چربی فوقانی})}{\text{درصد چربی تحتانی}} \times ۱۰۰$$

حداکثر مقدار شاخص همگن سازی ۱۰ درصد است.

روش دیگر ارزیابی، کارایی همگن سازی روش نیزو[1] است. در این روش حدود ۲۵ میلی‌لیتر نمونه را به مدت ۳۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰ rpm در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد با شعاع ۲۵۰ میلی‌متر سانتریفیوژ می‌کنند. سپس محتوای چربی ۲۰ میلی‌لیتر از پایین نمونه اندازه گرفته می‌شود و به محتوای چربی کل نمونه تقسیم می‌شود. نتیجه در عدد صد ضرب شده که به شاخص نیزو معروف است. بر این اساس، شاخص نیزوی شیر پاستوریزه در حدود ۵۰-۸۰ است.

۳-۳-۷ موقعیت دستگاه هوموژنایزر در خط تولید شیر پاستوریزه یا استریل

معمولاً دستگاه هوموژنایزر را در بالا دست[2] مسیر یعنی قبل از فرایند حرارتی اصلی قرار می‌دهند. به این ترتیب، شیر بعد از دیدن حرارت مقدماتی در قسمت بازیافت حرارتی پاستوریزاتور وارد هوموژنایزر می‌شود و بعد از همگن شدن چربی‌ها به مرحله پاستوریزاسیون اصلی می‌رسد.

دستگاه هوموژنایزر در تولید شیر فرادما[3] در سیستم غیر مستقیم (به وسیله مبدل حرارتی) در بالادست مسیر قرار داده می‌شود اما در سیستم استریلیزاسیون مستقیم یا سیستم اسپتیک، دستگاه را همیشه در پایین‌دست[4] مسیر و بعد از عملیات فرادما قرار می‌دهند زیرا ممکن است پروتئین‌ها لخته شده و در این صورت عملیات هوموژنیزاسیون بعد از فرایند، آن‌ها را دوباره خرد خواهد کرد.

۳-۳-۸ آثار هوموژنیزاسیون بر فراورده‌های شیر

مهم‌ترین آثار مفید هوموژنیزاسیون شیر عبارت است از :

الف) ممانعت از دو فاز شدن شیر و تشکیل سرشیر در آن

هوموژنیزاسیون در واقع برای ممانعت از صعود گویچه‌های چربی به عنوان هدف اصلی انجام می‌شود.

1. Nizzo
2. Upstream
3. UHT
4. Downstream

۳-۳-۸- ۲ افزایش گرانروی فراورده

هوموژنیزاسیون موجب می شود گرانروی شیر تا حدود ۱۰ درصد افزایش یابد. همچنین، اثر مشابهی بر خامه دارد و بافت آن را سفت‌تر می‌کند. در این حالت فراورده غلیظ به نظر می‌رسد و بازارپسندی آن افزایش می‌یابد. این مسئله به افزایش سطح چربی و خوشه‌ای شدن آن‌ها بر می‌گردد.

۳-۳-۸- ۳ سفید تر شدن رنگ فراورده

هوموژنیزاسیون با خرد کردن گویچه‌های چربی و افزایش پخش نور موجب سفیدتر شدن رنگ فراورده می‌شود و در نتیجه فراورده اشتها برانگیزتر خواهد شد. اما اگر خرد شدن گویچه‌های چربی بیشتر از حد μm ۱ صورت بگیرد، در این صورت از شدت رنگ سفید کاسته خواهد شد.

۳-۳-۸- ۴ بهبود طعم

شیر هوموژنیزه به علت پخش گویچه‌های چربی طعم بهتری از خود نشان می‌دهد. با این حال در دماهای پایین و در فصل زمستان شیر هوموژنیزه ممکن است طعم گچی از خود نشان بدهد که علت آن شاید خوشه‌ای شدن گویچه‌های چربی پوشش داده شده با پروتئین‌هاست.

۳-۳-۸-۵ افزایش قابلیت هضم چربی شیر

با خرد شدن گویچه‌های چربی قابلیت هضم و جذب شیر هوموژنیزه افزایش می‌یابد.

۳-۳-۸-۶ کاهش حساسیت به اکسیداسیون چربی

هوموژنیزاسیون عامل بسیار مهمی در کاهش طعم اکسیده ناشی از مس است. علت این مسئله هنوز به درستی مشخص نشده ولی نظریه‌های مختلفی در این باره داده شده است. از جمله، افزایش سطح همه گویچه‌های چربی و جذب سطحی پروتئین‌ها در غشاهای جدید منجر به کاهش غلظت مس و فسفولیپیدها در غشاء می‌گردد. این مواد، عوامل تشدیدکننده اکسیداسیون هستند.

نظریه دیگر بیان می‌کند که اجزای غشای چربی که بعد از هوموژنیزاسیون وارد سرم شیر می‌شوند مانند یک تله هستند و سوپراکسیدهای موجود را جذب می‌کنند. در غیر این صورت، اکسیداسیون در اسیدهای چرب غیراشباع آغاز می شود و با توالی زنجیری طعم اکسیده در فراورده ایجاد می کند (مرتضوی و همکاران، ۱۳۷۴).

شیر هوموژنیزه حساسیت کمتری به اکسیداسیون نوری چربی نیز از خود نشان می دهد که علت آن افزایش پخش نور در این حالت مربوط می شود.

۳-۳-۸-۷ افزایش استحکام دلمه ماست

شیر هوموژنیزه ماست با استحکام بالاتری را تولید می‌کند. آب‌اندازی ماست کمتر شده و گرانروی آن نیز افزایش می یابد. علت این مسئله به اتصال گویچه‌های چربی و ملکول‌های کازئین به هم و تشکیل شبکه سه بعدی قوی‌تر بر می‌گردد.

مهم‌ترین معایب هوموژنیزاسیون عبارت است از:

۳-۳-۸-۸ افزایش حساسیت چربی به لیپولیز

شیر هوموژنیزه نسبت به آبکافت چربی از سوی آنزیم‌های لیپاز فوق‌العاده حساس است و در صورت هوموژنیزاسیون شیر خام یا مخلوط کردن شیر خام با شیر استریل، طعم تندی به سرعت در آن گسترش می‌یابد. علت این مسئله نفوذپذیری بیشتر غشاهای جدید به آنزیم لیپاز است که بر خلاف غشاهای اولیه اثر بازدارندگی چندانی در برابر لیپاز ندارند. فرایند حرارتی مطلوب شیر بلافاصله بعد از هوموژنیزاسیون تنها راه حل این مورد است.

۳-۳-۸-۹ گسترش آلودگی میکروبی

هوموژنیزاسیون با پخش توده‌های میکروبی در سراسر فراورده، موجب آلودگی می‌شود.

۳-۳-۸-۱۰ نرم شدن دلمه پنیر و افزایش رطوبت آن

هوموژنیزاسیون شیر خام موجب می‌شود که دلمه پنیر تولید شده از آن بافت نرم‌تری داشته و خروج آب پنیر به کندی انجام گیرد. علت این مسئله اتصال ذرات پروتئینی به گویچه‌های چربی و نگه داشتن چربی بیشتر در داخل دلمه است که موجب کاهش تراوایی آن نسبت به آب پنیر می‌شود.

۳-۳-۸-۱۱ مصرف انرژی بیشتر

گفتنی است که هوموژنیزاسیون شیر به هر حال با مصرف انرژی و صرف هزینه همراه است. انرژی لازم برای هوموژنیزاسیون با فرمول ذیل تعیین می‌شود:

$$E_m = \frac{Q_{in} \times (p_۱ - p_{in})}{۳۶۰۰۰ \times \eta_p \times \eta_m} (Kw$$

E= انرژی موتور؛ Q_{in}= ظرفیت تغذیه (L/h)؛P_1= فشار هوموژنیزاسیون (bar)؛ p_{in} = فشار پمپ (bar)؛ η_p= ضریب کارائی پمپ؛ η_m= ضریب کارایی موتور برقی

با فرض مقادیر ۱۸۰۰، ۲۰۰، ۲، ۸۵ درصد و ۹۵ درصد به ترتیب برای Q_{in}، P_1، P_{in}، η_p و η_m، مقدار نیروی الکتریکی لازم برای هوموژنیزاسیون ۱۳۳ Kw است. البته مقداری از این انرژی صرف افزایش دمای فراورده خواهد شد و مطابق فرمول‌های زیر قابل محاسبه است (آلفا لاوال/تتراپک، ۱۹۹۵):

$$T_{out} = \frac{P_۱ - P_{out}}{۴۰} + T_{in}$$

$$\Delta T = \frac{p_۱}{C\,\ell}$$

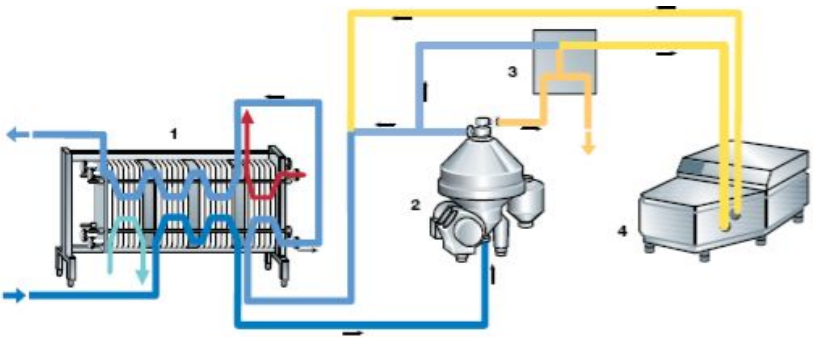
Tin = دمای ورودی

Tout= دمای خروجی

C = گرمای ویژه

ℓ = دانسیته فراورده

گفتنی است که برای کاهش انرژی مصرفی و افزایش ظرفیت هوموژنایزر گاهی به جای هوموژنیزاسیون کامل شیر از فرایند هوموژنیزاسیون جزئی استفاده می‌شود. برای این کار فقط خامه اختلاطی هوموژنیزه می‌گردد و به حجم کل شیر اضافه می‌شود (شکل ۳-۲۵).



شکل ۳-۲۵ هوموژنیزاسیون جزئی (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

۱. پاستوریزاتور، ۲. سپراتور، ۳. سیستم استاندارد کردن، ۴. هوموژنایزر

۳-۴ پاستوریزاسیون

گرچه از قرن‌ها پیش اهمیت جوشاندن شیر در افزایش ماندگاری آن مشخص شده بود اما تا اواخر قرن نوزدهم فرایند حرارتی شیر بویژه در تولید فراورده‌هایی مانند پنیر و کره چندان جدی گرفته نمی‌شد. با این حال، گاهی اوقات بیماری‌هایی مانند سل، حصبه و تب مالت توسط شیر منتقل می‌شد. تا این که در سال ۱۸۶۰ لویی پاستور دانشمند شهیر فرانسوی با تحقیقات خود دریافت که حرارت موجب از بین رفتن میکروارگانیسم‌های مضر می‌شود و سرانجام عملیات حرارتی «پاستوریزاسیون» را به عنوان یک روش نگهداری ابداع نمود. از روش پیشنهادی پاستور به تدریج در مراکز تولیدی مختلف استفاده شد و امروزه در جهان برای شیر و دیگر فراورده های غذایی کاربرد دارد.

۳-۴-۱ اساس پاستوریزاسیون

فدراسیون بین‌المللی لبنیات، پاستوریزاسیون را این‌چنین تعریف می‌کند: پاستوریزاسیون عبارت است از استفاده از فرایند حرارتی به منظور کم کردن خطرهای ناشی از میکروارگانیسم‌های بیماری زا که با کمترین تغییرات شیمیایی، فیزیکی و حسی در فراورده همراه باشد.

مهم‌ترین اهداف پاستوریزاسیون شیر عبارت است از:

۱. از بین رفتن تمام میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و بخش عمده (بالغ بر ۹۰ درصد) میکروب‌های عامل فساد.
۲. ایجاد کمترین تغییرات فیزیکی- شیمیایی (دناتوراسیون پروتئین‌ها، بر هم خوردن تعادل نمکی) و تغییرات بیو شیمیایی (تخریب ویتامین‌ها و آنزیم‌های مفید)، پایین آمدن ارزش غذایی و تغییرات نامطلوب میکروبی در اثر حرارت دادن فراورده.

با توجه به مطالب گفته شده شیر پاستوریزه باید ضمن حفظ کیفیت اولیه، بدون میکروب‌های بیماری‌زا و بر طبق استاندارد تعداد همه باکتری‌های موجود در آن حداکثر ۱۰×۳۰ باشد تا ماندگاری لازم (به مدت یک هفته در شرایط یخچال) در آن تأمین شود.

بدیهی است با توجه به کاهش اعشاری میکروارگانیسم‌ها در اثر حرارت زمانی می‌توان به چنین استانداردی در شیر پاستوریزه دست یافت که شمارش میکروبی اولیه شیر خام پایین باشد. به طور کلی، استاندارد میکروبی شیر خام مطابق جدول۳-۱ بیان می‌شود.

جدول ۳-۱ درجه‌بندی شیر خام بر اساس جمعیت باکتریایی (استاندارد ملی ایران شماره ۲۴۰۶، ۱۳۸۰)

جمعیت باکتریایی (کلنی در میلی لیتر)	درجه‌بندی
کمتر از ۲۰۰/۰۰۰	خیلی خوب
۲۰۰/۰۰۰ الی ۱/۰۰۰/۰۰۰	خوب
۱/۰۰۰/۰۰۰الی ۵/۰۰۰/۰۰۰	متوسط
بیشتر از ۵/۰۰۰/۰۰۰	ضعیف

با توجه به پایین بودن کیفیت میکروبی شیر خام در بیشترین کارخانه‌ها، برای رسیدن به حد استاندارد شیر پاستوریزه، از فرایند حرارتی شدیدتر از تعریف پاستوریزاسیون استفاده می‌کنند. ولی با افزایش دمای پاستوریزاسیون کیفیت شیر به این دلایل پایین می‌آید:

۱. از بین رفتن مواد بازدارنده رشد میکروبی طبیعی موجود در شیر مانند پراکسیداز و آگلوتینن‌ها.
۲. تحریک جوانه‌زنی اسپورها در اثر حرارت بالای ۸۰ درجه سانتی‌گراد.
۳. تغییر فلور میکروبی شیر با از بین رفتن باکتری‌های اسید لاکتیک به عنوان باکتری‌های رقیب و ممانعت کننده از رشد میکروب‌های اسپورزا و در نتیجه مساعد شدن زمینه برای فعالیت میکروب‌های مضر.
۴. تغییرات نامطلوب فیزیکی شیمیایی مانند دناتوراسیون پروتئین‌های سرمی، به هم خوردن تعادل نمکی، ایجاد طعم پختگی و تخریب ویتامین‌ها.

با توجه به مطالب گفته شده می‌توان نتیجه گرفت که بالا بردن شدت فرایند حرارتی برای پاستوریزاسیون شیر با محدودیت‌های متعددی روبه‌روست. اول این که کیفیت شیر خام باید از نظر میکروبی مطلوب باشد و هر شیری قابل پاستوریزاسیون نیست و دوم باید دمای پاستوریزاسیون به نحوی انتخاب شود که با رسیدن به اهداف مورد نظر و از بین رفتن میکروب‌های بیماریزا و کاهش بار میکروبی به زیر حد استاندارد، از تغییرات نامطلوب گفته شده نیز جلوگیری کرد. در نهایت می‌توان از روش‌های اصلاحی برای بهبود کیفیت شیرهای خام آلوده استفاده نمود که در ادامه توضیح داده می‌شود.

۳-۴-۲ روش‌های اصلاحی برای بهبود کیفیت شیرهای خام

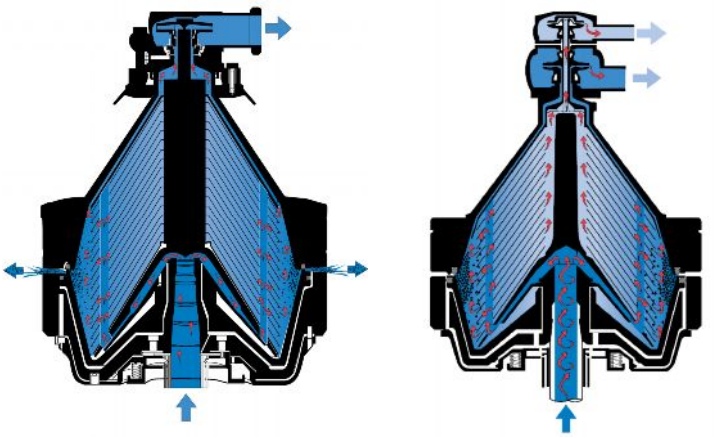
مهم‌ترین روش‌های مورد استفاده برای اصلاح کیفیت میکروبی شیرهای آلوده عبارت‌اند از:

۳-۴-۲-۱ باکتو فوگاسیون[1]

باکتوفوگاسیون، عملی است که طی آن میکرو ارگانیسم‌های موجود در شیر با استفاده از نیروی گریز از مرکز جدا می‌شوند برای این کار از سانتریفیوژهای مخصوصی به نام باکتوفیوژ استفاده می‌کنند. اصول کار باکتوفیوژ شبیه کلاریفایر است. به این ترتیب، بسیاری از باکتری‌ها چگالی بالاتر از شیر خام دارند و در میدان سانتریفیوژ تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز به کناره‌های محفظه هدایت می‌شوند. بر این اساس دو نوع باکتوفیوژ موجود است.

الف) باکتوفیوژ تک‌فازی که (شکل ۳-۲۶) فقط یک خروجی در بالا برای شیری که باکتری‌های آن کاهش یافته، دارد. در این نوع دستگاه‌ها، لاشه باکتری‌ها در محفظهٔ رسوب‌گیر واقع در بدنه دستگاه انباشته می‌شوند و در فواصل زمانی از بیش تعیین شده تخلیه می‌گردند.

ب) باکتوفیوژ دوفازی که دو خروجی در بالا دارد، یکی برای تخلیه مداوم لاشه باکتری‌ها و دیگری برای شیر تمیز.



شکل ۳-۲۶ باکتوفیوژ دوفازی و تک‌فازی (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

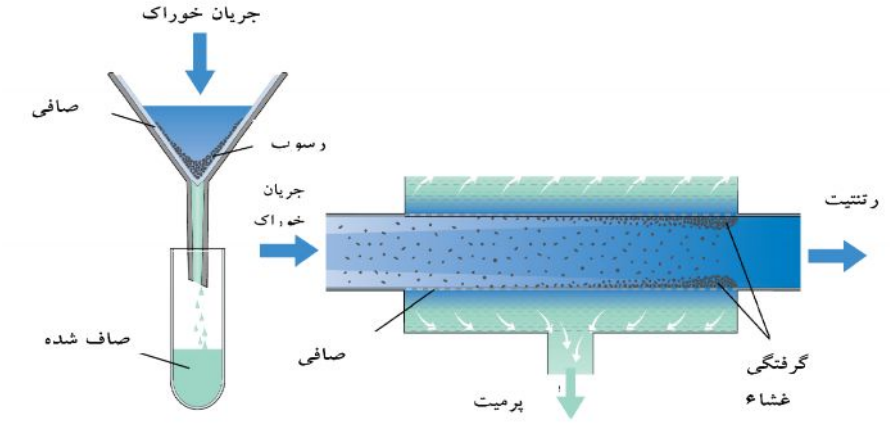
1. Bactofugation

لجن دفعی از باکتوفیوژها علاوه بر لاشه میکروب‌ها، حاوی مواد دیگری مانند مسیل‌های درشت کازئین نیز هستند، مقدار مادهٔ جدا شده از شیر حدود ۱۵ در صد (برای تک‌فازی) تا ۳ درصد (برای نوع دو فازی) هستند. دمای بهینه باکتوفوگاسیون ۵۵-۶۰ °C می‌باشد.

معمولاً از ۲ دستگاه باکتوفیوژ به صورت سری در خط تولید استفاده می‌شود که در این صورت تعداد میکروارگانیسم‌های موجود را می‌توان تا ۹۹ درصد کاهش داد. به رغم این، باکتوفوگاسیون به دلیل قیمت بالای آن کمتر در تولید شیر پاستوریزه استفاده می‌شود و کاربرد عمدهٔ آن در صنعت پنیرسازی است.

۳-۴-۲-۲ صاف کردن غشایی[1]

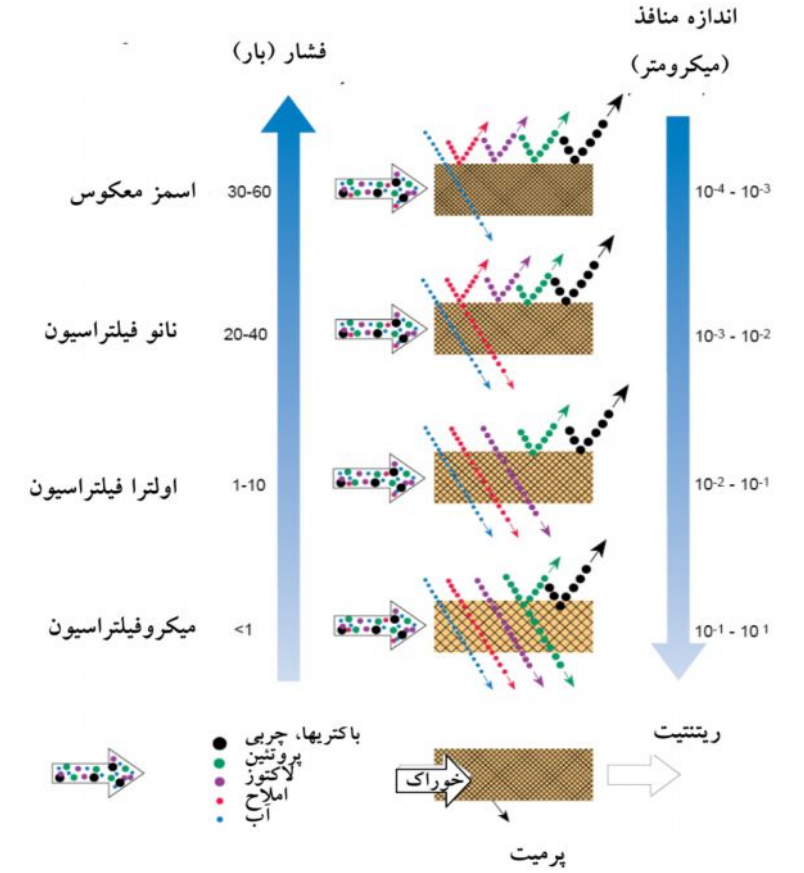
صاف‌کردن غشایی از ۳۰ سال پیش در صنایع لبنی کاربرد دارد و امروز در کارهای مختلف از آن استفاده می‌شود. در صاف کردن غشایی فراورده با فشار از میان صافی عبور می‌کند و بخشی که از مواد ریز ملکول تشکیل شده می‌توانند از غشاء نازک به صورت جریان متقاطع بگذرد که این قسمت را به اصطلاح پرمیت[2] یا فاز عبوری می‌نامند. بخش باقی‌مانده در داخل صافی به علت درشت بودن اجزا از صافی عبور نمی‌کنند فاز ماندگار یا رتنتیت[3] نامیده می‌شود.



شکل ۳-۲۷ تفاوت بین صاف کردن معمولی و صاف کردن غشایی (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

1. Membrane filtration
2. Permeate
3. Retentate

به‌طور معمول، عامل اصلی جداسازی در صافی‌های غشایی اندازه یا وزن ملکولی است. بر این اساس، صافی‌ها را بر حسب وزن ملکولی مواد عبوری یا کات-آف[1] طبقه‌بندی می‌کنند که نشان‌دهندهٔ وزن کوچک‌ترین ملکولی است که نمی‌تواند از میان غشا عبور کند. شکل ۳-۲۸ کاربرد صافی‌های غشایی را در صنایع لبنیات نشان می‌دهد.



شکل ۳-۲۸ مشخصات انواع روش‌های صاف کردن غشایی (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

اندازه فشار استفاده شده در صاف‌کردن غشایی به اندازهٔ منافذ صافی بستگی دارد، یعنی هر قدر اندازهٔ سوراخ‌های صافی ریزتر باشد فشار لازم برای عبور مایع نیز بیشتر است

1. Cut-off

(در شکل ۳-۲۸ میزان فشار ورودی مایع در سیستم‌های مختلف نشان داده شده است). از سوی دیگر، با عبور مایع از غشاء (حرکت مایع در طول غشاء) فشار افت می‌کند که این میزان افت فشار را در اصطلاح افت فشار هیدرولیکی می‌نامند. بنابراین، افت فشار هیدرولیکی برابر است با فشار ورودی (فشار در ورودی فراورده) منهای فشار خروجی (فشار در انتهای ممبران):

$$P_H = P_1 - P_2$$

فشار هیدرولیکی موجب حرکت مداوم مایع بر روی سطح غشایی می‌شود.

عبور مواد از داخل غشا، تحت تأثیر اختلاف فشار دیگری قرار می‌گیرد که به فشار ترانس ممبران (P_{TM})[1] معروف است. P_{TM} فشاری است که در غشا از طرف فراورده به طرف پرمیت در بیرون از غشا وارد می‌شود و موجب خروج پرمیت از صافی می‌گردد. مقدار این فشار در سراسر غشا متغیر است و مقدار آن در ابتدای صافی بیشتر و در انتهای صافی کمتر است، بنابراین در محاسبات میزان متوسط آن در نظر گرفته می‌شود که مطابق فرمول ذیل است:

$$P_{TM} = \frac{P_1 + P_2}{2} - P_3$$

۳-۴-۲-۲-۵ عوامل مؤثر در صاف کردن غشایی

به طور کلی ظرفیت صاف کردن غشایی به این موارد بستگی دارد:

۱. مقاومت غشا که خود به ضخامت غشا سطح تماس و قطر منافذ و نیز جنس غشا بستگی دارد.
۲. گرفتن غشا[2].

با استمرار عبور فراورده از غشا، مواد معلق سوراخ‌های غشاء را مسدود و موجب کور شدن صافی می‌گردند که در اصطلاح گرفتگی غشا نامیده می‌شود. این حالت معمولاً ابتدا در بخش ابتدای صافی و بعد بتدریج در تماس با سطح غشا گسترش می‌یابد که نتیجه آن کاهش ظرفیت صاف کردن است. سرانجام شرایطی در سیستم به وجود می‌آید که باید برای تمیز کردن آن را متوقف ساخت. برای کاهش اثر گرفتگی از سرعت جریان بالا استفاده می‌کنند تا

1. Trance membrane Pressure
2. Fouling

با وارد آوردن تنش برشی[1] بالا در سطح غشاء از انباشته شدن مواد جلوگیری شود. از سوی دیگر، در فواصل زمانی معین از جریان معکوس [2] آب (از بیرون صافی به طرف داخل آن) در خلاف جهت پرمیت استفاده می‌کنند تا رسوبات از منافذ خارج گردد.

۳. فشار اسمزی.

با تغلیظ مواد حل‌شده در داخل صافی، فشار اسمزی در آن بالا می رود و مقاومتی را در برابر جریان آب به طرف خارج از غشا (عبور از غشا) ایجاد می‌کند تا حالتی پیش می‌آید که به علت بالا رفتن زیاد از حد فشار اسمزی خروج پرمیت مختل می‌گردد. این حالت را در اصطلاح پلاریزاسیون تغلیظ[3] می‌نامند که بیشتر در اسمز معکوس مشهود است. به این جهت شار آب (دبی) طبق فرمول ذیل بیان می‌شود:

$$J = KA(P_H - \Delta\pi)$$

K= ضریب انتقال جرم، A= سطح صافی (m^2). $P_H =$ فشار هیدرولیکی. $\Delta\pi$ = فشار اسمزی که برابر $\Delta\pi = MRT$ می‌باشد. J= شار آب (Kg/h)، M= غلظت مولی، T= دمای مطلق و R= ثابت عمومی گازها

۴. صاف کردن همچنین به دما، گرانروی و ترکیب محلول بستگی دارد. معمولاً در صنایع لبنی از دمای حدود ۵۰ درجه سانتی‌گراد برای صاف کردن غشایی استفاده می کنند (دیداری و فرهنودی، ۱۳۷۹).

۵. اشکال فیلترهای غشایی.

فیلترهای غشایی به اشکال مختلف مانند مارپیچی، صفحه‌ای، لوله‌ای و فیبر توخالی طراحی و ساخته می‌شوند (جدول ۳-۲). جنس غشا می‌تواند از مواد مختلف مانند سرامیک، استات سلولز و مواد پلیمر (مانند پلی‌سولفوها، پلی‌آمیدها، پلی‌استیرن، پلی‌کربنات‌ها، پلی‌وینیل کلراید، پلی‌اترها) و استرهای سخت سلولزی باشد. مهم‌ترین ویژگی جنس غشا داشتن تخلخل زیاد به همراه پایداری مکانیکی و حرارتی بالا و قابلیت تمیز کردن و ضد عفونی کردن آن است.

1. Shear stress
2. Reverse flow
3. Concentration polarisation

جدول ۳-۲ کاربرد شکل‌های مختلف غشا در تکنیک‌های مختلف صاف‌کردن غشایی (مرتضوی و همکاران، ۱۴۷۴)

شکل فیلتر	فرایند
مارپیچی	RO, UF, NF
صفحه‌ای	UF, RO
لوله‌ای از جنس پلیمر	UF, RO
لوله‌ای از جنس سرامیک	MF, UF
فیبر میان تهی	UF

به طور کلی صافی‌های غشایی بر حسب اندازهٔ منافذ، فشار مورد استفاده و کاربردشان به انواع ذیل طبقه‌بندی می‌شوند:

۳-۴-۲-۲-۱ اسمز معکوس[1]

در اسمز معکوس اندازهٔ سوراخ‌های صافی به قدری ریز (10^{-4} – 10^{-3} μm) است که فقط مولکول‌های آب از آن عبور می‌کنند. بنابراین، مهم‌ترین کاربرد این تکنیک در تغلیظ مایعات مانند تغلیظ شیر، یا تغلیظ آب پنیر در استخراج لاکتوز است.

۳-۴-۲-۲-۲ نانو فیلتراسیون (NF)[2]

اندازهٔ فیلترهای نانو حدود m □ 10^{-3} – 10^{-2} است، یعنی علاوه بر آب مواد معدنی محلول و یون‌های تک ظرفیتی نیز قادرند از آن عبور کنند. کاربرد این روش در حذف املاح و مواد معدنی از محلول‌هاست. این نوع صافی‌ها برای تخلیص آب پنیر، پرمیت یا تغلیظ رتنتیت در سیستم فراپالایش استفاده قرار می‌شود.

۳-۴-۲-۲-۳ فرا پالایش (اولترافیلتراسیون)[3]

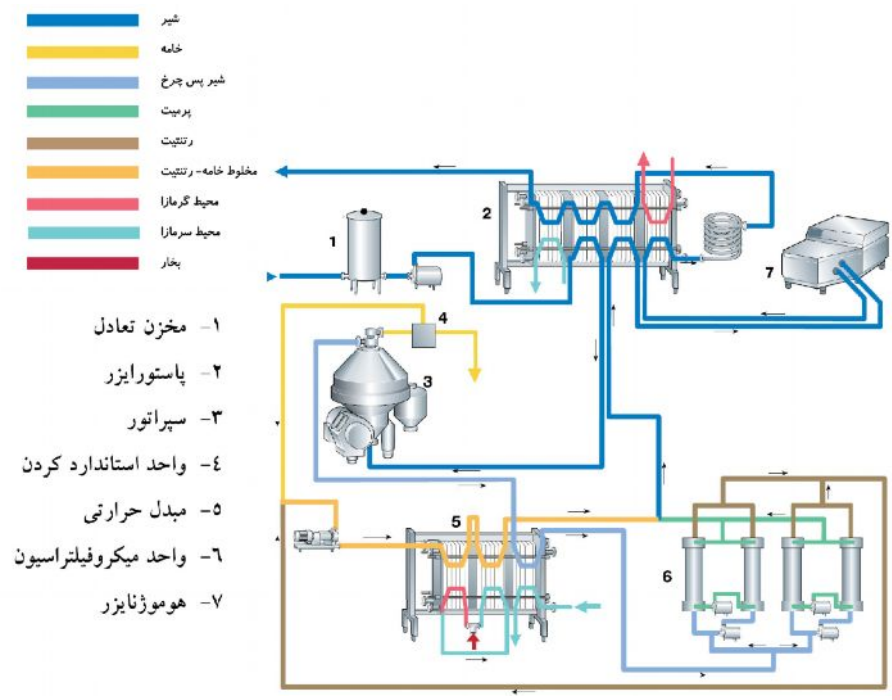
صافی‌های فراپالایش امروز کاربرد گسترده‌ای در صنایع غذایی پیدا کرده‌اند. در صنایع لبنی نیز امروزه برای پنیرسازی از آن استفاده می‌شود. اندازه صافی اولترا در حدود μ m 10^{-3} – 10^{-1} است، به طوری که به آب و مواد محلول از آن عبور می‌کنند، در صورتی

1. RO: Reverse osmosis
2. NF: Nano filtration
3. UF: Ultra filtration

که مولکول‌های درشت مانند پروتئین‌ها قادر به عبور از آن نیستند و در داخل صافی تغلیظ می‌شوند.

۳-۴-۲-۲-۴ میکرو فیلتراسیون[1]

صافی‌های میکرو منافذ به نسبت بزرگ‌تری (10^{-1} – ۱۰ μm) دارند. به طوری که اجزای محلول از آن عبور می‌کنند و فقط مولکول‌های درشت مانند گلبول‌های چربی، پروتئین‌های درشت مولکول، باکتری‌ها و مانند این‌ها باز داشته می‌شوند. مهم‌ترین کاربرد این سیستم در صنایع لبنی و در واقع کاهش بار میکروبی شیر پس‌چرخ و آب پنیر و نیز برای چربی‌گیری از آب پنیر، تهیه کنسانتره پروتئین‌های آب پنیر و جداسازی پروتئین‌هاست.



شکل ۳-۲۹ فرایند شیر همراه با میکرو فیلتراسیون(آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

1. MF: Micro filtration

با استفاده از غشاهای میکرو با سوراخ‌های ۱/۴ میکرون یا کمتر در حدود ۹۹/۵ الی ۹۹/۹ درصد باکتری‌ها و اسپورهای شیر را می‌توان کاهش داد. چون ممکن است گلبول‌های درشت چربی در سطح صافی گیر کنند و نگه داشته شوند، بنابراین، عملیات فوق فقط در مورد شیر پس‌چرخ انجام می‌شود. شیر پس‌چرخ خروجی از خامه‌گیر به میکروفیلتر هدایت می‌شود و با عبور از آن بیشتر میکروب‌ها گرفته می‌شود. در حدود ۵ درصد حجم ورودی به صافی به صورت رتنتیت در داخل صافی باقی می‌ماند که حاوی ۹-۱۰ درصد مادهٔ خشک است که بخش عمدهٔ آن لاشه میکروبی است. خامه و رتنتیت به مبدل صفحه‌ای فرستاده و در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ثانیه استریل می‌شود، سپس با شیر پس‌چرخ مخلوط شده و به عنوان شیر استاندارد بعد از هوموژنیزاسیون، در دمای ۷۲ درجه به مدت ۱۵ ثانیه پاستوریزه می‌گردد، بعد تا دمای ۴ درجه خنک می‌شود (شکل ۳-۲۹). در این حالت، به علت کاهش فوق‌العاده بار میکروبی شیر، فراورده ماندگاری بیشتری دارد. یعنی عمر انبارداری آن‌ها بیشتر از ۴۰-۴۵ روز است.

۳-۴-۲-۳ ترمیزاسیون[1] و تیندالیزاسیون[2]

ترمیزاسیون فرایند حرارتی به نسبت ملایمی است که به کم کردن تغییرات میکروبی و آنزیمی در طول نگهداری شیر خام انجام می‌گیرد. گاهی شرایطی در کارخانه پیش می‌آید که ظرفیت تولید کارخانه پاسخ‌گوی حجم بالای دریافت نیست و مجبور به نگهداری شیر به مدت در هستیم. در این حالت، حتی استفاده از حرارت‌های بسیار پایین برای نگهداری نیز کاملاً مؤثر نیست. بنابراین، در چنین شرایطی یک حرارت مقدماتی ملایم‌تر از پاستوریزاسیون در دمای ۵۷-۶۸ به مدت ۱۵ ثانیه به عنوان یک اقدام اضطراری روی شیر انجام می‌گیرد که ترمیزاسیون نامیده می‌شود. بعد از این فرایند بلافاصله شیر باید تا ۴ درجه سانتی‌گرادخنک و در این دما نگه داشته شود. به این ترتیب، از رشد شدید بار میکروبی در طول نگهداری شیر خام جلوگیری شده و در نتیجه اعمال این فرایند شیر خام را تا ۳ روز می‌توان نگهداری کرد. از سوی دیگر، برخی از محققان معتقدند که ترمیزاسیون اثر مطلوبی بر نابودی اسپور باکتری‌ها دارد. اما در هر حال به علت این که فرایند حرارتی مکرر بر کیفیت شیر آثار نامطلوبی دارد. بنابراین، ترمیزاسیون فقط در شرایط استثنایی باید انجام گیرد و

1. Thermisation
2. Tyndalisation

به‌طور کلی باید سعی کرد که شیر در زمان کمتر از ۲۴ ساعت پس از ورود به کارخانه پاستوریزه گردد.

تیندالیزاسیون فرایند حرارتی متناوبی است که طی آن تیمارهای حرارتی متوالی به منظور غیرفعال‌سازی اسپورها در شیر انجام می‌شود. تیندال در سال ۱۸۷۷ پیشنهاد کرد که با حرارت‌دادن محیط کشت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد در ۳ روز متوالی می‌توان ماندگاری آن را به میزان قابل توجهی افزایش داد. در اثر این کار ابتدا سلول‌های رویشی از بین می‌روند و اسپورها جوانه می‌زنند که در تیمار بعدی از بین خواهند رفت (ویلبی[1]، ۲۰۰۲).

۳-۴-۳ مبنای پاستوریزاسیون

به طور کلی معیارهای اساسی در انتخاب دمای پاستوریزاسیون عبارت‌اند از:

۳-۴-۳-۱ از بین رفتن مقاوم‌ترین میکروارگانیسم بیماری‌زا

مهم‌ترین میکروارگانیسم بیماری‌زا مقاوم به حرارت با احتمال حضور بالا در شیر مایکوباکتریوم توبرکولوزیس، عامل بیماری سل[2] است. این باکتری می تواند گاو را بیمار کند، بنابراین، احتمال حضور آن در شیر بالاست. شاخص زمان کاهش اعشاری در ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد ($D_{۱۵۰}$) آن مساوی ۳ الی ۴ درصد و شاخص مقاومت حرارتی (Z) آن ۸-۱۰ درجه فارنهایت است.

پاستوریزاسیون در اساس برای از بین بردن این باکتری پایه‌گذاری شد. و شامل دمای ۶۱/۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه بود. شکل ۳-۳۲ ترکیب دما و زمان لازم برای از بین بردن این باکتری را نشان می‌دهد.

از سال ۱۹۵۶ با کشف کوکسیلا بورنتی عامل بیماری تب Q مشخص شد که مقاومت حرارتی این باکتری کمی بیش از مایکوباکتریوم توبرکولوزیس است ($D_{۱۵۰}$ آن ۰/۵ تا ۰/۶ دقیقه است). به این جهت استاندارد پاستوریزاسیون از این تاریخ تغییر کرد و حرارت دادن شیر در دمای ۶۲/۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه یا معادل آن به عنوان فرایند پاستوریزاسیون شیر انتخاب گردید.

1. Wilby
2. Mycobacterium Tuberculosis

۳-۴-۳-۲ کاهش بار میکروبی شیر و افزایش ماندگاری آن

شیر همواره میکروارگانیسم‌های فاسدکننده‌ای دارد که موجب تغییر مزه و کاهش عمر انبارداری[1] آن می‌شود. بنابراین، پاستوریزاسیون علاوه بر میکروب‌های بیماری‌زا باید تا حد امکان عوامل فاسدکننده مانند میکروارگانیسم و آنزیم‌ها را نیز نابود سازد. در صورت بالا نبودن بار میکروبی اولیه شیر خام، فرایند حرارتی که بر مبنای از بین رفتن مقاوم‌ترین میکروارگانیسم بیماری‌زا طراحی شده است قادر به نابودی حدود ۹۷ تا ۹۹ درصد کل میکروب‌های طبیعی شیر است.

۳-۴-۳-۳ امکان کنترل آنزیمی فرایند

با توجه به شدت فرایند حرارتی لازم برای غیر فعال کردن آنزیم فسفاتاز قلیایی که به‌طور کامل نزدیک به فرایند حرارتی لازم برای از بین بردن مقاوم‌ترین میکروب‌های بیماری‌زاست، پس دمای پاستوریزاسیون باید به گونه انتخاب شود که با غیر فعال کردن آنزیم فسفاتاز قلیایی براساس ارزیابی فعالیت این آنزیم کنترل شود.

۳-۴-۳-۴ کاهش خط خامه[2]

در گذشته به علت هوموژنیزه نکردن شیر و بسته‌بندی آن در بطری رویه‌بستن شیر ظاهری مطلوب به فراورده داده و آن را پر چرب نشان می‌داد. عامل اصلی رویه‌بستن سریع شیر، آگلوتنین‌هاست که در دمای ۶۲/۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه غیر فعال می‌شود و در نتیجه به عنوان اولین پیامد حرارت بالا روی شیر موجب کاهش خط خامه در آن می گردد. امروزه به علت هوموژنیزاسیون شیر و استفاده از بسته‌بندی‌های پلاستیکی غیر شفاف، این مطلب اهمیت خودش را از دست داده است.

۳-۴-۳-۵ حاشیه اطمینان

به عنوان یک اصل در سالم‌سازی شیر، تا حد امکان باید یک حاشیه اطمینان با بالا گرفتن شدت فرایند در نظر گرفت تا احتمال خطر بیماری زایی از بین برود.

---

1. Self life
2. Cream line

جدول ۳-۳ مبنای شرایط پاستوریزاسیون شیر

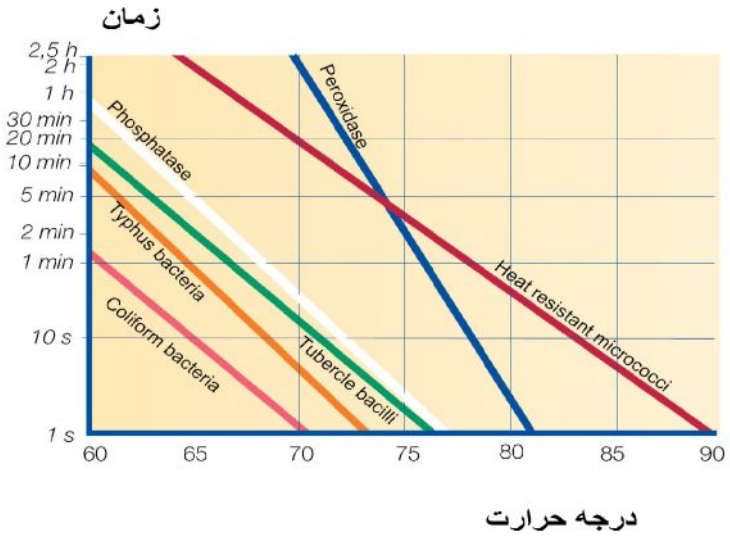
مبنا و شرایط پاستوریزاسیون شیر	دما (درجه سانتی‌گراد) به مدت ۳۰ دقیقه	به مدت ۱۵ ثانیه
کشته شدن مایکو باکتریوم	۵۸/۹	۷۰
غیر فعال شدن آنزیم فسفاتاز	۶۱/۶	۷۱/۷
دمای پاستوریزاسیون	۶۲/۸	۷۲
کاهش خط خامه	۶۲/۳	۷۲/۲

۳-۴-۴ روش‌های پاستوریزاسیون

برای رسیدن به اهداف گفته شده از ترکیب دما – زمان‌های مختلف (شکل ۳-۳۰) می‌توان استفاده کرد. اما با توجه به امکانات تجهیزاتی برای فرایند حرارتی می‌توان پاستوریزاسیون را به دو شکل غیر مداوم[1] که به زمان طولانی‌تری برای گرم کردن و سرد کردن نیاز دارد، یا به صورت مداوم با استفاده از مبدل‌های حرارتی که به زمان کوتاه‌تری برای فرایند نیاز دارد، انجام می‌دهند. به این ترتیب، دو روش ذیل برای ترکیب دما – زمان پاستوریزاسیون انتخاب می‌شود.

۱. حرارت دادن شیر دست کم به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۶۲/۸ الی ۶۵/۶ درجه سانتی‌گراد و سپس سرد کردن سریع آن تا زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد (روش LTLT[2]) که به صورت غیر مداوم انجام می‌شود.
۲. حرارت دادن شیر به مدت ۱۵ ثانیه در دمای ۷۲-۷۵ درجه سانتی‌گراد و سرد کردن آن تا دمای زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد (روش HTST[3]) که به صورت مداوم انجام می‌گیرد.

1. Batch
2. Low temperature long time
3. High temperature short time



شکل ۳-۳۰ منحنی لگاریتمی ترکیب دما – زمان پاستوریزاسیون (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

۳-۴-۵ تجهیزات مورد استفاده برای پاستوریزاسیون

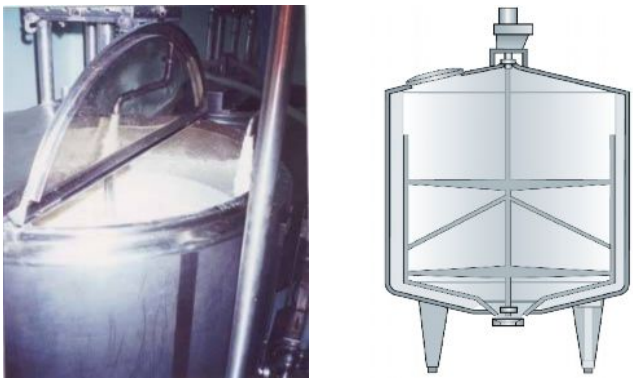
۳-۴-۵-۱ تجهیزات پاستوریزاسیون LTLT (غیر مداوم)

پاستوریزاسیون LTLT در واقع یک روش فرایند حرارتی غیر مداوم است که در مخازن استیل دو جداره (شکل ۳-۳۱) انجام می‌گیرد. برای این کار شیر وارد مخزن شده و زمان هم زدن توسط همزن مخزن با جریان بخار (آب گرم) بین دو جداری حرارت داده می‌شود. بعد از رسیدن دمای شیر به ۶۳ درجه سانتی‌گراد، رسید بخار ورودی تنظیم شده تا فراورده به مدت ۳۰ دقیقه در این دما باقی بماند. بعد از این مرحله، جریان بخار ورودی را قطع کرده و بتدریج آن را با آب سرد جایگزین می‌کنند تا فراورده خیلی زود در زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد خنک شود (باز کردن شدید جریان آب سرد بعد از فرایند حرارتی موجب انقباض و جمع شدن بدنه تانک می‌گردد و باید از آن خودداری کرد). پس از هر بار فرایند، مخزن باید به خوبی شسته و تمیز گردد که معمولاً این کار به صورت شستشوی در جا (سی-آی-پی[1]) انجام می‌شود.

تجهیزات استفاده شده در این روش ساده و ارزان است. اما در عین حال این فرایند فوق‌العاده وقت‌گیر است و نیاز به فضای بیشتری دارد. از سوی دیگر، تشکیل کف در سطح

1. CIP: cleaning in place

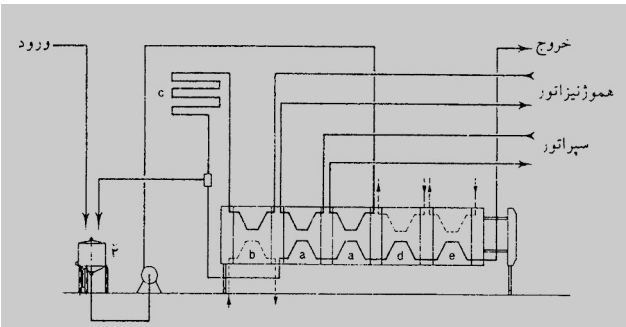
مخزن مانع از انجام فرایند حرارتی مؤثر می‌شود. گذشته از آن به علت رو باز بودن فرایند، دی اکسیدکربن و دیگر گازهای محلول شیر خارج ممکن است خارج شوند و تعادل نمکی آن‌ها بر هم بخورد.



شکل۳-۳۱ مخزن فرایند برای پاستوریزاسیون (ایرلی، ۱۹۹۸)

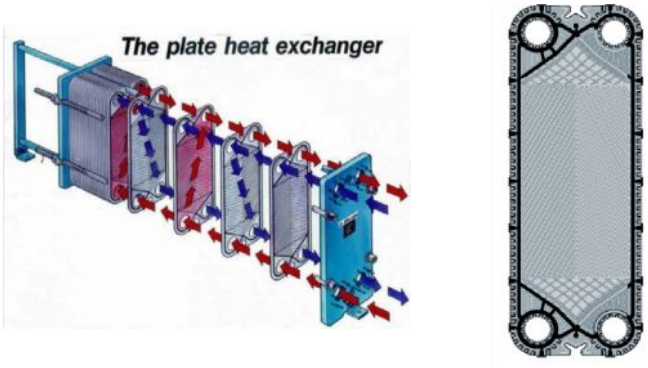
۳-۴-۵-۲ پاستوریزاسیون HTΣT (مداوم)

امروزه فرایند پاستوریزاسیون در بیشتر دنیا به روش مداوم در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه انجام می‌گیرد. برای این کار از مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای استفاده می‌شود که شامل ۶ قسمت (شکل۳-۳۱) است. صفحات استیل ضد زنگ با ضخامت ۱/۲۵-۰/۵ میلی‌متر توسط واشرهای لاستیکی با فاصله ۶-۳ میلی‌متری از هم چیده می‌شوند (ریچاردسون، ۲۰۰۱) و فراورده و محیط گرمازا یا سرمازا به صورت یک در میان بین صفحات جریان می‌یابند.



(a) بخش بازیافت حرارتی؛
(b) بخش پاستوریزه کننده؛
(c) لولهٔ نگهدارنده؛
(d) بخش آب سرد؛
(e) بخش آب خیلی سرد؛
(f) مخزن تعادل.

شکل ۳-۳۲ قسمت‌های مختلف یک مبدل حرارتی صفحه‌ای (مرتضوی و همکاران، ۱۳۷۴)



شکل۳-۳۳ شمای ساختمان پاستوریزاتور صفحه‌ای

۳-۴-۶ طرز کار دستگاه پاستوریزاسیون

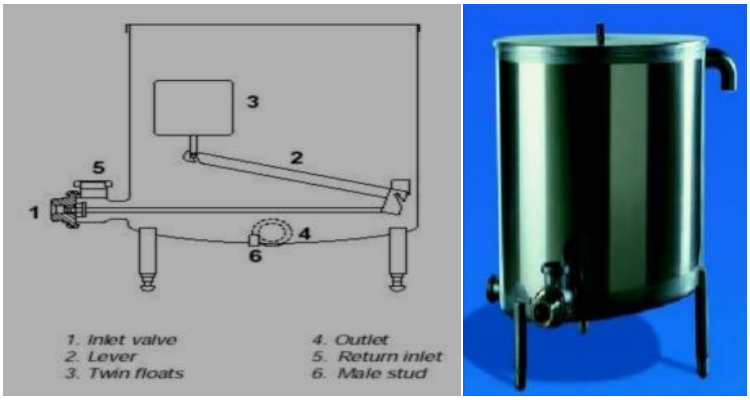
قبل از شروع پاستوریزاسیون شیر دستگاه باید سی‌آی‌پی شده تا به‌طور کامل تمیز شود. پس از انجام شستشو با مواد قلیایی، در داخل دستگاه آب گرم و سپس آب سرد جریان می‌یابد و بعد از فرستادن شیر به داخل دستگاه، شیر جایگزین آب سرد می‌شود. کاربر دستگاه باید دقت کند تا آب وارد مخزن شیر پاستوریزه نشود، برای این کار به محض تغییر رنگ آب به شیر، جهت جریان باید عوض شود و شیر به طرف مسیر فرایند و مخزن نگهداری شیر هدایت گردد. معمولاً یک پمپ سانتریفیوژی در ابتدای مسیر، شیر را از مخازن نگهداری شیر خام کشیده و به سمت پاستوریزاتور با سرعت و فشار ثابت هدایت می‌کند. فرایند شیر در داخل پاستوریزاتور باید این شرایط را داشته باشد:

۱. فراورده باید عاری از هوا و گازهای دیگر باشد تا پمپ سانتریفیوژی خیلی خوب عمل کند. از سوی دیگر، وجود هوا در شیر موجب سوختگی فراورده در مبدل حرارتی می‌شود.
۲. برای اجتناب از وقوع پدیده کاویتاسیون[1] باید فشار فراورده در ورودی پمپ بالاتر از فشار بخار مایع آن باشد.
۳. دستگاه پاستوریزاتور باید هنگام فرایند به‌طور کامل پر باشد، در غیر این صورت، موجب سوختن فراورده در سطح دیوارهٔ پاستوریزاتور می‌شود.

1. Cavitation

۴. فشار باید در سمت مکش پمپ ثابت باشد تا یکنواختی جریان فراورده در طول خط تضمین شود.
۵. اگر به هر دلیلی فراورده پس از پاستوریزاسیون به دمای لازم نرسید باید امکان برگشت آن به ابتدای فرایند موجود باشد.
۶. توصیه می‌شود که امکان شستشوی درجای پاستوریزاتور به صورت گردشی (سیرکولاسیون) در خود سیستم مهیا باشد.

همه این موارد با جایگذاری یک مخزن تعادل[1] در ابتدای سیستم تأمین می‌شود. به این ترتیب، شیر توسط پمپ ابتدا وارد مخزن تعادل دستگاه می‌گردد. مخزن تعادل به اشکال مختلف ساخته می‌شود و (شکل ۳-۳۴) یک شناور متصل به اهرم در محل دریچهٔ ورودی مخزن دارد. وظیفه شناور تنظیم سرعت جریان ورودی به مخزن و در نتیجه ثابت نگه داشتن سطح شیر در مخزن است. به این ترتیب، اگر برای نمونه پمپ سانتریفوژی بعد از مخزن تعادل مایع بیشتری از خود عبور دهد، ارتفاع مایع در مخزن کم می‌شود و شناور در درون مخزن تعادل پایین می‌آید. در این حال اهرم موجب عقب آمدن توپی دریچه و باز شدن آن می‌گردد. این کار موجب جریان بیشتر مایع ورودی به مخزن می‌شود و سطح فراورده در داخل مخزن به مقدار ثابت اولیه باز می‌گردد. خروج فراورده از قسمت پایین مخزن انجام می‌شود و به این ترتیب، از ورود هوا همراه با فراورده به دستگاه جلوگیری می‌شود.



شکل ۳-۳۴ مخزن تعادل پاستوریزاتور (ایرلی، ۱۹۹۸)

1. Balance tank

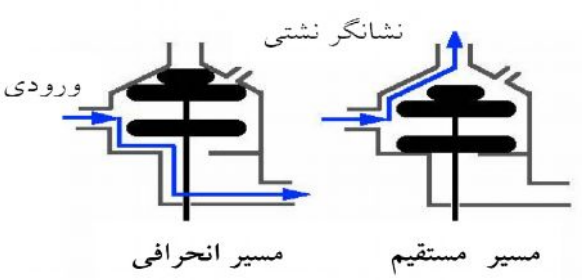
مخزن تعادل همچنین مجهز به یک سامانه چرخشی است که مایع ورودی به داخل خود را می‌تواند در یک مسیر بسته در پاستوریزاتور گردش دهد و به این ترتیب، شستشوی مجموعه سپراتور، هوموژنایزر و پاستوریزاتور از کاربردهای دیگر آن است. اگر این تجهیزات با سی-آی-پی مرکزی شسته شود موجب آلوده شدن سریع‌تر مخزن مرکزی محلول‌های شوینده خواهد شد.

بعد از مخزن تعادل، شیر توسط پمپ وارد بخش بازیافت حرارتی پاستوریزاتور می‌شود و در آنجا با شیر پاستوریزه شده که به صورت یک در میان در صفحات جریان دارد تبادل حرارتی انجام می‌دهد. در اثر این کار دمای شیر خام به حدود ۵۵ درجه سانتی‌گراد می‌رسد و بعد از خروج از پاستوریزاتور وارد سپراتور می‌گردد. پس از تنظیم چربی و استاندارد شدن، شیر ممکن است به‌طور مستقیم وارد هوموژنایزر شود و یا ابتدا دوباره وارد قسمت دوم بازیافت حرارتی پاستوریزاتور گردد و پس از گرم شدن مجدد به هوموژنایزر فرستاده شود. بعد از همگن‌شدن چربی شیر در هوموژنایزر، فراورده وارد بخش حرارت‌دهی اصلی پاستوریزاتور می‌شود و در آنجا توسط محیط گرما ساز که معمولاً آب گرم (گاهی بخار آب) است تا دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد حرارت می بینید. سرعت حرکت آب گرم در این بخش نسبت به سرعت شیر به ترتیب حدود ۵-۷ درجه سانتی‌گراد به یک است. شیر بعد از این مرحله وارد لولهٔ نگهدارنده (شکل ۳-۳۵) می‌شود و تا خروج از آن مدت ۱۵ ثانیه این دما را تحمل می‌کند. در خروجی این لوله، یک حسگر حرارتی کار گذاشته شده که به طور مستمر دمای خروجی فراورده را اندازه گرفته و به صورت علامت به واحد کنترل مرکزی می‌فرستد. سیگنال همچنین به یک ابزار ثبت کننده دمای پاستوریزاسیون فرستاده شده و دستگاه ثبات پیوسته دمای فراورده را ثبت می‌کند (هیو، b۱۹۹۳).

شکل ۳-۳۵ لوله نگهدارنده پاستوریزاتور (ایرلی، ۱۹۹۸)

اگر به هر علت دمای فراورده کمتر از دمای از پیش تعیین‌شده در واحد کنترل (تابلو کنترل) باشد، کنترل کننده با ارسال پیام، دریچهٔ انحراف‌دهنده (شکل ۳-۳۶) در خروجی لوله نگهدارنده را به کار می‌اندازد و موجب برگشت فراورده از طریق مسیر فرعی به مخزن تعادل می‌شود.

بعد از لوله نگهدارنده، ممکن است از یک پمپ تقویت کننده[1] استفاده شود. این پمپ موجب افزایش فشار و نگهداری آن در سطح بالا در سمت فراورده پاستوریزه شده در بخش‌های بازیافت و خنک‌کن مبدل می‌شود. در نتیجه اگر در این مراحل در پاستوریزاتور نشتی ایجاد شود، جهت جریان همیشه از سمت فراورده پاستوریزه شده به سمت فراورده پاستوریزه نشده یا آب خنک‌کن است.



شکل ۳-۳۶ نمای دریچه انحراف مسیر (ایرلی، ۱۹۹۸)

پس از این مرحله شیر وارد بخش بازیافت حرارت می شود و در اثر تبادل حرارتی با فراورده ورودی (شیر خام) تا بیش از ۸-۹ درجه سانتی‌گراد خنک می‌گردد (با توجه به اینکه بیشترین بازده عملی بازیافت حرارتی ۹۴-۹۵ درصد است) و سپس برای خنک شدن کافی تا ۴ درجه سانتی‌گراد وارد بخش خنک‌کنندهٔ نهایی دستگاه می‌شود. محیط سرمازا می‌تواند آب سرد با آب یخ و در مواقع نادر آب نمک و محلول الکل باشد. دمای آب سرد معمولاً ۲-۳ درجه سانتی‌گراد است که در بخش تأسیسات مرکزی کارخانه تهیه می‌شود. سرعت حرکت آب سرد به شیر در بخش خنک کنند حدود ۲ به ۱ است. در نهایت شیر پس از خنک شدن به مخازن نگهداری شیر پاستوریزه منتقل می‌گردد.

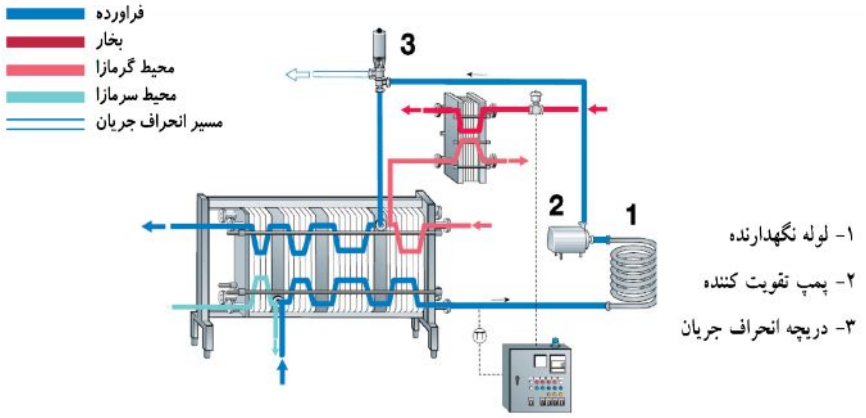
1. Booster pump

۳-۴-۷ کنترل دستگاه پاستوریزاتور

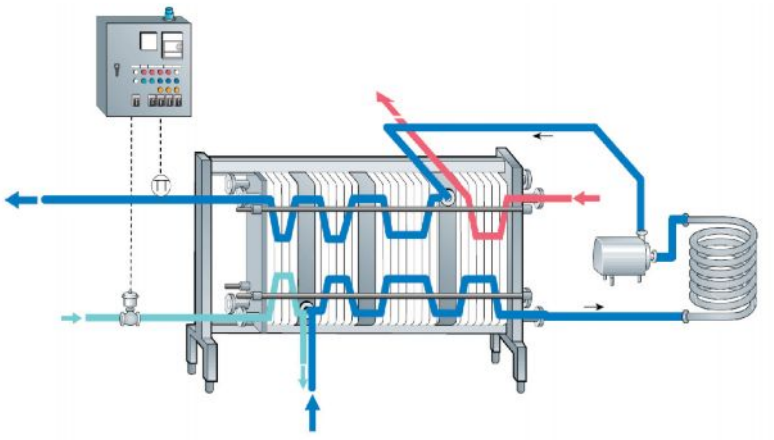
امروزه عملکرد دستگاه‌های پاستوریزاتور نیز کاملاً به صورت اتوماتیک است و اطلاعاتی مانند دما و زمان پاستوریزاسیون مربوط به هر بحر تولید ثبت می‌شود. به این ترتیب، امکان ردیابی فراورده معیوب فراهم آمده و از سوی دیگر، در صورت لزوم همیشه مدارک مستندی برای عرضه به مصرف‌کنندگان و مراکز نظارتی موجود است.

مهم‌ترین مسئله در مورد مرحلهٔ پاستوریزاسیون، کنترل دمای فرایند در مراحل مختلف است. همان طوری که اشاره شد بعد از لوله نگهدارنده، دمای پاستوریزاسیون کنترل می‌شود و با مقایسه با مقدار برنامه‌ریزی شده اقدامات لازم توسط دریچه تغییر جریان صورت می‌گیرد تا همیشه شیر پاستوریزه از دستگاه خارج شود.

مسئله مهم دیگر کنترل دمای آب گرم استفاده شده در پاستوریزاتور است. آب گرم مورد استفاده معمولاً در مبدل حرارتی صفحه‌ای دیگری از طریق تبادل حرارتی با بخار تأمین می‌شود. با این حال دریچهٔ مخصوصی در مسیر گردش بخار به مبدل گرم‌کننده آبگرم کار گذاشته می‌شود. زمانی که دمای آب گرم پاستوریزاتور افت پیدا کند به نوبت خود منجر به افت دمای شیر خروجی از بخش حرارت دهی اصلی پاستوریزاتور می گردد. این حالت توسط حسگر دمایی که در خط تولید قبل از لوله نگهدارنده کار گذاشته شده است، تشخیص داده می‌شود. در این هنگام با افزایش جریان بخار توسط باز کردن دریچه مذکور افت حرارتی آب گرم و در اثر آن شیر جبران شود (شکل ۳-۳۸). و در آخر، نکته با اهمیت بعدی کنترل دمای شیر پس از مرحلهٔ خنک‌کردن است تا مطمئن باشیم که فراورده با دمای مناسب به مخازن نگهداری شیر پاستوریزه منتقل می‌گردد. برای این کار در مسیر شیر خنک خروجی از بخش خنک‌کن پاستوریزاتور، حسگر دمایی دیگری کار گذاشته شده تا به‌طور مستمر دمای فراورده را اندازه‌گیری کرده و اطلاعات مربوط را به صورت پیام الکتریکی به تابلوی کنترل می‌فرستد که در آنجا به یک ثبات دما و یک رسام نمودار برای نشان دادن وضعیت دما در زمان‌های مختلف مرتبط است و در نتیجه اطلاعات لازم همواره قابل دسترسی و پیگیری است. سیستم کنترل با مقایسه دمای فراورده خروجی و دمای تنظیم شده، کنترل آن اقدام می‌کند. به این ترتیب، یک دریچهٔ تنظیم‌کنندهٔ شدت جریان در مسیر آب سرد ورودی به پاستوریزاتور کار گذاشته شده تا اگر برای نمونه دمای شیر خروجی بالاتر از حد مقرر باشد، سیستم کنترل با فرمان دادن موجب باز شدن دریچه و افزایش جریان آب سرد می‌گردد.



شکل ۳-۳۷ چرخه کنترل خودکار دمای بخار آب و دمای فراورده خروجی از پاستوریزاتور (آلفا لاوال/تتراپک، ۱۹۹۵)



شکل ۳-۳۸ کنترل دمای خنک کردن شیر پاستوریزه خروجی از پاستوریزاتور(آلفا لاوال/تتراپک، ۱۹۹۵)

۳-۴-۸ روش‌های پاستوریزاسیون ویژه

۳-۴-۸-۱ پاستوریزاسیون آنی[1]

در این روش از دمای ۸۶-۸۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ تا ۱۴ ثانیه که به نوع و کیفیت فراورده مربوط بستگی دارد استفاده می‌شود. پاستوریزاسیون آنی عموماً موقعی به کار می‌رود که کیفیت میکروبی شیر خام نامطلوب باشد، بویژه هنگامی که احتمال حضور میکروارگانیسم‌های گرمادوست در شیر مطرح است. اثر کشندگی این روش بالاتر از روش‌های مرسوم پاستوریزاسیون است (۹۹/۹ درصد کاهش بار میکروبی)، در مقابل صدمه‌های وارد شده به کیفیت شیر نیز شدیدتر است که از این میان می‌توان به دناتوراسیون ۵ الی ۶ درصد پروتئین‌های سرمی، به هم خوردن تعادل نمکی شیر، کاهش ویژگی‌های انعقاد آنزیمی در پنیرسازی و تشکیل رسوبات بیشتر در سطح مبدل، اشاره کرد.

۳-۴-۸-۲ اولتراپاستوریزاسیون[2]

در روش اولتراپاستوریزاسیون همچنان که از نامش پیداست از دمای ۱۲۵-۱۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲-۴ ثانیه استفاده به عمل می‌آید. هدف از این فرایند حرارتی به نسبت شدید افزایش ماندگاری فراورده است و بیشتر در تولید شیر با عمر انبارداری بالا که در اصطلاح به ESL[3] معروف است استفاده می‌شود. برای تولید این شیر که امروزه در نقاط مختلف جهان رو به افزایش است هیچ تعریف دقیقی وجود ندارد با این حال سعی می‌شود تا هر عاملی که منجر به افت کیفیت فراورده می‌گردد از شیردوشی تا رسیدن به دست مصرف‌کننده بر طرف شود.

۳-۴-۱۱ عوامل فاسد شدن شیر پاستوریزه

به طور کلی فساد شیر پاستوریزه به عوامل ذیل بستگی دارد:

1. Flash pasteurisation
2. Ultra pasteurisation
3. Extended self life

۳-۴-۱۱-۱ باکتری‌هایی که حتی در شرایط پاستوریزاسیون زنده می‌مانند

در پاستوریزاسیون HTST، تعدادی از باکتری‌های اسیدلاکتیک مانند استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس‌ها هنوز زنده می‌مانند و چنانچه بعد شرایط نگهداری (دما) برای فعالیت آن‌ها مناسب باشد، می‌توانند شروع به فعالیت کنند و موجب ترشیدگی شیر شوند. علاوه بر باکتری‌های نام برده، مهم‌ترین میکروارگانیسم‌های عامل فساد که می‌توانند دمای پاستوریزاسیون شیر را تحمل کنند عبارتند از: میکروکوکوس‌ها و ترموفیل‌ها.

کلستریدوم‌ها معمولاً در حضور باکتری‌های لاکتیکی قادر به فعالیت نیستند. بنابراین، اگر طی پاستوریزاسیون باکتری‌های فوق از بین بروند ممکن است اسپور کلستریدوم‌ها شروع به فعالیت کرده و فساد بوتیریکی با تخمیر لاکتوز شیر همراه با تولید گاز به وجود آورند. از باکتری‌های ترموفیل غیر اسپورزا مانند باسیلوس سوبتلیس، باسیلوس سرئوس، باسیلوس مزنتریکوس نیز می‌توانند به فرم رویشی در شیر پاستوریزه وجود داشته باشند و منجر به فساد شیر شوند، بویژه باسیلوس سرئوس فعالیت پروتئولیتیکی بالایی دارد و می‌تواند در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد شروع به فعالیت و فساد شیر کند.

۳-۴-۱۱-۲ باکتری‌ها و دیگر میکروارگانیسم‌های عامل آلودگی ثانویه وارد شیر

۳-۴-۱۱-۳ باقی ماندن آنزیم‌های میکروبی مقاوم به حرارت

۳-۴-۱۱-۴ میکروارگانیسم‌های سرماگرا

با توجه به نگهداری شیر پاستوریزه در دماهای پایین، میکروارگانیسم‌های سرماگرا که به‌طور عمده از طریق آلودگی تجهیزات نگهداری و فرآوری به شیر راه می‌یابند، از عوامل اصلی فساد شیر پاستوریزه به شمار می‌روند. شیر پاستوریزه چنانچه از شیر خام با کیفیت مطلوب و طی یک فرایند مناسب تولید و در دمای ۷-۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده باشد ماندگاری ۸-۱۰ روز و معمولاً یک هفته دارد.

خودآزمایی

۱. جدا شدن گویچه‌های چربی در سپراتور از چه قانونی تبعیت می‌کند و با انجام محاسبات مربوط بنویسید که استفاده از سپراتور با دور ۴۰۰۰ rpm و شعاع دوران ۵۰ cm موجب می‌شود جدا شدن یک گویچه چربی با قطر ۴ mm چند برابر نسبت به جدا شدن ثقلی افزایش یابد؟

۲. نحوه تنظیم درصد چربی شیر استاندارد در روش استاندارد کردن را توضیح دهید؟

۳. هدف از مرحله دوم هوموژنیزاسیون ۲ مرحله‌ای چیست و نسبت فشار مورد استفاده در مرحله دوم به مرحله اول چگونه است؟

۴. تئوری‌های هوموژنیزاسیون را توضیح دهید؟

۵. نحوه تنظیم عملکرد هوموژنیزاسیون و علایم عدم کارکرد مناسب آن را توضیح دهید؟

۶. اهداف پاستوریزاسیون را نام برده و روش‌های انجام آن را از نظر شرایط دما-زمان و تجهیزات مورد استفاده توضیح دهید؟

۷. برای حصول اطمینان از کافی بودن پاستوریزاسیون چه تدابیری در پاستوریزاتور صفحه‌ای به کار برده می‌شود؟

فصل ۴

خامه

اهداف رفتاری

در پایان این فصل از فراگیرندگان انتظار می‌رود:

۱. مراحل عمومی تولید خامه پاستوریزه را بیان کنند.
۲. شرایط استاندارد کردن و پاستوریزاسیون خامه را بدانند.
۳. روش تولید خامه قنادی و شکلاتی را توضیح دهند.
۴. ویژگی‌های استاندارد خامه پاستوریزه را بدانند.

۴-۱ کلیات

خامه شیر پر چربی است که توسط عمل خامه‌گیری از شیر تهیه می‌شود. خامه بر حسب عوامل مختلف به انواع متفاوت تقسیم‌بندی می‌شود که مهم‌ترین عامل از این نظر مقدار چربی است. بر این اساس خامه را به انواع ذیل تقسیم‌بندی می‌کنند:

۱. خامه نیم چرب[1] که مقدار چربی آن ۱۰-۱۸ درصد است.
۲. خامه سبک[2] که مقدار چربی آن۱۸-۲۸ درصد است.
۳. خامه قنادی[3] که مقدار چربی آن بیشتر از ۲۸ درصد است.
۴. خامه قنادی غلیظ[4] که مقدار چربی آن بیشتر از ۳۵ درصد است.
۵. خامه مضاعف[5] که مقدار چربی آن بیشتر از ۴۵ درصد است.
۶. خامه پلاستیکی[6] که مقدار چربی آن حدود ۸۰ درصد است.

با توجه به استاندارد ملی ایران انواع خامه بر حسب میزان چربی و نوع مصرف به قرار زیر است :

۱. *خامه*: حداقل چربی آن ۳۰ درصد وزنی است.
۲. *خامه سبک*: حداقل میزان چربی آن ۱۸ درصد وزنی است.
۳. *خامه قنادی*: میزان چربی این نوع خامه ۲۸-۳۵ درصد وزنی است.
۴. *خامه غلیظ*: حداقل میزان درصد چربی این نوع خامه ۴۵ درصد وزنی است.
۵. *خامه ترش*: فراورده‌ای است که از تخمیر خامه سبک توسط آغازگرهای[7] لاکتیکی می‌شود. میزان اسیدیته این نوع خامه حداقل ۰/۶ درصد بر حسب اسید لاکتیک است.

---

1. Half Cream
2. Light Cream
3. Whipping Cream
4. Heavy Whipping Cream
5. Double Cream
6. Plastic Cream
7. Starter

در صنایع شیر ایران معمولاً تولید خامه پاستوریزه، خامه استریل و خامه قنادی مرسوم است که در ذیل فرایند تولید آن‌ها بررسی می‌شود.

۴-۲ خامه پاستوریزه

فرایند عمومی تولید خامه پاستوریزه (با چربی ۳۰ درصد) مطابق نمودار زیر است:

شیر خام با توجه به فاکتورهای مورد نظر انتخاب و بعد از گرم شدن اولیه تا ۵۰-۶۰ درجه سانتی‌گراد وارد سپراتور می‌شود. خامه تولید شده (مازاد خامه) به مخازن نگهداری خامه منتقل شده و در آنجا با افزودن شیر، مقدار چربی خامه استاندارد می‌شود. سپس خامه استاندارد شده وارد بخش بازیافت حرارتی مبدل صفحه‌ای می‌گردد و در آنجا تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد حرارت می‌بیند. سپس به هوموژنایزر فرستاده و بعد از همگن شدن با ورود بخش حرارت‌دهی اصلی مبدل و پاستوریزه می شود.

خامه بعد از پاستوریزاسیون معمولاً تا دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خنک می شود و به تانک نگهداری خامه فرستانده می‌شود. در صورت لزوم در تانک مربوط به مقدار مورد نیاز ماده قوام‌دهنده به خامه افزوده می‌شود و سپس به صورت گرم عمل بسته‌بندی خامه در لیوان‌های مربوط انجام می‌گیرد. بلافاصله بعد از بسته‌بندی، خامه به سردخانه منتقل شده و در آنجا تا زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد خنک می‌شود.

۴-۲-۱ انتخاب شیر خام

اگر چه به‌طور عموم برای تولید خامه در کارخانه‌های شیر از خامه مازاد بعد از استانداردکردن شیر پاستوریزه استفاده می‌شود ولی ممکن است همه شیر دریافتی برای تولید فراورده‌های چربی مانند خامه و کره استفاده قرار شود. در هر دو صورت شیر باید علاوه بر ویژگی‌های کیفی عمومی شرایط اختصاصی برای تولید فراوردهای گفته شده نیز داشته

باشد. برای این منظور کیفیت شیر خام باید بالا باشد، شیر آن از حیوان سالم به دست بیاید و تحت شرایط مناسب جمع‌آوری، حمل و ذخیره گردد.

با توجه به این که در خامه مقدار چربی تغلیظ می‌شود بنابراین، ثبات امولسیونی شیر خام بسیار مهم است و در طول تولید و حمل و نقل نباید صدمات مکانیکی شدیدی به شیر خام وارد گردد. هر گونه تغییر یا تاثیر بر فاز چربی در نهایت بر کیفیت فراورده نهایی اثر خواهد گذاشت. از نکات بسیار مهم در این باره انجام فرایند لیپولیز چربی‌هاست. شیر خام به صورت طبیعی آنزیم لیپاز دارد که در صورت صدمه دیدن غشای گلبول‌های چربی، این آنزیم‌ها می‌توانند چربی شیر را تجزیه کنند و با تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیر باعث ایجاد طعم تندی شوند (باست و همکاران، ۱۹۸۶).

در این فرایند به علت کمبود غلظت اسیدهای چرب آزاد تولید شده، در خود شیر خام چندان محسوس نیست ولی بعد در اثر تغلیظ در خامه و کره طعم تندی در فراورده بروز خواهد کرد.

همان طور که گفته شد، معمولاً پاستوریزاسیون باعث غیر فعال شدن آنزیم لیپاز طبیعی شیر می‌گردد. حال آن که لیپازهای میکروبی اغلب مقاوم به حرارت هستند و بعد از فرایند پاستوریزاسیون فعال باقی می‌مانند[1]. با توجه به این که باکتری‌های سرماگرا مهم‌ترین منشأ آنزیم‌های فوق هستند، بنابراین، باید از نگهداری طولانی مدت شیر خام در دمای پایین اجتناب نمود.

نکته بعدی جاذب بو و طعم بودن فاز چربی شیر است. طعم‌های خارجی نامطلوب در این فاز تجمع می‌کنند و بعد از تغلیظ در خامه یا کره طعم بوی ناخوشایندی در فراورده ایجاد می‌کنند. تغذیه حیوان با علوفه طعم‌دار مانند پیاز یا کلزا نیز می‌تواند منجر به بروز طعم نامطلوب در شیر و فراورده‌های آن شود. پس تغذیه حیوان و امکان جذب بوهای خارجی نیز باید در نظر گرفته شود.

---

۱. تحقیقات نشان داده‌اند که دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه در برخی از موارد فقط باعث غیر فعال شدن ۹۰ درصد آنزیم‌های باکتریایی می‌شود.

۴-۲-۲ خامه‌گیری

همه مراحل فرایند خامه‌گیری در فصل مربوط به شیر پاستوریزه توضیح داده شد. معمولاً در کارخانه‌ها بعد از این که شیر به خامه و شیر پس‌چرخ تفکیک شد، بخشی از خامه برای استاندارد کردن شیر استفاده می‌شود و مازاد خامه برای تولید خامه یا کره به مخزن نگهداری منتقل می‌شود.

نکته مهم این که با مخلوط کردن خامه با درصد چربی بالا با شیر یا خامه با درصد چربی پایین نمی‌توان فراورده‌ای با بافت و قوام مناسب به دست آورد چون که در این صورت ثبات امولسیون کاهش می‌یابد. بنابراین، تا حد امکان باید سعی شود که خامه با درصد چربی نزدیک به مقدار چربی فراورده نهایی به‌طور مستقیم از سپراتور خارج شود.

معمولاً به منظور افزایش کارایی جداسازی، شیر قبل از فرایند خامه‌گیری تا ۵۰-۵۵ درجه سانتی‌گراد گرم می‌شود. غیر فعال شدن آنزیم‌های لیپاز از دیگر محاسن این کار است. در غیر این صورت در مخازن نگهداری خامه قبل از پاستوریزاسیون عمل لیپولیز خیلی زود توسعه می‌یابد و بر کیفیت فراورده اثر می‌گذارد (ایرلی، ۱۹۹۸).

از سوی دیگر باید از هرگونه فرایند حرارتی قبل از خامه‌گیری به استثنای حرارت مقدماتی در خود فرایند جداسازی اجتناب شود. چرا که این عمل با تاثیر بر روی توزیع مس بین فاز چربی و سرم شیر، باعث افزایش غلظت مس در فاز خامه و افزایش حساسیت خامه به اکسیداسیون می‌شود.

۴-۲-۳ استاندارد کردن

همان طور که گفته شد به‌طور اصولی خامه باید با درصد چربی مورد نظر در سپراتور تولید شود، چراکه به علت وجود نوسان در فرایند، استاندارد کردن دقیق چربی خامه ضروری است. اگر مقدار چربی خامه کم باشد فراورده از حالت استاندارد خارج شده و قوام مناسب را ندارد. برعکس این عمل اگر درصد چربی خامه بالاتر از حد مورد نظر باشد از نظر مالی به تولیدکننده ضرر وارد می‌کند.

همیشه در عمل خامه با درصد چربی بالاتر از ۳۰ درصد در فرایند خامه‌گیری تولید می‌شود و سپس با افزودن شیر پس‌چرخ یا شیر کامل در مخزن نگهداری خامه، درصد چربی آن در مقدار ۳۰ درصد استاندارد می‌شود. برای محاسبه میزان افزودن شیر از مربع پیرسون

استفاده می‌شود. پس از استاندارد کردن، درصد چربی خامه توسط آزمایشگاه مشخص و در صورت مناسب بودن خامه وارد ادامه فرایند می‌شود.

۴-۲-۴ هموژنیزاسیون

خامه استاندارد جهت همگن‌شدن چربی، پایدارشدن امولسیون و رسیدن به خواص رئولوژیکی مناسب باید هموژنیزه شود. قبل از این فرایند (شکل ۴-۱) ابتدا خامه در بخش بازیافت حرارتی پاستوریزاتور تا ۵۰-۶۰ درجه سانتی‌گراد با حرارت مقدماتی وارد هموژنایزر می‌شود. برای تولید یک فراورده با ثبات امولسیون بالا بهتر است که از هموژنایزر دومرحله‌ای استفاده شود.

از سوی دیگر، دما و فشار فرایند بر گرانروی خامه تأثیر دارد و باید به صورت دقیق کنترل شوند. مطابق جدول ۴-۱ با افزایش فشار هموژنیزاسیون قوام فراورده بیشتر می‌شود و خامه هموژنیزه شده تحت فشار ۲۰۰ بار بیشترین قوام و گرانروی را از خود نشان می‌دهد و با افزایش دمای هموژنیزاسیون گرانروی فراورده کم می‌شود (جدول ۴-۲).

بنابراین، باید تا حد امکان از دماهای پایین برای هموژنیزاسیون استفاده کرد. البته برای مؤثر واقع شدن عمل هموژنیزاسیون چربی باید به شکل مایع باشد و دمای فراورده از ۳۵ درجه سانتی‌گراد نباید کمتر شود.

گذشته از موارد بالا، کیفیت شیر خام و ترکیب شیمیایی خامه بر فرایند هموژنیزاسیون و افزایش گرانروی بسیار مؤثر است. هموژنیزاسیون زمانی حالت مطلوب دارد که مواد پروتئینی کافی برای تشکیل غشاهای جدید ذرات چربی در دسترس باشد.

جدول ۴-۱ تأثیر فشار هموژنیزاسیون در دمای ۵۷ درجه سانتی‌گراد بر گرانروی خامه (آلفا لاوال/تتراپک، ۱۹۹۵)

فشار هموژنایزر (MPa)	گرانروی خامه (ثانیه)
۱۰	۱۸
۱۵	۲۸
۲۰	۴۵

جدول۴-۲ تأثیر دمای هوموژنیزاسیون بر گرانروی خامه (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

دمای هوموژنیزاسیون (ċ)	گرانروی (ثانیه)
۳۵	۴۹
۵۰	۳۵
۶۵	۱۰

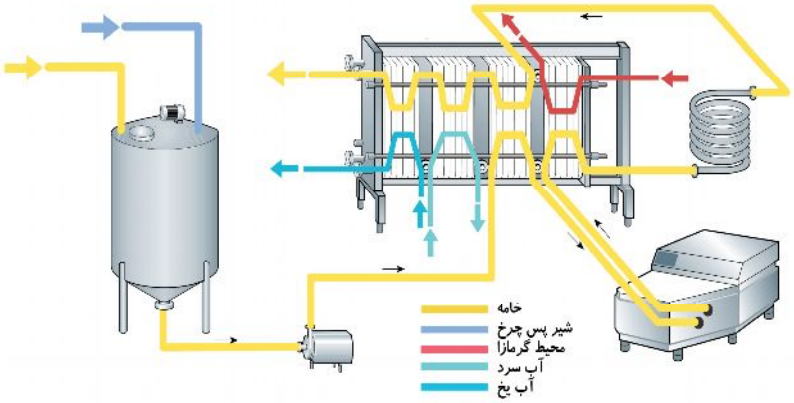
۴-۲-۵ پاستوریزاسیون

هدف اصلی از پاستوریزاسیون شدن خامه نابودی همه باکتری‌های عامل بیماری و تا حد امکان عوامل فساد آن است. پاستوریزاسیون خامه معمولی (۳۰ درصد) (شکل ۴-۱) توسط مبدل حرارتی صفحه‌ای به روش مداوم انجام می‌گیرد. اما خامه‌های غلیظ‌تر را نمی‌توان با این روش حرارت داد. در مورد خامه‌های غلیظ باید از مبدل‌های حرارتی دیگر مانند نوع لوله‌ای، سطح تراش یا حرارت‌دهی مخزنی به صورت غیر مداوم استفاده کرد. بعد از هوموژنیزاسیون، خامه وارد بخش حرارت‌دهی اصلی در پاستوریزاتور می‌شود و آنجا در اثر تبادل حرارتی با محیط گرمازا تا دمای مورد نظر حرارت می‌بینند. دمای پاستوریزاسیون خامه به درصد چربی و کیفیت میکروبی آن بستگی دارد. معمولاً چربی اثر محافظت‌کنندگی در برابر حرارت بر روی میکروارگانیسم‌ها دارد. بنابراین، برای پاستوریزاسیون خامه باید از فرایند حرارتی بالاتر در مقایسه با شیر استفاده کرد. از سوی دیگر، برای جلوگیری از اکسیداسیون چربی باید آنزیم پراکسیداز خامه نیز با حرارت‌دهی غیر فعال شود. غیر فعال شدن این آنزیم که در دماهای بالاتر از ۸۰ درجه سانتی‌گراد صورت می‌گیرد که ملاک پاستوریزاسیون خامه است. فدراسیون بین‌المللی لبنیات (آی. دی. اف[1]) ترکیب حرارتی ذیل را برای پاستوریزاسیون خامه پیشنهاد کرده است:

-دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه برای خامه با ۱۸ درصد چربی

-دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه برای خامه با ۳۵ درصد چربی

1. IDF : International Dairy Federation



شکل ۴-۱ فرایند تولید خامه پاستوریزه (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

از دمای ۸۵-۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه برای پاستوریزاسیون خامه استفاده می‌شود. خامه بعد از رسیدن به دمای مورد نظر و طی زمان مورد نیاز در لوله نگهداری وارد قسمت بازیافت حرارتی می‌شود و آنجا در اثر تبادل حرارتی با فراورده سرد ورودی تا دمای ۵۰- ۶۰ درجه سانتی‌گراد خنک می‌گردد. معمولاً خامه با این دما به مخازن نگهداری خامه قبل از بسته‌بندی فرستاده و بلافاصله بعد از افزودن قوام‌دهنده بسته‌بندی می‌شود. اما گاهی خامه بعد از پاستوریزاسیون تا دمای زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد در اثر تبادل حرارتی با آب خنک در قسمت خنک‌کن مبدل خنک شده و بعد به مخازن نگهداری خامه پاستوریزه ارسال می‌شود.

۴-۲-۶ افزودن پایدار کننده[1]

به منظور ایجاد گرانروی و قوام مناسب در خامه ۱ درصد ماده پایدارکننده مناسب قبل از بسته‌بندی به این محصول اضافه می‌شود. برای این کار از کربوکسی متیل سلولز، ژلاتین، پکتین و مواد دیگر استفاده می‌کند.

مقدار مورد نیاز از مواد فوق را در مقدار کمی شیر سرد پاستوریزه حل می‌کنند، خوب هم زده و سپس به خامه ۶۰ درجه سانتی‌گراد اضافه می کنند. پس از آن خامه را به قسمت بسته‌بندی می‌فرستند.

1. Stabiliser

نکته مهم این که تنها با افزودن قوام‌دهنده قوام مناسب در خامه ایجاد نمی‌شود و خامه بعد از هوموژنیزاسیون باید گرانروی مناسب را داشته باشد تا برای تولید خامه پاستوریزه از آن استفاده شود. برای این منظور بعد از هوموژنیزاسیون و پاستوریزه‌شدن خامه، قوام آن توسط متصدیان تولید به صورت دستی و تجربی آزمایش می‌شود و در صورت رضایت‌بخش بودن آن، ادامه فرایند انجام می‌گیرد.

۴-۲-۷ بسته‌بندی

خامه پاستوریزه با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به دستگاه بسته‌بندی فرستاده می شود و به صورت داغ در لیوان‌های مربوط پر شده و با گذاشتن درپوش فویل آلومینیومی در روی آن‌ها و بستن در توسط المنت حرارت، بسته‌بندی می‌شود. برای این کار از دستگاه فیل سیل[1] استفاده می‌شود که در فصل بسته‌بندی ماست توضیح داده شده می‌شود. پس از بسته‌بندی خامه بلافاصله به سردخانه منتقل شده و تا دمای ۵ درجه سانتی‌گراد خنک می‌شود. بعد از انجام آزمایش‌های حسی، شیمیایی و میکروبی لازم، اگر نتایج رضایت‌بخش باشد روز بعد به بازار عرضه می‌شود.

۴-۳ خامه پاستوریزه قنادی

خامه قنادی در صنایع شیر ایران معمولاً با دو نوع در صد چربی (۳۰ و ۵۰) تولید می‌شود. روش تولید این فراورده‌ها تا حدی مشابه خامه پاستوریزه لیوانی است. با این تفاوت که خامه قنادی هوموژنیزه نمی‌شود و پاستوریزاسیون آن بعد از استاندارد کردن مقدار چربی در ۵۰ درصد، به روش غیر مداوم در داخل مخازن دو جداره انجام می‌گیرد.

خامه بعد از پاستوریزاسیون، بدون افزودن قوام‌دهنده به صورت فله‌ای در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی و به سردخانه منتقل می‌شود.

۴-۴ خامه شکلاتی پاستوریزه

خامه شکلاتی فراورده‌ای است که از مخلوط خامه ۳۰ درصد چربی با موادی مانند کاکائو (۳ درصد)، قهوه (۰/۲ درصد) و شکر (۱۹ درصد) به دست می‌آید. برای این کار بعد از استاندارد کردن درصد چربی خامه در تانک ذخیره تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد حرارت مقدماتی

1. Fill- Seal

داده شده و سپس مواد مزبور توسط مخلوط کن با آن مخلوط می‌شوند. بعد از اختلاط، خامه مطابق روش تولید خامه پاستوریزه لیوانی که توضیح داده شد پاستوریزه و بسته‌بندی می‌شود.

۳-۵ استاندارد خامه پاستوریزه

مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۲۴۰۶ (۱۲۶۲) در یک گرم خامه پاستوریزه باید تعداد باکتری‌های هوازی (شمارش کلی) بیش از 10^4، کلی فرم‌ها بیش از ۱۰ در خامه لیوانی و منفی در خامه قنادی، اشریشیا کلی منفی، و استافیلوکوکوس اورئوس نیز منفی باشد.

اسیدیته خامه به استثنای خامه ترش باید بین ۹ الی ۱۵ در صد بر حسب اسید لاکتیک و pH آن باید ۶/۵ تا ۶/۸ باشد (استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۱، ۱۳۸۶).

۳-۶ فساد خامه پاستوریزه

با توجه به این که خامه در واقع شیر غنی از چربی است بنابراین، تمام عوامل فساد که در شیر توضیح داده شده در خامه نیز می‌تواند منجر به فساد فراورده شود بویژه فرایند لیپولیز و تخمیر لاکتیکی که موجب ترشیدگی فراورده می‌شود بسیار اهمیت دارد. ماندگاری خامه پاستوریزه نیز تا ۱ هفته (۵ روز) برآورد می‌شود.

۳-۷ خامه استریل

این نوع خامه با ۳۰ درصد چربی تهیه می‌شود. بعد از استاندارد کردن چربی خامه در تانک ذخیره بقیه مراحل مشابه تهیه شیر فرادما به روش تزریق مستقیم بخار یا با استفاده از مبدل حرارتی لوله‌ای است. خامه بعد از استریلیزاسیون و هوموژنیزاسیون، وارد مرحله خنک شدن نهایی و مرحله بسته‌بندی با روش تتراپک می‌شود.

خودآزمایی

۱۵.عوامل مؤثر بر قوام خامه را توضیح دهید و بنویسید برای افزایش آن چه اقداماتی را در فراوری می‌توان انجام داد؟

۱۶.ملاک کفایت پاستوریزاسیون خامه را نام برده و شرایط دما - زمان انجام آن را توضیح دهید؟

۱۷.شرایط هوموژنیزاسیون خامه چه تأثیری بر ویژگی‌های آن می‌گذارد؟

۱۸.نحوه تولید خامه قنادی را توضیح دهید؟

۱۹.اگر در تهیه خامه از شیر پاستوریزه برای خامه‌گیری استفاده شود، خامه تولیدی مستعد چه معایبی خواهد بود؟

فصل ۵
کره

اهداف رفتاری

در پایان این فصل از فراگیرندگان انتظار می‌رود:

۶. مراحل عمومی تولید کره را توضیح دهند.

۷. روش‌های عمل‌آوری خامه مورد استفاده برای تنظیم کریستالیزاسیون چربی را توضیح دهند.

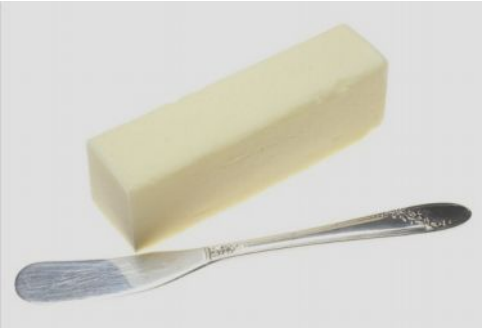
۸. نحوه رساندن خامه ترش و نوع آغازگرهای استفاده شده را بدانند.

۹. ویژگی‌های استاندارد خامه پاستوریزه را بدانند.

۱۰.ساختمان و انواع دستگاه‌های کره‌زنی را توضیح دهند.

۱۱.عوامل مؤثر بر بازدهی کره‌زنی و شرایط بهینه آن را بدانند.

۱۲.دلایل فساد کره را توضیح دهند.



۵-۱ کلیات

کره[1] فراورده‌ای با چربی ۸۰ درصد به صورت امولسیون آب در چربی است کـه از زدن خامـه (و به صورت سنتی از ماست) به دست می‌آید.

کمیسیون غذایی کدکس[2] در سال ۱۹۷۳ کره را به صورت زیر تعریف کرده است:

کره فراورده چربی است که فقط از شیر بـه دسـت مـی‌آیـد. کـره بایـد حـاوی بیشـتر از ۸۰ درصد چربی شیر و بالغ بر ۲ درصد مواد جامد غیر چربی شیر باشد. مقـدار مجـاز آب در کره بیش از ۱۶درصد است.

کره به دو دسته تقسیم می‌شود:

۱. کره تهیه شده از خامه شیرین (غیر تخمیری).
۲. کره تهیه شده از خامه ترش (تخمیری).

هر یک از این دو نوع کره می‌تواند به حالت نمک‌دار یا بدون نمک تولید شـود. در کشـور ما کره از خامه شیرین و بدون نمک تولید می‌شود. مهم‌تـرین شـکل تولیـد ایـن فـراورده در جهان به صورت کره نمکی حاصل از خامه شیرین است. با این حال تولید و مصرف کره غیـر نمکی از خامه شیرین رو به گسترش است. کره کشـت داده شـده بیشـتر در اروپـای شـمالی تولید و به مصرف می‌رسد.

کره حاصل از خامه ترش مزیت‌های متعددی نسبت به کره شیرین دارد و ایـن نـوع کـره دارای عطر و طعم محسوس‌تری است. بـه علـت کـاهش pH و حضـور میکروارگانیسـم‌هـای لاکتیکی (به عنوان جلوگیری از رشد میکروب‌های مضر) ماندگاری این نوع کره بیشتر اسـت. از سوی دیگر، بازده تولید در تهیه کره از خامه ترش بـالاتر اسـت. علـت اصـلی ایـن مسـئله کاهش pH خامه در اثر کشت دادن و در نتیجه کاهش بار الکتریکی منفی بـین گلبـول‌هـای چربی است که منجر به کاهش نیروی دافعه بین آن‌ها مـی‌گـردد. عـلاوه بـر آن کـاهش PH

1. Butter
2. Alimentary Codex

موجب انعقاد پروتئین‌های غشایی و در نتیجه تسهیل شکستن غشای گلبول‌های چربی می‌شود.

با این حال، کره خامه ترش معایب خاص خود را دارد که مهم‌ترین آن حساسیت بیشتر در برابر اکسیداسیون است. علت این مسئله به انعقاد پروتئین‌های مس‌دار در اثر کاهش pH مربوط می‌شود که موجب تجمع غلظت یون مس در کره و راه‌یابی کمتر آن به دوغ کره[1] می‌شود. از سوی دیگر، دوغ کره حاصل از خامه ترش کمتر قابل استفاده است.

۵-۲ فرایند تولید کره

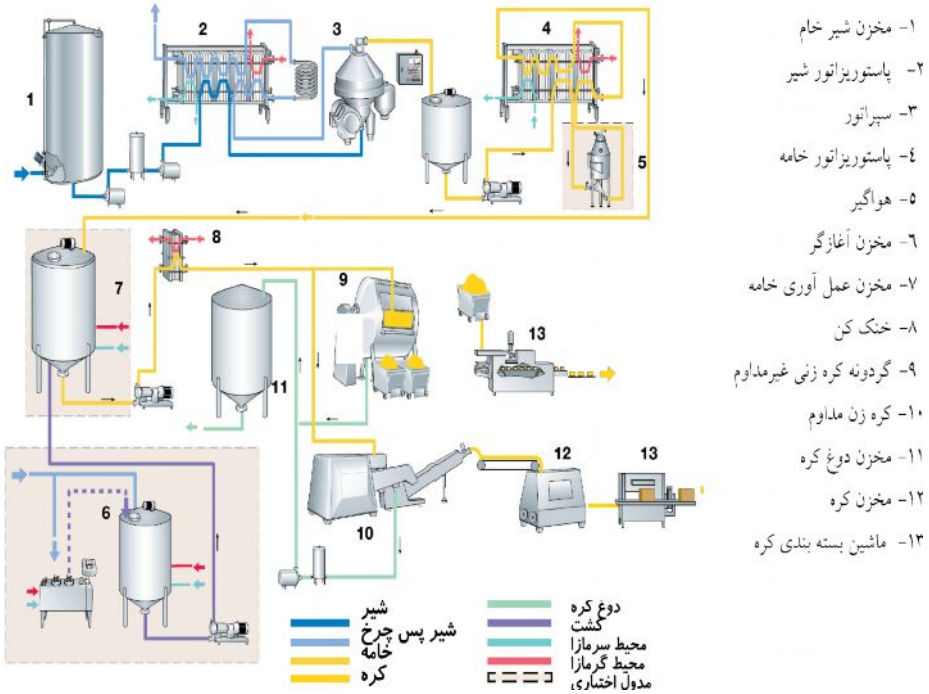
روند عمومی فرایند تولید کره به صورت ذیل است:

بعد از دریافت شیر خام و انجام عمل خامه‌گیری پس از حرارت مقدماتی آن، خامه تولیدشده به مخزن ذخیره موقت هدایت می‌شود و از آنجا به صورت مداوم به پاستوریزاتور فرستاده می‌شود. ولی قبل از پاستوریزاسیون انجام عمل هواگیری با حذف بو و طعم‌های نامطلوب می‌تواند به افزایش کیفیت فراورده کمک کند. پس از پاستوریزاسیون در دمای ۸۰- ۹۰ درجه سانتی‌گراد و خنک کردن آن، خامه به مخازن عمل‌آوری منتقل می‌شود و آنجا طی برنامه حرارتی خاص برای کریستالیزاسیون چربی به مدت حدود ۱۲-۱۵ ساعت نگهداری می‌شود. ممکن است قبل از برنامه حرارتی با افزودن مایه کشت لاکتیکی ویژه به مقدار مورد نیاز خامه کشت داده شود.

پس از این مرحله خامه وارد گردونه کره‌زنی می‌شود (گاهی قبل از کره‌زنی با عبور از مبدل حرارتی تا دمای مناسب خامه حرارت داده می‌شود) و طی فرایند کره‌زنی به دو حالت کره و دوغ کره در می‌آید.

1. Butter milk

پس از تشکیل کره در داخل مخزن، فراورده تخلیه شده و سپس برای ایجاد یک حالت پیوستگی بین فاز پیوسته چربی و فاز پراکنده آبی و توزیع مناسب قطره‌های آب مالش داده می‌شود. اگر هدف تولید کره نمک‌دار باشد در کره‌زنی غیر مداوم نمک روی سطح فراورده پاشیده و در روش مداوم نمک در زمان مالش‌دادن کره به آن اضافه می‌شود. پس از مالش‌دادن، فراورده به واحد بسته‌بندی فرستاده شده و پس از بسته‌بندی در سردخانه ذخیره می‌شود.



شکل ۵-۱ فرایند تولید کره به روش مداوم و غیر مداوم (آلفا لاوال/تتراپک، ۱۹۹۵)

۵-۲-۱ انتخاب مواد خام

با توجه به این که هم‌اکنون در صنعت، کره اغلب از خامه تهیه می‌شود بنابراین، همه مباحثی که در انتخاب شیر خام در تهیه خامه شرح داده شد در تولید کره هم مطرح است. به این ترتیب، خامه استفاده شده در کره‌سازی باید کیفیت بهداشتی و ویژگی‌های حسی بویژه عطر و طعم مناسب داشته باشد. از معیارهای دیگر در ارزیابی خامه برای کره‌سازی ارزش یُدی آن است. معمولاً هر قدر ارزش یدی خامه بالا باشد بافت کره تولید شده نرم‌تر خواهد بود.

از سوی دیگر، درصد چربی خامه تأثیر زیادی بر بازدهی کره‌زنی دارد. میزان مطلوب چربی خامه به روش مورد استفاده برای کره‌زنی و طریقه رساندن و عمل‌آوری خامه و نیز نوع کره بستگی دارد. به این ترتیب، در روش غیر مداوم کره‌زنی وجود دست کم ۳۳ درصد چربی در خامه ضروری است. در حالی که در روش مداوم این میزان معمولاً ۳۸ تا ۴۲ درصد است. از سوی دیگر، اگر خامه به‌طور مستقیم تا درجه حرارت کره‌زنی خنک شود باید میزان چربی بیشتری در مقایسه با استفاده از برنامه حرارتی (۸، ۱۲ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد) موسوم به روش آلنارپ[1] داشته باشد. در نهایت خامه ترش با درصد چربی کم بازدهی کره‌زنی مشابهی در مقایسه با خامه شیرین با چربی بالا دارد. با توجه به مطالب عنوان شده درصد چربی خامه باید در حد مناسب استاندارد گردد.

حمل و نقل و پمپاژ خامه باید با ملایمت انجام گیرد تا از هر گونه صدمه مکانیکی به گلبول‌های چربی جلوگیری شود. بویژه در مورد نوع پمپ‌های مورد استفاده باید دقت شود و پمپ با جا به جایی مثبت برای این کار انتخاب شود.

۵-۲-۲ پاستوریزاسیون

برای رسیدن به اهدافی که در بحث پاستوریزاسیون خامه توضیح داده شد، به‌طور معمول خامه تا دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد بدون نیاز به زمان نگهداری[2] پاستوریزه می‌شود. واضح است که در چنین دماهای بالایی، طعم پختگی ناشی از سولفیدهای فرار در فراورده تازه ایجاد شده اما بتدریج در طول نگهداری کره از شدت آن کاسته می‌شود. در مقابل، گروه‌های سولفیدی که نقش زنده‌کننده دارند همراه اکسیژن وارد واکنش می‌شوند و از ترکیباتی مانند آنتی‌اکسیدان از اکسیداسیون چربی‌ها جلوگیری می‌کنند. از سوی دیگر، برخی از محققان معتقدند که استفاده از دماهای بالا به حذف برخی از مواد آلوده‌کننده مانند آنتی‌بیوتیک‌ها (بویژه در تهیه خامه ترش) و طعم‌های به دست آمده از تغذیه حیوان کمک می‌نمایند.

در روش پاستوریزاسیون مداوم، کائوچوی استفاده شده در پاستوریزاتور صفحه‌ای برای خامه باید از جنس مقاوم به چربی مانند کائوچوی نیتریلی باشد. در غیر این صورت در عرض چند روز خرد شده و موجب آلودگی فراورده می‌شود. از سوی دیگر، مبدل حرارتی باید

1. Alnarp method
2. Holding

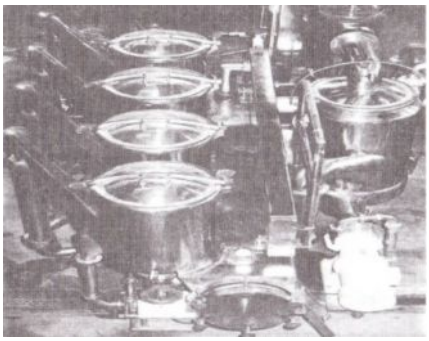
به‌گونه‌ای طراحی شود که از وارد آوردن اختلاف فشار بالا و تنش برشی شدید بـه خامـه کـه منجر به شکسته شدن گلبول‌های چربی و آزاد شدن چربی‌ها می‌شود تا حد ممکن کاسته شود.

با این حال، ممکن است خامه در داخل مخـازن اسـتیل دو جـداره بـه روش غیـر مـداوم پاستوریزه شود که برای این کار رساندن دمای خامه به ۸۰ درجه سانتی‌گـراد یـا اسـتفاده از ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت نیم ساعت پیشنهاد می‌شود.

۴-۲-۳ هواگیری

به منظور حذف هوا و بویژه حذف بوی نامطلوب (هدف اصلی) ممکن است از عمل هواگیری نیز در خط تولید کره استفاده شود. در مناطقی از جهان مانند نیوزلند، که تغذیه حیوان بـا علوفـه سبز انجام می‌شود، بوی مخصوص به شیر و خامه راه پیدا می‌کند، این عمل بیشتر رایج است.

برای این کار ممکن است (شکل ۵-۱) از هواگیر تحت خلأ قبل از پاسـتوریزاتور اسـتفاده شود. در این روش خامه ابتدا تا ۷۸ درجه سانتی‌گراد گرم شده سپس وارد محفظه خـلأ کـه برای جوشاندن آب در ۶۲ درجه سانتی‌گراد تنظیم شده است، می‌گردد. در اثر این کـار مـواد مولد بو و طعم به علت طبیعت فرّار آن‌ها به سرعت از فراورده خـارج مـی‌شـوند. در برخـی از کشورها از مجموعه‌ای به نام وکراتور[1] برای حذف بوی نامطلوب در خامه استفاده می‌شود. در وکراتور بخار به صورت مستقیم با خامه ترکیب شده، سپس بخار کندانس همراه با مواد فـرار و تبخیر سریع تحت خلأ گرفتـه مـی‌شـوند. امـروزه دسـتگاه‌هـای چنـد محفظـه‌ای (شـامل ۵ محفظه یا برج خلأ) برای این کار ساخته شده‌اند (شکل ۵-۲). همچنین در وکراتـور عمـل پاستوریزاسیون هم به همراه حذف بوهای نامطلوب انجام می‌گیرد.



شکل ۵-۲ وکراتور خامه (رابینسون، ۱۹۹۴ a)

1. Vacreator

۵-۲-۴ عمل‌آوری و رساندن[1] خامه

خامه بی‌درنگ بعد از پاستوریزاسیون باید خنک شود و دست کم به مدت ۴ ساعت در دمای پایین نگهداری شود. در غیر این صورت تشکیل کره مشکل می‌شود و ضایعات فرایند به حالت چربی راه‌یافته به دوغ کره افزایش پیدا می‌کند. با خنک شدن خامه تا زیر ۴۰ درجه سانتی‌گراد، چربی شروع به کریستالیزاسیون می‌کند. در اثر بلورین شدن بافت چربی، حجم آن کم شده و تنش‌های ناشی از انقباض موجب بی‌ثباتی غشاء می‌شود و آن را مستعد شکستن می‌کند.

از سوی دیگر، در اثر کریستالیزاسیون چربی کشش سطحی غشاء کم می‌شود. خود کریستال‌های به دست آمده هم به غشاء فشار می‌آورند. همه این عوامل موجب حساس شدن غشای گلبول‌های چربی نسبت به صدمات مکانیکی شوند و در نتیجه فرایند کره‌زنی تسهیل و تسریع گردد.

با این حال، کریستالیزاسیون تمام چربی هم برای فرایند کره‌زنی مناسب نیست، چون بخشی از چربی به صورت مایع،که موجب به هم پیوستن کریستال ها در کره زنی خواهد شد، باید باقی باشد. در حالت کلی برای فرایند کره زنی مناسب باید در ۱۵ درجه سانتیگراد حدود ۳۰٪ چربی به صورت مایع باشد.

نحوه کریستالیزاسیون و عمل‌آوری خامه می‌تواند بر ویژگی‌های فیزیکی و رئولوژیکی کره موثر است. قوام کره به ترکیب شیمیایی چربی آن بستگی دارد. یعنی هر مقدار که میزان اسیدهای چرب غیر اشباع بیشتری در ساختمان چربی موجود باشد، بافت کره نرم و حالت روغنی[2] خواهد داشت. چنین حالتی در تابستان بیشتر مشهود است. تغذیه دام با علوفه سبز در این زمان (شکل ۵-۳) موجب افزایش محتوای اسیداولئیک و در نتیجه ارزش یدی چربی شیر می‌شود. تغذیه با تفاله بزرک یا آفتابگردان نیز چنین حالتی را ایجاد می‌کند. ولی در زمستان که تغذیه حیوان از علوفه خشک است، میزان اسیدهای چرب غیر اشباع و ارزش یدی چربی شیر کاهش می‌یابد به طوری که ممکن است کره به دست آمده بافت سفت و شکننده داشته باشد در این حال با کنترل کریستالیزاسیون و استفاده از یک برنامه حرارتی

1. Aging
2. Greasy

صحیح (جدول ۵-۱) می‌توان از انواع مختلف خامه با ارزش یدی متفاوت، کره با بافت مناسبی را تهیه نمود.

شکل ۵-۳ تغیرات ارزش یدی چربی شیر در طول سال (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

جدول ۵-۱ برنامه حرارتی بر اساس اندیس یدی چربی (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

ارزش یدی	برنامه حرارتی	بیشترین مایه کشت درصد
کمتر از ۲۸	۸ ۲۱ ۲۰	۱
۲۸-۲۹	۸ ۲۱ ۱۶	۲-۳
۳۰-۳۱	۶ ۲۰ ۱۳	۵
۳۲-۳۴	۶ ۱۹ ۱۲	۵
۳۵-۳۷	۶ ۱۷ ۱۱	۶
۳۸-۳۹	۶ ۵ ۱۰	۷
بزرگ تر از ۴۰	۲۰ ۸ ۱۲	۵

براساس جدول ۵-۱ می‌توان برمبنای ارزش یدی چربی ، برنامه حرارتی مناسبی را جهت تولید کره با بافت مناسب طراحی کرد. اندازه‌گیری ارزش یدی چربی به روش شیمیایی یا با استفاده از فرمول زیر به صورت تقریبی صورت می‌گیرد که به رابطه شولز معروف است :

$$I = ۳/۸۱ \times R - ۱۲۸/۸۵$$

I = اندیس یدی

R= عدد رفراکتومتری

امروزه در صنعت، استفاده از روش‌های عمل‌آوری زیر مرسوم است:

۵-۲-۴-۱ روش سرد کردن یک مرحله‌ای

در این روش خامه بعد از پاستوریزاسیون بلافاصله تا ۱۰ - ۱۵ درجه سانتی‌گراد به سرعت خنک شده و به مدت یک شب در این دما نگه داشته می‌شود. این روش اگرچه ساده‌تر است ولی ضایعات بیشتری دارد.

همچنین در فرایند سرد کردن سریع، بخش زیادی از چربی با نقطه ذوب پایین (چربی مایع) در داخل تری‌گلیسریدهای با نقطه ذوب بالا محصور شده و منجر به تشکیل کریستال‌های مختلط[1] می‌شود. در این کریستال‌ها چون چربی مایع به دام افتاده است، بنابراین، نسبت بین چربی مایع آزاد و چربی جامد در کل کاهش می‌یابد.

از سوی دیگر چنین حالتی موجب می‌شود که مقدار چربی فوق سرد در ابتدای فرایند کره‌زنی بیشتر شود. چربی فوق سرد یک نوع چربی است که به رغم خنک‌شدن تا زیر نقطه انجماد هنوز بلورین نشده باشد. در این حالت بعد از کره‌زنی این چربی خیلی زود کریستالیزه خواهد شد. این بدان معنی است که تحت چنین شرایطی مقدار زیادی چربی با نقطه ذوب بالا هم به صورت مایع در هنگام تشکیل کره وارد فاز پیوسته چربی شده که در ادامه کریستالیزه می‌شود و موجب افزایش اندازه شبکه چربی جامد و سفت‌تر شدن فاز پیوسته می‌گردد. به دلایل مزبور بافت کره تولیدی با این روش سفت‌تر است.

۵-۲-۴-۲ روش آلنارپ[2]

این روش مناسب فراوری چربی سفت زمستانی است. در این روش برنامه حرارتی به ترتیب ذیل بر روی خامه انجام می‌شود:

الف) خنک‌کردن سریع خامه تا حدود ۸ درجه سانتی‌گراد و نگهداری به مدت تقریبی ۲۴ ساعت در این دما.

ب) گرم‌کردن ملایم تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد و نگهداری در این دما به مدت حدود ۲-۳ ساعت (عمل گرم کردن باید با آب با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام گیرد).

1. Mixed crystal
2. Alnarp method

ج) خنک کردن تا درجه حرارت کره‌زنی (۱۲ درجه سانتی‌گراد).

در مرحله اول با خنک کردن سریع تا ۸ درجه سانتی‌گراد، بلورهای مختلط مشابه روش اول در چربی تشکیل می‌گردد. سپس با گرم کردن تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد بسیاری از کریستال‌های مختلط ذوب شده و چربی مایع از ساختمان بلورین آزاد می‌شود. ولی تعدادی از کریستال‌های باقی‌مانده به عنوان هسته کریستالیزاسیون در مرحله خنک کردن بعدی عمل می‌کنند. در این حالت مقدار چربی فوق سرد به کمترین میزان می‌رسد و با انجام کریستالیزاسیون آهسته، بلورهای منطبق تشکیل می‌شوند که ساختمان لایه لایه دارند به‌صورتی که چربی‌های با نقطه ذوب بالا در هسته کریستال و دارای انواع نقطه ذوب پایین در لایه‌های بیرونی تشکیل می‌گردد.

در فرایند آلنارپ به دو دلیل بافت کره نرم‌تر می‌شود. اول این که با کمتر شدن مقدار کریستال‌های مختلط، چربی مایع آزاد به جامد در ساختمان کره بیشتر می‌شود و دوم در اثر ذوب و کریستالیزاسیون مجدد، اندازه کریستال‌های چربی بزرگ‌تر می‌شود و سطح کلی آنها کاهش می‌یابد، بنابراین چربی مایع کمتری جذب سطح کریستال‌ها می‌شود.

۵-۲-۴-۳ روش مخصوص چربی تابستانه (خنک کردن چندمرحله‌ای)

همان طور که در قبل گفته شد چربی تابستان به علت داشتن اسیدهای چرب مایع بیشتر بافت نرم‌تری دارد. برای اصلاح بافت آن از روشی به نام تابستانه‌کردن استفاده می‌شود. که طی آن خامه در چند مرحله خنک می‌شود. در ابتدا خامه با اندیس یدی بالاتر از ۳۹-۴۰ تا دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد خنک‌شده و تا چند ساعت (حدود ۵ ساعت) در این دما نگه داشته می‌شود. سپس تا ۱۴ درجه سانتی‌گراد سرد کرده و به مدت ۲ تا ۳ ساعت در این دما نگهداری می‌کنند و در نهایت آن را تا دمای کره‌زنی مناسب (۶-۸ درجه سانتی‌گراد) خنک می‌کنند. در این حالت با کریستالیزاسیون آهسته و تشکیل کریستال‌های منطبق بخش عمده چربی جامد می‌شود و بافت کره به دست آمده سفت‌تر می‌شود (مرتضوی و همکاران، ۱۳۷۴).

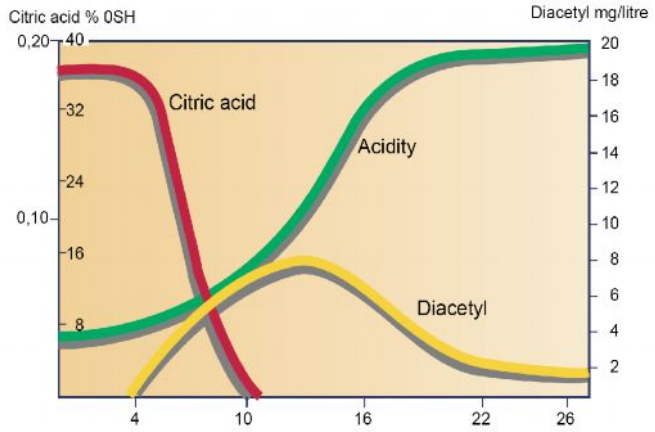
۵-۲-۵ کشت دادن خامه

اگر چه در کشور ما تولید کره از خامه شیرین صورت می‌گیرد، ولی در برخی کشورها تهیه کره از خامه ترش بیشتر رایج است. در واقع هدف اصلی از کشت خامه، تولید عطر و طعم محسوس‌تر و مطلوب‌تر است. در طول تخمیر مواد مختلفی مانند دی‌استیل به همراه

اسیدلاکتیک، انواع اسیدهای فرار، دی اکسیدکربن و مواد مختلف دیگر تشکیل می‌شود که طعم ملایم اسیدی و آجیل مانندی را در کره حاصل از خامه ترش ایجاد می‌کند. دی استیل مهم‌ترین ماده مولد آرومای کره محسوب می‌شود.

مایه کشت آغازگر که در رساندن خامه استفاده می‌شود حاوی باکتری‌های مولد اسیدلاکتیک نظیر لاکتوکوکوس لاکتیس زیر گونه لاکتیس (تولید کننده سریع اسید)، لاکتوکوکوس لاکتیس زیر گونه کرموزیس (به آهستگی تولید اسید می‌کند) و باکتری‌های مولد آروما از جمله لاکتوکوکوس لاکتیس زیر گونه لاکتیس بیوواریته دی استی لاکتیس (تولیدکننده سریع آروما) و لولونوستوک مزنتروئیدس زیر گونه کرموریس (تولیدکننده ملایم آروما) است. گونه‌های اخیر از تخمیر اسید سیتریک، دی استیل تولید می‌کنند (لاو، ۱۹۹۷).

مخلوط باکتری‌های مزبور به صورت کشت تجارتی تهیه شده و در کارخانه از آن کشت مادر[1] درست می‌شود. برای این کار از شیر پس‌چرخ که قبلا در دمای ۹۰-۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه حرارت داده شده و تا حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد خنک گردیده استفاده می‌شود.



شکل ۵-۴ تولید اسید و آروما در شیر پس چرخ در ۲۰ċ با کشت مزوفیل کره(آلفا لاوال/تتراپک، ۱۹۹۵)

1. Mother culture

پس از تهیه کشت مادر مقدار مناسبی از آن به تانک رساندن خامه اضافه می‌شود. این میزان به دمای گرمخانه‌گذاری[1] و مدت زمان آن بستگی دارد و معمولاً به میزان ۵ درصد وزن خامه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد است.

آغازگر کشت میکروبی از یک یا چند گونه یا سویه باکتری‌های لاکتیکی است که برای تولید فراورده‌های لبنی تخمیری استفاده قرار می‌شود. البته گاهی ممکن است باکتری‌های غیر لاکتیکی نیز در ترکیب آغازگر موجود باشند.

آغازگرها به طور سنتی از طریق کشت دادن باکتری‌های لاکتیکی در شیر تهیه می‌شدند ولی امروزه در کنار شیر از محیط کشت‌های ویژه نیز جهت جلوگیری از تکثیر آغازگرها استفاده می‌شود.

انواع آغازگرهای استفاده شده در صنایع لبنی به صورت ذیل طبقه‌بندی می‌شوند:

۱. تک سویه[2]، که هر آغازگر فقط از کشت خالصی از یک سویه تشکیل شده است.
۲. چند سویه[3]، که از ترکیب مشخصی از کشت‌های خالص متعلق به چندین سویه از گونه‌های مختلف یا چندین سویه از یک گونه خاص تشکیل شده‌اند.
۳. سویه‌های مخلوط[4]، که آغازگرهای طبیعی متشکل از مخلوط نامشخصی از گونه‌های مختلف باکتریایی هستند.

همچنین، از نظر دمای بهینه رشد، آغازگرها به دو دسته اصلی مزوفیل و ترموفیل تقسیم‌بندی می‌شوند.

در دسته مزوفیل از آغازگرهای تک‌سویه می‌توان به کشت حاوی لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه کرموریس و یا گاها لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه لاکتیس یا بیو واریته آن دی استی لاکتیس اشاره کرد. از آغازگرهای مزوفیل چند سویه نیز می‌توان کشت‌های حاوی حاوی لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه کرموریس و/یا لاکتیس اغلب در ترکیب با بیو واریته دی استی لاکتیس یا لوکونستوک کرموریس و لوکونستوک لاکتیس را نام برد.

1. Incubation
2. Single-strain
3. Multiple-strain
4. Mixed-strain

آغازگرهای ترکیبی با علایم O، L، DL، و D بیان می‌شوند. L به وجود لوکونستوک و D به وجود دی استی لاکتیس، DL به وجود هر دو گونه و O بر نبودن آن‌ها در کشت دلالت دارد. کشت‌های O را غیر معطر و بقیه انواع کشت‌های مخلوط را، معطر نیز می‌نامند.

کشت‌های ترموفیل اغلب حاوی دو سویه استرپتوکوکوس ترموفیلوس و یا لاکتو باسیلوس هلوتیکوس، لاکتوباسیلوس دلبروکی زیر گونه لاکتیس، یا لاکتو باسیلوس دلبروکی زیرگونه بلگاریکوس هستند.

انتخاب آغازگر در صنایع لبنی به ویژگی‌های دلخواه در فراورده نهایی و روش تولید آن بستگی دارد ولی به طور کلی می‌توان گفت از آغازگرهای مزوفیل بیشتر در کشت دادن خامه، از آغازگرهای ترموفیل در تهیه ماست و از مخلوط هر دو نوع آغازگر در تولید پنیر استفاده می‌شود.

کشت خامه معمولاً دو مرحله دارد:

۱- مرحله اول، که به‌طور عمده اسید تولید می‌کند. این مرحله در دمای بالاتر از حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد صورت می‌گیرد. پایان این مرحله با رسیدن pH به ۵/۳ درجه سانتی‌گراد است، و بعد از آن دمای خامه تا ۱۴ درجه سانتی‌گراد خنک می‌شود.

۲- مرحله دوم، که در آن تولید آروما (دی استیل) علاوه بر اسید انجام می‌گیرد.

تولید دی استیل به عنوان آرومای اصلی کره از pH مساوی ۵-۵/۲ شروع می‌شود. در این شرایط نمک‌های سیترات به حالت اسیدی تبدیل شده و اسیدسیتریک به دست آمده با واکنش‌های پیچیده به دی استیل تبدیل می‌شود. خنک کردن بعدی مثلاً به ۸ درجه سانتی‌گراد برای متوقف کردن کشت با رسیدن pH به حدود ۴/۸-۴/۶ یا اسیدیته به حدود ۷۰ دورنیک انجام می‌شود.

خنک کردن زود هنگام محیط کشت قبل از رسیدن pH به حد مذکور موجب تولید ناقص آروما می‌شود. برای تولید کره با آرومای مناسب میزان دی‌استیل باید در حدود ۱/۵ ppm- ۷ درصد باشد و کمتر از این مقدار طعم ملایم‌تری در کره ایجاد خواهد کرد.

روش مناسب دیگر این است که فرایند تخمیر به صورت طبیعی به پایان رسد و آن گاه قبل از کره‌زنی با مخلوط کردن مقدار مناسبی از خامه ترش با خامه شیرین به pH مناسب در حدود ۵/۴-۵/۲ دست یافت. در این حالت معایب حاصل از ترشاندن خامه هم کمتر مطرح می‌شود.

در برخی از کشورها برای خنثی‌کردن اسیدیته در خامه ترش استفاده از مواد قلیایی مانند هیدروکسید کلسیم یا کربنات و فسفات سدیم مجاز است. در روش تجربی به نام متد

نیزو[1] از خامه شیرین برای تهیه کره استفاده می‌شود. بعد از کره‌زنی دوغ از آن تخلیه می‌شود و سپس مقداری اسید لاکتیک و یک کشت ویژه آغازگری به کره اضافه می شود. باکتری‌های گفته شده عطر و طعم مناسب را به فراورده می‌دهند. برای تهیه کنسانتره از محلول حاصل از پودر آب پنیر استفاده می‌شود.

در تهیه کره کشت داده شده مرحله کشت معمولاً همراه با مرحله رساندن (کریستالیزاسیون) خامه انجام می‌گیرد. برای هر دو فرایند، مناسب‌ترین وسیله مخازن استیل سه جداره است که لایه بیرونی آن عایق‌بندی شده و مجهز به هم زن از نوع لبه‌دار تراشنده سطح است. این مخازن استیل همچنین مجهز به دستگاه گردش آب گرم یا بخار و آب سرد در بین دو جدار داخلی (برای کنترل دما) و pH متر برای کنترل pH هستند. با توجه به این که پدیده کریستالیزاسیون چربی‌ها در کل گرمازاست، اگر چه بخش عمده گرمای حاصل در خنک کردن بعد از پاستوریزاسیون گرفته می شود اما در طول کریستالیزاسیون و در مرحله عمل‌آوری این امر ممکن است موجب شود دمای خامه ۳-۴ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد. بنابراین، کنترل دقیق دما توسط جریان آب سرد در طول عمل‌آوری ضروری است.

۵-۲-۶ کره‌زنی

کره زنی فرایندی است که طی آن امولسیون چربی در آب مربوط به خامه به امولسیون دیگری به صورت آب در چربی تبدیل می‌شود. این عمل که ماهیت مکانیکی دارد، می تواند به صورت غیر مداوم یا مداوم انجام گیرد.

۵-۲-۶-۱ کره‌زنی غیر مداوم

برای تولید کره به روش غیر مداوم که یک روش سنتی است از مخزن چرخانی به نام چرن[2] یا گردونه کره‌زنی (شکل ۵-۵) استفاده می‌شود. شکل بدنه چرن ممکن است یک مخروطی، دو مخروطی، استوانه‌ای، مکعبی یا چند وجهی باشد و معمولاً از جنس فولاد ضد زنگ ساخته می‌شود. اندازه محفظه از گنجایش یک تن تا ۱۰ تن متغیر است. سطح داخلی چرن دندانه‌دار است تا مانع چسبیدن کره به دیواره شود و به عمل هم‌زدن خامه کمک کند. پاروهایی نیز در داخل چرن تعبیه است که به هم‌زدن و کف‌کردن خامه کمک می‌کند.

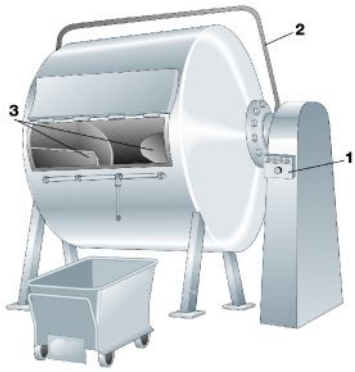
1. Nizo method
2. churn

قبل از شروع کار، دستگاه با محلول‌های شوینده شسته شده و ضدعفونی می‌شود. سپس داخل محفظه را با آب سرد آبکشی می‌کنند تا ضمن خنک شدن دستگاه، با تشکیل یک لایه نازک آب روی سطح داخلی چرن از چسبیدن چربی به بدنه محفظه جلوگیری شود.

خامه قبل از انتقال به چرن هم زده می‌شود و دمای آن بین ۸-۱۴ درجه سانتی‌گراد تنظیم می‌گردد. سپس به مقدار مناسب ۴۰ درصد به چرن توسط پمپ جابه‌جایی مثبت منتقل می‌شود. با چرخش گردونه عمل کره‌زنی آغاز می‌شود و در طول فرایند خامه از یک سو به‌سوی دیگر در داخل چرن پرتاب می‌شود. در اثر این کار، پس از گذشت مدت زمان معین که به درصد چربی خامه و حجم خامه در محفظه نیز بستگی دارد و ۳۰-۴۵ دقیقه طول می‌کشد، دانه‌های کره تشکیل می‌شوند.

در مورد سازوکار تشکیل کره در اثر فرایند کره‌زنی نظریه‌های قبلی عامل اصلی این کار را ضربات مکانیکی وارد به گلبول‌های چربی می‌دانستند. امروزه این مسئله با نظریه شناور شدن خود به خودی[1] توضیح داده می‌شود.

مطابق این نظریه فرایند کره‌زنی با نفوذ هوا و کف کردن خامه در اثر هم زدن آغاز می‌شود. در ابتدا عامل اصلی آن مواد پروتئینی است که فعالیت سطحی دارند. با ادامه این وضعیت گلبول‌های چربی نیز به علت افزایش کشش سطحی در لایه مرزی هوا- سرم در سطح مشترک جذب و تجمع می‌کنند. با استمرار هم‌زدن، آب همراه با پروتئین‌ها رها شده و حباب‌های هوا کوچک‌تر می‌شوند. این عمل موجب فشرده شدن بیشتر گلبول‌های چربی خواهد شد.

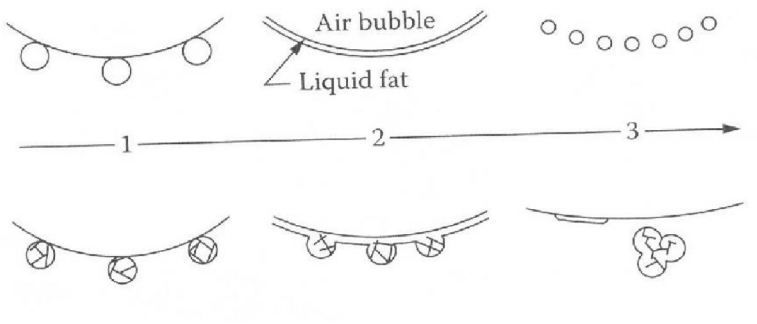


۱. پانل کنترل
۲. میله توقف اضطراری
۳. پاروهای مضرب

شکل۵-۵ گردونه کره‌زنی غیرمداوم (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

1. Auto flotation

در اثر فشارها و تنش‌های وارد شده غشای گلبول‌های چربی پاره و چربی مایع آزاد می‌شود و به صورت یک لایه نازک روی حباب هوا می‌گیرد و موجب ترکیدن حباب‌ها و فشرده شدن شدیدتر گلبول‌های چربی می‌گردد که به خروج بیشتر چربی مایع و پاره شدن غشاهای گویچه‌ها منجر می‌شود، و کف بتدریج پایداری خود را از دست داده و از بین می‌رود. با پیوستن گلبول‌های چربی به هم و بلورهای جامد با چربی مایع، دانه‌های کره[1] ظاهر می‌شوند.



شکل ۵-۶ سازوکار تشکیل کره، بالا: چربی مایع، پایین: چربی نیمه جامد (والسترا، ۲۰۰۶)

بعد از پایان فرایند، چرخش دستگاه متوقف می‌شود و پس از چند دقیقه با باز کردن درب گردونه، دوغ کره خارج می‌شود. این عمل باید سریع و کامل انجام گیرد. پس از تخلیه دوغ ممکن است دانه های کره با آب سرد شستشو داده شوند. برای این کار که بیشتر جهت کره حاصل از خامه ترش و نیز کره تابستانی انجام می شود هم اندازه حجم خامه اولیه یا تا اندازه‌ای که سطح کره به‌طور کامل پوشیده شود، آب به اضافه می‌کنند. سپس ۱۰ تا ۱۵ مرتبه با سرعت کم (به مدت چند دقیقه) چرن را می‌گردانند. این عمل معمولاً ۲ بار تکرار می‌شود. دمای آب استفاده شده به شرایط فیزیکی دانه‌های کره بستگی دارد. هر چقدر بافت کره نرم‌تر باشد باید آب سردتری به کار برده شود. معمولاً دمای آب ۲-۴ درجه سانتی‌گراد کمتر از دمای کره‌زنی است.

1. Butter grain

علاوه بر این، چون آب مستقیم با فراورده تماس دارد باید کیفیت بهداشتی بالایی داشته باشد. یعنی شمارش کل میکروبی آن بیش از ۱۰۰ عدد در هر میلی‌لیتر، میکروب‌های پروتئولیتیک و قارچ‌ها در یک میلی لیتر منفی و اشرشیاکلی در ۱۰۰ میلی لیتر منفی باشند.

همچنین، از نظر شیمیایی، کیفیت آب استفاده شده باید مناسب باشد. مقدار آهن بیش از ۵ درصد میلی گرم در لیتر، منگنز ۱ درصد میلی‌گرم در لیتر و نیز بدون فسفات و تیزاب باشد. علاوه بر این، آب باید بدون هرگونه طعم‌های خارجی باشد. عملیات شستشو فواید متعددی دارد به این صورت که مواد جامد غیر چربی شیر از سطوح دانه‌های کره شسته شده و این عمل موجب کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌شود.

از سوی دیگر، بار میکروبی کره با شستشوی مناسب تا حدود ۹۰ درصد می‌تواند کاهش یابد. نکته بعدی این است که با خروج کامل دوغ کره و جایگزین کردن آن با آب خالص عمل کاهش میزان رطوبت تسهیل می‌گردد، زیرا دوغ کره اتصال قوی‌تری با ذرات کره در مقایسه با آب دارد که علت آن وجود مواد فسفولیپیدی و دیگر مواد فعال سطحی است.

شستشو به در هم پیوستن و جمع‌شدن دانه‌های کره بویژه در حالتی که کره خیلی نرم باشد نیز کمک می‌کند و در برطرف کردن طعم‌های نامطلوب خامه هم مؤثر است. با این حال، در اثر شستشو مواد مولد عطر و طعم که در کیفیت مطلوب کره نقش دارند نیز خارج می‌شوند. ضمن این که با حذف مواد جامد غیر چربی شیر، بازدهی فرایند کاهش می‌یابد. به این دلایل از عملیات شستشو امروزه در مراکز صنعتی کمتر استفاده می‌شود.

بعد از شستشو، مرحله بعدی مالش‌دادن کره است. درصورتی که هدف تولید کره نمک‌دار باشد قبل از مالش‌دادن نمک اضافه می‌شود. برای این کار می‌توان نمک را به صورت خشک روی دانه‌های کره پاشید یا نمک را ابتدا در آب تا حد اشباع حل کرد و سپس به کره اضافه نمود. کیفیت نمک مورد استفاده نیز باید بالا، درجه خلوص آن دست کم ۹۵ درصد و فاقد فلزات سنگین نظیر مس و آهن باشد و نیز آلوده به اسپورهای باکتریایی و قارچی نباشد.

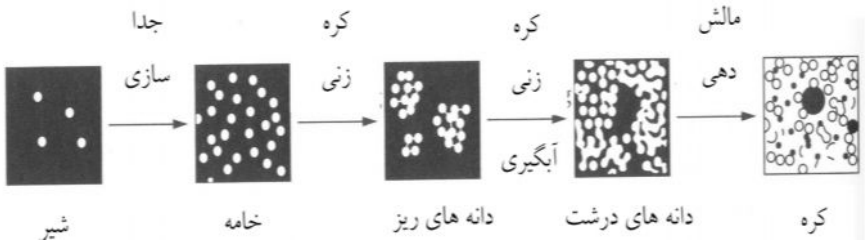
مهم‌ترین اهداف مالش‌دادن کره عبارت‌اند از:

۱. توزیع آب به صورت یکنواخت در بافت فراورده به طوری که اندازه ذرات آب بیش از ۱۰ μ باشد. در این حالت فعالیت آبی[1] فراورده برای رشد میکروارگانیسم‌ها کافی نیست و در نتیجه مدت زمان نگهداری مناسبی در فراورده تأمین می‌گردد.

1. Water activity

۲. تنظیم مقدار نهایی آب کره.
۳. ایجاد بافت خشک و همگن در کره.

برای این کار دستگاه چرن با سرعت کم گردش می‌کند و به این ترتیب، ذرات کره به هم می‌چسبند و در اثر غلتیدن و مالش‌دهی به شکل توده واحد و همگن در می‌آیند. این عمل آن قدر ادامه می یابد تا کره کاملاً خشک به نظر برسد . پس از انجام آزمون رطوبت در صورت نیاز آب تا حد لازم (مقدار استاندارد آب کره ۱۶درصد است) به آن اضافه می‌شود و سپس به منظور نفوذ آب آزاد به داخل کره عمل چرخش ادامه می‌یابد.



شکل ۵-۷ نمای مراحل تشکیل کره (والسترا، ۲۰۰۶)

کنترل دما در این مرحله و در طول فرایند کره‌زنی بسیار اهمیت دارد، زیرا میزان مناسب چربی مایع بسته به عنوان فاز پیوسته در شکل‌گیری بافت کره و به هم چسبیدن دانه‌های آن بسته به درجه حرارت است. معمولاً عمل مالش‌دادن در درجه حرارت‌های به نسبت پایین ۸-۱۴ درجه سانتی‌گراد انجام می شود. بنابراین، در برخی از شرایط لازم است با پاشیدن آب روی چرن، فراورده را خنک کرد.

نکته مهم این است که عملیات مالش‌دهی بیش از حد نیز نامطلوب است زیرا در این حالت توزیع ذرات آب در فاز پیوسته به حالت بسیار ریز است و در نتیجه از شدت طعم فراورده کاسته خواهد شد. چون در این حالت مواد طعم دهنده موجود در ذرات آب بسیار ریز برای پرزهای چشایی در دسترس نیستند.

۵-۲-۶-۲ کره‌زنی مداوم

این روش برای اولین بار در کشور آلمان توسط شخصی به نام فریتز[1] ابداع شد و امروزه با انجام اصلاحاتی روی آن در کارخانه‌های صنعتی به عنوان روش کره‌زنی مداوم رایج است.

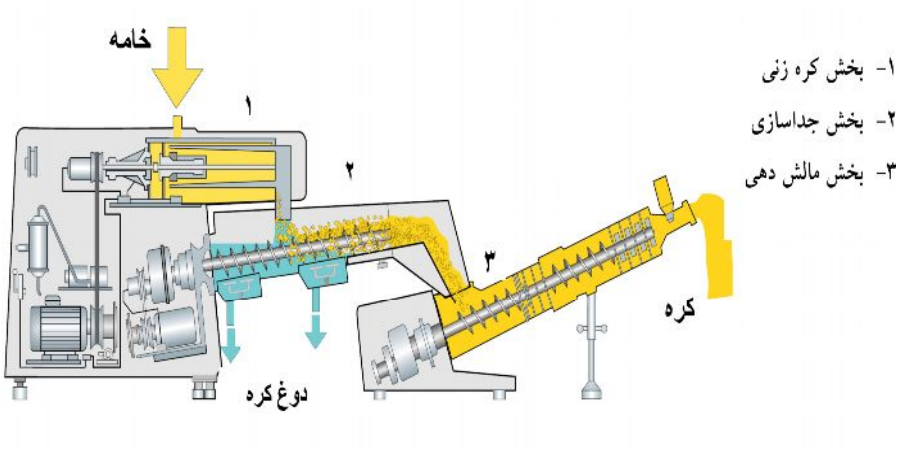
این دستگاه از سه قسمت تشکیل شده است عبارت‌اند از:

۱- بخش کره‌زنی[2]؛

۲- بخش جداسازی[3]؛

۳- بخش مالش‌دهی[4].

خامه از قسمت بالای استوانه کره‌زنی وارد دستگاه می‌شود. استوانه به وسیله ژاکت آب سرد خنک می‌شود و در آن با یک همزن چند تیغه ای (شکل ۵-۸) عمل همزدن خامه و شکستن امولسیون خامه صورت می‌گیرد. این همزن توسط یک گیربکس با دور متغیر می‌چرخد و معمولاً با دور ۱۰۰۰rpm کار می‌کند. گردش همزن هم موجب هوا دهی و کف کردن خامه می‌شود و به گلبول‌های چربی صدمه وارد می‌کند و آن‌ها را می‌شکند. این عملیات ۱-۲ ثانیه طول می‌کشد. سرعت همزن جهت تولید یک فراورده با کیفیت مناسب تنظیم می‌شود. هر قدر سرعت هم زن بیشتر باشد دانه‌های کره بزرگ‌تر خواهد بود.



شکل ۵-۸ نمای دستگاه کره زن مداوم (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

1. Fritz
2. Churning section
3. Separation section
4. working section

اگر سرعت آن خیلی بالا باشد موجب تشکیل دانه‌های درشت و نیز باقی ماندن دوغ و تشکیل مقدار زیاد چربی مایع کلوئیدی می‌شود که در این حالت چربی زیادی در دوغ کره از بین می‌رود.

مخلوط دانه‌های کره و قطره‌های دوغ کره حاصل از مرحله اول وارد استوانه دوم (بخش جداکننده) می‌شوند. در این مرحله دانه‌های کره به هم پیوسته و دوغ از آن جدا می‌شود. این بخش یک استوانه افقی مشبکی دارد که اندازه آن بزرگ‌تر از استوانه اول است و با سرعت بالغ بر rpm ۳۵ می‌چرخد. دانه‌های کره در آن به علت شیب‌دار بودن استوانه چرخان بتدریج به سمت جلو حرکت می‌کنند و ضمن حرکت با هم تجمع یافته و از دوغ جدا می‌گردند. دوغ کره بعد از جداسازی به خارج از خط، پمپ می‌شود. با این حال ممکن است در یک مبدل صفحه‌ای خنک و دوباره به استوانه شماره ۲ برگشت داده شود تا به سرد کردن دانه‌های کره کمک کند. همچنین، ممکن است در انتهای این مرحله کره با آب سرد شستشو داده شود. البته این کار در شرایط عادی معمولاً نامطلوب است.

پس از این مرحله، دانه‌های مرطوب کره وارد مرحله مالش‌دهی می‌شوند و در آنجا با یک مارپیچ دوار به حرکت در می‌آیند و با عبور از صفحات مشبک کاملاً مالش داده می‌شوند. در این قسمت با تزریق آب می‌توان رطوبت کره را تنظیم کرد. البته تنظیم و کنترل دستی این مسئله مشکل است ولی در دستگاه‌های جدید تنظیم رطوبت به صورت خودکار انجام می‌شود.

برای این کار حسگرهای رطوبت‌سنج در خروجی دستگاه کار گذاشته می‌شود که براساس ضریب هدایت الکتریکی فراورده میزان رطوبت را اندازه می‌گیرند و در صورت نیاز با پمپ‌های مخصوص آب به مقدار لازم داخل کره تزریق می‌شود.

قسمت مالش‌دهنده ممکن است مجهز به یک بخش هواگیری تحت خلأ باشد. که این قسمت بین دو مرحله مالش دادن قرار می‌گیرد. کره برای هواگیری به صورت لایه‌های نازک در آمده و در اثر خلأ موجود میزان هوای آن به یک درصد کاهش داده می‌شود.

در مرحله مالش‌دهی همچنین اگر هدف تولید کره نمک‌دار باشد، به میزان مناسب نمک به کره اضافه می‌شود. با توجه به این که مرحله مالش‌دهی در روش مداوم به سرعت انجام می‌گیرد ممکن است که نمک به خوبی در بافت کره نفوذ نکند. در این حالت اگر نمک به صورت کریستال‌های حل نشده در فراورده باقی بماند آب مناطق اطراف خود را جذب می‌کند. نقاطی که به این صورت آب خود را از دست داده‌اند به صورت لکه‌های زرد رنگ

ظاهر می‌شوند. برای رفع این مشکل اول این که اندازه ذرات نمک باید کمتر از μm ۵۰ در روش مداوم باشند و دوم تا حد امکان از نمک به حالت محلول اشباع استفاده کرد.

دستگاه‌های کره‌زنی مداوم امروزه با ظرفیت ۲۰۰-۱۰۰۰۰ kg در ساعت کار می‌کنند. اگرچه میزان چربی باقی‌مانده در دوغ کره با این روش تولید بیشتر از روش غیر مداوم است و خود دستگاه هم قیمت بالایی دارد، ولی ظرفیت تولید آن بالاست و هزینه تولید واحد وزن فراورده کمتر است. از سوی دیگر، شرایط تولید آن کاملاً بهداشتی است و بدون دخالت دست انجام می‌شود و فضای کمتری نیز اشغال می‌کند.

۵-۲-۷ بسته‌بندی

برای انتقال کره از ماشین کره‌زنی به واحد بسته‌بندی از روش‌های مختلف ذیل استفاده می‌شود:

۱. فراورده ابتدا به داخل یک مخزن تخلیه می‌شود. در ته این مخزن یک نقاله مارپیچی کار گذاشته شده که کار انتقال فراورده به ماشین بسته‌بندی را انجام می دهد.
۲. فراورده به داخل مخازن چرخدار تخلیه شده و توسط این چرخ‌های ویژه از جنس استیل ضد زنگ که از قبل خوب شسته و ضدعفونی شده‌اند به دستگاه بسته‌بندی حمل می‌گردد.
۳. فراورده مستقیم و با پمپ به واحد بسته‌بندی فرستاده می‌شود.

در اثر انتقال کره توسط پمپ بویژه در لوله‌های طولانی و یا در مخازن چرخدار ممکن است لایه لایه شود. علت اصلی آن تشکیل لایه‌ای از چربی مایع بین لایه‌های کره است که مانع چسبیدن آنها به هم می‌شود. برای رفع این نقص قبل از بسته‌بندی، کره با یک مخلوط‌کن کن مارپیچی ویژه مالش داده می‌شود. این عمل ضمن همگن‌کردن بافت کره، سبب کاهش اندازه قطره‌های آب می‌شود و از جدا شدن آن در ضمن بسته‌بندی جلوگیری می‌کند.

پس از مالش‌دهی، کره توسط دستگاه بسته‌بندی مخصوص در بسته‌های با اندازه‌های مختلف بسته‌بندی می‌شود. برای بسته بندی کره از کاغذهای آلومینیومی استفاده می‌شود که نسبت به نفوذ بخار آب مقاوم است و از خشک شدن سطوح کره جلوگیری می‌کند.

کره پس از بسته‌بندی به ماشین کارتن‌زنی منتقل می‌شود و بعد از کارتن‌گذاری به سردخانه منتقل و به سرعت تا ۶ درجه سانتی‌گراد خنک می‌گردد. معمولاً کره مدتی در

سردخانه نگه داشته شود و سپس به سردخانه زیر صفر (۱۸- درجه سانتی‌گراد) منتقل می‌کنند.

۵-۳ عوامل مؤثر بر بازده کره‌زنی

بازده کره‌زنی بسته به مقدار درصد چربی (خامه) دارد و در واقع ارتباط معکوسی با میزان چربی باقی مانده در دوغ دارد. به این جهت گاهی بازدهی کره زنی بر حسب میزان چربی باقی‌مانده در دوغ کره نسبت به کل چربی مورد استفاده در خامه بیان می‌شود. هر قدر رقم فوق کمتر باشد نشان‌دهنده بالا بودن بازده کره‌زنی خواهد بود. بر این اساس بازده کره‌زنی تا ۰/۷ درصد قابل قبول است.

مهم‌ترین عوامل مؤثر بر بازدهی کره‌زنی که باید به آن توجه کرد عبارت‌اند از:

۵-۳-۱ درصد چربی خامه

اگر مقدار چربی خامه کم باشد درصد چربی دوغ کره کاهش می‌یابد ولی بر مقدار کل دوغ کره اضافه می‌شود. یعنی در نهایت میزان ضایعات چربی بیشتر می‌شود. بنابراین، مقدار چربی خامه نباید از ۳۳ درصد کمتر باشد.

از سوی دیگر، اگر خامه غلظت زیادی (بیشتر از ۴۳ درصد چربی) داشته باشد، انتقال و شدت هم‌زدن خامه کره‌زن (چرن) مشکل است و کارایی فرایند پایین می‌آید. میزان بهینه درصد چربی خامه معمولاً برای خامه ترش ۳۵ درصد و برای کره حاصل از خامه شیرین ۳۸-۴۳ درصد و در روش مداوم حدود ۴۵٪ در نظر گرفته می‌شود.

۵-۳-۲ درجه حرارت کره‌زنی

درجه حرارت مطلوب برای کره‌زنی در صورت بالا بودن عدد یدی (چربی تابستانی) حدود ۸ درجه سانتی‌گراد و برای چربی با عدد یدی پایین (چربی زمستانی) حدود ۱۲-۱۴ است. البته هر قدر دما بالاتر باشد فرایند سریع‌تر انجام می‌گیرد ولی با کاهش مقدار چربی کریستالی، چربی راه‌یافته به دوغ بیشتر خواهد شد. از سوی دیگر، هر مقدار که درصد چربی خامه بالاتر باشد دما باید کاهش داده شود.

۵-۳-۳ نسبت بین چربی مایع به چربی جامد

انجام کریستالیزاسیون مناسب چربی قبل از کره‌زنی نقش بسزایی در بازدهی فرایند دارد. به این ترتیب، برای رسیدن به یک بافت و بازدهی خوب، میزان چربی مایع باید ۱۵-۲۵ درصد و میزان چربی فوق سود کم باشد. در روش آلنارپ به علت این که میزان چربی فوق سود در کمترین مقدار خود است و میزان چربی دوغ کره نیز کمتر است.

۵-۳-۴ pH خامه

هر قدر که pH خامه کمتر باشد، به هم پیوستن و تجمع ذرات چربی نیز سریع‌تر انجام می‌گیرد. بنابراین، میزان چربی راه یافته به دوغ کره ترش کمتر از کره حاصل از خامه شیرین است.

۵-۳-۵ مقدار خامه چرن

بدیهی است که در عملیات غیر مداوم برای بالا بردن ظرفیت سعی می‌شود تا حد امکان میزان خامه ورودی به چرن در هر بحر تولید بیشتر باشد. از سوی دیگر، پر کردن بیش از حد دستگاه، فضای لازم برای پرتاب‌کردن و زدن خامه را کاهش می‌دهد. در نتیجه، زمان فرایند کره‌زنی و همچنین میزان چربی دوغ کره بیشتر می‌شود. با توجه به این مطالب، دست کم پر کردن چرن ۱۵درصد کل حجم دستگاه و بیشترین آن ۴۰-۴۵ درصد است اما با توجه به این که میزان مناسب پر کردن چرن به درصد چربی خامه هم بستگی دارد بنابراین، باید مطابق فرمول ذیل میزان خامه انتخاب شود:

$$F \times V = ۱۰۰۰$$

F = درصد چربی خامه

V = درصد حجم پر شده چرن

۵-۳-۶ سرعت گردش چرن

هر مقدار سرعت گردش چرن پایین باشد به همان اندازه هم شدت هم‌زدن خامه کمتر می‌شود و زمان فرایند طولانی می‌گردد. از سوی دیگر، اگر سرعت خیلی بالا باشد این خطر وجود دارد که نیروی سانتریفیوژی بیشتر از نیروی جاذبه باشد. در نتیجه، خامه به جدار

داخلی گردونه می‌چسبد و همراه با آن می‌چرخد. بهترین شرایط برای کره‌زنی زمانی است که نیروی وزن، کمی بیش از نیروی سانتریفوژی باشد:

$$|mr\omega^{۲} < m.g \quad \longrightarrow \quad (۲\pi n)^{۲} \times r < g$$

$$\Rightarrow n < \sqrt{\frac{g}{r}} \times \frac{۱}{۲\pi}$$

$$\Rightarrow n \cong \frac{۱}{۲\sqrt{r}}$$

مثال: اگر فاصله بین دورترین نقطه داخل گردونه از محور چرخشی یک متر باشد، بیشترین سرعت مناسب چرن چقدر است؟

$$n = \frac{۱}{۲\sqrt{r}} = \frac{۱}{۲} = ۳۰$$

معمولا سرعت گردش چرن ۲۵-۵۰ دور در دقیقه است.

۵-۴ عیوب کره

به دلایل مختلف، کره پس از تولید ممکن است معیوب و نامطلوب باشد. بسیاری از عیوب و نقایص کره از خامه‌ای است که از آن تهیه شده، بویژه در حالتی که خامه قبل از جمع‌آوری از سوی دیگر، تولیدکنندگان و دامداری‌ها مدتی نگهداری شود. مهم‌ترین عیوب کره بعد از تولید مربوط به طعم و مزه آن است و عبارت‌اند از:

۱. طعم علوفه‌ای که حیوان از آن تغذیه کرده است.
۲. طعم نامطلوب خارجی که از راه هوا جذب خامه می‌شوند مانند طعم اصطبل، مواد شیمیایی.
۳. طعم حاصل از فعالیت میکروارگانیسم‌ها.

رشد میکروارگانیسم‌ها در خامه ممکن است منجر به ایجاد یکی از این طعم‌های نامطلوب شود:

۱. طعم اسیدی که در اثر ترشیدن زیاد خامه و خنک‌نکردن کافی بعد از کشت دادن ایجاد می‌شود.
۲. طعم پنیری که لاکتوباسیل‌ها تولید می‌کنند.
۳. طعم تندی که باکتری‌های لیپولینیک و کپک‌ها تولید می‌کنند.

۴. طعم مالتی که استرپتوکوکوس لاکتیس زیر گونه مالیتژنس تولید می‌کند.
۵. طعم کهنگی[1] که کپک‌ها و اکتینوسیت‌ها تولید می‌کند.
۶. طعم تخمیری که مخمرها تولید می‌کنند.
۷. طعم فلزی که در اثر زنگ‌زدگی فلزات و ظروف ایجاد می‌شود.
۸. طعم بی مزه که در اثر تجزیه دی استیل توسط باکتری‌هایی مانند سدوموناس تولید می‌شود.
۹. بوی اصطبل که گونه‌های آنتروباکتر آن را ایجاد می‌کنند.
۱۰- بوی کثیفی[2] که ناشی از کلی فرم‌هاست.

۵-۵ فساد کره

با توجه به اینکه کره در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شود، احتمال فساد آن بویژه از نظر میکروبیولوژیکی دست کم به مدت یک سال بسیار پایین است. با این حال، ممکن است تحت تاثیر عوامل مختلف کره فاسد شود.

مهم‌ترین موارد فساد کره عبارت‌اند از:

۵-۵-۱ فساد شیمیایی

مهم‌ترین موارد فساد شیمیایی کره عبارت‌اند از:

۵-۵-۱-۱ اکسیداسیون

این فرایند بویژه در اسیدهای چرب غیر اشباع با حضور آنزیم‌های اکسیدکننده و املاح سنگین مانند یون مس، در pH های پایین، نمک و هوا جز این‌هاست که طعم پیه[3] در کره ایجاد می‌نماید. این فرایند عامل اصلی کاهش ماندگاری کره تخمیری نمک‌دار است ولی در مورد سایر انواع کره کمتر به وقوع می‌پیوندد.

1. Musty flavor
2. Unclean flavor
3. Tallowiness

۵-۵-۱-۲ لیپولیز

چربی ممکن است توسط آنزیم‌های لیپاز هیدرولیز شود و با تولید اسیدهای چرب فرار موجب تندی کره شود. این فرایند در کره نمک‌دار کمتر اتفاق می‌افتد.

۵-۵-۱-۳ تجزیه لیستین

لیستین با آنزیم لیستیناز که به‌طور عمده توسط میکروارگانیسم‌ها تولید می‌شود تجزیه و با تولید تری متیل آمین، بوی ماهی در کره ایجاد کنند.

۵-۵-۲ فساد میکروبی

اگرچه به علت استفاده از دماهای پایین در زمان نگهداری کره و نیز توزیع آب به صورت قطره‌های بسیار ریز کمتر از μ ۱۰، امکان رشد میکروب‌ها در کره بسیار محدود است ولی با این حال می‌تواند به شکل‌های‌های زیر در معرض فساد میکروبی باشد.

۵-۵-۲-۱ فساد سطحی[1]

عامل اصلی این نوع فساد سودوموناس پوتریفاسیتس است که معمولاً از طریق آب شستشو یا تجهیزات مورد استفاده وارد کره می‌شود. بویی که در این نوع فساد به مشام می‌رسد به علت وجود اسیدهای آلی به ویژه اسید ایزو والریک است (ویلبی، ۲۰۰۲).

۵-۵-۲-۲ فسادهای میکروبی که طعم‌های نامطلوب در داخل کره ایجاد کنند

(بادیفلت و همکاران، ۱۹۸۸).

عامل اصلی این نوع فساد به شرح زیر است:

۵-۵-۲-۲-۱ تندی ناشی از سودوموناس فراژی و سودوموناس فلورسانس است.

۵-۵-۲-۲-۲ طعم ماهی ناشی از آئروموناس هیدروفیلا است.

۵-۵-۲-۲-۳ طعم استری ناشی از سودوموناس فراژی است.

۵-۵-۲-۲-۴ طعم راکفورتی که توسط کپک پنی سیلیوم راکفورتی ایجاد می‌شود.

1. Surface taint

۵-۵-۲-۳ فساد میکروبی موجب تشکیل رنگ‌های مختلف در کره می‌شود

عامل اصلی این نوع فساد کپک‌ها به شرح زیر است:

۵-۵-۲-۳-۱ بی‌رنگ شدن کره؛ در اثر فعالیت کپک‌ها و مخمرها بویژه ترولا ایجاد می‌شود.

۵-۵-۲-۳-۲ لکه‌های سبز از آلترناریا، کلادوسپوریوم و پنی سیلیوم‌ها ناشی می‌شود.

۵-۵-۲-۳-۳ لکه‌های سیاه از استمفیلیوم ناشی می‌شود.

۵-۵-۲-۳-۴ لکه‌های نارنجی بر اثر ژئوتریکوم ایجاد می‌شود.

۵-۵-۲-۳-۵ لکه‌های قهوه‌ای از آلترناریا ناشی می‌شود.

۵-۵-۲-۳-۶ رنگ قرمز روشن متمایل به صورتی از فوزاریوم کالماریوم ناشی می‌شود.

۵-۵-۲-۳- ۷ کلنی‌های صورتی که با مخمرها ایجاد می‌شود.

۵-۵-۲-۳-۸ قرمز متمایل به قهوه‌ای از سودوموناس نیگریفیکانس ناشی می‌شود.

۵-۶ استاندارد کره

مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۲۴۰۶ (۱۳۶۲)، بیشترین تعداد کلی فرم در هر گرم کره باید ۳۰ عدد ، اشرشیاکلی منفی، استافیلوکوکوس منفی، گرم منفی سرما گرا بیش از ۵×۱۰^{۴} و تعداد کپک‌ها ۱۰۰ عدد باشد.

جدول ۵-۲ استاندارد ویژگی‌های شیمیایی کره (استاندارد ملی ایران- شماره ۱۶۲، ۱۳۸۶)

ردیف	ویژگی	حدود قابل قبول
۱	رطوبت و مواد فرار در ۲± ۱۰۳ (در صد وزنی)	بیشینه ۱۶
۲	چربی (در صد وزنی)	کمینه ۸۲ برای کره بدون نمک کمینه ۸۰ برای کره با نمک
۳	ماده خشک بدون چربی (در صد)	بیشینه ۲ برای با نمک
۴	نمک (در صد وزنی)	بیشینه ۲ برای کره نمک
۵	ویژگی‌های چربی	۴۰-۲۶
۶	اندیس یدی	بیشینه ۰/۳
۷	اسیدیته (بر حسب اسید اولئیک) در صد وزنی - وارداتی	بیشینه ۰/۵
۸	اسیدیته (بر حسب اسید اولئیک) در صد وزنی - داخلی	۲۳۵-۲۲۵
۹	اندیس صابونی	بیشینه ۱
۱۰	پراکسید (میلی اکی والان در کیلوگرم)	بیشینه ۱/۷
۱۱	نقطه ذوب	۳۴-۲۸

خودآزمایی

۱. در انتخاب خامه برای تولید کره به چه نکاتی باید توجه کرد؟
۲. شرایط پاستوریزاسیون خامه تولیدی در کره را نام برده و علت استفاده از دماهای بـالا را توضیح دهید؟
۳. برای بهبود بافت کره نرم حاصل از خامه تابستان چه اقدامی می‌توان انجام داد؟
۴. در تخمیر خامه برای تولید کره تخمیری از چه نوع سویه‌هایی استفاده می‌شود و شـرایط کشت آن‌ها چگونه است؟
۵. عامل اصلی طعم کره چه ترکیبی است و شرایط تولید آن را توضیح دهید؟
۶. اگر چربی خامه ۴۰درصد باشد چه حجمی از چرن باید از خامه پر شود؟
۷. ساختمان و نحوه کار دستگاه کره‌زن مداوم را توضیح دهید؟
۸. شرایط بهینه کره‌زنی غیرمداوم برای تولید بازدهی بیشتر را نام ببرید؟
۹. عوامل فساد سطحی کره را توضیح دهید؟
۱۰. وقوع لکه‌های زرد در کره ناشی از چیست و چگونه می‌توان آن را رفع کرد؟

فصل ۶

ماست

اهداف رفتاری

در پایان این فصل از فراگیرندگان انتظار می‌رود:

۱۳. مراحل عمومی تولید انواع ماست را یاد بگیرند.

۱۴. روش‌های استانداردکردن ماده خشک شیر در تولید ماست را توضیح دهند.

۱۵. نوع آغازگرهای استفاده شده در تولید ماست و روش تهیه آغازگرها را بدانند.

۱۶. شرایط گرمخانه‌گذاری و تخمیر لاکتیکی ماست را توضیح دهند.

۱۷. ساختمان و انواع دستگاه‌های فیل- سیل استفاده شده برای بسته‌بندی ماست را توضیح دهند.

۱۸. ویژگی‌های استاندارد ماست را بشناسند.

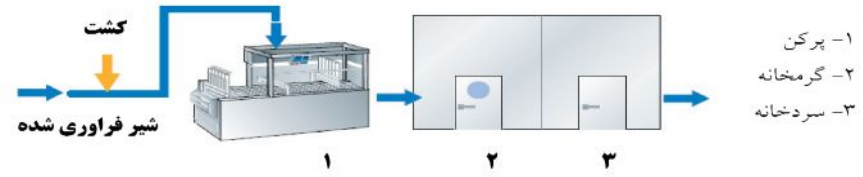
۱۹. عوامل فساد ماست را توضیح دهند.

۶-۱ کلیات

ماست یکی از پر مصرف‌ترین فراورده‌های کشت داده شده شیر در جهان است. خاستگاه این فراورده را به دامنه کوه البرز در منطقه قفقاز نسبت می‌دهند. ترک‌های این منطقه ماست را یوقورت[1] نامیدند و از قرن ۱۱ به اسم یوقورت در جهان مشهور شد.

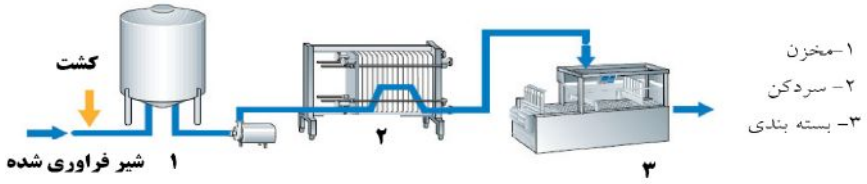
ماست انواع مختلفی دارد که رایج‌ترین آن‌ها در ایران عبارت‌اند از:

۱. ماست قالبی[2]، که در آن گرمخانه‌گذاری و خنک کردن پس از بسته‌بندی انجام می‌گیرد.



شکل ۶-۱ مراحل اساسی ماست بسته (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

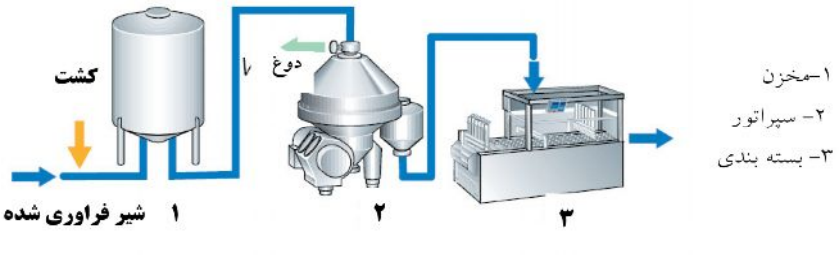
۲. ماست هم‌زده[3]، که در طی آن گرمخانه‌گذاری و خنک کردن آن در داخل مخزن و قبل از بسته‌بندی انجام می‌گیرد.



شکل ۶-۲ مراحل اساسی ماست هم‌زده (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

۳. ماست چکیده[4]، که پس از آبگیری از ماست معمولی با فشردن با کیسه‌های پارچه‌ای در روش سنتی و در صنعت با دستگاه سپراتور مخصوص تهیه می‌شود.

1.Yoghurt
2. Set Yoghurt
3. Stirred Yoghurt
4. Concentrated yoghurt



شکل۶-۳ مراحل اساسی ماست چکیده (آلفا لاوال/تتراپک، ۱۹۹۵)

۶-۲ مراحل تولید ماست قالبی

به طور کلی، مراحل تولید ماست (نوع قالبی) به صورت ذیل است:

شیر با توجه به شرایط لازم برای تولید ماست انتخاب می‌شود و در بخش بازیافت حرارتی پاستوریزاتور حرارت مقدماتی می‌بینند. سپس چربی و ماده خشک آن استاندارد شده و شیر استاندارد برای همگن‌شدن وارد هوموژنایزر می‌شود. در ادامه فراوری، شیر هوموژنیزه تا دمای لازم توسط مبدل صفحه‌ای یا روش‌های دیگر پاستوریزه شده و بعد تا دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد خنک می‌شود. در این دما، مایه کشت میکروبی به عنوان آغازگر به آن اضافه و بلافاصله در لیوان‌های پلاستیکی یا ظروف دیگر بسته‌بندی و وارد گرمخانه می‌شود تا در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد بعد از گذشت حدود ۲-۳ ساعت لخته ماست شکل بگیرد.

بعد از این مرحله ماست تا دمای حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد خنک می‌شود. سپس به سردخانه منتقل و به مدت یک شب در دمای ۱۰- ۰ درجه سانتی‌گراد انبار می‌شود. در نهایت بعد از ایجاد بافت و عطر و طعم مناسب به بازار عرضه می‌شود. در ادامه هر یک از مراحل مزبور بررسی می‌شود.

۶-۲-۱ انتخاب شیر خام

کیفیت ماست به شیر خام بستگی دارد. شیر مورد استفاده برای تهیه ماست باید از نظر میکروبی کیفیت خوبی داشته باشد. در غیر این صورت اگر بار میکروبی شیر بالا باشد به تغییر طعم و ایجاد طعم‌های نامطلوب مانند طعم تلخ، و طعم تند در فراورده نهایی منجر خواهد شد. انجام عمل لیپولیز هم در طعم فراورده مؤثر است و هم این که اسیدهای چرب آزاد شده مانندا‌سید کاپریلیک، کاپریک و لوریک مانع فعالیت آغازگرها می‌شوند. از سوی دیگر، این باکتری‌ها با تولید مواد مختلف ممکن است از رشد آغازگرها جلوگیری کنند.

علاوه بر این شیر باید عاری از مواد بازدارنده رشد میکروبی مانند آنتی‌بیوتیک‌ها، باکتریوفاژها و باقیمانده مواد شوینده و پاک کننده و هرگونه افزودنی یا نگهدارنده باشد.

ترکیب شیمیایی شیر از نظر مقدار ماده خشک به عنوان عامل قوام ماست، مقدار چربی به عنوان عامل مؤثر در طعم ماست، میزان لاکتوز به عنوان منبع انرژی آغازگرها و میزان پروتئین به عنوان عوامل اصلی تشکیل لخته در خصوصیات فیزیکی-شیمیایی فراورده نهایی نقش دارد. معمولاً در کارخانه‌ها بهترین شیرهای دریافتی را برای تولید ماست انتخاب و از آن استفاده می‌کنند.

۶-۲-۲ استاندارد کردن شیر

با توجه به متغیر بودن ترکیبات شیر، به منظور حصول یک فراورده با کیفیت ثابت، استاندارد و بافت مناسب باید قبل از فرایند میزان ترکیبات شیر (مقدار چربی و ماده خشک بدون چربی) آن تنظیم شود. مقدار استاندارد این ترکیبات در بسیاری از کشورها را مراجع قانونی و نظارتی تعیین می‌کنند. اما علاقه مصرف‌کنندگان به فراورده‌ای با طعم و بافت بهتر عامل اصلی استاندارد شیر است.

میزان چربی ماست بین ۰ تا ۱۰ درصد متغیر است ولی بیشتر در محدوده ۰/۵- ۳/۵ درصد است. در صنایع شیر ایران ماست پر چرب با حدود ۳/۵ درصد چربی یا بالاتر تولید می‌شود.

بر اساس طبقه بندی FAO/WHO ماست را می‌توان به گروه‌های زیر طبقه بندی نمود:

ماست معمولی = با دست کم چربی شیر ۳ درصد

ماست کم چرب = با چربی شیر بین ۰/۵تا ۳/۵ درصد

ماست بدون چربی = با چربی شیر ۰/۵ درصد

برای استاندارد کردن چربی شیر قسمتی از چربی توسط خامه‌گیر گرفته می‌شود، همچنین از مخلوط کردن شیر پر چرب با شیر پس چرخ و اضافه کردن خامه یا روغن زرد استفاده می‌شود.

بر اساس اصول FAO/WHO، کمترین ماده خشک بدون چربی باید ۸/۲ درصد باشد. با این حال برای تولید یک لخته پایدار با قوام بالا، افزایش مقدار کازئین و پروتئین‌های سرمی مفید است. برای این منظور مقدار ماده خشک بدون چربی شیر باید حدود ۱۲ یا ماده خشک کل شیر حدود ۱۶ درصد باشد. روش‌های غنی‌سازی میزان ماده خشک بدون چربی به‌طور عمده عبارت‌اند از:

۶-۲-۲-۱ روش سنتی جوشاندن شیر

در این روش شیر را به مقداری می‌جوشانند تا حجم آن به دوسوم حجم اولیه برسد. در این حالت میزان مواد جامد آن به حدود ۱۹ تا ۲۰ درصد افزایش می‌یابد (حبیبی نجفی و همکاران، ۱۳۷۷).

۶-۲-۲-۲ اضافه کردن شیر خشک

افزودن پودر شیر خشک (معمولاً بدون چربی) یکی از رایج‌ترین روش‌های صنعتی است. مقدار شیر خشک بیشتر از ۶ درصد و معمولاً ۱-۲ درصد پیشنهاد شده است و میزان بیش از این موجب ایجاد طعم پودری شیرین در شیر می‌شود (حبیبی نجفی و همکاران، ۱۳۷۷). شیر خشک استفاده شده باید حلالیت بالایی داشته و شاخص WPNI[1] آن ۹/۵-۴/۵ باشد.

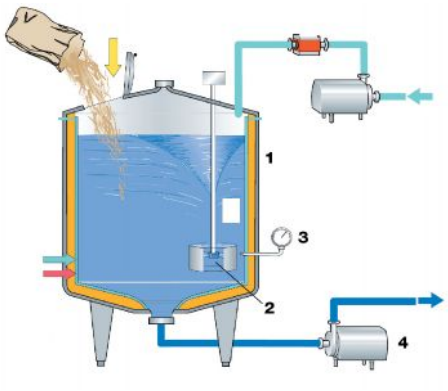
دمای مناسب برای افزودن و حل‌کردن پودر شیر خشک ۴۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد است. در صورت تولید در ظرفیت‌های پایین برای اختلاط پودر با شیر می‌توان از مخازن دو جداره مجهز به هم‌زن با دور بالا و روش گرم و سرد کردن (شکل ۶-۴) استفاده کرد اما در واحدهای صنعتی با ظرفیت‌های بالا برای عملیات مداوم استفاده از یک مخلوط‌کن با سرعت بالا (شکل ۶-۵) مرسوم است.

---

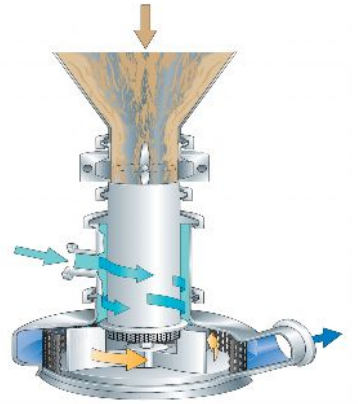
۱. ضریب ازت پروتئین‌های سرمی که بر حسب میلی‌گرم پروتئین سرمی دناتوره شده به ازای هر گرم پودر بیان می‌شود.

پودر شیر خشک از راه قیف مکنده با سرعت به نسبت بالایی (تا ۴۵ کیلوگرم در دقیقه) به مخلوط‌کن اضافه می‌گردد و خلأ نسبی ایجاد شده توسط پمپ به داخل مرکز مخلوط‌کننده کشیده می‌شود و سپس با جریان شیر مخلوط می‌شود. این عمل با یک سیستم گردش شیر بین مخلوط‌کن و مخزن حاوی شیر ادامه می یابد تا همه پودر به طور کامل مخلوط شود (فرهنودی، ۱۳۷۷ ب).

پس از مخلوط شدن بهتر است که دست کم چند ساعت شیر به حالت خود گذاشته شود تا پودر فرصت جذب آب و انحلال کافی داشته باشد.



شکل ۶-۴ مخزن اختلاط پودر شیر خشک (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)



شکل ۶-۵ مخلوط‌کن پودر شیر خشک (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

۶-۲-۲-۳ افزودن دیگر مواد خشک لبنی

غیر از پودر شیر خشک می‌توان از مواد دیگری مانند پودر دوغ کره[1] که از خشک کردن دوغ کره حاصل می‌شود و امولسیون‌کنندگی بالایی دارد یا پودر آب پنیر و پودر کازئین به میزان بیش از ۱ درصد استفاده کرد. طبق نظریه ساکولیس و همکاران (۲۰۰۷)، در تهیه ماست، افزودن پودر آب پنیر به شیر موجب کوتاه شدن زمان گرمخانه‌گذاری می‌شود ولی اثر سویی بر قوام، سفتی و مقبولیت کلی ماست قالبی دارد. در مقابل، استفاده از شیر خشک بدون چربی موجب بهبود قوام ماست می‌شود و حساسیت آن را به آب اندازی کاهش می‌دهد.

۶-۲-۲-۴ تغلیظ شیر با اپراتورهای تحت خلأ

برای این منظور حدود ۱۰ – ۲۵ درصد آب شیر با استفاده از اپراتورهای تحت خلأ (معمولاً در یک مرحله) گرفته می‌شود. این عمل موجب حذف هوا و در نتیجه سفتی بیشتر دلمه و کاهش آب‌اندازی ماست می‌شود. از سوی دیگر، بوی نامطبوع هم در اثر تبخیر خارج می‌شود.

۶-۲-۲-۵ تغلیظ با فیلتراسیون غشایی

برای این کار از اسمز معکوس و اولترافیلتراسیون استفاده می شود. طبق نظریه تمیم و رابینسون (۱۹۹۹) از شیر به‌طور کامل تغلیظ شده با اولترافیلتراسیون تا ماده خشک ۱۸-۲۰ درصد ماست صاف با خامه‌ای و عطر و طعم اسیدی به دست می‌آید و ماست حاصل از شیر تغلیظ شده با اسمز معکوس (تا ماده خشک ۱۵ درصد) کیفیت مشابهی با ماست تهیه شده از شیر پس‌چرخ غنی شده با شیر خشک (تا رسیدن به ماده خشک ۱۵ درصد) دارد.

با توجه به این مطالب می‌توان گفت که برای استاندارد کردن شیر می‌توان از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که انتخاب هر کدام از آن‌ها به هزینه مواد اولیه، میزان تولید و میزان سرمایه‌گذاری در تجهیزات بستگی دارد.

۶-۲-۳ افزودنی‌های ماست

برای جذب بازار ماست ممکن است از پایدارکننده‌ها و شیرین‌کننده‌های مختلفی نیز استفاده شود. عمده‌ترین ماده شیرین‌کننده، شکر است که به تنهایی یا همراه با میوه به ماست افزوده می‌شود. برای تولید ماست رژیمی از انواع شیرین‌کننده‌ها به جای قند استفاده می‌شود.

1. Butter milk powder

برای افزودن میوه به ماست معمولاً آن را با شربت حاوی ۵۰ درصد ساکارز تهیه می‌کنند و به نسبت ۱۲ - ۱۸ درصد از این مخلوط را به ماست اضافه می‌کنند.

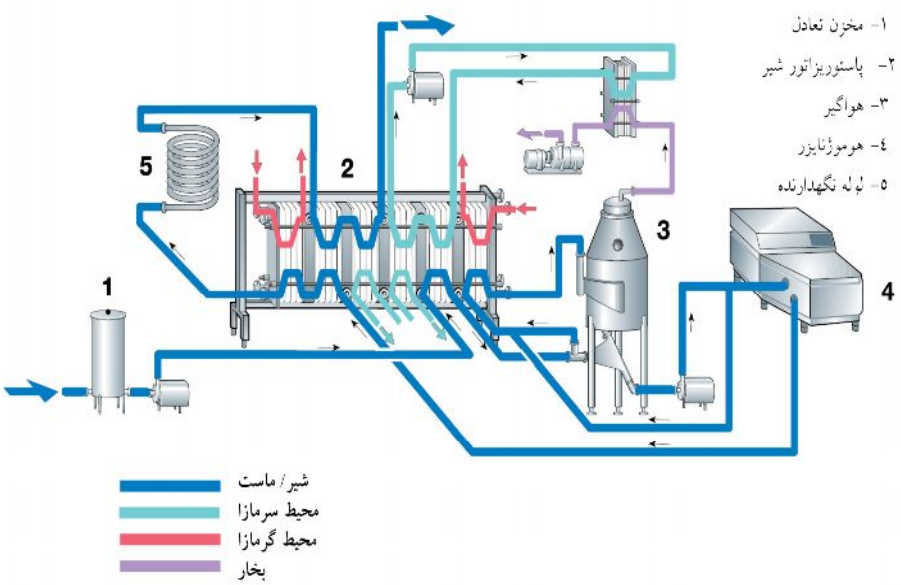
با این حال، بهتر است افزودن میوه به ماست بعد از گرمخانه‌گذاری انجام گیرد. چنانچه میوه قبل از این مرحله اضافه شود، pH فراورده افت می‌کند و فشار اسمزی آن بالا می‌رود که هر دو مورد اثر بازدارندگی بر مایه ماست خواهند گذاشت. بیشترین مقدار شکری که به شیر قبل از مرحله گرمخانه‌گذاری اضافه می‌شود حدود ۱۰ درصد است.

ماست طبیعی هیچ نوع پایدار کننده‌ای نیاز ندارد زیرا در صورت رعایت اصول علمی لازم در فراوری می‌توان ژل ماست با قوام مناسب تولید کرد. معمولاً در تهیه ماست پاستوریزه یا ماست میوه‌ای از مواد پایدارکننده به میزان ۰/۵-۰/۱ درصد استفاده می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از: ژلاتین، پکتین و نشاسته. باید توجه داشت که استفاده از مقدار زیاد پایدار کننده بافت لاستیکی نامطلوبی در ماست ایجاد می‌کند.

۶-۲-۴ هواگیری

علاوه بر مقدار گازی که در شرایط عادی در شیر موجود است، در هنگام مخلوط کردن شیر خشک با شیر مقداری هوا نیز وارد آن می‌شود. عمل هواگیری به علت فواید عمومی که قبلاً توضیح داده شده و فواید اختصاصی در تولید ماست و شرایط مناسب بیهوازی ملایم برای فعالیت بهینه آغازگرها در شیر و افزایش قوام و پایداری ماست و جلوگیری از آب اندازی آن بسیار مفید است.

اگر شیر با روش تبخیر تغلیظ شود یا فرایند حرارتی آن در دیگ‌های روباز باشد عمل هواگیری خود به خود انجام خواهد گرفت. در صورت استفاده از مبدل حرارتی برای فرایند حرارتی از دستگاه هواگیر تحت خلأ (شکل ۶-۶) استفاده می‌شود.



شکل ۶-۶ فرایندهای مقدماتی شیر در تولید ماست (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

۶-۲-۵ هوموژنیزاسیون

هدف اصلی از هوموژنیزاسیون شیر در تهیه ماست افزایش قوام و استحکام آن، جلوگیری از خامه بستن در زمان گرمخانه‌گذاری و اطمینان از توزیع یکسان چربی در همه فراورده است. با افزایش فشار هوموژنیزاسیون، گرانروی ماست افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، تحقیقات نشان داده است که با افزایش دما در فرایند حرارتی و هوموژنیزاسیون بعد از آن اثر هوموژنیزاسیون در افزایش گرانروی تشدید می‌شود. معمولاً برای اندازه‌گیری گرانروی ماست از ویسکومتر نوع SMR استفاده می‌کنند. برای این کار حدود ۱۰۰ میلی‌لیتر از فراورده را از یک نازل با قطر معین در دمای ۲۰درجه سانتی‌گراد عبور می‌دهند و زمان لازم برای این کار را بر حسب ثانیه اندازه می‌گیرند.

شکل ۶-۷ ویسکومتر نوع SMR (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)

در توجیه اثر هوموژنیزاسیون در افزایش گرانروی ماست می‌توان گفت که با خردشدن گلبول‌های چربی، حدود ۲۵ درصد کازئین شیر جذب سطح گلبول‌های جدید می‌شود و آن را می‌پوشاند. در نتیجه می‌توان گفت که در این حالت همه ذرات کلوییدی به دست آمده رفتاری شبیه کازئین دارند و مانند این است که تعداد کازئین در شیر افزایش پیدا کند (رابینسون، a۱۹۹۸). به طور کلی فشار ۲۰۰-۲۵۰ بار و دمای ۶۰-۷۰ درجه سانتی‌گراد برای هوموژنیزاسیون شیر در تهیه ماست توصیه می‌شود.

۶-۲-۶ فرایند حرارتی (پاستوریزاسیون)

علاوه بر از بین رفتن میکروارگانیسم‌های بیماریزا، اهداف دیگر در فرایند حرارتی شیر مورد استفاده برای تهیه ماست عبارت‌اند از:

۱. نابودی کامل یاخته‌های رویشی که رقیبی برای رشد آغازگر هستند.
۲. غیرفعال شدن باکتریوفاژها.
۳. کاهش پتانسیل اکسیداسیون- احیا با خروج هوا.
۴. از بین رفتن موادی که از رشد (لاکتنین‌ها) مانند دناتوراسیون آگلوتنین‌ها و غیر فعال شدن پراکسیداز، جلوگیری می‌کنند.

به دلایل گفته شده رشد آغازگرها در شیر پاستوریزه یا جوشیده بهتر صورت می‌گیرد. اما با تشدید حرارت (حالت جوشیدن دراز مدت یا استریلیزاسیون در بطری) دوباره رشد آغازگرها کند می‌شود. علت آن از بین رفتن مواد مغذی مانند ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه آزاد و تولید مواد جلوگیری‌کننده از رشد در اثر تشکیل سیستئین زیاد و تولید سولفیدهای فرار سمی نسبت است.

۵. تأثیر بر خصوصیات فیزیکی- شیمیایی شیر.

مهم‌ترین تأثیر حرارت بر خصوصیات فیزیکی- شیمیایی شیر، دناتوراسیون پروتئین‌های سرمی، (بتالاکتوگلوبولین و آلفالاکتوآلبومین) و تشکیل کمپلکس حرارتی به شرح زیر است:

ابتدا مولکول‌های بتالاکتوگلوبولین با اتصالات درونی گروه‌های SH دور هم تجمع می‌کنند و توده‌های کوچکی را تشکیل می‌دهند. سپس این توده‌های کوچک از طریق پیوندهای دی‌سولفیدی به هم متصل می‌شوند و توده‌های بزرگ تشکیل می‌دهند. توده‌های حاصل از طریق پیوندهای گوگردی با مولکول‌های آلفالاکتوآلبومین می‌پیوندند و کمپلکس‌های ایجاد شده با مولکول‌های کاپا کازئین تشکیل کمپلکس‌های بزرگ‌تری می‌دهند (فاکس و مکسوینی، ۲۰۰۳).

تشکیل کمپلکس مزبور موجب اتصال پروتئین‌های سرمی به میسل‌های کازئین و در نتیجه افزایش خاصیت آبدوستی میسل‌های کازئین و افزایش استحکام دلمه و کاهش آب‌اندازی آن می‌گردد. از سوی دیگر، تشکیل کمپلکس حرارتی مانع از تراکم کامل میسل‌های کازئین می‌شود. در چنین حالتی ماست تشکیل‌شده بافت یکنواخت خواهد داشت و میسل‌های بزرگ کازئین با ایجاد اتصال بین هم یک شبکه زنجیری یکنواخت را ایجاد می‌کنند که اجزای دیگر شیر مانند آب و چربی‌ها را در خود نگه می‌دارد. این امر موجب افزایش گرانروی ماست می‌گردد. در صورتی که اگر شیر حرارت ندیده باشد (شکل ۶-۸) در هنگام تشکیل ماست، میسل‌های کازئین به هم می‌پیوندند و شبکه غیر یکنواخت و حفره‌داری را ایجاد می‌کنند که فقط قادر به نگهداری ۵۰ درصد آب است.

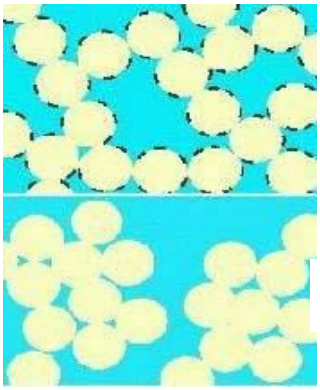
علاوه بر این، با تشکیل کمپلکس در اطراف میسل‌های کازئین، از جدا شدن برخی از فراکسیون‌های آن مانند بتاکازئین به هنگام نگهداری در دماهای پایین جلوگیری می‌کند. با این حال اگر فرایند حرارتی شیر بسیار شدید اعمال شود موجب کاهش قدرت آبدوستی میسل‌ها و کاهش گرانروی فراورده می‌گردد.

بنابراین، در حالت استفاده از فرایند حرارتی در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت نیم ساعت یا ۹۰-۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵-۱۵ دقیقه برای شیر گاو طبیعی بهترین گرانروی در ماست ایجاد می‌شود.

برای پاستوریزاسیون شیر به‌طور عملی از روش غیر مداوم در داخل مخزن استفاده می‌شود. برای این منظور شیر استاندارد و هوموژنیزه در داخل مخازن دو جداره تا دمای ۸۰- ۸۵ درجه سانتی‌گراد حرارت داده و به مدت نیم ساعت در این دما نگه داشته می‌شود.

سپس تا دمای گرمخانه‌گذاری (۴۵ درجه سانتی‌گراد) خنک می‌گردد و به مخزن اختلاط با مایه کشت میکروبی آغازگر فرستاده می‌شود.

برای تولید مداوم از فرایندی مطابق شکل ۶-۶ استفاده می‌شود. شیر ابتدا از مخزن تعادل توسط پمپ سانتریفیوژی به مبدل حرارتی صفحه‌ای وارد می‌شود و در اثر تبادل حرارتی با آب گرم تا دمای ۶۵- ۷۰ درجه سانتی‌گراد حرارت مقدماتی می‌بیند، سپس به مخزن هواگیری یا مخزن تغلیظ (برج خلأ) وارد می‌شود. معمولاً در خط ماست برج خلأ در واقع نوعی کندانسور است و ضمن انجام هواگیری موجب تغلیظ شیر و استاندارد کردن ماده خشک آن نیز می‌شود.



الف

ب

شکل ۶-۸ ساختمان میسل‌های کازئین در ماست (الف) و پنیر (ب)

بخارهای حاصل در مبدل حرارتی دیگری با آب سرد کندانس می‌شود. آب سرد هم بعد از گرم شدن برای گرم کردن مقدماتی شیر ورودی استفاده می‌شود. به این ترتیب، می‌توان تا حد ۱۰-۲۰ درصد شیر را تغلیظ کرد. درجه تغلیظ به کنترل دمای شیر ورودی، سرعت گردش میان محفظه خلأ و مقدار خلأ بستگی دارد و همیشه مقداری شیر برای رسیدن به درجه تغلیظ لازم، در داخل سیستم خلأ به صورت چرخشی گردش داده می‌شود. ظرفیت کندانسورهای فوق حدود ۸۰۰ l/h است ولی برای ظرفیت‌های بالاتر از اواپراتورهای فیلم نزولی استفاده می‌شود.

بعد از این مرحله، شیر وارد هوموژنایزر شده و در فشار ۲۰۰-۲۵۰ بار هوموژنیزه می‌شود. سپس به قسمت حرارت‌دهی اصلی در پاستوریزاتور ارسال می‌شود و در دمای ۹۰-۹۵ درجه

سانتی‌گراد حرارت می‌بینند و ضمن عبور از لوله نگهدارنده به مدت ۵ دقیقه این دما را تحمل می‌کند. بعد از این مرحله شیر داغ ابتدا در قسمت بازیافت حرارتی در اثر تبادل حرارتی با شیر خام سرد ورودی و سپس با آب تا دمای مایه‌زنی (۴۰- ۴۵ درجه سانتی‌گراد) خنک می‌گردد.

عملیاتی که تا اینجا توضیح داده شد در اصطلاح پیش فرایند ماست نامیده می‌شود و برای انواع مختلف ماست یکسان است. در مرحله بعد آغازگر (مایه کشت میکروبی) به مقدار معینی به شیر اضافه می‌شود که به تفصیل بررسی می‌شود.

۶-۲-۷ تهیه آغازگر

در تهیه انواع مختلف فراورده‌های لبنی از کشت‌های آغازگر ویژه‌ای استفاده می‌شود. برای تولید ماست، آغازگر مورد استفاده از نوع گرمادوست است که با نام‌های تجارتی Yoghurt، V_2، V_4، 231، 709 و جز این از شرکت‌های معتبر مانند کریستسن هانسن، ویسبی، دی اس ام و جز این‌ها در دسترس‌اند که معمولاً مخلوطی از دو نوع باکتری هستند:

۱. لاکتو کوکوس سالیواریوس زیر گونه ترموفیلوس[1]: دمای بهینه رشد این باکتری ۳۸-۴۳ درجه سانتی‌گراد است اما در عین حال نسبت به حرارت مقاوم است و دمای ۶۵درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه را تحمل می‌کند. این میکروارگانیسم بسیار کم اسیدساز است و تا تولید ۱ درصد اسید قادر به فعالیت است.

۲. لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه بولگاریکوس[2]: دمای بهینه رشد این باکتری ۵۰-۴۵ درجه سانتیگراد است، مقاوم به اسید است و می‌تواند تا ۲/۷-۲/۵ ٪ اسید تولید کند.

این دو باکتری به صورت هم‌زیستی[3] با هم فعالیت می‌کنند و در این حالت اسید و آرومای بیشتری را در مقایسه با استفاده از هر کدام به تنهایی تولید می‌کنند. لاکتوباسیل فعالیت پروتئولیتیکی دارد و با تجزیه کازئین اسید آمینه‌های آزاد تولید می‌کند که محرک رشد استرپتوکوک است. نسبت این دو باکتری در مایه ماست معمولاً باید یک به یک باشد.

۳. آغازگرهای پروبیوتیک: باکتری‌های پروبیوتیک میکروارگانیسم‌های زنده‌ای هستند که در دوز مناسب (10^8 cfu/ml) و هنگام مصرف غذا، تعادل میکروبی روده میزبان را بهبود

1. Streptococcus salivarius subsp. thermophilus
2. Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus
3. symbiosis

می‌بخشند (ماتیلا-سندهولم و سارلا، ۲۰۰۳). این باکتری‌ها می‌توانند اسید معده را تحمل کنند و با استقرار در روده مصرف‌کننده فواید تغذیه‌ای خود را با تولید متابولیت‌های سودمند و جلوگیری از رشد میکروب‌های مضر نشان دهند. ماست با توجه به شرایط مناسب از نقطه نظر pH، فعالیت آبی و مواد مغذی حامل بسیار خوبی برای باکتری‌های پروبیوتیک است. از این رو ماست پروبیوتیک امروزه یکی از غذاهای عملگرای مهم لبنی محسوب می‌شود که در تولید آن علاوه بر سویه‌های آغازگر لاکتیکی معمولی از سویه‌های پروبیوتیک نیز استفاده می‌شود. از مهم‌ترین این سویه‌ها می‌توان به لاکتوباسیلوس اسیدو فیلوس و بیفیدوباکتریوم لاکتیس اشاره کرد (جدول ۶-۱).

گونه بیفیدوباکتریوم به آرامی اسید تولید می‌کند و به اکسیژن بسیار حساس است. این باکتری‌ها اسیدلاکتیک و اسیداستیک به نسبت ۲ به ۳ تولید می‌کنند. به منظور حصول اطمینان از این‌که بیشترین تعداد آن‌ها زنده بمانند توصیه می‌شود دمای گرمخانه‌گذاری ۳۵-۳۷ درجه سانتی‌گراد باشد. در دمای بالای ۴۰ درجه سانتی‌گراد بیفیدوباکتریوم طعم تندی پیدا می‌کند که دلیل آن تولید زیاد اسید استیک است. از سوی دیگر لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و کازئی نیز به آهستگی اسید لاکتیک تولید می‌نمایند. لاکتوباسیلوس کازئی در تولید مواد طعم‌زا مانند دی‌استیل نیز سهیم است. سویه‌های پروبیوتیک معمولاً به صورت مستقیم به فراورده افزوده می‌شوند.

جدول ۶-۱ سوش‌های پروبیوتیک رایج در صنایع لبنی(ماتیلا- سندهولم و سارلا، ۲۰۰۳).

بیفیدوباکتریوم	لاکتوباسیلوس
بیفیدوباکتریوم لاکتیس	گروه لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس: لاکتیس
ب . بیفیدوم	اِل. اسیدوفیلوس
ب. اینفنتیس	اِل. جانسونی
ب. برو	اِل. گاسری
ب. اَینمالیس	اِل. کریس پاتیس
ب. اَدولسنتیس	اِل. کازئی / پاراکازئی
	اِل. رامنوسوس
	اِل. روتری
	اِل. پلانتاروم

۴. سویه‌های تولیدکننده اگزوپلی ساکارید (EPS): این سویه‌ها در واقع آغازگرهای معمولی ماست هستند ولی با تولید اگزوپلی‌ساکارید در طی تخمیر موجب بهبود قوام فراورده می‌شوند.

۷-۲-۶-۱ انواع کشت و طرز تهیه آن‌ها

در صنایع لبنی کشت‌های آغازگر را به صورت مخلوط آماده از آزمایشگاه‌های ویژه تهیه می‌کنند. این کشت‌های تجاری به اشکال زیر عرضه می‌شوند:

۱. کشت مایع که کمتر از آن استفاده می‌شود.
۲. کشت غلیظ منجمد.
۳. کشت غلیظ خشک شده به روش انجمادی[1].
۴. کشت بسیار غلیظ منجمد برای تلقیح مستقیم به فراورده.

در سال‌های اخیر استفاده از کشت‌های غلیظ عمومیت پیدا کرده است. مراحل تهیه آغازگر شامل تهیه کشت‌های ذیل است:

۱. کشت تجاری[2] یا کشت اصلی[3] که از آزمایشگاه خریداری می‌شود.
۲. کشت مادر[4] که به کشت تهیه شده از کشت اصلی اطلاق می‌شود. این کشت روزانه تهیه می‌شود.
۳. کشت‌های بینابینی که از کشت مادر تهیه می‌شود.
۴. کشت انبوه[5] که به عنوان آغازگر برای تولید فراورده ماست استفاده می‌شود.

برای تهیه هر کدام از این کشت‌ها به ترتیب ذیل عمل می‌شود:

۱. عملیات حرارتی روی محیط کشت

مناسب‌ترین ماده برای تهیه کشت از مایه تجارتی، شیر پس‌چرخ و یا شیر بازساخته از شیر خشک بدون چربی است .علت اصلی استفاده از این مواد جلوگیری از ایجاد طعم نامطلوب در کشت است. از سوی دیگر، چربی معمولاً اثر بازدارندگی روی باکتری‌ها دارد.

1. Freeze dried
2. Commercial culture
3. Master culture
4. Mother culture
5. bulk starter

اولین مرحله تهیه کشت آغازگر، حرارت دادن شیر پس‌چرخ به منظور نابودی باکتریوفاژها، تجزیه مواد جلوگیری‌کننده، خروج اکسیژن و نابودی میکروارگانیسم‌های رقیب است. برای این از دمای ۹۰-۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰-۴۵ دقیقه استفاده می‌شود. بعد از این مرحله شیر تا دمای تلقیح ۴۵ درجه سانتی‌گراد خنک می‌گردد.

۲. تلقیح و گرمخانه‌گذاری

برای این منظور مقدار معینی کشت تجاری اصلی را به شیری با دمای ۴۲-۴۵ درجه سانتی‌گراد که مانند روش فوق تهیه شده است اضافه می‌کنند. مقدار آغازگر به شیر و دمای گرمخانه‌گذاری بستگی دارد و هر تولید کننده باید بر اساس شرایط کاری خود بهترین مقادیر را انتخاب نماید.

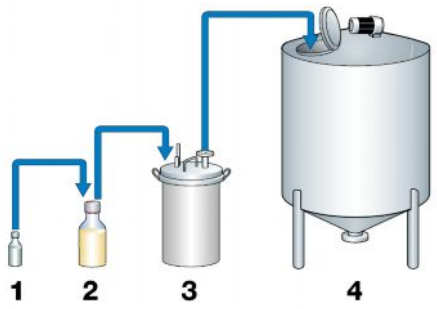
پس از تلقیح کشت آغازگر به محیط کشت، مخلوط خوب هم زده و سپس در دمای مورد نظر گرمخانه‌گذاری می‌شود. مدت زمان گرمخانه‌گذاری بسته به درجه حرارت است و در دمای ۴۲-۴۵ درجه سانتی‌گراد معمولاً حدود ۳ ساعت به طول می‌انجامد. در گرمخانه دما باید به دقت کنترل شود. میزان دما تأثیر آشکاری بر نسبت میکروارگانیسم‌های آغازگر دارد. از سوی دیگر، در طول عملیات باید از ایجاد هر گونه آلودگی جلوگیری کرد. بنابراین، عمل تهیه آغازگر باید در اتاق جداگانه‌ای انجام شود که در آن هوای استریل جریان دارد.

پس از سپری شدن مدت گرمخانه اسیدیته محیط کشت اندازه گرفته می‌شود و بر طبق آن زمان خنک شدن تعیین می‌گردد. بعد از مرحله گرمخانه‌گذاری دمای کشت تا دمای مناسب باید کاهش یابد. اگر بیش از ۶ ساعت بعد از تهیه، استفاده از کشت آغازگر در نظر باشد، آن را تا حدود ۱۰-۱۲ درجه سانتی‌گراد خنک می‌کنند و استفاده می‌کنند. ولی برای نگهداری طولانی‌تر باید تا ۵ درجه سانتی‌گراد عمل خنک کردن انجام بگیرد.

در روش مشابه از کشت تجاری، از آن کشت مادر و کشت‌های بینابینی تهیه می‌شود که این عمل را به اصطلاح پاساژ دادن می‌نامند. معمولاً کشت‌های تجارتی را که به حالت انجماد در زیر ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگه می‌دارند سه بار پاساژ می‌دهند تا میکروارگانیسم‌ها فعال شده و تکثیر یابند.

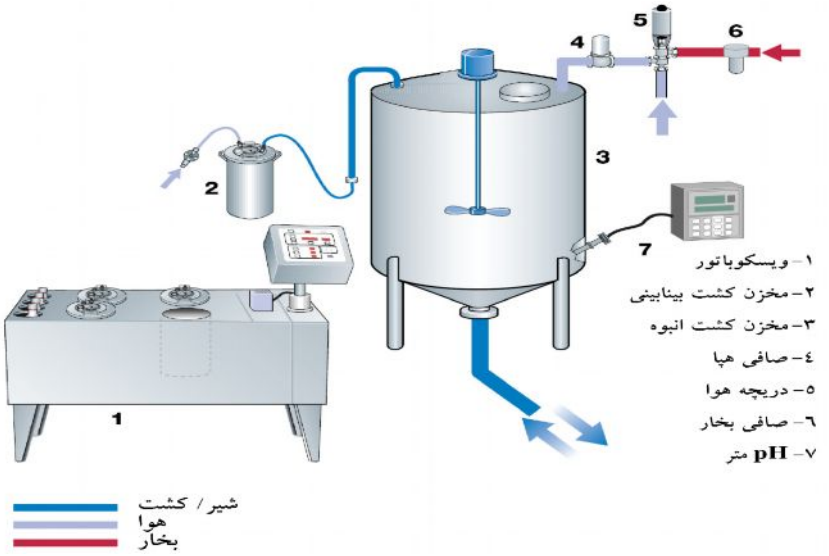
برای تهیه این کشت‌ها (کشت مادر و بینابینی) در مراکز سنتی از ارلن استفاده می‌کنند. به این ترتیب که مقدار معینی شیر پس‌چرخ را در ظروف مذکور حرارت می‌دهند و بعد از خنک کردن تا دمای تلقیح به آن مایه ماست اضافه می‌نمایند. اما چون احتمال آلوده شدن

کشت در طول عملیات مطرح است، امروزه در مراکز صنعتی مدرن از یک دستگاه بـا شـرایط آسپتیک برای این کار استفاده می‌کنند. (شکل ۶-۱۰).



۱. کشت تجاری
۲. کشت مادر
۳. کشت بینابینی
۴. کشت انبوه

شکل ۶-۹ مراحل تهیه کشت میکروبی (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵)



شکل ۶-۱۰ سیستم آسپتیک برای تهیه آغازگر (آلفا لاوال/تتراپک، ۱۹۹۵)

مراحل تهیه کشت به روش اسپتیک به شرح ذیل است:

۱- تهیه کشت مادر

این کشت در بطری ۱۰۰ میلی لیتری با درپوش مخصوص تهیه می‌شود. بطری پس از پر شدن از شیر پس‌چرخ اتوکلاو شده و سپس تا دمای مناسب تلقیح خنک می‌شود. و با یک سرنگ استریل از میان غشای درپوش، کشت اصلی به داخل بطری تزریق می‌گردد. پس از آن بطری در داخل مخزن مکعبی شکل مخصوص ویسکوباتور که در آن آب گرم و سرد می‌تواند جریان یابد به مدت ۲-۳ ساعت در دمای ۴۰-۴۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و بعد تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد خنک می‌شود.

۲- تهیه کشت بینابینی

برای این منظور در داخل مخازن استیل ویسکوباتور مقدار معینی شیر پس‌چرخ ریخته می‌شود و سپس در داخل انکوباتور (که ویسکوباتور نامیده می‌شود) تحت فرایند حرارتی ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۵-۴۰ دقیقه قرار می‌گیرد، سپس تا دمای مناسب مایه‌زنی (۴۳ درجه سانتی‌گراد) خنک می‌گردد. در ادامه، مقدار لازم کشت مادر با هوای استریل که در اثر عبور از فیلترهای مخصوصی به نام فیلترهای هپا[1] تهیه می‌شود به داخل مخزن منتقل می‌گردد. در نهایت در دمای مذکور به مدت حدود ۳ ساعت نگه داشته و بعد خنک می‌گردد.

۳- تهیه کشت انبوه

بعد از تهیه کشت بینابینی در داخل مخازن ویژه سه جداره کشت انبوه صورت می‌گیرد. این مخازن باید خیلی محکم درزبندی شوند و قابلیت تحمل فشار بالا را داشته باشند. همزن کار گذاشته شده در آن بهتر است که ۲ دور کند و تند داشته باشد و در مسیر ورود هوای آن نیز صافی هپا کار گذاشته شود.

این مخزن همچنین مجهز به pH متر است که pH محیط کشت را در زمان‌های مختلف نشان می‌دهد. شیر وارد مخزن می شود و ابتدا تحت فرایند حرارتی (۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ دقیقه) قرار می گیرد. سپس تا دمای ۴۰- ۴۵ درجه سانتی‌گراد خنک شده و بعد

1. HEPA: High effiency particle air

تحت فشار هوا مقدار معینی مایه کشت بینابینی (۲-۳ درصد) به آن منتقل می‌شود. سپس در همان دما به مدت لازم گرمخانه‌گذاری شده و بلافاصله تا زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد خنک می‌شود. به این ترتیب، در هنگام تهیه ماست کشت انبوه برای تلقیح به شیر ماست سازی تهیه می‌شود (فرهنودی، ۱۳۷۷ ب).

۶-۲-۸ فرایند تهیه ماست قالبی

بعد از انجام مراحل پیش فرایند (استاندارد کردن شیر، هوموژنیزاسیون و پاستوریزاسیون) و خنک کردن شیر تا دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد، شیر وارد مخازن میانی به نام مخزن مایه‌زنی می‌شود. معمولاً حجم یا گنجایش این مخازن کوچک (۵۰۰ لیتری) است و بعد از دریافت شیر به مقدار لازم (۲ تا ۳ درصد) مایه کشت انبوه را به آن اضافه و مخلوط می‌کنند. سپس مخلوط به دست آمده به سرعت به روش دستی یا توسط ماشین پرکن داخل لیوان یا ظروف مناسب دیگر پر شده و به گرمخانه منتقل می‌گردد.

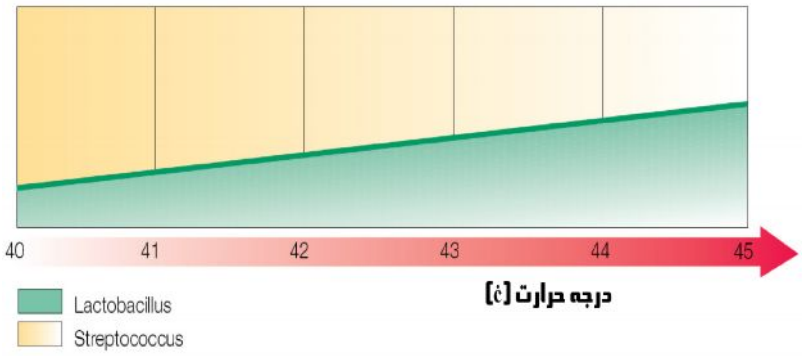
دیواره گرمخانه عایق‌بندی شده است تا از اتلاف حرارت و تغییرات دمایی جلوگیری شود. گرمخانه به سیستم حرارت‌دهی و خنک کردن نیز مجهز است که معمولاً از نوع المنت حرارتی و اواپراتور برای تولید سرما و فن هوا در پشت آن‌هاست. دمای گرمخانه‌گذاری ۴۲-۴۳ درجه سانتی‌گراد و زمان لازم برای این کار حدود ۲/۵-۳ ساعت است. در پایان این مرحله اسیدیته ماست باید حدود ۷۰ درجه درنیک یا pH =۴/۵ باشد.

۶-۲-۹ فرایند تخمیر لاکتیکی

هدف از تلقیح مایه میکروبی و گرمخانه‌گذاری انجام فرایند تخمیر لاکتیکی است که طی آن لاکتوز به اسیدلاکتیک تبدیل می‌شود. شروع تخمیر با استرپتوکوکوس است. لاکتوباسیل با تولید والین و هیستیدین رشد آن را تحریک می‌کند. در نتیجه در مراحل اولیه تخمیر استرپتوکوکوس ترموفیلوس به سرعت رشد می‌کند و جمعیت آن حدود ۵ برابر باسیل می‌شود. اما با تولید اسید و کاهش pH و کاهش پتانسیل اکسیداسیون و احیا رشد کوکوسی‌ها آهسته شده و رشد باسیلوس بولگاریس شدت می‌گیرد. سرانجام در پایان تخمیر دوباره نسبت کوکسی به باسیل ۱ به ۱ یا ۲ به ۳ می‌گردد.

با تولید اسید، pH کاهش می یابد و به نقطه ایزوالکتریک کازئین‌ها (۴/۶) می‌رسد. در نتیجه به علت خنثی شدن بار منفی سطحی، میسل‌ها شروع به تجمع و به هم پیوستن

می‌نمایند اما در اثر فرایند حرارتی بالاتر، پروتئین‌های سرمی بـا کـازئین کمـپلکس حرارتـی (ژل حرارتی) تشکیل می‌دهند و مولکول‌های کازئینی توانایی به هم پیوستن را ندارنـد بلکـه بین میسل‌ها فقط ارتباطتی ایجاد می‌شود و در نهایت به تشکیل یک شـبکه (ژل) یکنواخـت منجر می‌شود که بقیه اجزا از جمله فاز آبی را در خود نگه می‌دارد. ژل تشکیل‌شـده بـه ایـن ترتیب را در اصطلاح ماست می‌نامند.



شکل ۶-۱۱ رابطه بین دمای گرمخانه‌گذاری و نسبت بین آغازگرها (آلفا لاوال/ تتراپک، ۱۹۹۵).

علاوه بر تولید اسید، پیامد دیگر فرایند تخمیر تولید آروما است. مهم‌ترین ترکیـب تولیـد کننده آروما در ماست استالدئید اسـت ولـی غیـر از آن، ترکیـب‌هـای دیگـری ماننـد اسـید لاکتیک، استوئین، استن، دی استیل، اسیدهای آلی فرار و غیر فرار هـم در آن نقـش دارنـد. عامـل اصـلی تولیـد اسـتالدئید، لاکتـو باسـیلوس بولگـاریس اسـت امـا ایـن مـاده توسـط استرپتوکوکوس هم تا حد کمی تولید می‌شود. تولید این ماده هنگامی که هر دو بـاکتری بـا هم استفاده شوند، بیشتر صورت می‌گیرد. از سوی دیگر، تولید استالدئید در زمان تهیه ماست از pH=۵ شروع می شود، در pH=۴/۲ به بیشترین مـی‌رسـد و در pH حـدود ۴ مقـدار آن ثابت می‌شود. عطر و طعم مناسب در ماست با محتوای استالدئید ۴۱-۲۳ پی پی ام[1] و مقـدار pH ۴/۴ -۴ حاصل می‌شود.

دمای گرمخانه‌گذاری تأثیر بالایی بر رشد دو آغازگر و خصوصیات ماسـت دارد. در دمـای ۴۰ درجه سانتی‌گراد رشد استرپتوکوکوس بیشتر است و نسبت آن به لاکتو باسیلوس حـدود ۴ به ۱ می‌شود. اما در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد این نسبت به حدود ۱ به ۲ باز مـی‌گـردد.

1. ppm: part per million

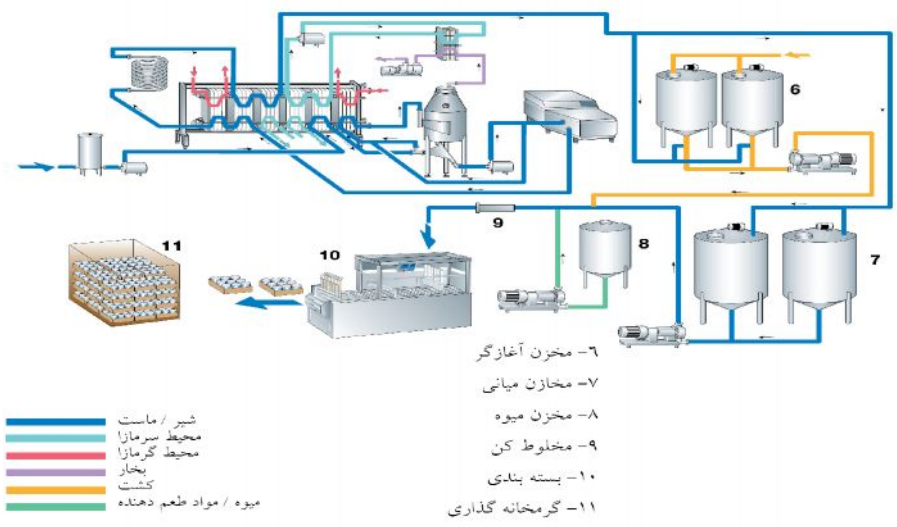
برای تولید ماست با کیفیت خوب باید نسبت کوکسی به باسیل ۱ به ۱ یا ۲ به ۳ باشد. برای این منظور، مقدار تلقیح ۲/۵-۳ درصد، دمای گرمخانه‌گذاری ۴۳ درجه سانتی‌گراد و مدت گرمخانه‌گذاری ۲/۵-۳ ساعت لازم است.

۶-۲-۱۰ خنک کردن

تهیه ماست یک پروسه بیولوژیکی است و برای کنترل فعالیت متابولیکی آغازگر و آنزیم‌های آن، خنک کردن ماست یک اقدام متداول و مؤثر است. این کار بعد از رسیدن اسیدیته ماست به حدود ۷۰ درجه درنیک (pH=۴/۶) انجام می‌گیرد. برای این منظور باید به سرعت دمای ماست را تا زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد کاهش داد. این عمل در دو مرحله انجام می‌گیرد:

در مرحله اول ۱/۵-۲ ساعت بعد از گرمخانه‌گذاری دمای ماست تا حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد خنک می‌شود، سپس به سردخانه منتقل می‌شوند و در آنجا تا دمای ۶-۸ درجه سانتی‌گراد خنک کردن نهایی صورت می‌گیرد.

برای تولید ماست در کشور ما بیشتر از لیوان‌های پلاستیکی استفاده می‌شود و توسط درب پلاستیکی فشاری[1] یا فویل آلومینیومی عملیات دربندی انجام می‌شود.



شکل ۶-۱۲ خط تولید ماست قالبی (آلفا لاوال/تتراپک، ۱۹۹۵).

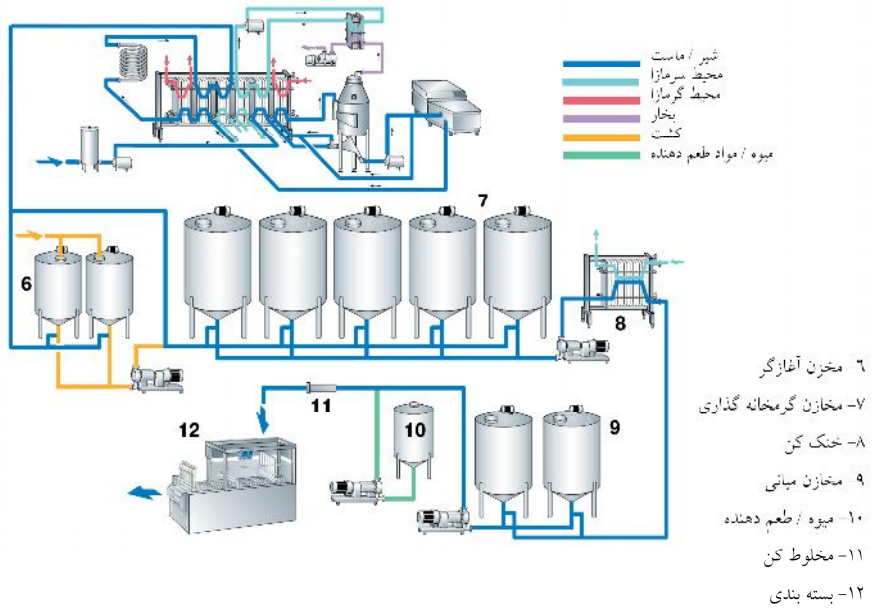
1. press-on

۶-۲-۱۱ تولید ماست همزده

برای صرفه جویی اقتصادی و کاهش هزینه سرمایه‌گذاری، طراحی خطوط تولید ماست به گونه‌ای است که استفاده از آن در هر دو روش تولید ماست قالبی و همزده است. شمای خط تولید ماست همزده در شکل ۶-۱۳ نشان داده شده است.

شیر پس از فرایند حرارتی تا دمای مایه‌زنی (۴۵ درجه سانتی‌گراد) خنک شده و به وسیله پمپ به تانک گرمخانه‌گذاری منتقل می‌شود. به طور هم زمان مقدار معینی مایه کشت آغازگر به داخل شیر اضافه می‌شود. این مخازن عایق‌بندی شده است و در طول گرمخانه‌گذاری دما را ثابت نگه می‌دارد، همچنین مجهز به pH متر برای کنترل pH است.

در تهیه ماست همزده نیز زمان گرمخانه‌گذاری ۳-۲/۵ ساعت در دمای ۴۲-۴۳ درجه سانتی‌گراد با مقدار تلقیح ۳-۲/۵ درصد انتخاب می‌شود.



شکل ۶-۱۳ خط تولید ماست هم زده (آلفا لاوال/تتراپک، ۱۹۹۵)

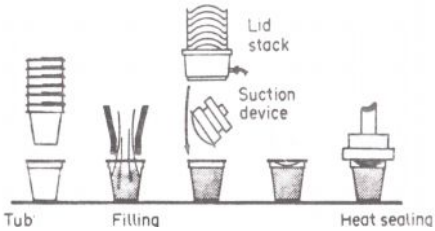
پس از رسیدن به اسیدیته مورد نظر (pH= ۴/۵-۴/۲)، ماست باید به سرعت تا دمای ۱۵-۲۲ درجه سانتی‌گراد خنک گردد. خنک‌کردن ماست در مبدل حرارتی صفحه‌ای انجام

می‌گیرد. عملیات مکانیکی در زمان انتقال باید با ملایمت باشد. ظرفیت پمپ و خنک کردن به گونه‌ای طراحی می‌شود که می‌تواند مخزن را به آرامی در مدت ۲۰-۳۰ دقیقه تخلیه کند. بعد از این ماست به مخزن ذخیره منتقل و از آنجا به طرف ماشین پرکن هدایت می‌شود. با توجه به همزدن این نوع ماست استفاده از آن در تهیه ماست میوه‌ای بیشتر رایج است و با افزودن هیدروکلوئید سعی می‌شود قوام لازم در فراورده حفظ شود (اسکریور و همکاران، ۱۹۹۹).

برای بسته بندی این نوع ماست امروزه معمولاً از ظروف لیوانی از جنس مواد انعطاف‌پذیر مانند پلی اتیلن (PE)، پلی پروپیلن، (pp)، پلی استئارین (ps)، پلی وینیل کلراید (prc) و جز این استفاده می‌شود.

در این ظروف با فویل آلومینیومی بسته می‌شود که به منظور حفاظت در برابر طبیعت اسیدی ماست و امکان دوخت حرارتی با لایه‌ای از پلاستیک روکش داده شده است.

برای پرکردن و بسته‌بندی ماست در ظروف مزبور امروزه به طور عمده از دستگاه فیل - سیل[1] استفاده می‌شود (شکل ۶-۱۳).



شکل ۶-۱۴ دستگاه پر کن و دربندی **شکل ۶-۱۵** شمای مراحل کار دستگاه فیل- سیل

ابتدا لیوان در جایگاه مخصوص روی سینی چرخان دستگاه قرار می‌گیرد. سپس توسط لوله پرکن مقدار مشخصی فراورده در آن ریخته می‌شود. در ادامه به طور خودکار، فویل آلومینیومی روی لیوان‌ها قرار می‌گیرد و سپس با المنت حرارتی عملیات دوخت انجام می‌گیرد.

1. Fill-seal

گذشته از ظروف انعطاف‌پذیر ممکن است از بسته‌های مقوایی برای بسته‌بندی ماست استفاده شود. بسته‌های مقوایی ممکن است از نوع ساده (مقوا با پوشش پلاستیکی از دو طرف) یا چند لایه شامل پلی اتیلن و مقوا و فویل آلومینیومی باشد. این بسته ها به شکل‌های مختلف مانند پیورپک[1] یا تتراپک بسته‌بندی می‌شوند. ماست بعد از بسته‌بندی به سردخانه منتقل شده و در آنجا تا دمای ۶-۸ درجه سانتی‌گراد خنک می‌شود.در هر دو روش تولید، ماست قبل از عرضه به بازار باید دست‌کم ۴۸ ساعت در سردخانه بماند تا بافت آن قوام لازم را پیدا کند. علت این امر جذب آب توسط میسل‌ها در طول نگهداری است. عملیات انتقال و توزیع ماست باید در زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد و با ملایمت انجام شود. در این حالت فراورده حدود ۳ هفته قابل نگهداری است.

۶-۳ استاندارد ماست

مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۲۴۰۶ (۱۳۶۲)، در هر میلی‌لیتر ماست باید تعداد کلی فرم‌ها کمتر از ۱۰، اشریشیا کلی منفی، استافیلوکوکوس ائوروس کوآگولاز مثبت منفی و تعداد کپک بیش از ۱۰۰ باشد. بر طبق استاندارد ملی ایران شماره ۶۹۵ ویژگی‌های شیمیایی انواع ماست به صورت جدول ۶-۲ است.

۶-۴ فساد ماست

به طور کلی فساد ماست به دو شکل امکان‌پذیر است:

۶-۴-۱ کپک‌زدگی

کپک‌زدگی سطح ماست یکی از معایب آن است که شاید در اثر تولید در محیط آلوده، بسته‌بندی نامناسب و ورود هوا به داخل بسته ایجاد شود. کپک‌ها در محیط اسیدی ماست می‌توانند رشد کنند و با کاهش اسیدیته زمینه مساعدی را برای رشد مخمرها و باکتری‌ها فراهم سازند.

1. Pure pack

۶-۴-۲ ترش شدن ماست

چنانچه مدت گرمخانه‌گذاری ماست طولانی باشد و یا ماست در دمای یخچالی نگهداری نشود و یا نگهداری آن بیش از حد معین (۲-۳ هفته در یخچال) طول بکشد، به علت تولید اسیدیته بالا طعم ماست ترش و نامطلوب خواهد شد. برای کنترل این امر توصیه می شود اسیدیته ماست از ۱۵۰ درجه درنیک بیشتر نشود.

جدول۶-۲ ویژگی‌های شیمیایی ماست (استاندارد ملی ایران شماره ۶۹۵، ۱۳۸۲)

ویژگی	حدود قابل قبول	
اسیدیته بر حسب اسید لاکتیک	دست‌کم ۰/۷	
pH	بیش از ۴/۶	
ماده خشک بدون چربی	خامه‌ای	دست‌کم ۸/۲
	چکیده خامه‌ای	دست‌کم ۱۱
	پرچربی	دست‌کم ۹
	چکیده پرچربی	دست‌کم ۱۳
	کم‌چربی	دست‌کم ۹/۵
	چکیده کم‌چربی	دست‌کم ۱۴
	بدون چربی	دست‌کم ۱۰
	چکیده بدون چربی	دست‌کم ۱۶
چربی (در صد وزنی)	خامه‌ای	دست‌کم ۶
	چکیده خامه‌ای	دست‌کم ۷
	پرچربی	دست‌کم ۳
	چکیده پرچربی	بیش از ۳/۵، کمتر از ۷
	کم‌چربی	بیش از ۰/۵، کمتر از ۳
	چکیده کم‌چربی	بیش از ۱/۵، کمتر از ۳/۵
	بدون چربی	دست‌کم ۰/۵
	چکیده بدون چربی	دست‌کم ۱/۵

۶-۴-۳ معایب بافتی

اگر ماست از شیر با ترکیب کامل و ماده خشک استاندارد و طی شرایط فرایندی مناسب تهیه شده باشد قوام لازم را دارد و نیازی به افزودن قوام دهنده نخواهد داشت. با وجود این، چنانچه ماده خشک شیر مورد استفاده با روش‌هایی که پیش از این گفته شد استاندارد نشده باشد و یا فراوری آن بویژه در مراحل هوموژنیزاسیون و تخمیر در شرایط نامناسب و کامل صورت بگیرد، یا دمای پاستوریزاسیون شیر پایین باشد، ممکن است ماست قوام مناسب را نداشته نباشد (هیو، ۱۹۹۳). با توجه به ماهیت سدوپلاستیک[1] ماست، تکان‌های فیزیکی و ضربات مکانیکی نیز طی گرمخانه‌گذاری و حمل و نقل می‌تواند موجب کاهش قوام ماست گردد. پس از افزودن مایه آغازگر به شیر بیش از ۲۰ دقیقه فرصت هست تا آن را بسته‌بندی کرد و در جای آرام قرار داد. برای افزایش قوام ماست استفاده از قوام‌دهنده‌های مختلف می‌توان سود برد ولی استفاده از این مواد افزودنی اغلب طبق مقررات مراکز استاندارد و نظارتی مجاز نیست. روش بهتر به کار بردن سوش‌های آغازگری تولید کننده اگزو پلی‌ساکارید است که ضمن تخمیر ماست با تولید پلی‌ساکاریدهای ویژه به بهبود قوام فراورده کمک می‌کند.

از سوی دیگر، چنانچه در تولید ماست از ژلاتین و یا دیگر مواد ژله‌ای کننده بیش از حد لازم استفاده شود ماست بافت ژله‌ای خواهد داشت. افزودن زیاد پایدارکننده یا ماده خشک نیز می‌تواند به سفتی زیاد فراورده منجر شود. همچنین، اگر مواد خشک فرصت لازم برای جذب آب نداشته باشند ممکن است بافت ماست دانه‌ای شود. تولید سریع و با شدت اسید، بالا بودن دمای گرمخانه‌گذاری، افزودن آغازگر به مقدار زیاد و هوموژنیزاسیون در دمای بالاتر از دیگر عوامل نقیصه اخیر است. در نهایت از دیگر معایب بافتی ماست می‌توان به طنابی‌شدن و کشدار بودن بافت اشاره کرد که عامل آن وجود باکتری‌های تولیدکننده صمغ نظیر لاکتوباسیلوس دلوکسی زیر گونه بولگاریس[2] در کشت آغازگر است. این حالت می‌تواند در اثر تجزیه نسبی پایدارکننده‌ها نیز ایجاد شود.

1. Pseudo plastic
2. Lactobacillus delveccii ssp. bulgaricus

خودآزمایی

۱. ماده خشک مناسب شیر مورد استفاده برای تهیه ماست چه‌مقدار است و با چه روش‌هایی می‌توان به آن دست یافت؟
۲. شرایط پاستوریزاسیون شیر در تولید ماست را نام برده و اهداف تکنولوژیکی آن را توضیح دهید؟
۳. کمپلکس‌های حرارتی پروتئین‌های شیر در طی فرایند حرارتی چگونه تشکیل می‌شوند و چه آثاری بر روی ماست می‌گذارند؟
۴. سویه‌های آغازگر ماست را نام برده و بنویسید چرا از آنه به تنهایی استفاده نمی‌شود؟
۵. عامل اصلی طعم ماست چه ترکیبی است و شرایط تولید آن را توضیح دهید؟
۶. مراحل تهیه کشت از کشت اصلی تا کشت نهایی آغازگر ماست را توضیح دهید؟

فصل ۷

کشک و دوغ، کفیر و کومیس

اهداف رفتاری

در پایان این فصل از فراگیرندگان انتظار می‌رود:

۱. مراحل تولید انواع کشک را یاد بگیرند.
۲. با روش‌های تولید دوغ آشنا بشوند.
۳. ویژگی‌های استاندارد دوغ را بدانند.
۴. روش تولید کفیر و فلور میکروبی دانه‌های کفیر را توضیح دهند.
۵. روش‌های سنتی و صنعتی تولید کومیس را توضیح بدهند.

۷-۱ کشک[1]

کشک یکی از فراورده‌های لبنی است که از تخمیر، تغلیظ و یا خشک کردن شیر کامل، شیر کم چربی،شیر بدون چربی، شیر باز ساخته، دوغ، پس‌آب کره و آب پنیر یا مخلوط آن‌ها با اضافه کردن نمک تولید می‌شود. در کشورهای عربی این فراورده به صورت مخلوط با بلغور و آرد مصرف می‌شود (بهار قدوسی و همکاران، ۱۳۷۹). تهیه و مصرف کشک در روزگار قدیم در اغلب کشورهای خاورمیانه، بویژه ایران، و در بین عشایر، مرسوم بوده است. این محصول به علت وجود پروتئین و مواد معدنی، ارزش غذایی فراوانی دارد. این محصول حاوی مقادیر قابل توجهی کلسیم، چربی، نمک، پروتئین، ویتامین و نیاسین است. میزان انرژی تولید شده توسط ۱۰۰ گرم کشک، حدود ۱۰۵ تا ۱۱۰ کیلو کالری است که می‌تواند به عنوان یکی از تأمین‌کننده‌های انرژی مورد نیاز بدن در رژیم غذایی روزانه گنجانده شود.

۷-۱-۱ مراحل تولید کشک مایع صنعتی

برای تولید کشک ممکن است از روش‌های مختلفی استفاده کنند ولی تولید متداول آن از شیر پس‌چرخ است. در کنار آن ممکن است از دوغ کره، آب پنیر و فراورده‌های لبنی مشابه نیز برای تولید کشک استفاده شود. مرحله اساسی در تولید کشک مایع صنعتی شامل سالم‌سازی شیر پس‌چرخ یا دوغ کره و تخمیر با آغازگر ماست و گاهی عوامل لیپولیتیک است. در هر حال مراحل عمومی تولید کشک به صورت ذیل است:

شیرخام پس از دریافت و انجام آزمایش‌های کیفی، حرارت مقدماتی داده شده و با دمای حدود ۵۵ درجه سانتی‌گراد به سپراتور فرستاده می‌شود. پس ار جداسازی چربی، شیر پس‌چرخ در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه (و یا در روش‌های سنتی با جوشاندن) پاستوریزه می‌گردد و سپس تا

1. Kashk or Kishk

دمای ۴۳ درجه سانتی‌گراد خنک می‌گردد. در این دما با افزودن آغازگرهای ترموفیل ماست و گرمخانه‌گذاری، ماست بدون چربی ترش با pH حدود ۳/۵ تهیه می‌شود. در ادامه ماست به دست آمده را حرارت می‌دهند تا بجوشد و بعد خنک کرده و آبگیری می‌نمایند. پس‌آب جدا شده پس از جوشاندن و تغلیظ تبدیل به قره‌قروت می‌شود که یک فراورده سنتی لبنی در ایران است.

پس از آبگیری، کشک حاصل پس از افزودن نمک در دیگ دو جداره استیل درحالی‌که با هم‌زن الکتریکی مرتب هم زده می‌شود و به مدت نیم ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد سالم‌سازی می‌گردد (استاندارد ملی ایران شماره ۳۶۵۶، ۱۳۷۴).

کشک آماده شده و پاستوریزه در ظروف مناسب (ظروف شیشه‌ای) بسته‌بندی و به سردخانه منتقل می‌گردد. برای تولید کشک خشک، کشک مایع آماده شده در گرمخانه یا تونل‌های پخت در دمای مناسب خشک می‌شود و پس از آن‌که رطوبت آن به میزان مورد نظر رسید، با آسیاب پودر شده و در ظروف مناسب بسته‌بندی می‌گردد. با توجه به این که کشک یکی از غنی‌ترین منابع پروتئین حیوانی است؛ بنابراین، محیط مناسبی برای رشد و ازدیاد میکروارگانیزم‌های مختلف است که اغلب سبب مسمومیت‌های شدید و حتی مرگ می‌شود و به همین دلیل کشک باید در یخچال نگهداری شود.

۷-۱-۲ استاندارد کشک مایع

بر طبق استاندارد ملی ایران شماره ۶۱۲۷ (۱۳۸۱) کشک مایع صنعتی باید اسیدیته بین ۱/۳-۲ درصد بر حسب اسید لاکتیک، بیشینه pH ۳/۹، بیشینه رطوبت ۸۲ درصد، کمینه پروتئین ۸ درصد، بیشینه چربی ۲ درصد و بیشینه خاکستر ۲/۵ درصد باشد. از سوی دیگر، ویژگی‌های میکروبی کشک مایع صنعتی بر طبق استاندارد ملی ایران باید مطابق جدول۷-۱ باشد.

جدول ۷-۱ ویژگی‌های میکروبی کشک مایع (استاندارد ملی ایران شماره ۲۴۰۶، ۱۳۶۲)

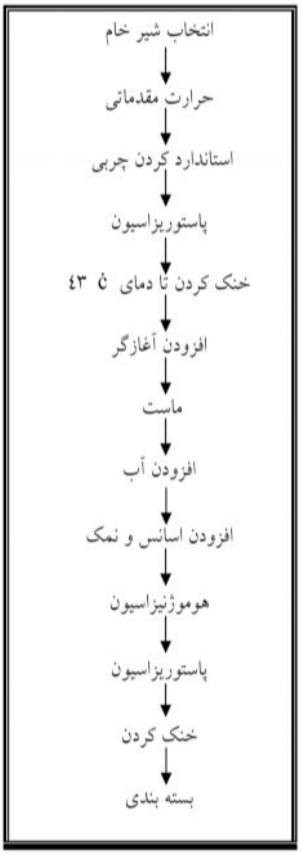
آزمون‌های لازم	کشک مایع (کلنی در گرم)
باکتری‌های کلی فرم	کمتر از ۱۰
اشریشیا کلی	منفی
استافیلوکوکوس ائورئوس کوآگولاز مثبت	منفی
کپک	۱۰۰

۷-۲ دوغ[1]

دوغ از رقیق کردن ماست با آب آشامیدنی، معدنی یا آب پنیر تخمیر شده و یا دوغ کره به دست می‌آید. تولید و مصرف این فراورده لبنی از دیرباز در ایران و در کشور ترکیه (به نام آی ران[2]) مرسوم بوده است و امروزه یکی از نوشیدنی‌های مغذی کشورما است. دوغ ممکن است به صورت بدون چربی یا چربی‌دار و نیز بدون گاز یا گازدار تولید شود.

۷-۲-۱ روش تولید

به طور کلی به دو روش برای تولید دوغ تولید می‌شود:



۷-۲-۱-۱ تهیه دوغ از ماست

در این روش که امروزه در بیشتر کارخانه‌ها رایج است، ابتدا ماست تولید می‌شود که مراحل تولید آن توضیح داده شد. برخی از کارخانه‌های تولید دوغ، ماست آماده را از سایر کارخانه‌ها خریداری می‌کنند و برای تولید دوغ از آن استفاده می‌کنند.

چربی شیر مورد استفاده برای تهیه ماست جهت تولید نهایی دوغ معمولاً ۱/۵ درصد است و سعی می‌شود که pH ماست تا حد لازم پایین آورده شود تا دوغ آن عطر و طعم مناسب‌تری داشته باشد. سپس شیر تا دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه یا ۹۰- ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵- ۱۰ دقیقه حرارت داده می‌شود، سپس تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد خنک شده و با فرستاده شدن به هوموژنایزر در فشار MPa ۱۵همگن می‌شود. البته ممکن است که شیر ابتدا حرارت مقدماتی در دمای ۶۰-۷۰ درجه سانتی‌گراد دیده باشد و بعد از هوموژنیزاسیون به پاستوریزاتور جهت حرارت‌دهی اصلی فرستاده شود (نیلسون و همکاران، ۲۰۰۶).

1. Doogh or Dough
2. Ayran

با افزودن آغازگر ماست به میزان ۱-۳ در صد به شیر و نگهداری در دمای ۴۰-۴۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به pH ۴/۵- ۴/۷ ماست تهیه شده و تا دمای زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد خنک می‌شود. پس از تهیه ماست، آب با شرایط بهداشتی به میزان لازم به مخزن اختلاط اضافه می‌شود. مقدار افزودن آب به ماده خشک بدون چربی ماست بستگی دارد و باید طوری تنظیم شود که ماده خشک دوغ حاصل از ۳/۲ درصد کمتر نباشد ولی در حالت کلی نسبت آب به ماست ۵۰ به ۵۰ در نظر گرفته می‌شود.

در ادامه نمک، اسانس و عرقیات گیاهی جهت بهبود طعم به دوغ اضافه می شود. مقدار افزودن نمک معمولا بین ۷- ۹ درصد و مقدار عرقیات گیاهی مانند نعنا، کاکوتی، گلاب و جز این‌ها در کل حدود ۶ درصد است. مقدار نمک باید خیلی کم باشد تا از خوردگی تجهیزات جلوگیری شود. از سوی دیگر، ممکن است نمک تأثیر منفی روی پایدارکننده‌ها بگذارد (کوکوسی و کلیک، ۲۰۰۳).

در پایان دوغ حاصل دوباره به پاستوریزاتور فرستاده شده و پس از حرارت مقدماتی معمولاً در فشار ۱۵۰ بار هوموژنیزه می‌شود تا سیستم کلوئیدی آن تثبیت شود و بعد در دمای مناسب (۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه یا ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه) پاستوریزه و خنک می‌شود. برای تهیه دوغ گازدار آن را پاستوریزاسیون نمی‌کنند تا در زمان نگهداری دوغ در اثر تخمیر، گاز لازم در آن تولید شود.

۷-۲-۱-۲ تهیه دوغ از شیر رقیق شده

در این روش ابتدا شیر در دمای مناسب (۸۵-۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه) پاستوریزه شده و سپس تا دمای مایه‌زنی (۴۳) خنک می‌شود. در ادامه، در این دما آغازگر ماست به مقدار مناسب (۱-۲ درصد) به شیر پاستوریزه در مخزن اضافه می‌شود. سپس شیر را تا دمای زیر ۲۰ درجه سانتی‌گراد خنک می‌کنند و به نسبت لازم (۵۰ به ۵۰) به آن آب و بعد نمک (۷ درصد) اضافه می‌کنند و حدود ۱۵ ساعت به صورتی که آن را با ملایمت هم می‌زنند، نگه می‌دارند تا تخمیر لاکتیکی کامل گردد. در نهایت اسانس مورد نظر به دوغ حاصل افزوده می‌شود و بعد عمل پاستوریزاسیون در شرایط مشابه روش قبلی انجام می‌گیرد. در پایان دوغ را تا دمای ۵ درجه سانتی‌گراد خنک و بسته‌بندی می‌نمایند. برای بسته‌بندی دوغ از بطری‌های پت یا بسته‌بندی پاکتی استفاده می‌شود.

دوغ ماندگاری زیادی ندارد ولی این اواخر فراورده‌ای با قابلیت نگهداری طولانی تولید می‌شود که روش تولید آن مشابه ماست نوشیدنی با ماندگاری زیاد است. ماست و پایدارکننده (پکتین) قبل از هوموژنیزاسیون و فرایند حرارتی با هم مخلوط می‌شوند. محلول آب نمک از طریق صاف کردن با فیلتر ویژه (برای مثال فیلتر تترا آلدوز) استریل می‌شود و قبل از پرکردن اسپتیک در شرایط اسپتیک به فراورده اضافه می‌شود (نیلسون و همکاران، ۲۰۰۶).

۷-۲-۲ استاندارد ویژگی‌های دوغ

بر طبق استاندارد ملی ایران شماره ۲۴۵۳ (۱۳۷۰) دوغ باید شرایط زیر را داشته باشد:

اسیدیته دست کم ۱ در صد بر حسب اسید لاکتیک، pH بیش از ۴/۵، ماده خشک دست‌کم ۳/۲ در صد، چربی دست‌کم ۰/۵ درصد و مقدار گاز در دوغ گازدار دست‌کم ۰/۶ گرم در صد میلی لیتر.

ویژگی‌های میکروبی دوغ نیز باید مطابق جدول ۷-۲ باشد.

جدول ۷-۲ ویژگی‌های میکروبیولوژی دوغ (استاندارد ملی ایران شماره ۲۴۰۶، ۱۳۶۲)

آزمون‌های لازم	کلنی در گرم
باکتری‌های کلی فرم	کمتر از ۱۰
اشریشیا کلی	منفی
استافیلوکوکوس ائورئوس کوآگولاز مثبت	منفی
کپک	۱۰۰

۷-۳ کفیر[1]

فراورده‌های لبنی تخمیری که با استفاده از گونه‌های خاص باکتری‌های اسیدلاکتیک و مخمرها تهیه می‌شوند جزء فراورده‌های تخمیری لاکتیکی- مخمری طبقه‌بندی می‌گردند. کفیر و کومیس دو نمونه بارز این نوع تخمیرها هستند(کورمان و همکاران ۱۹۹۲). خاستگاه این فراورده‌ها در آسیای مرکزی بین کوه‌های قفقاز و مغولستان بوده ولی امروزه تولید و مصرف آن‌ها در بسیاری از کشورهای جهان رایج شده است. اگرچه بسیاری از این تخمیرها

1. Kefir

میکروفلورهای خاص خود را دارد، ولی از نظر تکنولوژی وجه تشابه زیادی بین آنهاست. کفیر وکومیس به صورت سنتی فراورده‌های خانگی بودند اما امروزه کفیر به صورت صنعتی در کشورهای زیادی تولید می‌شود.

کفیر در خاورمیانه، اروپای غربی و آسیای مرکزی بویژه در ترکیه، روسیه، اکراین، لهستان و جمهوری چک یکی از فراورده‌های لبنی تخمیری پرمصرف است. نکته جالب توجه این که آغاز تولید ماست به شکل مایع تفاوت اندکی با تولید سنتی کفیر داشت.

کفیر فراورده‌ای به رنگ سفید یا متمایل به زرد است، بوی مخمری و مزه اسیدی دارد بافت آن به نسبت غلیظ ولی غیر چسبنده و با قوام الاستیک است. از ترکیبات اصلی موثر در ویژگی‌های حسی کفیر می‌توان به اسید لاکتیک، دی‌استیل، دی اکسید کربن و اتانول اشاره کرد (ریئ و همکاران، ۱۹۹۶). از سال ۱۹۹۶ کفیر به علت خاصیت پروبیوتیک مورد توجه واقع شد ولی قدمت آن به گذشته‌های دور برمی‌گردد. در افسانه‌های قفقاز از این فراورده یاد شده است. به طور سنتی برای تولید کفیر از کیسه‌های چرمی یا خمره‌های بلوط و یا ظروف سفال استفاده می‌شد، اما با استفاده مکرر از این ظروف (مثلاً افزودن مکرر شیر تازه پس از مصرف مقداری از کفیر به ظرف) میکروارگانسیم‌ها، لایه نازکی در سطح ظروف را تشکیل می‌دهند و بعد به صورت خوشه‌ای در می‌آمدند که آن را دانه کفیر می‌نامند.

۷-۳-۱ دانه‌های کفیر

دانه‌های کفیر قطری در حدود۲– ۰/۳ سانتی‌متر و سطح نامنظم و ناهموار دارند و از نظر شکل و رنگ شبیه گل کلم هستند (شکل ۷- ۱). رنگ آنها سفید یا زرد روشن و بافت آنها لاستیکی است. زمانی که این دانه‌ها به شیر اضافه می‌شوند شروع به رشد کرده و دانه‌های جدیدی تولید می‌کنند. ماده خشک دانه‌های کفیر تازه حدود ۶ الی۱۰ درصد است که به طور عمده متشکل از پروتئین (۳۰ درصد) و کربوهیدرات(۵۰- ۲۵ درصد) است. در واقع این دانه‌ها از سلول‌های میکروبی و متابولیت‌های آن‌ها، پروتئین‌های دناتوره شده شیر و کربوهیدرات‌ها (به‌طور عمده پلی‌ساکاریدها که از باکتری‌ها تولید می‌شوند) تشکیل شده است (تمیم، ۲۰۰۶).

شکل ۷-۱ دانه‌های کفیر

از نظر میکروبی دانه‌های کفیر ترکیب میکروبی پیچیده‌ای دارند و از باکتری‌های اسید لاکتیک (۸۳- ۹۰ درصد)، مخمرها (۱۷- ۱۰ درصد) باکتری‌های اسید استیک و شاید کپک تشکیل یافته‌اند. اگرچه، گونه‌های لاکتوباسیلوس (بویژه لاکتوباسیلوس کفیری و کفیرانوفاسینس،[1]، اسیدوفیلوس، کازئی و ...) و لاکتوکوکوس (بویژه لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه لاکتیس)، استرپتوکوکوس و لوکونستوک‌ها گونه‌های اصلی باکتری‌های اسید لاکتیک دانه‌های کفیر را تشکیل می‌دهد.

لاکتوکوکوس‌ها در سطح دانه‌های کفیر و لاکتوباسیل‌ها و مخمرها در لایه‌های عمقی دانه‌ها قرار می‌گیرند. همچنین، گونه‌های مختلف مخمری نظیر کلویرمایسس ماریکسانوس[2]، ساکارومایسس سرویسیا و کاندیدا اینکونسپیکا[3] و کاندیدا ماریس[4] در فلور دانه‌های کفیر یافت می‌شوند و طعم خاص مخمری به آن می‌دهند. در اثر فعالیت مخمرها تا حدود۲ درصد اتانول تولید می‌شود. از دیگر گونه‌های موجود در دانه‌های کفیر می‌توان به باکتری‌های اسید استیک (شامل استوباکتر استی و استوباکتر راسنس و کپک‌هایی مانند ژئوتریکوم کاندیدوم که عامل آلودگی هستند، اشاره نمود (تمیم، ۲۰۰۶).

۷-۳-۲ آغازگرهای صنعتی کفیر

همان‌طور که گفته شد، فلور میکروبی دانه‌های کفیر سنتی از کشوری به کشور دیگر و از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت است. از این رو استفاده از دانه‌های کفیر سنتی برای تولید در سطح صنعتی با کیفیت ثابت و استاندارد مشکلات زیادی دارد: از جمله شستشوی مکرر

1. Lactobacillus kefiri & Lactobacillus kefiranofaciens
2. Kluyveromyces marxianus var. lactis
3. Candida inconspicua
4. Candida maris

دانه‌های کفیر موجب تغییر و حذف فلور میکروبی سطحی می‌شود. وقت گیر بودن، ظرفیت پایین و ماندگاری کوتاه و آلودگی میکروبی از دیگر تنگناهای تولید سنتی است. برای رفع این مشکلات و توسعه تولید کفیر به صورت یک محصول استاندارد در کشورهای مختلف آغازگرهای خاصی عرضه شده است. در آلمان از یک کشت مخلوط متشکل از گونه‌های لاکتوکوکوس، استرپتوکوکوس ترموفیلوس و گونه‌های لاکتوباسیلوس(لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس، لاکتوباسیلوس برویس و لاکتوباسیلوس دلبروکی زیر گونه لاکتیس) به نسبت کوکوس به باسیل ۲۰ به ۱ و مخمر کاندیدا کفیر و در ایالات متحده از نوعی کشت آغازگر کفیر شامل لاکتوباسیلوس کفیرانوفاسینس و لاکتوباسیلوس کفیر برای تولید صنعتی آن استفاده می‌شود (هاتکینس، ۲۰۰۶).

شرکت کریستین هانسن(Chr. Hansen A/S) به‌تازگی سه نوع کشف آغازگر کفیر به صورت خشک شده انجمادی با گونه‌های مخمری متفاوت تهیه کرده است. این کشت‌ها به صورت مستقیم به شیر حاوی ۲ درصد چربی اضافه می‌شوند و LAF -۳ (حاوی وبرومایسس هانسنی)، LAF – ۶ (حاوی کلویورمایسس ماکسیانوس واریته ماکسیانوس) و LAF-7 (حاوی کاندیدا کولیکولوسا) نامیده می‌شوند. این کشت‌ها مخلوطی از باکتری‌های اسیدلاکتیک مزوفیل و استرپتوکوکوس ترموفیلوس تولیدکننده پلی‌ساکارید نیز دارند.

شرکت دنیسکو بیولاکتا در لهستان سه نوع کشت آغازگر کفیر به حالت خشک انجمادی ساخته است که عبارت‌اند از: ۱) نوع M که به صورت کشت مادر است و برای تهیه کشت‌های بینابینی و انبوه ۲ بار کشت داده می‌شود، ۲) نوع S- D (نیمه‌مستقیم[1]) که برای تهیه کشت انبوه استفاده می‌شود، ۳) کشت D (مستقیم) که به طور مستقیم به شیر اضافه می‌شود.

۷-۳-۳ روش‌های تولید کفیر

تولید کفیر به دو روش سنتی (با استفاده از دانه‌های کفیر) و صنعتی (با بهره‌گیری از کشت‌های آغازگر تجارتی) صورت می‌گیرد. شیر استفاده شده به‌طور عمده شیر گاو (گاهی شیر بز و گوسفند) است.

در روش تولید سنتی ابتدا شیر خام را حدود ۱۰ دقیقه می‌جوشانند و سپس تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد خنک می‌نمایند. حرارت‌دهی شدید موجب تغییر ماهیت پروتئین‌های سرمی و

1. Semi Direct

بهبود قوام کفیر به مانند آنچه که در ماست است خواهد شد. سپس دانه کفیر به مقدار مناسب به شیر حرارت دیده اضافه می‌کنند و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت انکوباسیون می‌نمایند. پس از اتمام این مرحله دانه‌های کفیر را به کمک صافی جدا می‌کنند و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌کنند و سپس در ظروف مناسب جهت مصرف می‌ریزند.

در تولید صنعتی با استفاده از دانه‌های کفیر، شیر خام استاندارد (با درصد چربی ۱ تا ۳/۲، اغلب ۱/۵ درصد) تا دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد حرارت مقدماتی می‌بیند و در فشار حدود ۲۰MPa- ۱۵ هوموژنیزه می‌شود. بعد از این مرحله شیر در دمای ۹۵-۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲-۵ دقیقه حرارت داده می‌شود و سپس تا دمای ۱۹- ۲۲ درجه سانتی‌گراد (۱۹ در تابستان و ۲۲ در زمستان) خنک می‌گردد. در ادامه آغازگر کفیر انبوه به میزان مناسب (۳-۴ درصد) به شیر آماده اضافه می‌شود و به مدت ۸-۱۲ ساعت در دمای ۱۹-۲۲ درجه سانتی‌گراد (تا رسیدن به اسیدیته حدود ۰/۷ درصد) گرمخانه‌گذاری می‌شود، سپس هم زده و به آرامی تا دمای حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد خنک می‌گردد. در پایان فراورده حاصل در بطری یا بسته‌بندهای انعطاف‌پذیر، پر شده و در دمای ۹ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ساعت رسانده می‌شود تا حدود ۱ درصد اسیدلاکتیک در آن تولید گردد، سپس در دمای ۶ درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌گردد.

برای تولید آغازگر انبوه کفیر، شیر کامل یا کم‌چرب که در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه (یا شرایط مشابه آن) حرارت دیده است، تا دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد خنک کرده و با دانه‌های کفیر آن را تلقیح می‌کنند. سپس شیر تلقیح شده به مدت حدود ۲۰ ساعت در دمای ۲۱-۲۳ درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌گردد و بعد دانه‌های کفیر با الک‌کردن از شیر جدا می‌شوند و به ملایمت با آب سرد قبل از استفاده مجدد شستشو داده می‌شوند. شیر صاف شده به عنوان آغازگر انبوه به میزان ۱- ۴ درصد (گاهی تا ۵ درصد) برای تولید کفیر استفاده می‌شود (رابینسون، ۲۰۰۲).

در تولید صنعتی جدید به جای دانه‌های کفیر، از آغازگرهای تجارتی که به صورت خشک شده انجمادی توسط شرکت‌های مختلف (همان‌طور که توضیح داده شد) استفاده می‌کنند. در این حالت، دانه‌های کفیر در محصول تولید نخواهند شد.

در این روش که امروزه در کشورهای توسعه یافته مانند ایالات متحده رو به گسترش است شیر خام ابتدا (از نظر چربی، مادهی خشک و مواد مولد عطر و طعم پایدار کننده و جز

این‌ها) استاندارد می شود و بعد از هوموژنیزاسیون در دمای ۸۵-۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵-۳۰ دقیقه حرارت می‌بیند، سپس تا دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد خنک می‌شود و با کشت آغازگر کفیر تلقیح می‌گردد. در ادامه در دمای مزبور به مدت ۲۴ ساعت گرمخانه‌گذاری شده و بعد تا ۴ درجه سانتی‌گراد خنک می‌شود. در صورت لزوم به آن میوه و افزودنی‌های دیگر اضافه شده و سپس بسته‌بندی می‌شود (اوتلس و کاگینیدی، ۲۰۰۳).

گفتنی است که در کنار کفیر هم‌زده[1] که روش‌های تولید آن گفته شد امروزه به منظور حفظ بهتر قوام فراورده کفیر قالبی[2] هم تولید می‌گردد. روش تولید کفیر قالبی مشابه نوع هم‌زده است با این تفاوت که بعد از افزودن آغازگر بلافاصله بسته‌بندی و سپس گرمخانه‌گذاری می‌شود. همچنین، بعد ار گرمخانه‌گذاری، بسته‌های کفیر تا ۹ درجه سانتی‌گراد خنک می‌شوند و در مدت ۱-۳ روز رسیده می‌شوند.

۷-۳-۴ استاندارد کفیر

بر اساس استاندارد لهستان (Anon، ۲۰۰۲)، ترکیب شیمیایی و کیفیت میکروبی کفیر باید با شرایط زیر باشد:

- میزان چربی مطابق برچسب و می‌تواند متغیر باشد ولی نباید از ۱۰g در ۱۰۰g بیشتر شود (در فراورده‌های تجارتی مقدار چربی معمولاً ۱/۵- ۲ درصد است).
- اسیدیته قابل تیترانسیون نباید کمتر از ۰/۶ درصد باشد.
- شمارش مخمر، نباید کمتر از 10^2 cfu/g باشد.

۷-۴ کومیس[3]

کومیس یک نوشیدنی سنتی آسیای مرکزی است که از شیر مادیان تهیه می‌شود. ترکیب کلی کومیس از شیر مادیان با رطوبت (حدود ۹۰ درصد)، پروتئین(۲/۱ درصد که از آن کازئین‌ها ۱/۲ درصد و پروتئین‌های سرمی۰/۹درصد است) لاکتوز(۶/۴ درصد)، چربی (۱/۸ درصد) و خاکستر است (اوچیرخایوک و همکاران، ۲۰۰۰). رنگ این فراورده خاکستری شیری و مزه تند اسیدی و الکلی دارد. به‌رغم وجود پروتئین‌های حساس به حرارت شیر

1. stirred kefir
2. set kefir
3. Koumiss

مادیان در کومیس، لخته تشکیل نمی‌شود و متابولیت‌های اصلی تخمیر را اسید لاکتیک، اتانول و دی‌اکسید کربن تشکیل می‌دهد.

۷-۴-۱ میکروفلور کومیس

میکروفلور کومیس به خوبی تعریف نشده است ولی به‌طور عمده شامل میکروارگانسیم‌های زیر را دارد:

- لاکتوباسیل‌ها (لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه بولگاریکوس و لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس).
- مخمرهای تخمیرکننده لاکتوز (گونه‌های ساکارومایسس، کلویرمایسس ماکسیانوس واریته ماکسیانوس و ترولا کومیس).
- مخمر غیر تخمیرکننده لاکتوز، ساکارومایسس کارتیلاژینوسوس[1].
- مخمرهای غیر تخمیرکننده کربوهیدرات‌ها (گونه‌های مایکودرما) (کروالوا، ۱۹۹۱؛ اوبرمن و لیبوزیز، ۱۹۹۸).

۷-۴-۲ روش تولید کومیس

۷-۴-۲-۱ روش سنتی

در مغولستان از شیر مادیان در فصول تابستان برای تولید کومیس استفاده می‌شود. عمل شیر دوشی هر ۲ ساعت یک بار و در کل ۶ بار در روز انجام می‌گیرد. در غروب شیر تازه(حرارت ندیده) به شیری که قبلاً تخمیر شده است در بشکه‌های چوبی اضافه می‌شود و تخمیر می‌شود. در روش سنتی از کیسه‌های چرم اسب برای تخمیر کومیس استفاده می‌شد که حاوی میکروفلور کومیس بودند (تمیم و مارشال، ۱۹۹۷). ولی امروزه فقط از ظروف چوبی برای تولید کومیس استفاده می‌شود که آن‌ها هم میکروفلور تولید فصل قبل را دارند (شکل ۷-۲). بعد از افزودن شیر تازه به ظرف به شدت آن را به مدت ۱ ساعت هم می‌زنند. این کار با هوادهی شرایط مناسبی را جهت رشد مخمرها فراهم می‌آورد. بر طبق تجربیات مردم مغوستان، کیفیت مناسب کومیس زمانی است که دمای محیط معتدل باشد.

1. Saccharomyces cartilaginosus

شکل ۷-۲ ظروف چوبی تولید سنتی کومیس

۷-۴-۲-۲ روش تولید صنعتی

در سال ۱۹۶۰، تولید تجارتی کومیس با به کاربردن لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه بلکاریکوس و گونه‌های ترولا به عنوان آغازگر انبوه در محیط کشت شیر گاو بدون چربی انجام گرفت. سپس از آغازگر تهیه شده برای تلقیح شیر مادیان به نسبت ۳۰ml بر ۱۰۰ml استفاده می‌شود.

پس از افزودن آغازگر، عمل بسته‌بندی در بطری وگرمخانه‌گذاری در دمای ۱۸-۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت انجام می‌شد و بعد از رسیدن اسیدیته به ۰/۵۵ درصد برحسب اسیدلاکتیک، در ۵ درجه سانتی‌گراد ذخیره می‌گردید (برلین، ۱۹۶۲).

با کمبود شیر مادیان بویژه در فصول زمستان، تلاش‌هایی برای تولید کومیس از شیر گاو صورت گرفت ولی ترکیب شیر اسب با شیر گاو متفاوت است و شباهت زیادی به شیر مادر دارد. چون مقدار پروتئین در شیر مادیان پایین است در زمان تخمیر لخته تشکیل نمی‌شود. برای تولید کومیس از شیر گاو با ویژگی‌های مشابه کومیس حاصل از شیر مادیان، ناگزیر باید ترکیب آن اصلاح شود. روش‌های مختلفی برای این منظور به کار برده می‌شود. از جمله، شیر پس‌چرخ را با آب رقیق می‌کنند تا میزان کازئین آن کاهش یابد. سپس با افزودن کنسانتره پروتئین‌های آب پنیر، سطح پروتئینی افزایش داده می‌شود. علاوه بر آن، ممکن است ترکیبات دیگر مانند گلوکز، ساکارز یا لاکتوز هیدرولیز شده توسط B -D گالاکتوزیداز نیز برای اصلاح شیر گاو به آن اضافه گردد (رابینسون، ۲۰۰۲).

۷-۴-۳ ترکیب کومیس

کومیس بر اساس شدت تخمیر و ویژگی‌های حسی به انواع ضعیف، متوسط و قـوی تفکیـک می‌شود که ترکیب آن‌ها در جدول ۷-۳ نشان داده شده است.

جدول ۷– ۳ طبقه‌بندی کومیس بر اساس شدت تخمیر

مزه، طعم و بو	برلین (۱۹۶۲)	لوزویچ (۱۹۹۵)
	اسیدیته (ml /۱۰۰ ml)	
ضعیف/ترش و شیرین/ مخمری	۰/۵۴ -۰/۷۴	۰/۶۳ - ۰/۷۲
متوسط/ ترش/ مخمری	۰/۷۳ – ۰/۹۰	۰/۷۳ – ۰/۹۰
قوی/ شیر اسیدی شدید/ مخمری	۰/۱۹ – ۱/۰۸	۰/۹۱ – ۱/۰۸

خود آزمایی

۱. روش تولید کشک و قره‌قروت را توضیح دهید؟
۲. تولید دوغ گازدار چه تفاوتی با دوغ بدون گاز دارد؟
۳. مهمترین سویه‌های تشکیل‌دهنده فلور میکروبی دانه‌های کفیر را نام ببرید؟
۴. مواد اصلی تشکیل‌دهنده طعم کفیر چه ترکیباتی هستند؟
۵. روش تولید صنعتی کفیر را توضیح دهید؟
۶. برای تولید صنعتی کومیس از شیر گاو مشابه کومیس سنتی چه اقداماتی می‌توان انجام داد؟

فصل ۸

تمیزکردن تجهیزات لبنی

اهداف رفتاری

در پایان این فصل از فراگیرندگان انتظار می‌رود:

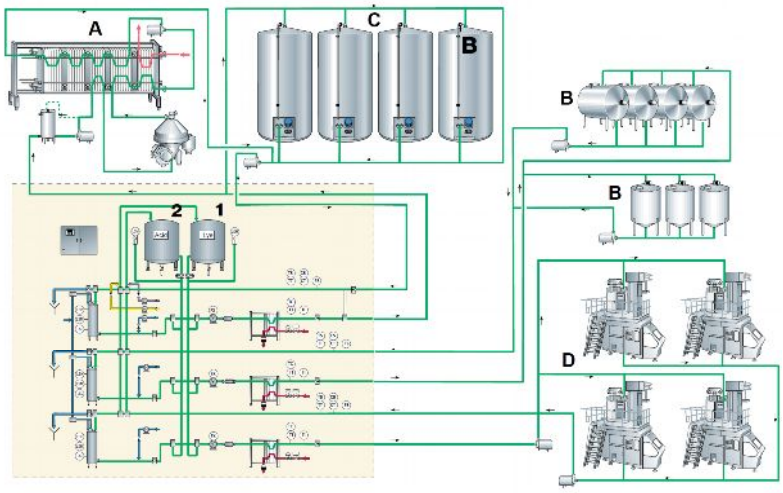
۱. ماهیت رسوبات در سطح تجهیزات صنایع شیر را بشناسند.

۲. انواع شوینده‌های مورد استفاده برای تمیزکردن تجهیزات فراوری شیر را توضیح دهند.

۳. روش‌های تمیزکردن تجهیزات در کارخانه‌های لبنیات را توضیح دهند.

۴. مراحل مختلف CIP بر اساس نوع تجهیزات را توضیح دهند.

۵. با تجهیزات استفاده شده برای CIP آشنا بشوند.



۸-۱ کلیات

تمیز کردن دستگاه به عملکرد مناسب دستگاه‌های تولید کمک کرده و از آلودگی فراورده جلوگیری می‌کند. میکروارگانیسم‌ها که مهم‌ترین عامل آلودگی هستند می‌توانند تقریباً در همه انواع رسوبات رشد کنند. ضدعفونی کردن بدون زدودن اولیه رسوبات اغلب ثمر بخش نیست. حتی در حالتی که سطح تجهیزات به ظاهر تمیز به نظر می‌رسد ممکن است یک لایه بسیار نازک (به ضخامت دست کم μ ۱۰) ماده غذایی روی سطح باقی بماند و منشأ رشد میکروبی شود.

در کارخانه‌های فراورده‌های لبنی با توجه به حساسیت بسیار بالا به آلودگی میکروبی که می‌توانند به فساد یا بیماری‌زایی ماده غذایی منجر بشوند، شستشوی مناسب اهمیت بسیاری دارد. عملیات تمیز کردن باید طوری طرح‌ریزی شود که برای پرسنل زیانبار نباشد، موجب آلودگی محیط زیست نشود، به تجهیزات صدمه وارد نکند و از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشد.

۸-۲ عوامل مؤثر در تمیزکردن تجهیزات

مهم‌ترین عوامل مؤثر در کارایی عملیات تمیز کردن عبارت‌اند از:

۸-۲-۱ ماهیت رسوبات

این عامل تعیین‌کننده نوع مواد شوینده مورد نیاز است که خود تحت تاثیر شرایط کار تجهیزات است. اغلب دو نوع رسوب در تجهیزات تشکیل می‌شود. نوع اول که در درجه حرارت‌های متوسط حدود ۸۰ درجه سانتی‌گراد تشکیل می‌شود و به عنوان نمونه شامل ۳۵ درصد خاکستر و ۵۰ درصد پروتئین در ماده خشک و به حالت شبیه لخته و به رنگ مایل به زرد است. نوع دوم رسوبات در دماهای بالاتر از ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد تشکیل می‌شوند و بالغ بر ۷۰ درصد خاکستر (به طور عمده فسفات کلسیم) و مقداری پروتئین است. این رسوبات بافت متراکم و زبر داشته و متمایل به خاکستری هستند.

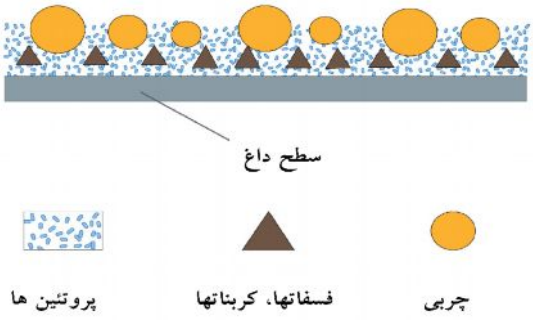
در صنایع لبنی عوامل کثیف‌کننده به طور عمده شامل املاح معدنی، چربی، پروتئین‌ها و آب است (شکل ۸-۱). از مواد دیگر می‌توان به گرد و غبار، میکروب‌ها، ترکیبات شوینده و مواد شیمیایی اشاره نمود. معمولاً در سطح تجهیزات لبنی بتدریج لایه‌ای به رنگ سفید یا خاکستری تشکیل می‌شود که سنگ شیر[1] یا سنگ آب[2] نام دارد. سنگ آب زمانی تشکیل می‌شود که املاح کلسیم و منیزیم با کربنات سدیم افزوده شده به آب رسوب می‌کنند. در طی شستشو برخی از این ترکیبات ممکن است به سطح تجهیزات نشست کنند.

سنگ شیر رسوبات متخللی است که در اثر دناتوراسیون پروتئین‌ها در سطح تجهیزات گرم با دمای بالغ بر ۶۰ درجه سانتی‌گراد ایجاد می‌شود. املاح کلسیم و فسفات موجود در شیر در دماهای بالا قابلیت حل شدن کمتری دارند. در سطوح خنک، لایه‌ای از شیر چسبیده تشکیل می‌شود بنابراین، پس از اتمام عملیات تولید شستشو باید خیلی سریع انجام گیرد. در غیر این صورت لایه مزبور خشک می‌شود و تمیز کردن آن بسیار مشکل خواهد بود.

از میان پروتئین‌های شیر، پروتئین‌های آب پنیر بویژه بتا لاکتوگلوبولین نقش کلیدی را در رسوب گرفتگی تجهیزات لبنی ایفا می‌کنند. حرارت موجب دناتوراسیون این ترکیبات شده و با پلیمریزاسیون دی‌سولفیدی به توده‌ای شدن و رسوب آنها منجر می‌شود. کازئین‌ها معمولاً که دلیل عمده آن نیروی دافعه حاصل از لایه مویی باردار در سطح میسل‌هاست. به‌رغم این، برخی از میسل‌ها از طریق اتصال به پروتئین‌های سرمی دناتوره شده در داخل رسوبات به دام می‌افتند. از سوی دیگر، برخی از پروتئینازها مانند آنزیم‌های باکتری‌های سرماگرا قادر به تجزیه کاپا کازئین هستند و با تضعیف نیروی دافعه الکتریکی موجب رسوب میسل‌های کازئین در طی فرایند حرارتی می‌شوند.

برخی از مولکول‌های چربی نیز به رسوبات ملحق می شوند که دلیل آن اتصال به پروتئین‌های طی دناتوراسیون حرارتی است. هوموژنیزاسیون نیز موجب تشدید الحاق چربی‌ها به مواد رسوبی می‌گردد.

1. Milk stone
2. Water stone



شکل ۸-۱ نمای رسوبات بر سطوح داغ (آلفا لاوال/تتراپک، ۱۹۹۵)

۸-۲-۲ ترکیبات شوینده

مواد شوینده استفاده شده در صنایع لبنی اغلب ترکیبات شیمیایی پیچیده‌ای هستند که برای اهداف خاصی فرموله می‌شوند. در هنگام استفاده از این ترکیبات باید به نوع ترکیب، غلظت آن‌ها و ترتیب استفاده، توجه شود.

محلول‌های قلیایی (مانند سود ۱ درصد یا ۲۵ درصد مولار) می‌توانند مواد پروتئینی را حل کنند و رسوبات نوع اول و جرم گرفتگی سطح مبدل‌های حرارتی و غشاها را برطرف کنند. چنانچه محلول خیلی رقیق باشد انحلال ناقص انجام می‌شود، ولی استفاده از سود بسیار غلیظ هم نامطلوب است و تبدیل به رسوبات به حالت کائوچویی می شود که زدودن آن‌ها بسیار مشکل خواهد بود.

محلول‌های اسیدی (اغلب اسید فسفریک یا نیتریک با غلظت حدود ۲ درصد مولار) به انحلال رسوبات نوع دوم (رسوبات پولکی) کمک می‌کند. مواد قلیایی تمایل به تشدید تشکیل رسوبات پولکی دارند. بنابراین، اگر آب مورد استفاده سختی بالایی داشته باشد، می‌توان با افزودن ترکیبات بهبوددهنده مانند پلی‌فسفات‌ها که کلسیم را در محلول نگه می‌دارند به آب، این رسوبات را کاهش داد.

جدول ۸-۱ ویژگی‌های عوامل رسوبی در تجهیزات لبنی (ایرلی، ۱۹۹۸)

ترکیبات	حلالیت	سهولت تمیزسازی	
		حرارت کم/ متوسط	حرارت شدید
قند	حلال در آب	آسان	کاراملیزه شده و به سختی تمیز می‌شود.
چربی	نا محلول در آب	مشکل، در شرایط قلیایی	پلیمریزه شده و به سختی تمیز می‌شود
پروتئین	نا محلول در آب	به سختی تمیز می شود. می‌توان با قلیا آن را تمیز کرد ولی در شرایط اسیدی به نسبت کمی تمیز می‌شود.	دشوار شده و به سختی تمیز می‌شود.
املاح معدنی	به‌طور عمده حلال در اسید	متفاوت	متفاوت

اغلب، عمل شستشوی قلیایی با آبکشی اسیدی مجزایی تداوم می‌یابد. چنانچه جرم‌گرفتگی خیلی شدید نباشد از شوینده‌های ترکیبی متشکل از یک ماده قلیایی و یک ترکیب شلاته‌کننده کلسیم مانند EDTA می‌شود.

در برخی موارد سورفاکتانت‌ها مانند مواد صابونی به منظور تمیز کردن مواد چربی از رسوبات و تعلیق آن‌ها در آب نیز به کار برده می‌شود. در شستشوی برخی از تجهیزات نظیر غشاهای اولترافیلتراسیون ممکن است از آنزیم‌های پروتئولیتیک نیز استفاده شود.

۸-۲-۳ انرژی خارجی

کارایی عملیات شستشو را می‌توان با اعمال انرژی خارجی به صورت افزایش دما یا وارد کردن نیرو بالا برد. در عمل باید با تنظیم‌اش عوامل شرایط بهینه شستشو برای هر واحد تولیدی را با بالاترین کارایی تمیزکنندگی و پایین‌ترین هزینه انتخاب کرد.

دما از مقیاس‌های بسیار مهم در عملیات شستشو است. افزایش دما این نتایج را در پی دارد:

۱. کاهش قدرت اتصال بین رسوبات و سطوح تجهیزات.

۲. کاهش گرانروی و افزایش اغتشاش.

۳. افزایش حلالیت مواد محلول.

۴. افزایش سرعت واکنش‌های شیمیایی.

در فراورده‌های لبنی دامنه دمایی ۳۲ ۸۵ درجه سانتی‌گراد، افزایش هر ۹ دما کارایی عملیات شستشو را تقریباً دو برابر می‌کند. در زیر ۳۲ درجه سانتی‌گراد، چربی به حالت جامد پایدار در می‌آید و دماهای بالای ۸۵ درجه سانتی‌گراد موجب اتصال محکم پروتئین‌های دناتوره شده به سطح تجهیزات می‌شود و کارایی شستشو را کاهش می‌دهد. برای هر گونه رسوبات غذایی، پایین‌ترین کارایی شستشو در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد بالاتر از نقطه ذوب چربی‌ها حاصل می‌شود. بالاترین حد دما به شرایط دناتوراسیون پروتئین‌ها بستگی دارد.

۸-۲-۴ مدت زمان

زمان عملیات نیز عامل مهمی است و کارایی شستشو را می‌توان با افزایش زمان عملیات بالا برد. با وجود این، افزایش زمان از یک حد خاص تأثیر کمتری در کارایی شستشو دارد.

۸-۲-۵ ماهیت سطوح و شکل هندسی داخل تجهیزات

سطوح تجهیزات باید صاف و مقاوم به خوردگی باشند. اغلب استیل ها به خوردگی به جز در مقابل اسیدهای قوی در مدت طولانی مقاوم هستند. شیشه بوروسیلیکات نیز بسیار پایدار است ولی مواد پلی مری به ویژه در غشاهای اسمز معکوس و اولترافیلتراسیون اغلب مسئله‌ساز هستند.

عدد رینولدز جریان سیال باید در تمام نقاط داخل تجهیزات به حد لازم بالا باشد نبودن مناطق انتها، بسته یا گوشه‌های تیز است.

۸-۳ روش‌های تمیز کردن

به طور کلی روش‌های تمیز کردن تجهیزات عبارتند از:

۱. تمیز کردن فیزیکی.
۲. تمیز کردن شیمیایی.
۳. تمیز کردن میکروبی؛ ضد عفونی کردن[1].
۴. انهدام میکروب‌ها؛ استریل کردن.

برای شستشوی کارخانه‌های لبنی موارد ذیل باید در نظر باشند:

1. Disinfection

۱. به منظور تمیز کردن مواد باقی‌مانده و افزایش تأثیر مواد شوینده باید ابتدا عمل آب‌کشی انجام گیرد.
۲. سپس مواد شوینده جهت تسهیل تمیزکردن عوامل رسوبی با قابلیت خیس‌کنندگی و نفوذ بالا به کار برده شوند.
۳- رسوبات جامد و مایع با صابونی کردن چربی‌ها، هیدرولیز پروتئین‌ها و انحلال املاح از سطوح تجهیزات زدوده شوند.
۴- جرم گرفتگی‌ها در محیط شستشو از طریق پخش، تجزیه توده‌ها و امولسیون‌سازی پراکنده و تمیز شوند.
۵- در انتهای عملیات آبکشی مجدد جهت جلوگیری از ته‌نشینی دوباره رسوبات به سطوح تمیز شده اعمال گردد.

۸-۳-۱ مراحل شستشو در صنایع شیر

۱. آبکشی اولیه. آبکشی در دمای ۳۷ که بیش از ۷۰ درصد مواد محلول را تمیز می‌کند. طی این کار، موادی که اتصال ضعیفی به سطوح دارند نیز جدا می‌شوند و قابلیت نفوذ شوینده‌ها افزایش می‌یابد.
۲. شستشو با ترکیبات شوینده. در این مرحله سعی می‌شود با انتخاب مناسب دما و کوتاه کردن زمان ضمن تمیزکردن تجهیزات، از تشکیل رسوبات جدید جلوگیری کرد.
۳. آبکشی نهایی. این مرحله مواد حل‌شده و شوینده‌ها را خارج می‌کند و از تثبیت مجدد رسوبات جلوگیری می‌کند.
۴. ضدعفونی کردن با بخار یا ترکیبات شیمیایی.

۸-۳-۲ روش‌های شستشوی تجهیزات لبنی

عملیات شستشو می‌تواند به دو روش انجام شود:

۸-۳-۲-۱ شستشوی دستی

در این روش با استفاده از وسایل شستشوی دستی، دستگاه فشار قوی پاشش آب و نیز دستگاه پاشش مواد شوینده و کف و برس زدن دستی سطوح تجهیزات تمیز می‌شوند.

۸-۳-۲-۲ شستشوی مکانیکی

این‌کار به دو روش سی او پی[1] و سی آی پی انجام می‌گیرد. در سیستم سی او پی تجهیزات مورد استفاده از خط باز شده و داخل یک مخزن شسته می‌شوند. این مخزن معمولاً برای شستشو با شوینده‌ها و کنترل دما، زمان و غلظت به کار برده می‌شود و آبکشی نهایی به صورت دستی انجام می‌گیرد.

در روش سی او پی (شستشوی در جا) از شستشوی پاششی برای مخازن فرایند و ذخیره و شستشوی گردشی تحت فشار برای لوله‌ها و ملحقات آن‌ها استفاده می‌شود. این کار با به‌کارگیری تجهیزات ثابت سی ای پی جهت دریافت، گرم کردن و سیرکولاسیون محلول‌های شوینده و آب در شرایط کنترل شده از نظر دما، زمان و غلظت انجام می‌گیرد. امروزه عملیات شستشو در اغلب کارخانه‌ها به روش سی آی پی است که مهم‌ترین دلایل آن عبارت است از:

۱. تجهیزات پیچیده در صنایع امروزی به آسانی برای شستشوی دستی قابل دسترسی نیستند.
۲. باز نمودن تجهیزات می‌تواند برای پرسنل یا محیط مضر باشد یا به کیفیت فراورده لطمه وارد نماید.
۳. بهره‌گیری از سیستم سی ای پی نتایج مطمئن‌تری را در پی خواهد داشت.
۴. عملیات به صورت خودکار انجام می‌گیرد بنابراین، هزینه و زمان عملیات کاهش می‌یابد.

۸-۴ سی آی پی

۸-۴-۱ مراحل سی آی پی

به طور کلی مراحل عملیات سی آی پی عبارت است از:

۱. بازیافت فراورده. بازیافت فراورده مسئله مهمی است و با طراحی مناسب تجهیزات می‌توان بازدهی تولید را بالا برد. این امر موجب کاهش هزینه تولید و مشکلات دفع فاضلاب می‌گردد و به محافظت از تجهیزات، کارخانه و محیط بیرون کمک می‌نماید.

۲. شستشوی تجهیزات. قبل از طراحی عملیات شستشو باید به این موارد در محیط عمل توجه شود:

برای زدودن جرم و آلاینده‌ها آیا استفاده از شوینده‌های شیمیایی نیاز است یا فقط عملیات فیزیکی بسنده می‌کند؟چگونه مایع شوینده به داخل تجهیزات وارد می‌شود؟ آیا از نازل پاششی چندسویه ثابت می‌توان برای پاشش مایع شستشو استفاده کرد یا انواع چرخان

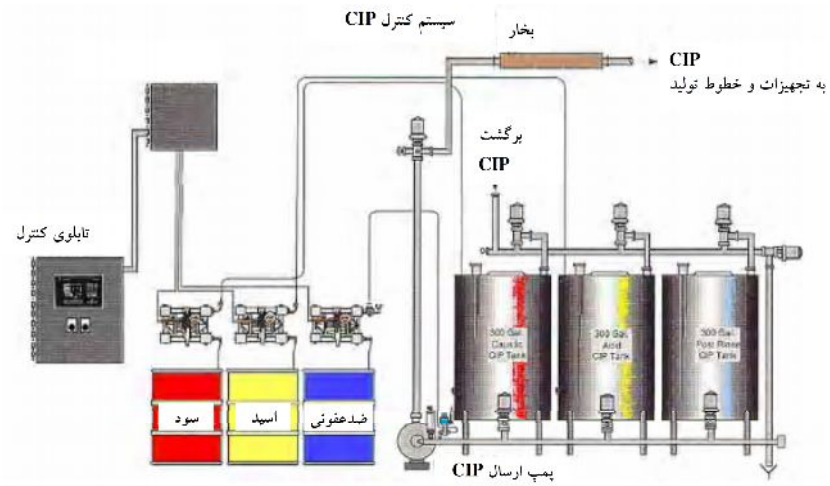
1. COP :cleaning out of place

مورد نیاز است؟ نازل‌های ثابت معمولاً ساده و مطمئن هستند ولی تجهیزات چرخان سرعت پاشش بسیار بالاتری دارند (شکل ۸-۷).

۳. خارج کردن مواد شستشو. پس از استفاده از محلول‌های شوینده، در پایان کار لازم است آبکشی نهایی تجهیزات انجام شود تا همه مواد آلاینده شده تا بعد از خشک‌شدن دستگاه‌ها لایه رسوبی در سطح آن‌ها تشکیل نشود. آب به راحتی تبخیر نمی‌شود و گاهی از حرارت‌دهی، دمیدن هوای خشک و گرم و یا خلأ برای این کار استفاده می‌شود.

همان طور که گفته شد، در عملیات شستشوی در جا شستشوی مخازن فرایند و ذخیره به روش پاششی (اسپری) و شستشوی سیستم لوله‌ها و تجهیزات مرتبط با روش شستشوی گردشی تحت فشار با روش سی آی پی که در کنار خط تولید نصب و راه‌اندازی می‌شود، انجام می‌گیرد. کار این سامانه دریافت، حرارت‌دهی و سیرکولاسیون محلول‌های شستشو و آبکشی با شرایط کنترل شده دما، زمان و غلظت است.

مطابق شکل ۸-۲ در روش سی آی پی واحد سیرکولاسیون قلب دستگاه است که توسط سیستم کنترل برنامه سی آی پی کنترل می‌شود. شوینده‌های شیمیایی از طریق تجهیزات ارسال مواد شیمیایی به طور اتوماتیک تأمین می‌گردد. محلول‌های شوینده و آبکشی به نازل‌های پاششی و اتصالات و لوله‌ها فرستاده می‌شود و از راه مسیر برگشت برای سیرکولاسیون به دستگاه باز می‌گردد.



شکل ۸-۲ سیستم سی آی پی (ایرلی، ۱۹۹۸)

در عملیات سی آی پی معمولی جریانی از مایعات شستشو با سرعت بالا از سطح تجهیزات عبور می‌کند. این سرعت جریان بالا تأثیر تمیزکنندگی مکانیکی اعمال می‌کند و مواد رسوب کرده را نیز خارج می‌سازد. برای عمل بهتر، جریان سیال باید به حالت اغتشاشی (عدد رینولدز در خطوط لوله بالغ بر ۳۰۰۰ و در لایه‌های نزولی آزاد روی مخازن ذخیره و تجهیزات مشابه بیشتر از ۲۰۰۰) باشد. معمولاً جریان سیال با عدد رینولدز بالغ بر ۳۰۰۰۰ برای خطوط لوله بیشترین کارایی را نشان می‌دهد.

۸-۴-۲ سی آی پی مبدل حرارتی

مراحل روش سی آی پی برای تجهیزات با سطح داغ مانند پاستوریزاتور عبارت است از:

۱. آب کشی با آب گرم به مدت ۱۰ دقیقه.
۲. سیرکولاسیون شوینده قلیایی (۰/۵-۱/۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد.
۳. آب‌کشی با آب گرم به مدت ۵ دقیقه.
۴. سیرکولاسیون محلول اسید (اسید نیتریک) (۰/۵-۱ درصد) به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد.
۵. آبکشی با آب سرد.
۶. خنک کردن با آب سرد به مدت ۸ دقیقه.

۸-۴-۳ سی آی پی سطوح خنک

روش شستشو برای تجهیزات با سطوح خنک می‌تواند به ترتیب ذیل باشد:

۱. آبکشی با آب گرم به مدت ۳ دقیقه.
۲. سیرکولاسیون با شوینده قلیایی (۰/۵-۱/۵ درصد) به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد.
۳. آبکشی با آب گرم به مدت ۳ دقیقه.
۴. ضد عفونی کردن با آب گرم ۹۰-۹۵ به مدت ۵ دقیقه.
۵. خنک‌کردن تدریجی با آب شهر به مدت ۱۰ دقیقه (برای مخازن خنک کردن لازم نیست).

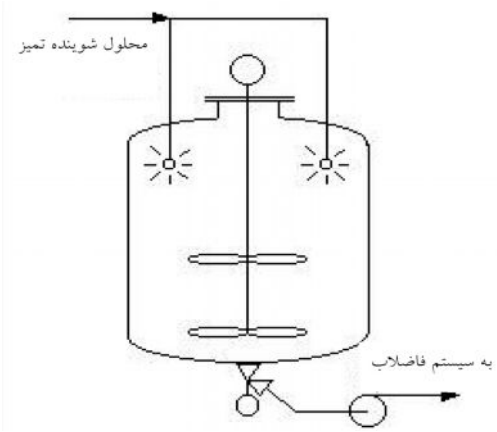
۸-۴-۴ سی آی پی مخازن

روش عمومی برای تمیز کردن مخازن بزرگ شامل پاشش شوینده روی سطح بالایی و عبور محلول به سمت دیواره‌های پایین است.

روش‌های متعددی را می‌توان برای شستشوی مخازن (و سایر تجهیزات) به شرح ذیل انجام داد.

۸-۴-۴-۱ دستگاه تک‌مرحله‌ای سراسری

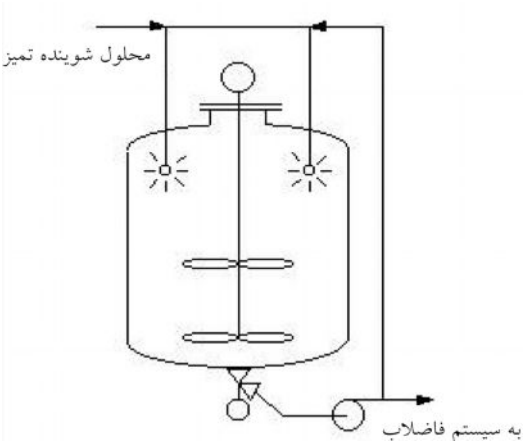
این دستگاه مطابق شکل ۸-۳ ساده است ولی به علت شستشوی کل سطح مخزن بدون سیرکولاسیون نیاز به محلول بیشتری دارد. در این روش، مواد روی سطوح دیگر پاشیده نمی‌شوند.



شکل ۸-۳ نمای شستشوی مخازن تک‌مرحله‌ای

۸-۴-۴-۲ دستگاه شستشوی گردشی

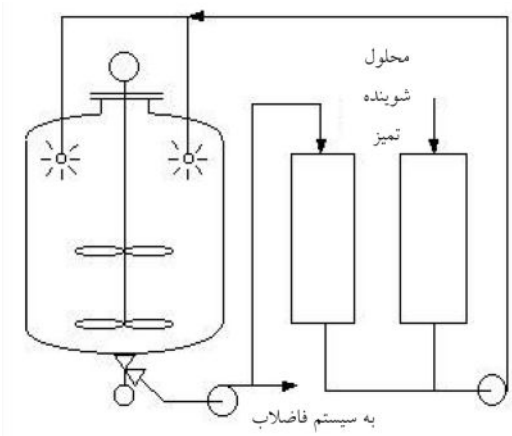
این دستگاه از تجهیزات به عنوان مخزن نگهداری برای محلول شوینده استفاده می‌کند. مطابق شکل ۸-۴ مصرف محلول به علت سیرکولاسیون در آن کمتر است ولی به علت این‌که دستگاه سیرکولاسیون نیز با مواد آلوده می‌شود بنابراین، آن‌ها نیز باید مانند دیگر تجهیزات شستشو شوند.



شکل ۸-۴ دستگاه شستشوی گردشی

۸-۴-۴-۳ دستگاه شستشوی گردشی با مخازن بیرونی

در این دستگاه با بهره‌گیری از مخازن بیرونی همراه با سیرکولاسیون (شکل ۸-۵) مقدار مصرف محلول بسیار کمتر است زیرا محلول خارج‌شده از یک مخزن می‌تواند برای شستشوی دیگری به کار برده شود. مهم‌ترین عیب این دستگاه پخش آلودگی در همه دستگاه‌هاست و احتمال آلودگی ثانویه در آن بیشتر است به همین جهت از آن کمتر استفاده می‌شود.

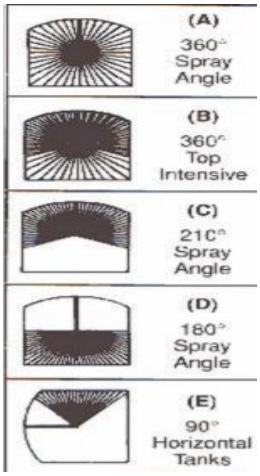


شکل ۸-۵ دستگاه شستشوی گردشی با مخزن بیرونی

۸-۴-۵ گوی‌های پاششی[1] و توربین‌های پاششی[2]

کارایی شستشو را می‌توان با استفاده از گوی‌های پاششی یا توربین‌های پاششی افـزایش داد. گوی‌های پاششی به نسبت کم هزینه هستند و نگهداری آن‌ها نیز آسان است. شستشو با این نازل‌ها ممکن است تا ۴۰- ۳۰ دقیقه طول بکشد. هر نوع گوی الگوی پاشش خـاص خـود را دارد (شکل ۸-۶) و بر اساس شکل مخازن می‌توان الگوی پاشش مناسبی را انتخاب نمود.

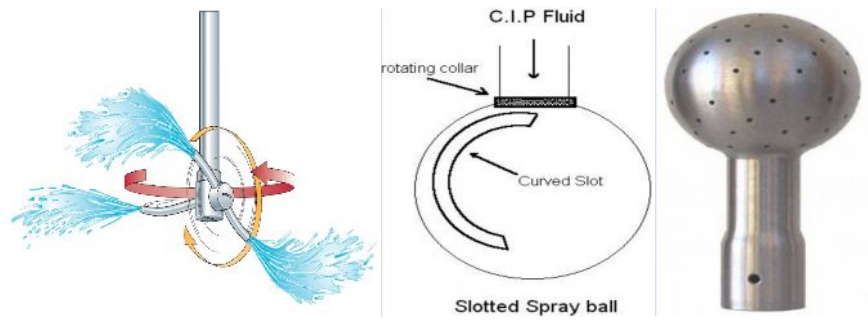
توربین‌های پاششی نازل‌های چرخان برای تمیز کردن مخازن فرایندی با رسوبات سوخته مناسب هستند. بهره‌گیری از فشار قوی و جت جهت‌دار مطابق شـکل موجـب مـی‌شـود کـه کارایی این روش از نظر جداسازی مواد چسبیده بالا باشد، عملیـات شستشـو نیـاز بـه زمـان کوتاه‌تری (کمتر از ۴ دقیقه) دارد. اگرچه، اتمیزه کردن محلول بـه راحتـی امکـان دارد ولـی اغلب از یک پمپ تقویت‌کننده برای تأمین فشار قوی استفاده می‌شود.



شکل ۸-۶ الگوهای پاششی متفاوت نازل CIP مخازن

گوی‌های پاششی چرخشی چاک‌دار[3] در واقع از گوی‌های استاندارد هستند ولـی در ایـن روش فشار قوی‌تری را وادار می‌سازد و زمان شستشو بـا بهـره‌گیـری از آن کـاهش مـی‌یابـد. هزینه نگهداری گوی‌های چاک‌دار بیشتر از گوی‌های استاندارد و کمتر از جت‌های چرخان است.

1. Spray balls
2. Spray turbines
3. Slotted rotating spray balls



الف ب ج

شکل ۸-۷ نازل‌های پاششی گوی استاندارد

(الف)، گوی چاک‌دار (ب) چرخشی (ج) در سی آی پی مخازن

خودآزمایی

۱. کدام ترکیب شیر نقش کلیدی در تشکیل رسوب در سطوح حرارتی کارخانه‌های لبنیات دارد؟
۲. نحوه تشکیل سنگ شیر و سنگ آب را توضیح دهید؟
۳. شوینده‌های قلیایی و اسیدی به ترتیب برای برطرف کردن کدام نوع رسوبات مؤثرتر هستند؟
۴. ترکیبات اصلی شیر شامل چربی، قند، پروتئین و املاح را از نظر امکان تمیزسازی با هم مقایسه کنید.
۵. انواع روش‌های شستشوی مکانیکی را نام برده و به اختصار توضیح دهید؟
۶. در طراحی عملیات شستشو چه مواردی را باید در نظر گرفت؟
۷. شستشوی سطوح خنک و داغ چه تفاوتی با هم دارند؟

منابع

استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۲. ۱۳۸۶. *کره پاستوریزه، ویژگی‌ها و روش‌های آزمون*. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

استاندارد ملی ایران شماره۲۴۰۶. ۱۳۶۲. حد *مجاز آلودگی‌های میکروبی در فراورده‌های شیر*. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۱. ۱۳۸۶. *خامه پاستوریزه و خامه فرادما (UHT)، ویژگی‌ها و روش‌های آزمون*. تجدید نظر دوم. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

استاندارد ملی ایران شماره ۲۴۰۶. ۱۳۸۰. شیر و فراورده‌های آن، شیرخام، ویژگی‌ها و *روش‌های آزمون*. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

استاندارد ملی ایران شماره ۲۴۵۳. ۱۳۷۴. *دوغ* . تجدید نظر اول، چاپ چهارم. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

استاندارد ملی ایران شماره ۳۶۵۶. ۱۳۷۴. *آیین کار تولید کشک*. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

استاندارد ملی ایران شماره ۶۱۲۷. ۱۳۸۱. *کشک مایع صنعتی، ویژگی‌ها*. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

استاندارد ملی ایران شماره ۶۹۵. ۱۳۸۲. *شیر و فراورده‌های آن، ماست، ویژگی‌ها و روش‌های آزمون*. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

بهار قدوسی، ح.، م. ب. حبیبی نجفی، م. مظاهری تهرانی و م. ع. رضوی. ۱۳۷۹. *تولید پنیر فتا* (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. شماره ۲۸۰.

حبیبی نجفی، م. ب.، م. مظاهری تهرانی، م. ع. رضوی. ۱۳۷۷. *دانش و تکنولوژی ماست*. (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. مشهد.

حکمتی، م. ۱۳۷۰. *اصول تهیه شیر*. مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

دبیریان، ش.، و ل. ربیعی.۱۳۸۰. *بهبود کیفیت شیر*. (ترجمه). انتشارات نوربخش.

دیداری، م.، و ف. فرهنودی. ۱۳۷۹. *کاربرد فراپالایش (اولترافیلتراسیون) UF در صنایع لبنی*. ترجمه شرکت تعاونی کارخانه‌های شیر پاستوریزه تهران. تهران.

سلیمانی وفا، آ.، ج. حصاری و ع. احمدی زنوز. ۱۳۸۷. *تیماردهی شیر خام خنک با* CO_2 *۱- تأثیر روی ویژگی‌های میکروبی و ماندگاری شیر خام*. پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی، شماره ۲.

فرهنودی، ف. ۱۳۷۷ الف. صنعت شیر. جلد اول. (ترجمه). انتشارات شرکت جهاد، تحقیقات و آموزش تهران. تهران.

فرهنودی، ف. ۱۳۷۷ب. صنعت شیر. جلد دوم. (ترجمه). انتشارات شرکت جهاد، تحقیقات و آموزش تهران. تهران.

مرتضوی، س. ع.، م. قدس روحانی و ح. جوینده. ۱۳۷۴. *تکنولوژی شیر و فراورده‌های آن*. (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. مشهد.

Alfa Laval/Tetra Pak. 1995. *Dairy Processing Handbook*, Tetra Pak Processing Systems, S-221 86, Lund, Sweden

Andrews, A. T. 1983. *Proteinases in normal bovine milk and their action on caseins*. Journal of Dairy Research, 50, 45–55.

Anon. (2002) *Milk and Milk Products – Fermented Milks*, PN-A-86061, Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jako ci. Wydawnictwo Normalizacyjne, Warszawa.

Bassette, R., D.Y. Fung, and V.R. Mantha. 1986. *Off-flavors in milk*. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 24, 1-52.

Bassit, N., C. Y. Boquien, D. Picque, and G. Corrieu . 1995. *Effect of temperature on diacetyl and acetoin production by Lactococcus lactis subsp*. lactis biovar diacetylactis CNRZ 483. Journal of Dairy Research, 62, 123–129.

Benthin, S. 1992. *Growth and Product Formation of Lactococcus lactis subsp.* cremoris. PhD Thesis, Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark.

Berlin, P. J. 1962. *Kumiss. Annual Bulletin*, Part IV, Section A, pp. 4–16, International Dairy Federation, Brussels.

Bockelmann, W. 1999. *Secondary cheese cultures*. In Law, B. A. (eds). Technology of Cheesemaking, pp. 132-162. Sheffield Academic Press, Sheffield.

Bodyfelt, F.W., J. Tobias and G.M. Trout. 1988. *The Sensory Evaluation of Dairy Products*, AVI Publ., Westport, CT.

Bourel, G., S. Henini, K. Krantar, M. Oraby, C. Divies, and Garmy. 2001. *Métabolisme sucrecitratem chez Leuconostoc mesenteroides*. Lait, 81, 75–82.

Boysen, M., P. Skouboe, J. Frisvad, and L. Rossen. 1996. *Reclassification of the Penicillium roqueforti group into three species on the basis of molecular genetic and biochemical profiles*. Microbiology, 142, 541-549.

Britz, T. J., and K.H. J. Riedel. 1991. *A numerical taxonomic study of propionibacterium strains from dairy sources. Journal of Applied Bacteriology*, 71, 407-416.

Burton, H., 1988. *Ultra High Temperature Processing of Milk and Milk Products*. Elsevier Applied Science, London.

Cogan, T. M., T. P. Beresford, J. Steele, J. Broadbent, N. P. Shah, and Z. Ustunol. 2007. *Invited Review: Advances in Starter Cultures and Cultured Foods*. Journal of Dairy Science. 90, 4005–4021.

Datta, N., and H. C. Deeth. 2001. *Age gelation of UHT milk. Transactions of the Institute of Chemical Engineers*. Food and Bioproducts Processing, 79, 197–210.

Early, R. (eds.). 1998. *The Technology of Dairy Products*, Blackie Academic and Professional, London.

Fantuz, F., O. Pedron, and F. Polidori. 2001. *Plasminogen activation system in milk from Friesian and Jersey cows relationship with milk production and composition. MilchwissenSchaft*, 56, 50-153.

FAO/WHO (2001) Report on Joint FAO/WHO Expert Consultation on Evaluation of Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria. http://www.fao.org/es/ESN/Probio/Probio.htm.

Farrow, J. A. E., and M. D. Collins. 1984. *Chemotaxonomic study of an alkalophilic bacterium, Exiguobacterium aurantiacum gen. Journal of Gen*. Microbiology., 130, 357-362.

Fox, P. F. and P.L.H. McSweeney. 1998. *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Blackie Academic and Professional. London.

Fox, P. F. and P.L.H. McSweeney. 2003. *Advanced Dairy Chemistry*, Volume 1, proteins, 3rd edition, Kluwer Academic – Plenum Publishers, New York.

Fox, P. F., J. A. Lucey, and T. M. Cogon. 1990. *Critical Review of Food Science and nutrition*. 29, 237-253.

Fuller, R. 1989. *Probiotics in man and animals. Journal of Applied Bacteriology*. 66, 365–378.

Garrigues, C., P. Loubiere, N. D. Lindley, and M. Cocaign-Bousquet. 1997. Control of shift from homolactic acid to mixed-acid fermentation in Lactococcus lactis: predominant role of the NADH/NAD+ ratio. *Journal of Bacteriology*, 197, 5282–5287.

Gibson,G. R., and M. B. Roberfroid. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition*. 125, 1401–1412.

Goff, H. D. and A. R. Hill. 1993. Chemistry and physics. In Y.H. Hui (eds.), *Dairy Science and Technology Handbook* Vol.1: *Principles and Properties*, pp. 1-82. VCH Publishers, New York.

Gripon, J. C. 1993. Mould-ripened cheeses. In Fox, P. F. (eds), Cheese: *Chemistry, physics and Microbiology*, Vol. 2, 2nd ed., pp. 111-136. Chapman and Hall, London.

Habibi Najafi M. B., and B. H. Lee. 1996. Bitterness in cheese: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35, 397–411.

Hall, R. J., P. M. Linklater, and W. T. Antonucci. 1985. Newzlan Journal of *Dairy Science and Technology*, 20, 35-42.

Hammes, W. P., and , R. F. Vogel. 1995. The genus Lactobacillus. In Lactic Acid Bacteria, Vol. 2, B. J. B. Wood and W. H. Holzapfel, eds., Blackie *Academic and Professional*, London, pp. 19-54.

Hayashi, K., A. J. Cliffe, and B. A. Law. 1990. Purification and preliminary characterization of five serine proteinases produced by *Brevibacterium linens. International Journal of Food Science and Technology*, 25, 180- 187.

Hesari, J., Ehsani, M. R., Khosroushahi, A., and P. L. H. McSweeney. 2006. *Contribution of rennet and starter to proteolysis in Iranian UF white cheese*. Lait, 86, 291-302.

Hesari, J., Ehsani, M. R., Mosavi, A. E., and P. L. H. McSweeney. 2007. *Proteolysis in ultra-filtered and conventional Iranian white cheese during ripening*. International Journal of Dairy Technology, 60, 211- 220.

Hesari, J., Ehsani, M. R., and P. L. H. McSweeney . 2006. The influence of *whey proteins on peptidase activities of Lactococcus lactis spp*. cremoris AM1" has been accepted for publication. Milchwissenshaft, 61, 316-319.

Holdsworth, S. D., 1992. *Aseptic Processing and Packaging of Food Products.* London, Elsevier Applied Science, UK.

Hugenholtz, J. and M. J. C. Starrenburg, 1992. *Diacetyl production by different strains of Lactococcus lactis subsp*. lactis var. diacetylactis and Leuconostoc spp. Applied Microbiology and Biotechnology, 38, 17–24.

Hui, Y. H. (eds.). 1993a. *Dairy Science and Technology Handbook*. Vol. 1. Principles and Properties. VCH, New York.

Hui, Y. H. (eds.). 1993b. *Dairy Science and Technology Handbook*. Vol. 2. Product Manufacturing. VCH, New York.

Hui, Y. H. (eds.). 1993c. *Dairy Science and Technology Handbook*. Vol.3. Technology and Engineering. VCH, New York.

Hutkins, R. W. 2006. *Microbiology and Technology of Fermented Foods*. . Blackwell Publishing Ltd, London.

IDF. 1998. Yeasts in the Dairy Industry: Positive and Negative Aspects, Special Issue No. 9801, *International Dairy Federation*, Brussels.

Jensen, N. B. 1999. Infuence of Oxygen on Growth and Products Formation in Lactic Acid Bacteria . PhD Thesis, Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark.

Kessler, H. G. 1981. *Food Engineering and Dairy Technology*. Verlag A. Kessler, Germany.

Klein, G., A. Pack, C. Bonaparte, and G. Reuter. 1998. *Taxonomy and physiology of probiotic lactic acid bacteria*. International Journal of Food Microbiol. 41:103-125.

Kokosy, A. and M. Kilic, 2003. *Effects of water and salt level on rheological properties of ayran, a Turkish yoghurt drink*. International Dairy Journal, 13, 835–839.

Koroleva, N. S. 1991. *Products prepared with lactic acid bacteria and yeasts*. In R. K. Robinson, R. K. (eds). Therapeutic Properties of Fermented Milks, pp. 159-179. Elsevier Applied Science, London.

Kosikowski, F. V, and V. V. Mistry. 1997. *Cheese and Fermented Milk Foods*, Vol. I, F. Kosikowski L. L. C., Westport.

Kurmann, J. A. .1989. *The production of fermented milk in the world*. Fermented Milks, Document No. 179, pp. 8–26, International Dairy Federation, Brussels.

Kurmann, J. A., J. Lj. Rašić and M. Kroger.1992. *Encyclopedia of Fermented Fresh Milk Products*, Van Nostrand Reinhold, New York.

Kurmann, J. A., J. Lj. Rašić and M. Kroger .1992. *Encyclopedia of Fermented Fresh Milk Products*, Van Nostrand Reinhold, New York.

Kurtzman, C. P., and J. E. Fell, 1998. *The Yeast -A Taxonomic Study*, 4th ed., Elsevier Science Publishers BV, Amsterdam.

Larsson, K. and S. Friberg, (eds). 1990. *Food Emulsions*. 2nd Edn. Marcel Dekker, Inc., New York.

Law, B. A., (eds). 1997. *Michrobiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk*. Blackie Academic and Professional, London. UK.

Lewis, M. J. and N. Heppell, 2000. *Continuous Thermal Processing of Foods: pasteurisation and UHT Sterilization*, Aspen Publishers, Gaitersburg.

Lozovich, S. 1995. *Medical uses of whole fermented mare milk in Russia.* Cultured Dairy Products Journal, 30, 18–19 and 20.

Mantere-Alhonen, S. 1995. *Propionibacteria used as probiotics - A review.* Lait, 75. 447452.

Mattila-Sandholm, M., and M. Saarela. 2003. *Functional dairy products*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK.

McSweeney, P. L. H. and M. J. Sousa.2000. *Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review.* Lait, 80, 293–324.

Monnet, V., S. Condon, T. M. Cogan, and J. C. Gripon. 1996. Metabolism of starter cultures. In Cogan, T. M. and J.-P. Accolas, (eds). *Dairy Starter Cultures*. pp. 47–99, VCH Publishers Inc., New York.

NaviDghasemizad, S., Hesari, J., Saris, P., and M. R. Nahaei. 2009. *Isolation of lactic acid bacteria from Lighvan cheese a semihard cheese made from raw sheep milk in Iran. International Journal of Dairy Technology* , 62, 260-264.

Nilson, L. E., S. Lyck and A.Y. Tamime. 2006. *Production of Drinking Products. In Tamime*, A. (eds). Fermented Milks, pp. 95- 126. Blackwell Science Ltd, a Blackwell Publishing company, UK.

Oberman, H., and Z. Libudzisz. 1998. *Fermented milks*. In Wood, B. J. B., (eds), Microbiology of Fermented Foods, Vol. 1, 2nd ed., pp. 308-350. Blackie Academic and Professional, London.

Ochirkhuyag, B., J. M. Chobert, M. Dalgalarrondo, and T. Haertle. 2000. Lait, 80, 223-235.

Orla-Jensen, S. 1931. Dairy Bacteriology, 2nd ed., *translated by Arup*, P. S., J. and A. Churchill, London.

Ötleş, S. and Ö. Çağindi. 2003. Kefi r: a *probiotic dairy-composition*, nutritional and therapeutic aspects. Pakistan Journal of Nutrition, 2, 54–59.

Pederson, C. S. 1979. *Microbiology of Food Fermentations*, 2nd edn, AVI Publishing Co. Inc., Westport, CT.

Ramirez, C. 1982. *Manual and Atlas of the Pencillia, Elsevier Biomedical Press*, Amsterdam, pp. 381,419.

Rea, M. C., T. Lennartsson, P. Dillon, F.D. Drinan, W.J. Reville, M. Heapes and T. M. Cogan. 1996. Irish kefi r-like grains: their structure, microbial composition and fermentation kinetics. *Journal of Applied Bacteriology*, 81, 83–94.

Richardson, P. (eds). 2001 .*Thermal technologies in food processing*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England.

Riis, S. R., H. M. Pedersen, N. K. Smensen, and M. Jakobsen.1995. *Food Microhiology*, 12, 245-250.

Robinson, R. K., A. Tamime, and M. Wszolek. 2002. *Microbiology of fermented milks*. In Robinson. R. K. (eds). Dairy Microbiology Handbook. pp. 367-490. John Wiley and Sons, New York.

Robinson, R. K., (eds). 1994a. *Modern Dairy Technology*. Vol. 1. Advances in Milk Products, 2nd Edition. Elsevier New York.

Robinson, R. K., (eds). 1994b. *Modern Dairy Technology*. Vol. 2. Advances in Milk Processing . 2nd Edition. Elsevier, New York.

Robinson, R. K., 1981. *Dairy Microbiology*, Volume 1, The Microbiology of Milk. Reading, Applied Science Publishers, UK.

Skriver, A., J. Holstborg, and K. B. Qvist. 1999. *Relation between sensory texture analysis and rheological properties of stirred yogurt*. Journal of Dairy Research, 66, 609–618.

Smit, G., (eds.). 2003. *Dairy processing Improving quality*. Woodhead Publishing Limited Cambridge, UK.

Smith, M.R., J. Hugenholtz, J.-P. Mikoczi, E. de Ree, A. W. Bunch, and J. A. M. de Bont. 1992. *The stability of lactose and citrate plasmids in Lactococcus lactis subsp*. lactis biovar. diacetylactis. FEMS Microbiology Letters, 96, 7–12.

Sneath, P. H. A., Mair, N. S., Sharpe, M. E., and J. G. Holt (eds.). 1986. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriol*., Vol. 2, Williams and Wilkins, Baltimore.

Sneath, P. H. A., N. S. Mair, M. E. Sharpe, and J. G. Holt (eds). 1986. *Bergey's Manual of SystematicBacteriology*, Vol. 2, Williams and Wilkins, Baltimore, MD.

Soukoulis, C., P. Panagiotidis, R. Koureli, and C. Tzia. 2007. Industrial Yogurt Manufacture: Monitoring of Fermentation Process and Improvement of Final Product Quality. *Journal of Dairy Science*. 90, 2641–2654.

Tamime, A. Y. 2002. *Microbiology of starter culture. In Robinson*. R. K. (eds). Dairy Microbiology Handbook. pp. 261-365. John Wiley and Sons, New York.

Tamime, A. Y., A. Skriver and L.-E. Nilsson. 2006. *Starter Culture*. In *Tamime, A. (eds). Fermented Milks*, pp.11- 52. Blackwell Science Ltd, a Blackwell Publishing company, London.

Tamime, A. Y., and B. A. Law, (eds). 2001. *Mechanisation and Automation in Dairy Technology*. Sheffield Academic Press. Sheffield, UK.

Tamime, A. Y., and R. K. Robinson. 1999. *Yoghurt: Science and Technology* (2nd Edition). Cambridge, Woodhead Publishing, UK.

Tamime, A.Y. and H.C. Deeth. 1980. Yogurt: *technology and biochemistry*. Journal of Food Protection, 43, 939–977.

Tamime. A. Y., and V. M. E. Marshall. 1997. *Microbiology and technology of fermented milks*. In Law, B. A. (eds). Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk, pp. 57-152, Blackie Academic and Professional, London.

Toba, T., K. Arihara and S. Adachi, 1987. *Distribution of microorganisms with particular reference to encapsulated bacteria in kefir grains.* International Journal of Food Microbiology, 10, 219-224.

Toba,T., H. Uemura, T. Mukai, T. Fuji, T. Itoh, and S. Adachi. 1991. *A new fermented milk using capsular polysaccharide producing lactobacillus kefiranofaciens isolated from kefir grain*. Journal of Dairy Research, 58,497-502.

Vasavada, P. C., and M. A. Cousin. 1993. *Dairy microbiology and safety*. In Y.H. Hui (eds), Dairy Science and Technology Handbook Vol.2: Product Manufacturing, pp. 301-426. VCH Publishers, New York.

Walstra, P. and R. Jenness. 1984. *Dairy Chemistry and Physics*. John Wiley and Sons, New York.

Walstra, P., J. T. M. Wouters and T.J. Geurts. 2006. *Dairy Technology*, 2nd Ed.. CRC/Taylor & Francis. New York.

Wilbey, R. A. 2002. *Microbiology of cream and butter*. In Robinson R K (eds.), Dairy Microbiology Handbook ,The Microbiology of Milk and Milk Products, John Wiley & Sons, New York.

Wong, N. P., R. Jenness, M. Keeney, and E.H. Marth, (eds.). 1988. *Fundamentals of Dairy Chemistry*, 3rd edit. Van Nostrand Reinhold, New York.

Wszolek, M., B. Kupiec-Teahan, H. Skov Guldager and A.Y. Tamime. 2006. *Production of Kefir, Koumiss and Other Related Products*. In Tamime, A. (eds). Fermented Milks, pp. 174- 217. Blackwell Science Ltd, a Blackwell Publishing company, London.

Zisu, B. and N. P. Shah. 2003. Effects of pH, temperature, supplementation with whey protein concentrate, and adjunct cultures on the production of *exopolysaccharides by Streptococcus thermophilus* 1275. *Journal of Dairy Science*, 86, 3405–3415.