فناوری لبنیات

تالیف

حمید عباسی

تقدیم به روح آسمانی همکار و رفیق عزیزم

مرحوم مهندس سیاوش عبدی

مولف : حمید عباسی

طراح جلد و صفحه‌آرا : حمید عباسی

چاپ و صحافی : کوفا

نوبت و سال چاپ : اول ، ۱۴۰۲

شمارگان : ۵۰۰ نسخه

نشر ورسه

سرشناسه : عباسی، حمید، ۱۳۶۷-

عنوان و نام پدیدآور : فناوری لبنیات/ حمید عباسی.

مشخصات نشر : آمل: نشر ورسه، ۱۴۰۲.

مشخصات ظاهری : ۱۷۵ ص. : مصور(رنگی)، جدول، نمودار.

شابک : ۹-۰-۹۰۵۲۷-۶۲۲-۹۷۸

وضعیت فهرست نویسی : فیپا

موضوع : لبنیات (تولید) ، لبنیات (صنعت و تجارت) و شیر (ترکیب)

رده بندی کنگره : SF250/5

رده بندی دیویی : ۶۳۷

شماره کتابشناسی ملی : ۹۴۸۶۳۵۱

پیش گفتار نویسنده

بنام پرودگار یکتا

این کتاب به بررسی صنعت لبنیات از مرحله بهره‌برداری شیر تا ساخت محصولات لبنی و کارکرد دستگاه‌های لبنی می‌پردازد. لبنیات هم از نظر تامین مواد غذایی و هم تامین شغل به عنوان یکی از ارکان اساسی در صنعت و تجارت جهانی، نقش حیاتی را ایفا می‌کند. این کتاب با بررسی اصول مهم علم لبنیات، سعی در بهبود ویژگی‌ها و ایجاد تحول در این صنعت را دارد. امید است باعث تحول در مسیر پیشرفت علمی و شغلی متخصصان و دانشجویان این رشته باشم.

حمید عباسی

فهرست نوشتار

فصل اول: مبدل‌های حرارتی..... ۱

۱-۱. اهداف عملیات حرارتی..... ۲

۱-۲. عوامل محدود کننده عملیات حرارتی..... ۲

۱-۳. حرارت دادن..... ۲

۱-۴. علوم و فناوری غذا (UHT)..... ۳

۱-۵. استریل‌سازی (عقیم سازی)..... ۴

۱-۶. فرآیندهای انتقال حرارت در لبنیات..... ۴

۱-۷. تئوری انتقال حرارت..... ۴

۱-۸. مبدل حرارتی..... ۵

فصل دوم: جداکننده‌های گریز از مرکز و استاندارد سازی چربی شیر..... ۱۱

۲-۱. جداکننده‌های گریز از مرکز..... ۱۲

۲-۲. جداسازی گریز از مرکز پیوسته ذرات جامد (شفاف سازی)..... ۱۲

۲-۳. جداسازی دستگاه گریز از مرکز مداوم شیر..... ۱۲

۲-۴. طراحی اولیه جداکننده گریز از مرکز..... ۱۳

۲-۵. کنترل میزان چربی خامه..... ۱۴

۲-۶. سیستم تخلیه..... ۱۵

۲-۷. استاندارد کردن چربی شیر و خامه..... ۱۵

۲-۸. باکتری‌زدا (باکتریفیوژ)..... ۲۱

۲-۹. دستگاه‌های گریز از مرکز رسوب‌گیر..... ۲۲

فصل سوم: همگن‌کننده‌ها..... ۲۴

۳-۱. فن‌آوری اختلال در گلبول‌های چربی..... ۲۵

۳-۲. همگن‌کننده‌های تک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای..... ۲۵

۳-۳. اثرهای همگن‌سازی..... ۲۶

۳-۴. کارایی همگن‌سازی..... ۲۷
۳-۵. مصرف انرژی و تاثیر آن بر دما..... ۲۸
۳-۶. همگن‌ساز در یک خط پردازش..... ۲۹
فصل چهارم: فیلترهای غشایی (ممبران) ۳۱
۴-۱. غشاء..... ۳۲
۴-۲. انتقال مواد از طریق غشاء..... ۳۶
۴-۳. شرایط فشار..... ۳۷
۴-۴. اصول طراحی دستگاه‌ها..... ۳۸
فصل پنجم: تبخیرکننده‌ها..... ۴۰
۵-۱. حذف آب..... ۴۱
۵-۲. تبخیر..... ۴۱
۵-۳. طراحی تبخیرکننده..... ۴۱
۵-۴. تبخیرکننده‌های گردشی..... ۴۱
۵-۵. تبخیرکننده‌های فیلم مایع (ریزان)..... ۴۲
۵-۶. تبخیرکننده‌های لوله‌ای..... ۴۳
۵-۷. تبخیرکننده‌های صفحه‌ای..... ۴۳
۵-۸. تبخیر با اثر چندگانه..... ۴۴
فصل ششم: هواگیرها..... ۴۷
۶-۱. هوا و گازهای موجود در شیر..... ۴۸
۶-۲. دریافت شیر..... ۴۸
۶-۳. عملیات در خلاء..... ۴۸
فصل هفتم: پمپ‌ها..... ۵۰
۷-۱. نیاز به پمپاژ..... ۵۱
۷-۲. آب‌بند (مهر و موم) محور..... ۵۲

۷-۳. پمپ‌های گریز از مرکز..... ۵۳
۷-۴. پمپ‌های حلقه‌ای مایع..... ۵۳
۷-۵. پمپ‌های جابجایی مثبت..... ۵۴
۷-۶. پمپ‌های لوب - روتور (گوشواره‌ای - چرخان) ۵۴
۷-۷.پمپ‌های پیچی غیرعادی..... ۵۴
۷-۸.پمپ‌های پیستونی..... ۵۴
۷-۹.پمپ‌های دیافراگمی..... ۵۵
۷-۱۰.پمپ‌های پریستالتیک (شیلنگی)..... ۵۵
فصل هشتم: لوله‌ها، شیرآلات و اتصالات..... ۵۷
۸-۱. سیستم لوله..... ۵۸
۸-۲. اتصالات..... ۵۸
۸-۳. شیرها..... ۵۹
۸-۴. شیرهای قطع و تعویض..... ۵۹
۸-۵. نشان‌دادن موقعیت و کنترل..... ۶۲
فصل نهم: تانک‌ها (مخازن)..... ۶۵
۹-۱. مخازن تنظیم متوسط..... ۶۶
۹-۲. مخازن مخلوط کردن..... ۶۶
۹-۳. مخازن فرآیند..... ۶۶
۹-۴. مخزن تعادل..... ۶۶
فصل دهم: کنترل فرآیند..... ۶۸
۱۰-۱. اتوماسیون..... ۶۹
۱۰-۲. طراحی سیستم لوله‌کشی..... ۷۰
۱۰-۳. تولید حرارت..... ۷۱
۱۰-۴. تولید بخار..... ۷۱

۱۰-۵. تبرید..... ۷۲
۱۰-۶. تولید هوای فشرده..... ۷۳
۱۰-۷. برق..... ۷۴
فصل یازدهم: طراحی خط فرآیند..... ۷۶
۱۱-۱. طراحی فرآیند..... ۷۷
۱۱-۲. پاستوریزه کامل..... ۷۸
۱۱-۳. طراحی سیستم لوله‌کشی..... ۷۹
۱۱-۴. تجهیزات کنترل فرآیند..... ۸۰
فصل دوازدهم: محصولات شیر پاستوریزه..... ۸۲
۱۲-۱. فرآوری شیر پاستوریزه..... ۸۳
۱۲-۲. حفظ کیفیت شیر پاستوریزه..... ۸۴
۱۲-۳. ماندگاری شیر پاستوریزه..... ۸۴
۱۲-۴. تولید خامه..... ۸۴
۱۲-۵. خط تولید خامه فرم‌گرفته..... ۸۵
۱۲-۶. نیم خامه یا قهوه..... ۸۶
فصل سیزدهم: شیر با عمر طولانی..... ۸۸
۱۳-۱.کیفیت مواد اولیه..... ۸۹
۱۳-۲. کارایی استریل‌کردن..... ۸۹
۱۳-۳. تولید شیر با ماندگاری بالا..... ۸۹
۱۳-۴. فازهای عملیاتی عمومی UHT..... ۹۰
۱۳-۴-۱. دستگاه UHT مستقیم بر اساس تزریق بخار و مبدل حرارتی صفحه‌ای..... ۹۰
۱۳-۴-۲. دستگاه UHT مستقیم بر اساس تزریق بخار و مبدل حرارتی لوله‌ای..... ۹۲
۱۳-۴-۳. دستگاه UHT غیرمستقیم بر اساس مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای..... ۹۳
۱۳-۴-۴. دستگاه UHT غیرمستقیم بر اساس مبدل‌های حرارتی لوله‌ای..... ۹۴

۱۳-۴-۵. دستگاه UHT غیرمستقیم بر اساس مبدل‌های حرارتی سطحی..... ۹۴
۱۳-۴-۶. مخزن ضدعفونی کننده(آسپتیک)..... ۹۵
فصل چهاردهم: کشت و تولید باکتری آغازگر (استارتر)..... ۹۶
۱۴-۱. فناوری فرآیند..... ۹۷
فصل پانزدهم: محصولات شیر پرورشی..... ۹۹
۱۵-۱. الزامات عمومی برای تولید شیر کشت شده..... ۱۰۰
۱۵-۲. ماست..... ۱۰۰
۱۵-۲-۱. ماست طعم‌دار..... ۱۰۱
۱۵-۲-۲. خطوط تولید..... ۱۰۲
۱۵-۲-۳. طراحی دستگاه ماست..... ۱۰۳
۱۵-۲-۴. ماست هم‌زده..... ۱۰۴
۱۵-۲-۵. ماست نوشیدنی..... ۱۰۶
۱۵-۲-۶. ماست منجمد..... ۱۰۷
۱۵-۲-۷. ماست غلیظ..... ۱۰۸
۱۵-۲-۸. کفیر..... ۱۰۸
۱۵-۲-۹. خامه پرورشی..... ۱۰۹
۱۵-۲-۱۰. دوغ..... ۱۰۹
فصل شانزدهم : کره و لبنیات..... ۱۱۱
۱۶-۱. کره..... ۱۱۲
۱۶-۲. کره خامه‌ای شیرین و ترش..... ۱۱۲
۱۶-۳. کره‌گیری..... ۱۱۴
۱۶-۴. مخلوط کردن..... ۱۱۵
فصل هفدهم : چربی شیر بدون آب (روغن)..... ۱۱۶
۱۷-۱. ویژگی‌های AMF..... ۱۱۷

۱-۱-۱۷. ساخت AMF از خامه..... ۱۱۷
۲-۱-۱۷. ساخت AMF از کره..... ۱۱۸
فصل هجدهم : پنیر..... ۱۲۰
۱-۱۸. طبقه‌بندی پنیر..... ۱۲۱
۲-۱۸. روش‌های کلی برای تولید پنیر سخت و نیمه سخت..... ۱۲۱
۳-۱۸. عملیات حرارتی و کاهش مکانیکی باکتری‌ها..... ۱۲۱
۴-۱۸. کاهش مکانیکی باکتری‌ها..... ۱۲۲
۱-۴-۱۸. باکتوفیوژ (میکروب‌گریز) دو فاز با تخلیه مداوم باکتوفوگت..... ۱۲۳
۲-۴-۱۸. باکتوفیوژ یک فاز با تخلیه متناوب باکتوفوگت..... ۱۲۳
۳-۴-۱۸. باکتوفیوژ دوبل با دو باکتوفیوژ یک فاز به صورت سری..... ۱۲۴
۵-۱۸. میکروفیلتراسیون..... ۱۲۴
۶-۱۸. حالت‌های پنیرسازی..... ۱۲۵
۱-۶-۱۸. تولید پنیر..... ۱۲۵
۲-۶-۱۸. پنیر با بافت دانه‌ای..... ۱۲۷
۳-۶-۱۸. پنیر چشم‌گرد..... ۱۲۷
۴-۶-۱۸. پنیر با بافت‌بسته..... ۱۲۸
۵-۶-۱۸. پخت و پز انواع پنیر پاستا فیلاتا..... ۱۲۹
۶-۶-۱۸. نمک‌زدن..... ۱۳۰
۷-۶-۱۸. رسیدن و نگهداری پنیر..... ۱۳۱
۷-۱۸. خطوط فرآوری پنیر سخت و نیمه سخت..... ۱۳۲
۱-۷-۱۸. انواع سفت پنیر..... ۱۳۲
۲-۷-۱۸. انواع پنیر نیمه‌سفت..... ۱۳۲
۳-۷-۱۸. اولترافیلتراسیون (فراپالایش) در تولید پنیر..... ۱۳۳

۴-۷-۱۸. پنیر سازی با استفاده از دستگاه فراپالایش و دستگاه پنیرسازی..... ۱۳۳

فصل نوزدهم : فرآوری آب پنیر..... ۱۳۴

۱-۱۹. فرآیندهای مختلف آب پنیر..... ۱۳۵

۲-۱۹. غلظت کل مواد جامد..... ۱۳۵

۳-۱۹. تفکیک کل جامدات..... ۱۳۵

فصل بیستم : شیر تغلیظ‌شده..... ۱۳۹

۱-۲۰. طرح کلی شیر تغلیظ‌شده..... ۱۴۰

۲-۲۰. مواد اولیه برای شیر تغلیظ‌شده..... ۱۴۰

۳-۲۰. شیر تغلیظ‌شده شیرین‌نشده..... ۱۴۱

۴-۲۰. شیر تغلیظ‌شده شیرین..... ۱۴۲

فصل بیست و یکم : پودر شیر..... ۱۴۳

۱-۲۱. خشک‌کردن..... ۱۴۴

۲-۲۱. تولید شیر خشک..... ۱۴۵

۳-۲۱. خشک‌کردن غلتکی یا بشکه‌ای..... ۱۴۵

۴-۲۱. خشک‌کردن با پاشش..... ۱۴۶

۵-۲۱. تاسیسات خشک‌کردن اولیه..... ۱۴۶

۶-۲۱. عملیات خشک‌کردن پاششی..... ۱۴۶

۷-۲۱. تولید پودر فوری..... ۱۴۸

فصل بیست و دوم : محصولات شیر نوترکیب..... ۱۵۰

۱-۲۲. تعاریف..... ۱۵۱

۲-۲۲. جابجایی مواد اولیه..... ۱۵۱

۳-۲۲. حل‌کردن پودر شیر..... ۱۵۲

۴-۲۲. دستگاه با تامین چربی به مخازن اختلاط..... ۱۵۳

۵-۲۲. دستگاه با مخلوط‌کردن چربی در خط..... ۱۵۵

فصل بیست و سوم : بستنی..... ۱۵۷

۱-۲۳. دسته‌بندی بستنی..... ۱۵۸

۲-۲۳. توزین، اندازه‌گیری و اختلاط..... ۱۵۹

فصل بیست و چهارم : کازئین..... ۱۶۲

۱-۲۴. انواع کازئین..... ۱۶۳

۱-۱-۲۴. تاثیر مواد خام..... ۱۶۳

۲-۲۴. کازئین مایه پنیر..... ۱۶۳

۳-۲۴. اسید کازئین..... ۱۶۴

۴-۲۴. کازئینات..... ۱۶۵

فصل بیست و پنجم : نظافت تجهیزات لبنیات..... ۱۶۷

۱-۲۵. اهداف پاکسازی..... ۱۶۸

۲-۲۵. تمیزکردن با مواد شوینده..... ۱۶۸

۳-۲۵. سیستم‌های تمیز کردن (CIP) در محل..... ۱۶۸

۴-۲۵. برنامه‌های CIP..... ۱۶۸

۶-۲۵. CIP متمرکز..... ۱۶۹

۷-۲۵. CIP غیرمتمرکز..... ۱۷۰

فصل بیست و ششم : پساب‌های لبنیات..... ۱۷۱

۱-۲۶. آلاینده‌های آلی..... ۱۷۲

۲-۲۶. آلاینده‌های غیر آلی..... ۱۷۲

۳-۲۶. فاضلاب لبنیات..... ۱۷۳

۴-۲۶. کاهش مقدار آلاینده‌ها در فاضلاب..... ۱۷۴

۵-۲۶. بررسی کلی تصفیه فاضلاب..... ۱۷۴

۱-۵-۲۶. تصفیه مکانیکی، شیمیایی و بیولوژیکی..... ۱۷۵

فصل اول :

مبدل‌های حرارتی

۱-۱. اهداف عملیات حرارتی

اصطلاح پاستوریزه‌کردن یادبود لوئی پاستور است که تحقیقات خود را در مورد اثر کشنده گرما بر میکرو ارگانیسم‌ها و استفاده از عملیات حرارتی به عنوان یک تکنیک نگهدارنده انجام داد. پاستوریزه‌کردن شیر، نوع خاصی از عملیات حرارتی شیر است که بدون تأثیر قابل‌توجهی بر خواص فیزیکی و شیمیایی، تخریب قطعی باسیل سل (T.B) را تضمین می‌کند. در اواسط دهه ۱۹۳۰ کی و گراهام، کشف آنزیم فسفاتاز را اعلام کردند. این آنزیم همیشه در شیر خام وجود دارد و با ترکیب دما – زمان لازم (با حرارت دادن شیر تا دمای ۶۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه) برای پاستوریزاسیون کارآمد، از بین می‌رود و عدم وجود فسفاتاز نشان می‌دهد که شیر به اندازه کافی گرم شده است. بنابراین T.B به عنوان ارگانیسم شاخص پاستوریزاسیون درنظرگرفته می‌شود. بجز میکرو ارگانیسم‌های بیماری‌زا، شیر حاوی مواد و میکرو ارگانیسم‌های دیگری نیز می‌باشد که ممکن است طعم و مزه را از بین ببرد و ماندگاری محصولات لبنی مختلف را کاهش دهد. برای غلبه بر این مشکلات، عملیات حرارتی باید در سریع‌ترین زمان ممکن پس از رسیدن شیر به لبنیات انجام شود.

۱-۲. عوامل محدود کننده عملیات حرارتی

عملیات حرارتی شدید شیر از نظر میکروبیولوژیکی مطلوب است اما با خطر اثرات نامطلوب بر ظاهر، طعم و ارزش غذایی شیر نیز همراه است. پروتئین‌های موجود در شیر در دمای بالا، دناتوره (دچار تغییر ماهیت و ساختار) می‌شوند و خواص پنیرسازی شیر به شدت مختل می‌شود. گرمای شدید باعث ایجاد تغییرات در طعم می‌شود (طعم پخته شده و طعم سوخته می‌شود) بنابراین باید در انتخاب ترکیب زمان – دما، هم اثرات میکروبیولوژیکی و هم جنبه‌های کیفی درنظرگرفته شود.

۱-۳. حرارت دادن

در صنعت لبنیات، پاستوریزه‌کردن و فرآوری شیر بلافاصله پس از دریافت، امکان پذیر نیست و مقداری از شیرها باید ساعت‌ها یا روزها در مخازن نگهداری شود. بنابراین شیر را در دمایی کمتر از دمای پاستوریزه، گرم می‌کنند تا بطور موقت از رشد باکتری‌ها جلوگیری شود. این فرآیند ترمیزاسیون (فرآیند حرارتی ملایم) نامیده می‌شود. شیر به مدت ۱۵ ثانیه تا دمای ۶۳ تا ۶۵ درجه سانتی‌گراد گرم می‌شود، ترکیبی از زمان و دما که آنزیم فسفاتاز را غیرفعال نمی‌کند. برای جلوگیری از تکثیر باکتری‌های هاگ‌ساز هوازی پس از گرما دادن، باید به سرعت شیر را تا دمای ۴ درجه سانتی‌گراد یا کمتر، سرد کرد و نباید آن را با شیر تصفیه نشده، مخلوط کرد. عملیات حرارتی باعث می‌شود که بسیاری از هاگ‌ها به حالت رویشی برگردند، یعنی پس از پاستوریزه‌شدن شیر، از بین می‌روند. ترمیزاسیون باید در موارد خاص استفاده شود و هدف کلی باید پاستوریزه کردن شیر ورودی، تا ۲۴ ساعت پس از ورود به لبنیات باشد.

الف. پاستوریزاسیون با دمای پایین وزمان طولانی(LTLT) : نوع اولیه عملیات حرارتی یک فرآیند دسته‌ای بود که در آن شیر تا دمای ۶۳ درجه سانتی‌گراد در دیگ‌های باز گرم می‌شد و به مدت ۳۰ دقیقه در آن دما نگهداری می‌شد. این روش را روش نگهدارنده یا روش دمای پایین، زمان طولانی(LTLT) می نامند. امروزه شیر در فرآیندهای مداوم مانند حرارت دادن، پاستوریزاسیون HTST یا عملیات UHT تحت عملیات حرارتی قرار می‌گیرد.

ب. پاستوریزاسیون با دمای بالا و زمان کوتاه (HTST) : ترکیب زمان – دمای واقعی با توجه به کیفیت شیر خام، نوع محصول اصلاح‌شده و خواص نگهداری مورد نیاز متفاوت است. در فرآیندHTST ، قبل از سرد شدن به شیر دمای۷۲ تا ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ تا۲۰ ثانیه داده می‌شود. آنزیم فسفاتاز با این ترکیب زمان – دما از بین می‌رود.

پ. محصولات خامه‌ای و فرآوری‌شده : آزمایشات فسفاتاز نباید برای محصولاتی با محتوای چربی بالاتر از ۸ درصد استفاده شود، زیرا مقداری از فعال شدن مجدد آنزیم در زمان کوتاهی پس از پاستوریزاسیون صورت می‌گیرد. آنزیم پروکسیداز برای بررسی نتایج پاستوریزاسیون خامه استفاده می‌شود. این محصول تا دمای بالای ۸۰ درجه سانتی‌گراد با زمان نگهداری ۵ ثانیه، گرم می‌شود و این عملیات حرارتی برای غیرفعال کردن پراکسیداز، کافی است. آزمایش فسفاتاز را نمی‌توان برای محصولات اسیدی شده، استفاده کرد پس کنترل حرارت بر اساس آنزیم پراکسیداز است. شیری که برای تولید شیر کشت شده در نظر گرفته می‌شود، معمولاً در معرض حرارت شدید قرار می‌گیرد تا پروتئین‌های آب پنیر منعقد شود و خاصیت اتصال به آب آن افزایش یابد (جلوگیری از تشکیل آب پنیر).

ت. پاستوریزاسیون فوق العاده : پاستوریزاسیون فوق‌العاده، هنگامی مورد استفاده قرار می‌گیرد که ماندگاری خاصی مورد نیاز باشد. یعنی عوامل اصلی عفونت مجدد محصول را در حین پردازش و بسته بندی کاهش دهیم تا ماندگاری محصول افزایش یابد. گرم کردن شیر در دمای ۱۲۵ تا ۱۳۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ تا ۴ ثانیه و سرد کردن آن تا دمای کمتر از ۷ درجه سانتی‌گراد، اساس ماندگاری طولانی مدت (ESL) است.

۱-۴. علوم و فناوری غذا (UHT)

روشUHT ، تکنیکی برای نگهداری محصولات غذایی مایع با قرار دادن آنها در معرض حرارتی با دمای بین ۱۳۵ تا۱۴۰ درجه سانتی‌گراد است. این روش یک فرآیند مداوم است که در یک سیستم بسته انجام می‌شود و از آلودگی محصول توسط میکرو ارگانیسم‌های موجود در هوا جلوگیری می‌کند. دو روش جایگزین برای روشUHT وجود دارد :

_ گرمایش و سرمایش غیر مستقیم در مبدل‌های حرارتی،

_ حرارت دادن مستقیم با تزریق بخار یا تزریق شیر به بخار و خنک شدن با انبساط تحت خلاء.

۱-۵. استریل‌سازی (عقیم سازی)

شکل اصلی استریل‌سازی، عقیم‌سازی درون ظرف است که معمولاً در دمای ۱۱۵ تا۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ تا ۳۰ دقیقه است. پس از استانداردسازی چربی، همگن‌شدن و حرارت دادن تا دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد، شیر در ظروف تمیز بسته بندی می‌شود. محصول، در تولید دسته‌ای به اتوکلاو(استریل‌کننده) و در تولید مداوم به برج هیدرواستاتیک منتقل می‌شود.

۱-۶. فرآیندهای انتقال حرارت در لبنیات

الف. گرمایش : شیر توسط یک محیط گرم کننده مانند بخار کم فشار یا آب داغ گرم می‌شود. مقدار معینی گرما از محیط حرارتی به شیر منتقل می‌شود به طوری که دمای شیر افزایش یافته و دمای محیط گرم‌کننده، کاهش می‌یابد.

ب. خنک‌کننده : پس از ورود به لبنیات، شیر در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد یا کمتر، سرد می‌شود تا به طور موقت از رشد میکرو ارگانیسم‌ها جلوگیری شود. پس از پاستوریزاسیون، شیر تا دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سرد می‌شود و از آب سرد برای پیش سرد کردن پس از پاستوریزاسیون و تبادل حرارت احیا کننده، استفاده می‌شود. در تمام موارد، گرما از شیر به محیط خنک کننده منتقل می‌شود. دمای شیر به مقدار مورد نظر کاهش می‌یابد و دمای محیط خنک کننده به همان نسبت افزایش می‌یابد.

پ. گرمایش و سرمایش احیاکننده : در بسیاری از موارد یک محصول ابتدا باید گرم شود و سپس سرد شود شیر سرد شده از دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا ۷۲ درجه سانتی‌گراد گرم می‌شود و به مدت ۱۵ ثانیه در آن دما نگهداری می‌شود و سپس دوباره تا ۴ درجه سانتی‌گراد سرد می‌شود. از حرارت شیر پاستوریزه برای گرم کردن شیر سرد، استفاده می‌شود. شیر سرد ورودی از قبل توسط شیر داغ خروجی، گرم می شود که به طور همزمان از قبل، سرد می شود. این باعث صرفه جویی در انرژی گرمایش و برودتی می‌شود. این فرآیند در یک مبدل حرارتی انجام می‌شود و به آن تبادل حرارت احیاکننده یا بازیابی حرارت می‌گویند. ۹۴ تا ۹۵ درصد از گرمای شیر پاستوریزه، قابل بازیافت است.

۷-۱. تئوری انتقال حرارت

دو ماده برای انتقال حرارت از یک ماده به ماده دیگر باید دماهای متفاوتی داشته باشند. گرما همیشه از ماده گرم‌تر به ماده سردتر جریان دارد. هنگامی که اختلاف دما زیاد باشد جریان گرما سریع است. در طول انتقال حرارت، اختلاف دما به تدریج کاهش می‌یابد و سرعت انتقال کاهش می‌یابد و با یکسان‌شدن دماها به طور کلی متوقف می‌شود.گرما را می‌توان به سه روش (رسانش، همرفت و تابش) انتقال داد. انتقال حرارت در کارخانه‌های لبنی به صورت همرفت و رسانایی صورت می‌گیرد و دارای دو اصل (گرمایش مستقیم و غیر مستقیم) می‌باشد.

در گرمایش مستقیم، محیط گرمایش با محصول مخلوط می‌شود :

_ برای گرم کردن آب، بخار مستقیماً به داخل آب تزریق می‌شود و گرما را هم از طریق همرفت و هم رسانش به آب منتقل می‌کند.

_ حرارت دادن محصولاتی مانند پنیر در ساخت انواع خاصی از پنیر (با مخلوط کردن آب داغ با پنیر) و استریل کردن شیر به روش مستقیم (تزریق بخار یا دم کردن شیر به بخار).

در گرمایش غیر مستقیم یک پارتیشن بین محصول (شیر) و محیط گرمایش یا سرمایش (آب) قرار می‌گیرد. سپس گرما از محیط از طریق پارتیشن به محصول منتقل می‌شود. در نتیجه پارتیشن در سمت گرمایش گرم می‌شود و در سمت محصول خنک می‌شود. در هر طرف پارتیشن یک لایه مرزی وجود دارد. سرعت مایعات در لایه مرزی در تماس با پارتیشن با

اصطکاک، کاهش می‌یابد و تقریباً به صفر می‌رسد. هر چه آب به پارتیشن نزدیک‌تر باشد، توسط شیر سرد، خنک می‌شود. گرما از طریق همرفت و هدایت به لایه مرزی منتقل می‌شود و انتقال از لایه مرزی از طریق دیوار به لایه مرزی در طرف دیگر توسط رسانایی انجام می‌شود، در حالی که انتقال بیشتر به شیر در ناحیه مرکزی کانال با رسانش و همرفت انجام می‌شود.

۸-۱. مبدل حرارتی

برای انتقال حرارت به روش غیر مستقیم از مبدل حرارتی استفاده می‌شود. یعنی مبدل حرارتی به صورت دو کانال که توسط یک پارتیشن لوله ای جدا شده‌اند، ساده می‌شود. آب داغ از یک کانال و شیر از کانال دیگر جریان می‌یابد.

الف. داده های ابعاد برای یک مبدل حرارتی : اندازه و پیکربندی لازم مبدل حرارتی به عوامل زیادی (نرخ جریان محصول، خواص فیزیکی مایعات، برنامه دما، افت فشار مجاز، طراحی مبدل حرارتی، الزامات پاکسازی و زمان اجرا مورد نیاز) بستگی دارد. فرمول کلی برای محاسبه اندازه مورد نیاز (منطقه انتقال حرارت) مبدل حرارتی به صورت زیر است :

$$A = \frac{V \times \rho \times c_p \times \Delta t}{\Delta t_m \times k} \qquad (۱)$$

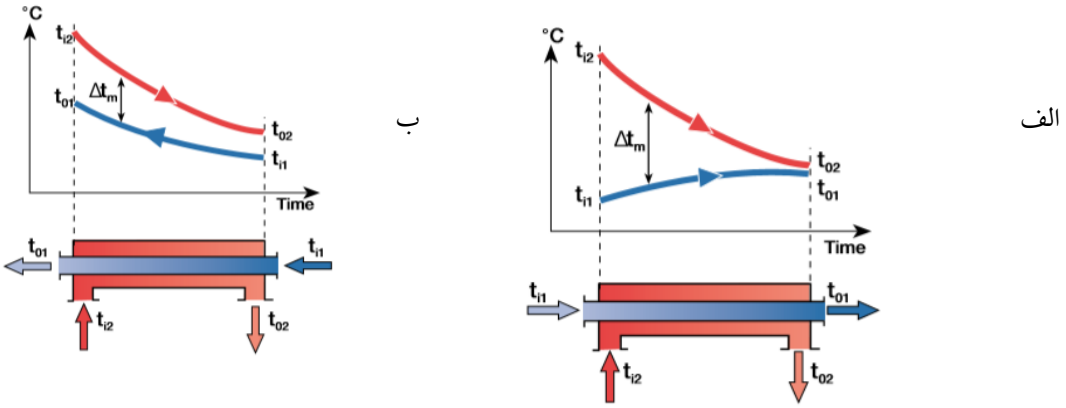
A منطقه انتقال حرارت مورد نیاز، V نرخ جریان محصول، ρ تراکم محصول، c_p گرمای ویژه محصول، Δt تغییر دمای محصول، Δt_m اختلاف دمای میانگین لگاریتمی(LMTD) و k ضریب انتقال حرارت کلی می‌باشد. برای یک مبدل حرارتی، می‌توان تلفات انرژی به هوای اطراف را نادیده گرفت، چون بسیار اندک هستند. بنابراین انرژی گرمایی منتشر شده توسط مایع داغ برابر با انرژی گرمایی جذب شده توسط مایع سرد است (تعادل انرژی) :

$$V_1 \times \rho_1 \times c_{p1} \times \Delta t_1 = V_2 \times \rho_2 \times c_{p2} \times \Delta t_2 \qquad (۲)$$

هرچه اختلاف دما بیشتر باشد، گرمای بیشتری منتقل می‌شود و مبدل حرارتی کوچک‌تری مورد نیاز است. بنابراین اختلاف دمای Δt_m را می‌توان با استفاده از شکل ۱-۱ محاسبه کرد :

$$\Delta t_m = \frac{(t_{i2} - t_{o1}) - (t_{o2} - t_{i1})}{ln\frac{(t_{i2} - t_{o1})}{(t_{o2} - t_{i1})}} \qquad (۳)$$

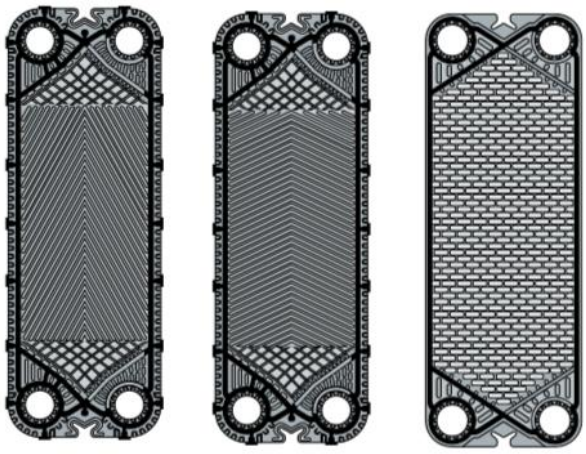
یک عامل مهم در تعیین اختلاف دمای متوسط، جهت جریان در مبدل حرارتی است. دو گزینه اصلی وجود دارد : جریان مخالف یا همزمان (شکل ۱-۱). برای افزایش ضریب k ، بهبود انتقال حرارت و کاهش فاصله انتقال حرارت از پارتیشن به مرکز کانال، باید اندازه کانالی را که محصول از طریق آن جریان می‌یابد، کاهش داد. هرچه افت فشار برای محصول بیشتر باشد، گرمای بیشتری منتقل می‌شود و مبدل حرارتی کوچک‌تری، مورد نیاز است. با این حال، محصولاتی که به تحریک مکانیکی، حساس هستند (چربی شیر) ممکن است در اثر برخورد خشونت آمیز آسیب ببینند. ممکن است نیاز به نصب یک بوستر پمپ باشد تا فشار بیشتری روی طرف محصول ایجاد شود و از نشت محصول پاستوریزه نشده به محصول پاستوریزه جلوگیری شود.



شکل ۱-۱. الف. پروفایل‌های دما برای انتقال حرارت در یک مبدل حرارتی با جریان مخالف. ب. پروفایل‌های دما برای انتقال حرارت در یک مبدل حرارتی با جریان همزمان.

ب. چسبندگی : یک مایع با چسبندگی بالا در مقایسه با محصولی با چسبندگی کمتر، در هنگام عبور از مبدل حرارتی، تلاطم کمتری ایجاد می‌کند. یعنی یک مبدل حرارتی بزرگتر مورد نیاز است.

پ. پارتیشن : پارتیشن اغلب موج‌دار است تا جریان آشفته‌تری ایجاد کند و منجر به انتقال حرارت بهتر شود. شکل ۲-۱ سه طرح مختلف را نشان می‌دهد. هرچه ضخامت پارتیشن نازکتر باشد، انتقال حرارت بهتر است. البته پارتیشن باید برای تحمل فشار مایعات، قوی و متعادل باشد. همچنین جنس پارتیشن برای فرآوری مواد غذایی از فولاد ضد زنگ است که ویژگی‌های انتقال حرارت خوبی دارد.



شکل ۲-۱. شکل پارتیشن در یک مبدل حرارتی صفحه‌ای ممکن است بسته به محصول مورد نظر و نیازهای بازده حرارتی متفاوت باشد.

ت. وجود مواد آلوده : اکثر لبنیات به حرارت حساس هستند. اگر از یک قابلمه داغ برای گرم‌کردن شیر استفاده شود، پروتئین‌ها منعقد می‌شوند و داخل آن را می‌پوشانند. اگر سطح انتقال حرارت بیش از حد گرم باشد، همین اتفاق در مبدل‌های حرارتی رخ می‌دهد. بنابراین، دمای تفاضل بین محیط گرمایش و محصول باید تا حد امکان، کمتر باشد (۲ تا ۳ درجه سانتی‌گراد بالاتر از دمای پاستوریزاسیون). اگر سطح نسبت به محصول بیش از حد گرم باشد، خطر انعقاد

پروتئین‌های موجود در شیر و رسوب یک لایه نازک روی پارتیشن‌ها وجود دارد. گرما نیز باید از طریق این لایه منتقل شود که باعث کاهش مقدار ضریب k می‌شود. دمای تفاضل بین محیط گرمایش و محصول دیگر برای انتقال همان مقدار حرارت قبلی کافی نخواهد بود و دمای خروجی محصول کاهش می‌یابد. این را می‌توان با افزایش دمای محیط گرمایش جبران کرد، اما دمای سطح انتقال حرارت، افزایش می‌یابد به طوری‌که پروتئین بیشتری روی سطح منعقد می‌شود، ضخامت پوسته افزایش می‌یابد و مقدار k باز هم کاهش می‌یابد. مقدار k تحت تأثیر افزایش یا کاهش نرخ جریان از طریق مبدل حرارتی قرار می‌گیرد (افزایش جریان، نرخ جریان را متلاطم‌تر می‌کند و مقدار k را افزایش می‌دهد و کاهش جریان آن را آرام‌تر می‌کند و مقدار k را کاهش می‌دهد) .

ث. نیاز به زمان اجرا : زمانی که فرآورده های شیر تا دمای بالای ۶۵ درجه سانتی‌گراد گرم می شوند، مقداری رسوب ایجاد می‌شود و پیش‌بینی طول مدت زمان آن به میزان رسوب تشکیل‌شده، بستگی دارد. همچنین میزان رسوب‌گیری به عوامل زیر بستگی دارد :

_ تفاوت دما بین محصول و محیط گرمایشی

_ کیفیت شیر

_ محتوای هوای محصول

_ شرایط فشار در قسمت گرمایش

همچنین باید محتوای هوا را تا حد امکان پایین نگه داشت چون هوای اضافی در محصول، باعث افزایش رسوب می‌شود. تحت شرایط خاص، زمان کار با رشد میکرو ارگانیسم‌ها در قسمت پایین بخش احیاکننده مبدل حرارتی صفحه ای، محدود می‌شود.

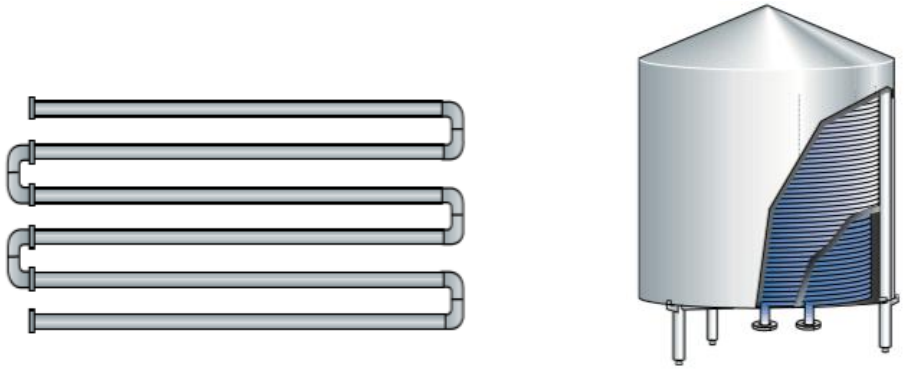
ج. بازسازی : روش استفاده از حرارت مایع داغ (مانند شیر پاستوریزه) برای پیش گرم کردن شیر سرد ورودی را بازسازی می‌نامند. شیر سرد همچنین برای خنک کردن آب گرم و صرفه جویی در مصرف آب و انرژی استفاده می‌شود. می‌توان ساده‌ترین مشخصات عملیاتی (مثل عملیات حرارتی شیر خام) را با استفاده از فرمول زیر بدست بیاوریم :

$$R = \frac{(t_r - t_i) \times 100}{(t_p - t_i)} \qquad (۴)$$

جایی که R راندمان احیا کننده، t_r دمای شیر پس از بازسازی، t_i دمای شیر خام ورودی و t_p دمای پاستوریزاسیون می‌باشد.

چ. نگهداری : عملیات حرارتی صحیح مستلزم آن است که شیر برای مدت زمان مشخصی در دمای پاستوریزاسیون نگهداری شود. این در یک سلول نگهدارنده خارجی انجام می‌شود (شکل ۳-۱). یک سلول نگهدارنده از لوله‌ای تشکیل می‌شود که به صورت مارپیچ یا زیگزاگ چیده شده است و توسط یک کفه فلزی پوشانده می‌شود تا در صورت تماس

افراد با سلول نگهدارنده از سوختن جلوگیری کند. طول لوله و نرخ جریان، طوری محاسبه می‌شود که زمان در سلول نگهدارنده برابر با زمان نگهداری مورد نیاز باشد. زمان نگهداری به نسبت معکوس با سرعت جریان در سلول نگهدارنده، تغییر می کند.



ب الف

شکل ۳-۱. الف. لوله نگهدارنده مارپیچ پوشانده شده برای مدت زمان طولانی نگهداری. ب. لوله نگهدارنده زیگ‌زاگ.

ح. محاسبه زمان نگهداری : طول لوله مناسب برای زمان نگهداری مورد نیاز، هنگامی قابل محاسبه است که ظرفیت ساعتی و قطر داخلی لوله نگهدارنده مشخص باشد. از آنجا که مشخصات سرعت در لوله نگهدارنده یکنواخت نیست، برخی از مولکول‌های شیر سریع‌تر از میانگین، حرکت می کنند. برای اطمینان از اینکه حتی سریع‌ترین مولکول به اندازه کافی پاستوریزه شده است، باید از یک فاکتور بهره‌وری استفاده کرد و این فاکتور به طراحی لوله نگهدارنده بستگی دارد، اما اغلب در محدوده ۰٫۸ تا ۰٫۹ است :

$$V = \frac{Q \times HT}{3600 \times \eta}\ dm^3 \qquad L = \frac{V \times 4}{\pi \times D^2}\ dm \qquad (۵)$$

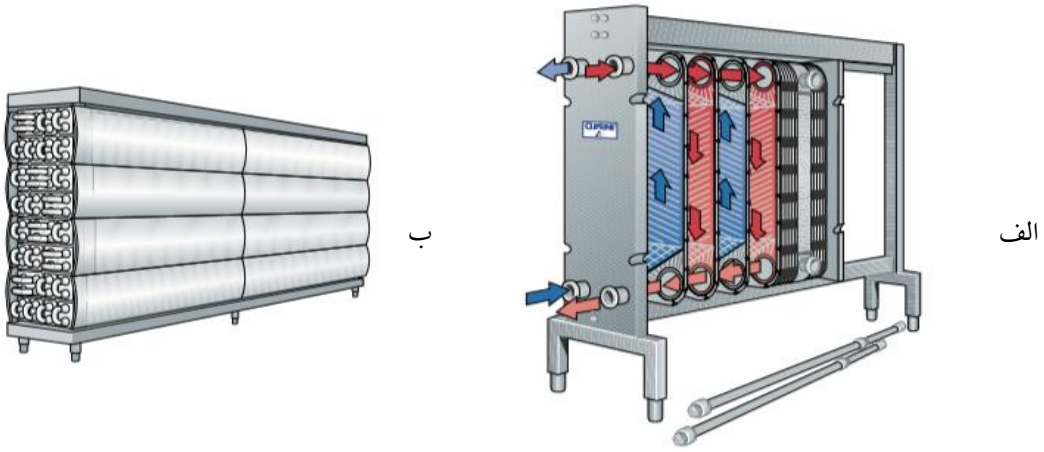
Q نرخ جریان در پاستوریزاسیون، HT زمان نگهداری بر حسب ثانیه، L طول لوله نگهدارنده، D قطر داخلی لوله نگهدارنده، V حجم شیر و η ضریب بهره‌وری می‌باشد.

خ. انواع مبدل های حرارتی : امروزه سه نوع مبدل حرارتی(صفحه‌ای، لوله‌ای و سطح خراشیده) بیشترین کاربرد را دارند:

مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای : این مبدل شامل بسته‌ای از صفحات فولادی ضد زنگ است که در یک قاب بسته شده اند. این قاب حاوی چندین بسته صفحه جداگانه می‌باشد (بخش‌هایی که در آن مراحل مختلف عملیات مانند پیش گرم کردن، گرمایش نهایی و خنک کننده انجام می‌شود). بسته به دمای خروجی محصول مورد نیاز، محیط گرمایش آب گرم و محیط خنک کننده آب سرد، آب یخ یا پروپیل گلیکول است. صفحات راه راه برای انتقال حرارت، بهینه هستند. نقاط نگهدارنده روی موج‌ها، صفحات را از هم جدا می کند تا کانال‌های نازکی بین آنها ایجاد شود. مایعات از طریق سوراخ‌هایی در گوشه‌های صفحات وارد کانال‌ها و خارج می‌شوند (از یک کانال به کانال دیگر هدایت می‌شوند). واشرهایی که لبه‌های

صفحات و سوراخ‌ها را گرد می‌کنند، مرز کانال‌ها را تشکیل می‌دهند و از نشت خارجی و اختلاط داخلی جلوگیری می‌کنند (شکل۴-۱ الف).

مبدل‌های حرارتی لوله‌ای : این مبدل برای پاستوریزاسیون روش UHT محصولات لبنی استفاده می‌شود و بر خلاف مبدل حرارتی صفحه‌ای، هیچ نقطه تماسی در کانال محصول ندارد و بنابراین می‌تواند محصولاتی با ذرات مشخص را مدیریت کند. حداکثر اندازه ذرات به قطر لوله بستگی دارد (شکل۴-۱ ب). از نظر انتقال حرارت، مبدل حرارتی لوله‌ای کارایی کمتری نسبت به مبدل حرارتی صفحه‌ای دارد. مبدل‌های حرارتی لوله‌ای در دو نوع متفاوت موجود هستند (کانال چندتایی/تکی و لوله چندتایی/تکی).

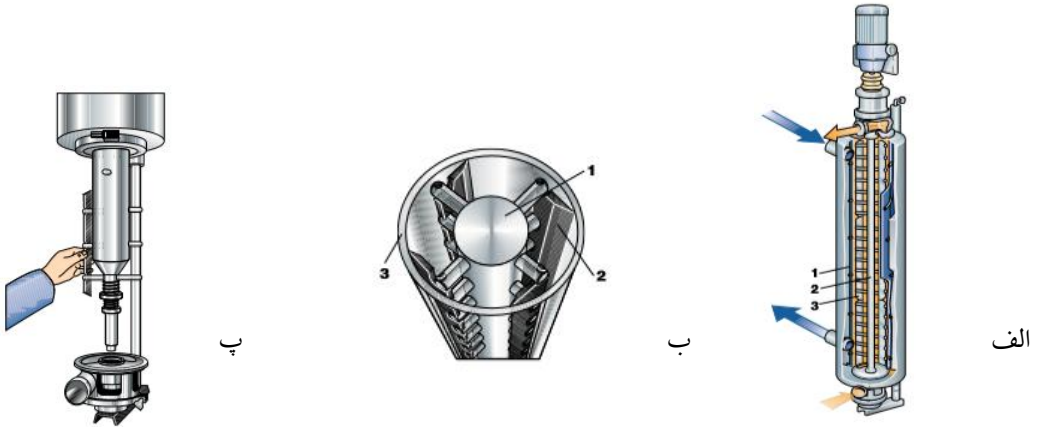


ب الف

شکل۴-۱. الف. اصول جریان و انتقال حرارت در مبدل حرارتی صفحه‌ای. ب. لوله‌های مبدل حرارتی لوله ای در یک واحد فشرده مونتاژ می‌شوند.

مبدل حرارتی سطح خراشیده : این مبدل حرارتی برای گرم کردن و خنک کردن محصولات چسبناک، چسبنده و توده‌ای و برای تبلور محصولات طراحی شده است. این مبدل از یک سیلندر تشکیل شده که از طریق آن محصول در جریان مخالف به محیط سرویس پمپ می‌شود. چرخنده‌های قابل تعویض با قطرهای مختلف و پیکربندی‌های مختلف، امکان سازگاری با کاربردهای مختلف را فراهم می‌کنند. چرخنده‌های با قطر کوچکتر به ذرات بزرگتر اجازه عبور از سیلندر را می‌دهند در حالی‌که چرخنده‌های با قطر بزرگتر منجر به زمان ماند کوتاه‌تر و بهبود عملکرد حرارتی می‌شوند. محصول از طریق درگاه پایین وارد استوانه عمودی می‌شود و از طریق سیلندر به سمت بالا جریان می یابد (شکل۵-۱ الف). در راه اندازی فرآیند، تمام هوا به طور کامل جلوتر از محصول تخلیه می‌شود و اجازه می‌دهد محصول کامل و یکنواخت، سطح گرمایش یا خنک کننده را پوشش دهد. تیغه‌های چرخان به طور مداوم محصول را از دیواره سیلندر خارج می‌کنند تا از انتقال حرارت یکنواخت به محصول، اطمینان حاصل شود و محصول از طریق درگاه بالایی از سیلندر خارج می‌شود (شکل ۵-۱ ب). جریان محصول و سرعت چرخنده متناسب با ویژگی‌های محصولی که در سیلندر جریان دارد، متفاوت است. در زمان خاموش شدن می‌توان محصول را با آب (با حداقل اختلاط) جابجا کرد تا به بازیابی محصول در پایان هر اجرا کمک کند و تخلیه کامل CIP و تغییر محصول را آسان سازد (شکل۵-۱ پ). به دلیل وجود بالابر هیدرولیکی خودکار

(که بالا و پایین کردن مجموعه چرخنده - تیغه را تسهیل می‌کند)، چرخنده و تیغه‌ها قابل تعویض هستند. محصولاتی همچون مربا، شیرینی، سس، شکلات، کره بادام زمینی، چربی‌ها و روغن ها در این مبدل، پردازش می‌شوند. دو یا چند مبدل حرارتی سطح‌خراشیده عمودی را می‌توان به صورت سری یا موازی به هم متصل کرد تا بسته به ظرفیت پردازش مورد نیاز، سطح انتقال حرارت بیشتری را ایجاد کند.



شکل۵-۱ . الف. نوع عمودی مبدل حرارتی سطح خراشیده. محیط گرمایش یا سرمایش محصول (۱ سیلندر/ ۲ روتور/ ۳ تیغه). ب. برش از طریق یک مبدل حرارتی سطح خراشیده (۱ روتور ۲ تیغه ۳ سیلندر). پ. برداشتن تیغه‌ها از مجموعه روتور در موقعیت پایین.

فصل دوم :

جداکننده‌های گریز از مرکز و استاندارد سازی چربی شیر

۲-۱. جداکننده‌های گریز از مرکز

اگر ظرفی با مایع پر شود و چرخیده شود، میدان نیروی گریز از مرکز ایجاد می‌شود. این یک شتاب گریز از مرکز a با فاصله از محور چرخش (r) و با سرعت چرخش (ω) ایجاد می‌کند($a = r\omega^2$). اگر این شتاب، جایگزین شتاب گرانشی g، در معادله قانون استوکس ($v = g\, d^2(\rho_p - \rho_1)/18\,\eta$) شود، سرعت ته نشینی برابر خواهد بود با :

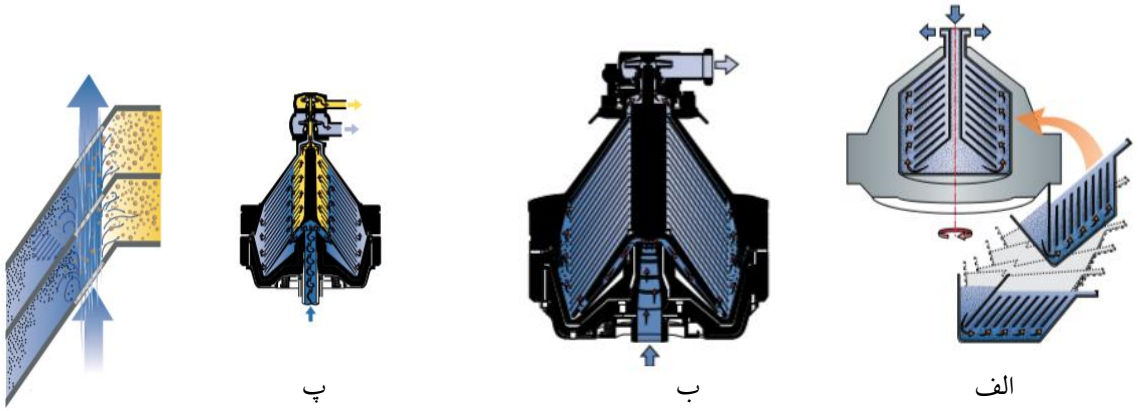
$$V = r\omega^2 \frac{d^2(\rho_p - \rho_1)}{18\,\eta} \qquad (۶)$$

همچنین سرعت شناور شدن یک گلبول چربی که با سرعت n دور در دقیقه می‌چرخد، برابر است با :

$$\omega = \frac{2\pi \times n}{60} \quad rad/s \qquad (۷)$$

۲-۲. جداسازی گریز از مرکز پیوسته ذرات جامد (شفاف سازی)

جداسازی مداوم ذرات جامد از مایع با استفاده از یک کاسه دستگاه گریز از مرکز، شفاف سازی نامیده می‌شود. به این صورت که مخزن ته نشین شده،۹۰ درجه چرخیده و به دور محور چرخش خود بچرخد تا یک نمای مقطعی از یک جداکننده گریز از مرکز بدست آید (شکل ۱- ۲ الف). سرعت ω ، متغیر است و نیروی گریز از مرکز، ذرات را وادار می‌کند تا با سرعتv به سمت پیرامون حرکت کنند. بنابراین یک ذره به طور همزمان با سرعت مایع ω و سرعت ته نشینی vبه صورت شعاعی به سمت پیرامون حرکت می‌کند. سرعت v_p ، مجموع این دو حرکت است. هنگامی که ذره ته نشین شد، سرعت مایع به قدری کم می‌شود که دیگر ذره همراه با مایع حمل نمی‌شود و تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز در امتداد سطح زیرین دیسک به سمت خارج می‌لغزد (روی دیواره محیطی کاسه دستگاه گریز از مرکز قرار می‌گیرد).



شکل۱-۲ . الف. می‌توان مخزن ته نشین شده را ۹۰ درجه چرخاند و چرخاند و یک کاسه دستگاه گریز از مرکز برای جداسازی مداوم ذرات جامد از مایع ایجاد کرد. ب. در یک شفاف‌کننده گریز از مرکز، شیر وارد پشته دیسک می شود و از طریق کانال‌ها به سمت داخل جریان می‌یابد. پ. در یک کاسه جداکننده گریز از مرکز، شیر از طریق سوراخ‌های توزیع وارد پشته دیسک می‌شود (سمت راست) و نمای مقطعی بخشی از پشته دیسک که شیر از سوراخ های توزیع وارد می‌شود و گلبول‌های چربی از شیر کم چرب جدا می‌شود (سمت چپ).

۲-۳. جداسازی دستگاه گریز از مرکز مداوم شیر

الف. شفاف سازی : در یک شفاف‌کننده گریز از مرکز، شیر به کانال‌های جداسازی در لبه بیرونی پشته (توده) دیسک وارد می‌شود و به صورت شعاعی به سمت داخل کانال‌ها به سمت محور چرخش جریان می‌یابد و از طریق در بالایی خارج می‌شود (شکل۱-۲ ب). در مسیر عبور از پشته دیسک، ناخالصی‌های جامد، جدا شده و در امتداد سطح زیرین دیسک‌ها به سمت پیرامون کاسه شفاف‌کننده، پرتاب می‌شوند. در آنجا در فضای رسوب جمع آوری می شوند. تفاوت بین جداکننده و شفاف‌کننده گریز از مرکز در طراحی پشته دیسک و تعداد خروجی‌های آنها می‌باشد.

ب. جداسازی : در یک جداکننده گریز از مرکز، گلبول‌های چربی در پشته دیسک جداکننده گریز از مرکز، از شیر جدا می‌شوند (شکل۱-۲ پ). تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز، رسوبات و گویچه‌های چربی موجود در شیر شروع به ته نشینی شعاعی به سمت بیرون یا داخل در کانال‌های جداسازی می‌کنند. خامه (گلبول‌های چربی) چگالی کمتری نسبت به شیر بدون چربی دارد و بنابراین در کانال‌ها به سمت داخل و به سمت محور چرخش حرکت می‌کند. شیر بدون چربی به سمت خارج به فضای خارج از پشته دیسک و از آنجا از طریق کانالی بین بالای پشته دیسک و هود مخروطی کاسه جداکننده به یک خروجی شیر بدون چربی متحدالمرکز حرکت می‌کند.

پ. راندمان روبش : مقدار چربی قابل جداسازی از شیر به طراحی جداکننده، سرعت جریان شیر در آن و توزیع اندازه گلبول‌های چربی بستگی دارد. کوچکترین گلبول‌های چربی، زمان زیادی برای بالا آمدن با سرعت جریان مشخص ندارند، اما با شیر کم چرب از جداکننده خارج می‌شوند. میزان چربی باقیمانده در شیر بدون چربی بین ۰.۰۴ تا ۰.۰۷ درصد است. اگر سرعت جریان از طریق دستگاه کاهش یابد، سرعت جریان از طریق کانال‌های جداسازی کاهش می‌یابد و گلبول‌های چربی زمان بیشتری پیدا می‌کنند تا بلند شوند و از طریق خروجی خامه، تخلیه شوند. در نتیجه، راندمان روبش جداکننده با کاهش توان، افزایش می‌یابد و بالعکس. نصب دریچه‌های دریچه گاز در خروجی خامه و شیر بدون چربی امکان تنظیم حجم‌های نسبی دو جریان را به منظور بدست آوردن چربی مورد نیاز در خامه، امکان پذیر می‌سازد.

۲-۴. طراحی اولیه جداکننده گریز از مرکز

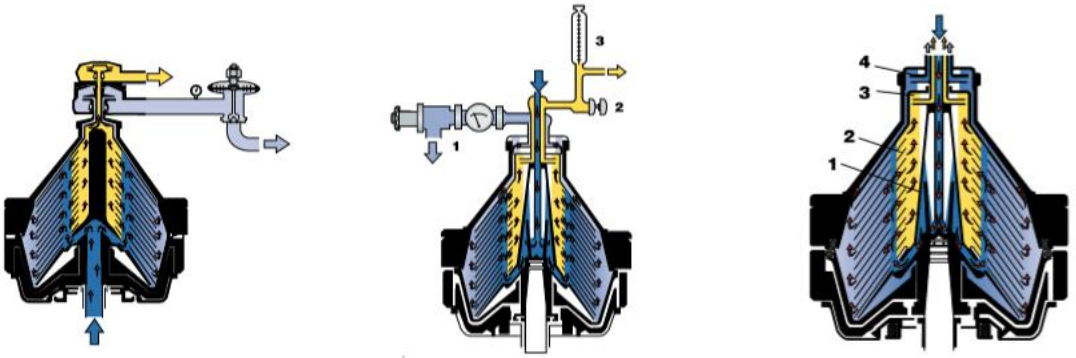
جدا کننده‌های مدرن از دو نوع نیمه باز و هرمتیک (هوا بندی‌شده) ، تشکیل شده‌اند.

الف. طراحی نیمه باز : جداکننده‌های گریز از مرکز با دیسک‌های جداکننده در خروجی، به عنوان نیمه باز شناخته می‌شوند (شکل۲-۲ الف). در جداکننده نیمه باز، شیر از طریق یک لوله ورودی محوری ثابت به کاسه جداکننده، می‌رسد. هنگامی که شیر وارد توزیع‌کننده شیاردار می‌شود، قبل از اینکه به کانال‌های جداسازی در پشته دیسک برسد، سرعت چرخش کاسه افزایش می‌یابد. نیروی گریز از مرکز، شیر را به بیرون پرتاب می‌کند تا حلقه‌ای با سطح داخلی استوانه‌ای شکل بگیرد (در تماس با هوا در فشار اتمسفر قرار می‌گیرد). فشار به تدریج با افزایش فاصله از محور چرخش به مقدار حداکثر در پیرامون کاسه، افزایش می‌یابد. ذرات جامد سنگین‌تر به سمت بیرون (فضای رسوب) می‌نشینند و خامه به سمت داخل به سمت محور چرخش حرکت می‌کند و از طریق کانال‌ها به اتاقک خامه زنی می‌رود. شیر بدون چربی، پشته دیسک را در لبه بیرونی ترک می‌کند و از بین دیسک بالایی و هود کاسه عبور می‌کند و به محفظه پخت شیر بدون چربی می‌رسد.

ب. طراحی هرمتیک : در جداکننده هرمتیک، شیر از طریق ماسوره کاسه به کاسه می‌رسد و سپس از طریق سوراخ‌های توزیع در پشته دیسک ادامه می‌یابد. کاسه جداکننده هرمتیک در حین کار کاملاً با شیر پر می‌شود. در مرکز هوا وجود ندارد، بنابراین جداکننده هرمتیک را می‌توان به عنوان بخشی از یک سیستم لوله‌کشی بسته در نظر گرفت. فشار تولید شده توسط پمپ محصول خارجی برای غلبه بر مقاومت جریان از طریق جداکننده به پمپ تخلیه در خروجی‌های خامه و شیر بدون چربی، کافی است و قطر پروانه‌های پمپ را می‌توان متناسب با نیاز فشار خروجی، اندازه گرفت.

۵-۲. کنترل میزان چربی خامه

الف. جداکننده گریز از مرکز دیسک جداکننده : حجم خامه تخلیه‌شده از جداکننده گریز از مرکز دیسک جداکننده توسط یک دریچه گاز در خروجی خامه، کنترل می‌شود. اگر دریچه به تدریج باز شود، مقادیر بیشتری از خامه، با محتوای چربی به تدریج کاهش می‌یابد و از خروجی خامه خارج می‌شود. فشار روی خروجی شیر بدون چربی با استفاده از یک شیر تنظیم در یک مقدار معین با توجه به جداکننده و توان عملیاتی، تنظیم شده است و دریچه گاز در خروجی خامه تنظیم می‌شود تا حجم جریان مربوط به محتوای چربی مورد نیاز را بدست بیاورد. هر تغییری در ترشح خامه با تغییری مساوی (و مخالف) در ترشح شیر کم چرب، مطابقت دارد. یک واحد فشار ثابت خودکار در خروجی شیر بدون چربی، تعبیه شده است تا بدون توجه به تغییرات در سرعت جریان خامه، فشار برگشتی در خروجی ثابت بماند (شکل۲-۲ ب). در جداکننده‌های دیسکی، حجم خامه تخلیه شده توسط یک شیر خامه با یک جریان سنج داخلی کنترل می‌شود. اندازه دهانه سوپاپ با یک پیچ تنظیم می‌شود و جریان دریچه گاز از یک لوله شیشه‌ای مدرج عبور می‌کند. با تحلیل محتوای چربی شیر ورودی و محاسبه حجم جریان خامه در میزان چربی مورد نیاز، می‌توان به یک تنظیم مناسب از سرعت جریان رسید و پیچ دریچه گاز را بر این اساس، تنظیم کرد.



الف ب پ

شکل۲-۲. الف. جداکننده خود تمیزشونده نیمه باز (۱. توزیع‌کننده ۲. پشته دیسک ۳. محفظه پخت خامه ۴. محفظه تمیز کردن شیر بدون چربی). ب. جداکننده گریز از مرکز دیسک جداکننده با دستگاه‌های کنترل دستی در خروجی ها (۱. خروجی شیر بدون چربی با شیر تنظیم فشار ۲. شیر دریچه گاز خامه ۳. جریان سنج خامه). پ. کاسه جداکننده هرمتیک با واحد فشار ثابت خودکار در خروجی شیر بدون چربی.

ب. جداکننده هرمتیک : شیر جداکننده هرمتیک یک شیر دیافراگمی است و فشار محصول مورد نیاز با استفاده از هوای فشرده بالای دیافراگم، تنظیم می‌شود. در طول جداسازی، دیافراگم تحت تأثیر فشار هوای ثابت بالا و فشار محصول (شیر کم چرب) به سمت پایین فشار می‌رود. شیر توپی روی دیافراگم ثابت می‌شود، سپس به سمت پایین می‌رود و عبور را کاهش می‌دهد. این گاز، فشار خروجی شیر بدون چربی را به مقدار از پیش تعیین‌شده، افزایش می‌دهد. هنگامی که فشار شیر کم چرب، افزایش می‌یابد و فشار از پیش تعیین شده دوباره بازیابی می‌شود، عکس‌العمل معکوس انجام می‌شود (شکل۲-۲ پ).

پ. تفاوت در عملکرد خروجی جداکننده‌های هرمتیک و جداکننده دیسک : در جداکننده دیسک ، قطر بیرونی دیسک جداکننده باید به ستون مایع دوار نفوذ کند. فاصله با میزان چربی خامه تعیین می‌شود و محتوای چربی در سطح خامه در این جداکننده، بالاتر است. با افزایش قطر، محتوای چربی به تدریج کاهش می‌یابد و در ادامه با فشار سطح خامه به داخل، فاصله سطح داخلی و آزاد خامه تا محیط بیرونی دیسک جدا کننده، افزایش می‌یابد. اگر بخواهیم ۴۰ درصد خامه تخلیه شود، محتوای چربی در سطح داخلی و آزاد خامه، باید به طور قابل توجهی، افزایش یابد. خامه باید در مقایسه با خامه‌ای که از جداکننده خارج می‌شود، بیش از حد غلیظ شود. این منجر به تخریب گلبول‌های چربی در داخلی‌ترین ناحیه رو به ستون هوا و افزایش اصطکاک می‌شود. اختلال در گلبول‌های چربی باعث ایجاد مشکلات چسبندگی و افزایش حساسیت به اکسیداسیون و هیدرولیز می‌شود. خامه از جداکننده هرمتیک از مرکز جدا می‌شود، جایی که محتوای چربی، بالاترین میزان است. هنگام برداشتن خامه که محتوای چربی بالایی دارد، تفاوت در عملکرد خروجی مشخص می‌شود. در چربی ۷۲ درصد، گلبول‌های چربی یکدیگر را لمس می‌کنند و تهیه خامه با این محتوای چربی از جداکننده دیسک، غیرممکن است، زیرا خامه باید بیش از حد غلیظ شود اما نمی‌توان فشار لازم را در جداکننده دیسک، ایجاد کرد. اما فشارهای بالایی در جداکننده هرمتیک ایجاد می‌شود که امکان جداسازی خامه با محتوای چربی بیش از ۷۲ درصد را فراهم می‌کند.

۶-۲. سیستم تخلیه

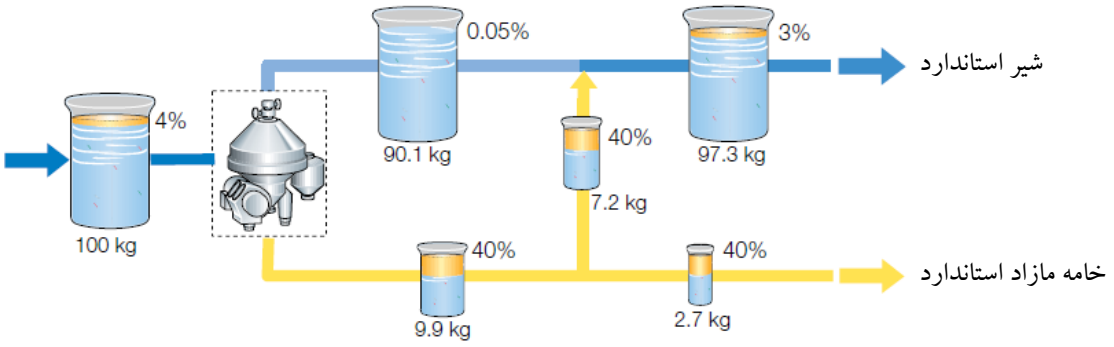
در حین جداسازی کف داخلی کاسه، کف کاسه کشویی توسط فشار هیدرولیک آب زیر آن به سمت بالا فشرده می‌شود و موقعیتش با استفاده از اختلاف فشار بدست می‌آید. رسوب حاصل از محصول و محلول‌های CIP در فضای رسوبی در حاشیه داخلی کاسه جمع می‌شود تا هنگامی که تخلیه شروع شود. هنگامی که آب از فضای زیر کاسه کشویی تخلیه شود، رسوبات از حاشیه کاسه خارج می‌شوند و توسط نیروی جاذبه به فاضلاب، مخزن و یا پمپ تخلیه می‌شوند.

۷-۲. استاندارد کردن چربی شیر و خامه

الف. روش‌های محاسبه اصولی برای مخلوط کردن محصولات : استاندارد کردن محتوای چربی شامل تنظیم محتوای چربی شیر یا فرآورده‌های شیری با افزودن خامه یا شیر بدون چربی برای بدست آوردن محتوای چربی معین است. روش‌های مختلفی برای محاسبه مقادیر محصولات با محتوای چربی متفاوت، وجود دارد که باید برای بدست آوردن یک

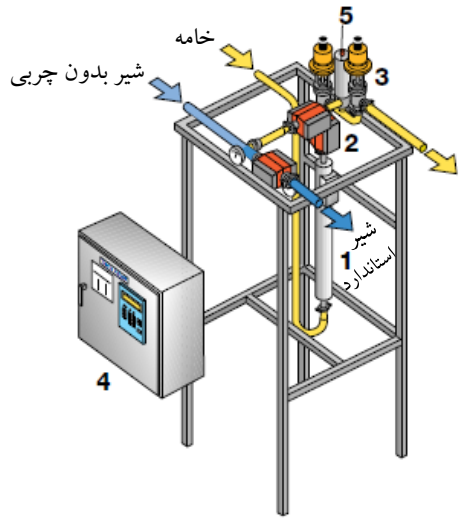
محتوای چربی نهایی معین، مخلوط شوند. این مخلوط شامل شیر کامل با شیر بدون چربی، خامه با شیر کامل، خامه با شیر بدون چربی و شیر بدون چربی می‌باشد.

ب. اصل استانداردسازی : در صورتی که تمامی پارامترها ثابت باشند، خامه و شیر خامه‌ای که از جداکننده خارج می‌شود دارای محتوای چربی ثابتی خواهد بود. مطابق شکل۳-۲، اگر ۱۰۰ کیلوگرم شیر کامل با ۴ درصد چربی، موجود باشد. لازمه تولید یک مقدار بهینه، شیر استاندارد ۳ درصد و خامه مازاد حاوی ۴۰ درصد چربی است. با جدا کردن ۱۰۰ کیلوگرم شیر کامل، ۹۰.۱کیلوگرم شیر بدون چربی (با ۰.۰۵ درصد چربی) و ۹.۹ کیلوگرم خامه (با ۴۰ درصد چربی) بدست می‌آید. مقدار خامه ۴۰ درصدی که باید به شیر بدون چربی اضافه شود، ۷.۲ کیلوگرم است. در مجموع ۹۷.۳۹ کیلوگرم شیر استاندارد (با ۳ درصد چربی) بدست می‌آید و ۲.۷ کیلوگرم خامه مازاد (با ۴۰ درصد چربی) باقی می‌ماند.



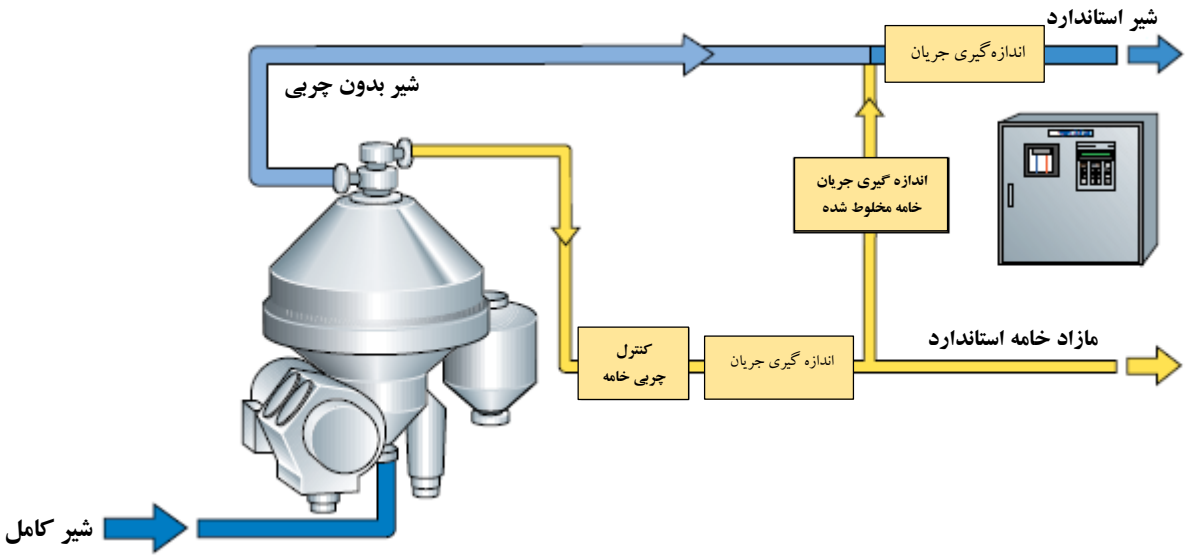
شکل۳-۲. اصل استانداردسازی چربی.

پ. استانداردسازی مستقیم در خط : استانداردسازی مستقیم خطی با جداسازی ترکیب می‌شود. شیرهای کنترل، جریان سنج و چگالی سنج و یک حلقه کنترل کامپیوتری برای تنظیم میزان چربی شیر و خامه، به مقدار دلخواه استفاده می‌شود (شکل۴-۲).



شکل ۴-۲. سیستم‌های استانداردسازی مستقیم درون خطی به عنوان واحدهای فرآیندی از پیش مونتاژ می‌شوند (۱-فرستنده چگالی ۲-فرستنده جریان ۳-شیر کنترل ۴-پانل کنترل ۵-شیر قطع).

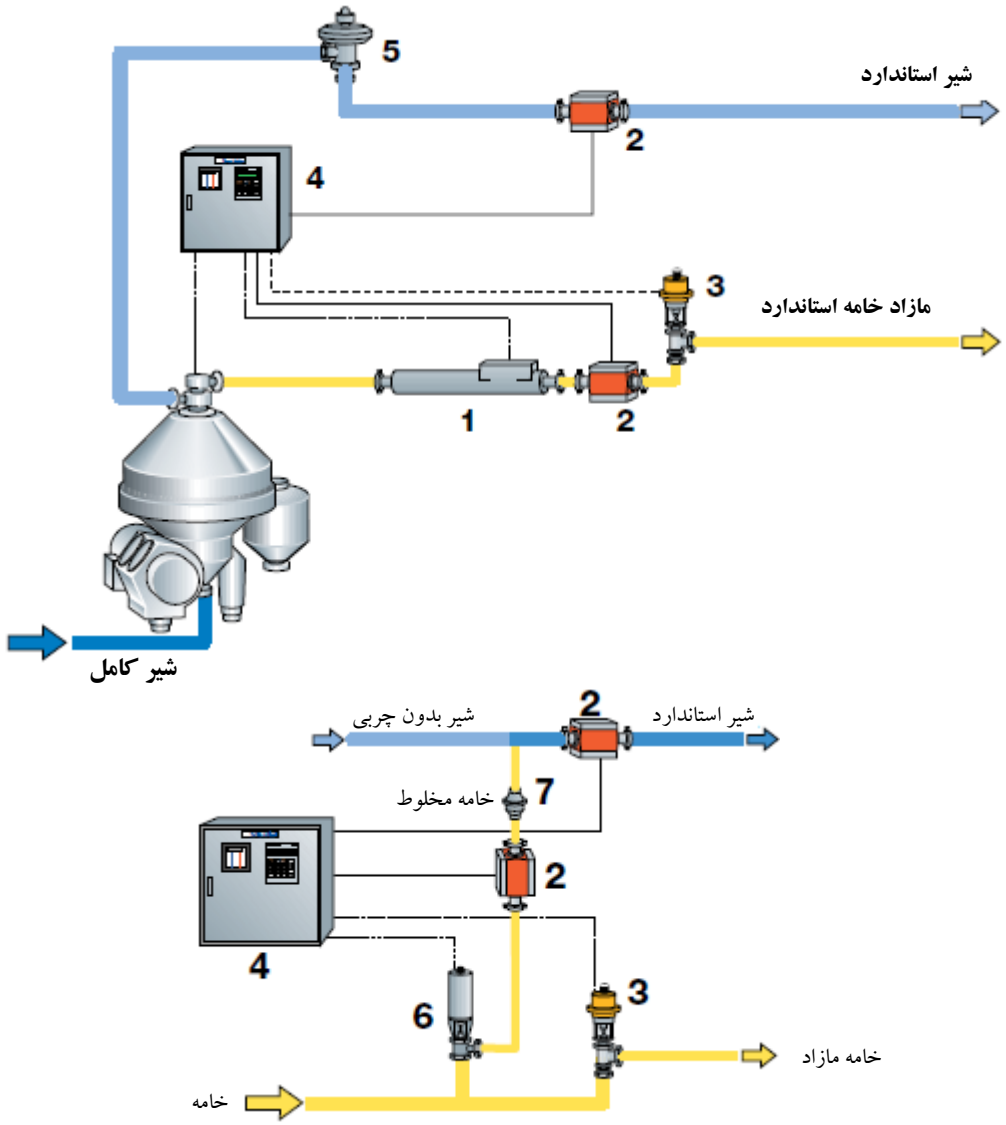
فشار در خروجی شیر بدون چربی باید ثابت نگه داشته شود تا امکان استانداردسازی دقیق فراهم شود. این فشار باید بدون توجه به تغییرات جریان یا افت فشار ناشی از تجهیزات پس از جداسازی حفظ شود و این کار با یک شیر فشار ثابت که نزدیک به خروجی شیر بدون چربی قرار دارد، انجام می‌شود. اکثر متغیرها (نوسانات چربی شیر ورودی، نوسانات در توان عملیاتی و نوسانات دمای پیش گرمایش) به یکدیگر وابسته هستند و هرگونه انحراف در یک مرحله از فرآیند، منجر به انحراف در تمام مراحل می‌شود. می‌توان محتوای چربی خامه را به هر مقداری در محدوده عملکرد جداکننده، تنظیم کرد (با انحراف استاندارد بر اساس تکرار پذیری بین ۰.۲ – ۰.۳ درصد چربی). برای شیر استاندارد، انحراف معیار بر اساس تکرارپذیری باید کمتر از ۰.۳ درصد باشد.شیر کامل قبل از جدا شدن در پاستوریزه در دمای ۵۵ تا ۶۵ درجه سانتی‌گراد، گرم می‌شود و پس از جداسازی، خامه با محتوای چربی از پیش تعیین شده، استاندارد می‌شود. مقدار محاسبه شده خامه‌ای که برای استانداردسازی شیر در نظر گرفته شده، مسیریابی می‌شود و با مقدار مناسبی از شیر بدون چربی، مخلوط می‌شود. خامه اضافه به سمت پاستوریزه خامه، می‌رود (شکل ۵-۲). تحت شرایط خاص می‌توان یک سیستم استانداردسازی درون خطی را برای جداکننده گریز از مرکز شیر سرد، اعمال کرد. همچنین باید به تمام بخش‌های چربی شیر، زمان کافی (۱۰ تا ۱۲ ساعت) در دمای پایین برای تبلور کامل، داده شود. چون چگالی با درجه تبلور تغییر می‌کند و در نتیجه دقت اندازه‌گیری فرستنده چگالی را که همیشه پس از نصب در شرایط حاکم کالیبره می‌شود، به خطر می‌اندازد.



شکل ۵-۲. اصل استانداردسازی مستقیم خامه و شیر.

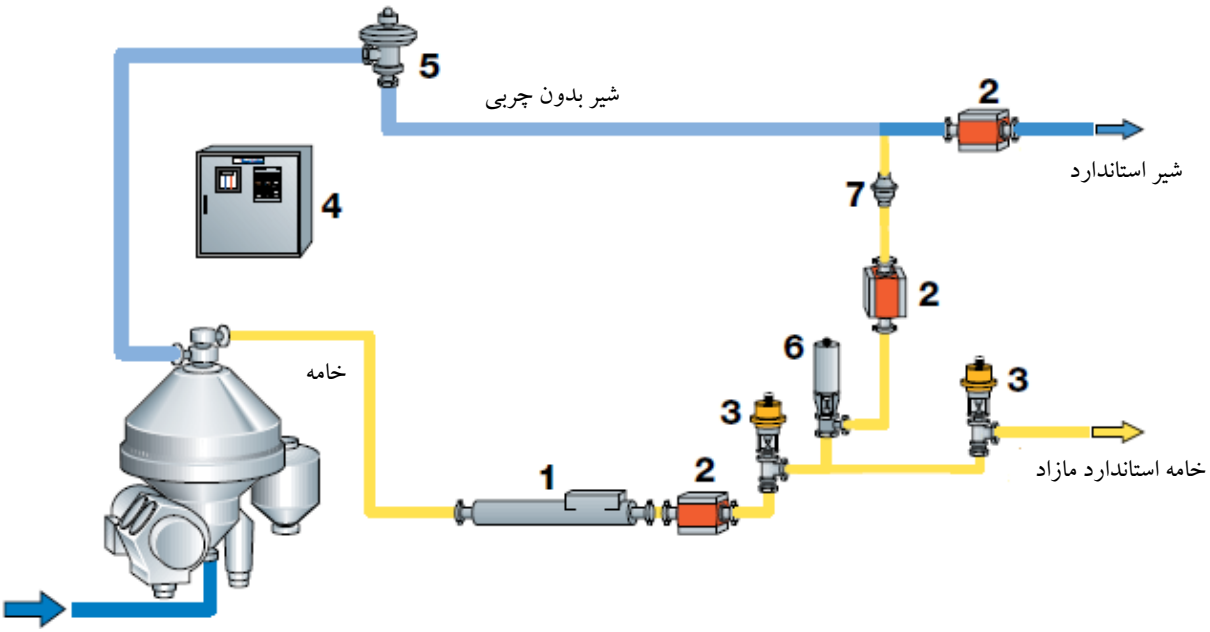
ت. سیستم کنترل چربی خامه : میزان چربی خامه در خروجی جداکننده با سرعت جریان خامه تعیین می‌شود (محتوای چربی خامه با سرعت جریان آن نسبت معکوس دارد). به همین دلیل، برخی از سیستم‌های استانداردسازی از جریان سنج برای کنترل محتوای چربی استفاده می‌کنند. تا وقتی که درجه حرارت و چربی شیر کامل، قبل از جداسازی ثابت باشد، این روش، سریعترین و دقیق‌ترین روش می‌باشد. سیگنال دستگاه، جریان خامه را طوری تنظیم می‌کند که محتوای چربی صحیح بدست آید. این روش به تغییرات دما و محتوای چربی شیر، حساس است. در شکل۶-۲ الف، دو فرستنده وجود

دارد که جریان خامه استاندارد شده و شیر بدون چربی را اندازه‌گیری می‌کنند و سیستم کنترل با استفاده از داده‌های آنها، جریان شیر کامل به جداکننده را محاسبه می‌کند. فرستنده چگالی، چگالی خامه را اندازه‌گیری می‌کند و این مقدار را به محتوای چربی تبدیل می‌کند. سیستم کنترل با ترکیب داده‌های محتوای چربی و سرعت جریان، شیر تعدیل‌کننده را برای بدست آوردن محتوای چربی خامه مورد نیاز، فعال می‌کند. چگالی خامه با محتوای چربی، نسبت معکوس دارد زیرا چربی خامه، تراکم کمتری دارد. در شکل ۶-۲ ب، مدار کنترل مقدار خامه‌ای که باید به طور مداوم در شیر کم چرب مخلوط شود را کنترل می‌کند تا محتوای چربی مورد نیاز در شیر استاندارد بدست آید. این شامل دو فرستنده جریان است. یکی در خط شیر استاندارد و دیگری در خط خامه برای مخلوط کردن مجدد قرار دارد. سیگنال‌های فرستنده‌های جریان به میکروکامپیوتر منتقل می‌شوند که نسبتی بین دو سیگنال ایجاد می‌کند.



شکل۶-۲. الف. حلقه کنترل برای ثابت نگه داشتن محتوای چربی خامه (۱. فرستنده چگالی ۲. فرستنده جریان ۳. شیر کنترل ۴. پنل کنترل ۵. شیر فشار ثابت). ب. مدار کنترل برای مخلوط کردن مجدد خامه با شیر بدون چربی (۲ فرستنده جریان ۳. شیر کنترل ۴. پنل کنترل ۶. شیر قطع ۷. شیر چک).

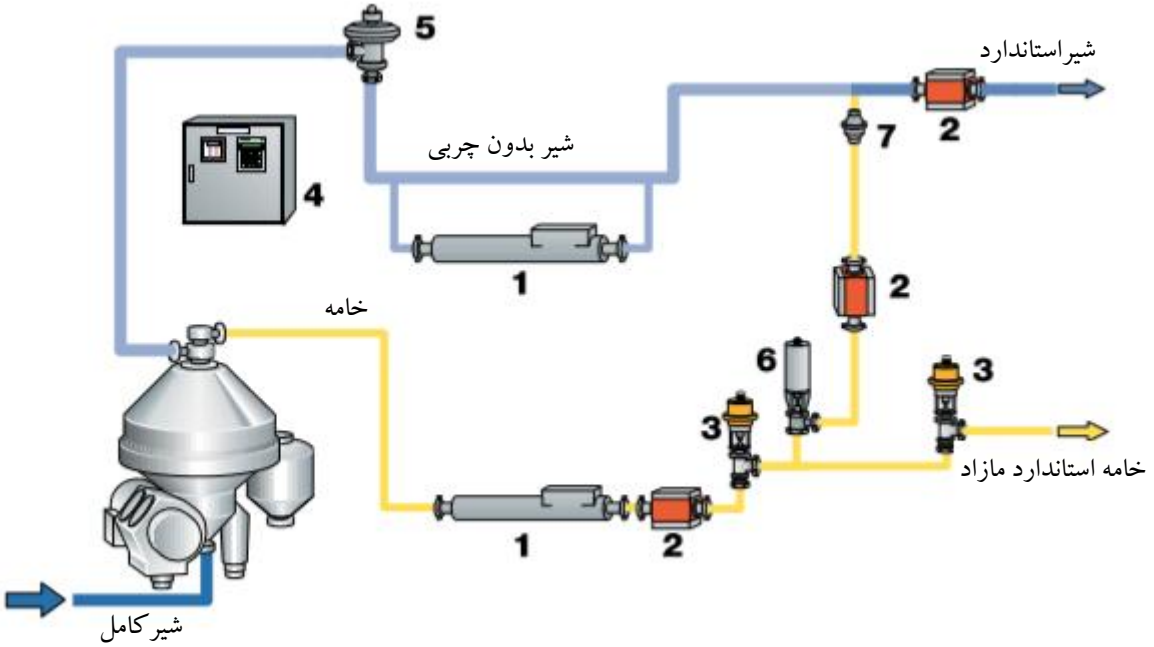
کامپیوتر مقدار اندازه گیری شده را با یک مقدار مرجع از پیش تعیین شده مقایسه می کند و سیگنالی را به یک شیر تنظیم کننده در خط خامه ارسال می کند. محتوای چربی بسیار کم در شیر استاندارد یعنی خامه خیلی کمی، مخلوط می‌شود. بنابراین نسبت بین سیگنال‌های فرستنده جریان کمتر از نسبت مرجع خواهد بود و افت فشار بالاتری ایجاد می کند که باعث می‌شود خامه بیشتری وارد خط مخلوط شدن مجدد گردد. این روی سیگنال رایانه تأثیر می گذارد. تنظیم به طور مداوم ادامه می‌یابد و سیگنال خروجی الکتریکی از کامپیوتر به سیگنال پنوماتیکی برای شیر کنترل شده توسط پنوماتیک تبدیل می‌شود. مخلوط شدن مجدد بر اساس محتوای چربی در خامه و شیر بدون چربی است. میزان چربی با مقدار ثابتی بین ۳۵ تا ۴۰ درصد تنظیم می‌شود و میزان چربی شیر کم‌چرب با راندمان چربی گیری جداکننده، تعیین می‌شود. خامه و شیر بدون چربی به نسبت دقیق مخلوط می‌شوند تا محتوای چربی از پیش تعیین شده در شیر استاندارد به دست آید، حتی اگر سرعت جریان از طریق جداکننده تغییر کند، یا اگر محتوای چربی شیر کامل ورودی متفاوت باشد. در خط استانداردسازی مستقیم کامل (شکل ۷-۲)، سیستم کنترل فشار در خروجی شیر بدون در نظر گرفتن نوسانات افت فشار در تجهیزات، فشار ثابتی را حفظ می کند. سیستم تنظیم کننده خامه با تنظیم جریان تخلیه خامه، محتوای چربی در خامه تخلیه شده از جداکننده را ثابت نگه می‌دارد و کنترل‌کننده نسبت خامه را با محتوای چربی ثابت و شیر بدون چربی (به نسبت لازم) مخلوط می کند تا شیر استاندارد با محتوای چربی مشخص، بدست آید.

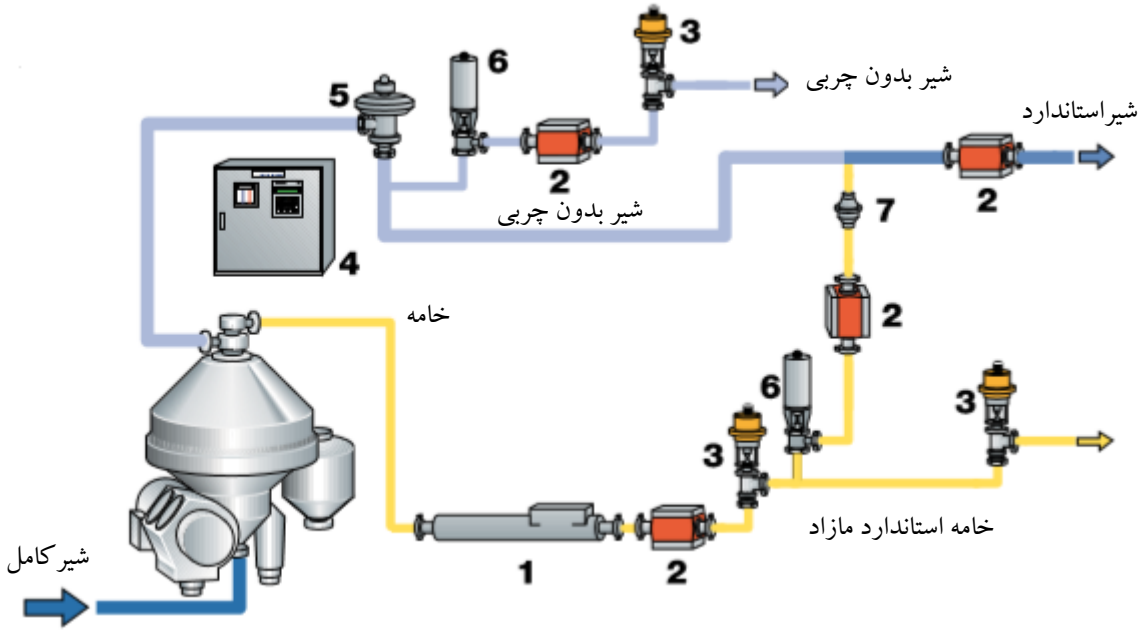


شکل ۷-۲. فرآیند کامل استانداردسازی مستقیم شیر و خامه (۱. فرستنده چگالی ۲. فرستنده جریان ۳. شیر کنترل ۴. پنل کنترل ۵. شیر فشار ثابت ۶. شیر قطع ۷. شیر چک).

بر اساس تکرارپذیری، انحراف معیار باید کمتر از ۰.۰۳ درصد برای شیر و ۰.۰۲ تا ۰.۰۳ درصد برای خامه باشد. گاهی اوقات در تولید پنیر نیاز به استانداردسازی چربی به SNF وجود دارد. بنابراین از یک فرستنده چگالی دوم (که در لوله شیر بدون چربی متصل به جداکننده قرار دارد) استفاده می‌شود. مطابق شکل ۸-۲ الف، فرستنده‌های چگالی دو عملکرد (افزایش دقت استاندارد سازی چربی ومقدار چگالی برای محاسبه محتوای SNF) را انجام می‌دهند. سیستم کنترل چگالی

برای کنترل نسبت چربی، مقداری از شیر بدون چربی را به محتوای SNF تبدیل می‌کند. مطابق شکل۸-۲ ب، اگر میزان چربی شیر ورودی کمتر از مقدار تعیین شده برای شیر استاندارد باشد، حجم محاسبه‌شده‌ای از شیر بدون چربی از جریان خروجی از جداکننده بیرون می‌آید و حجم باقی‌مانده با خامه مخلوط می‌شود. شیر مازاد گرم باید در اسرع وقت جمع آوری، خنک و پاستوریزه شود.گزینه‌های دیگری مانند افزودن خامه (خامه آب پنیر) با محتوای چربی شناخته شده نیز وجود دارد.به منظور استفاده از خامه حاصل از جداسازی آب پنیر، حجم متناظری از خامه معمولی خارج می‌شود.





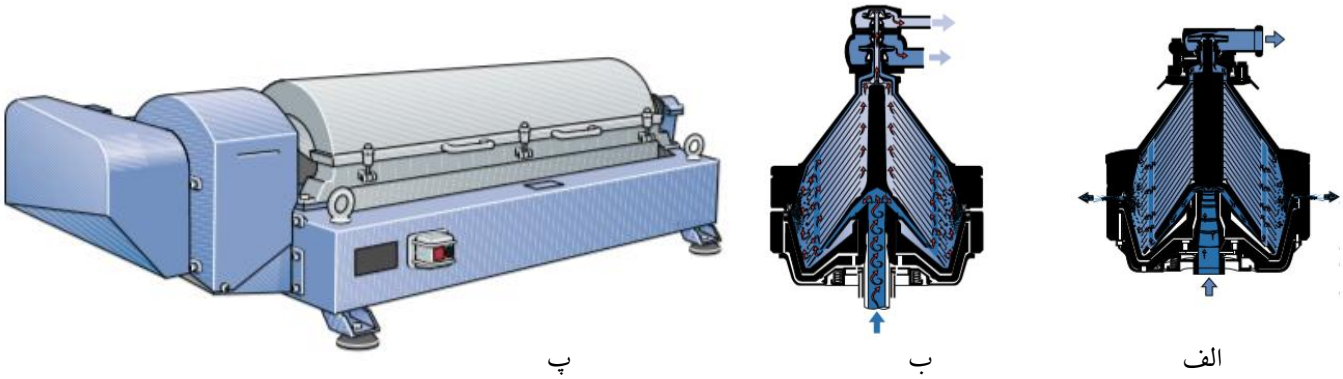
شکل ۸-۲. الف. سیستم استانداردسازی نسبت چربی به SNF (کازئین) با یک چگالی سنج اضافی در خط شیر بدون چربی (۱. فرستنده چگالی ۲. فرستنده جریان ۳. شیر کنترل ۴. پنل کنترل ۵. شیر فشار ثابت ۶. شیر قطع ۷.شیر چک). ب. استاندارد کردن شیر به میزان چربی بالاتر از شیر ورودی (۱. فرستنده چگالی ۲. فرستنده جریان ۳. شیر کنترل ۴. پنل کنترل ۵. شیر فشار ثابت ۶. شیر قطع ۷. شیر چک).

۸-۲. باکتری‌زدا (باکتریفیوژ)

میکروب‌گریزانی (باکتوفوگاسیون) فرآیندی است که در آن از یک دستگاه گریز از مرکز با طراحی خاص به نام باکتری‌زدا (باکتریفیوژ) برای جداسازی میکروارگانیسم‌ها از شیر، استفاده می‌شود. میکروب‌گریزانی برای بهبود کیفیت باکتریولوژیکی شیر در نظر گرفته شده برای محصولاتی مانند پنیر، پودر شیر و آب پنیر برای غذای کودک، استفاده می‌شود. چگالی باکتری‌ها (به ویژه هاگ‌های مقاوم در برابر حرارت) بیشتر از شیر است، پس باکتری‌زدا ابزاری کارآمد برای از بین بردن هاگ باکتری‌ها در شیر است. از آنجایی که این هاگ‌ها در برابر عملیات حرارتی نیز مقاوم هستند، باکتری‌زدا مکمل مفیدی برای گرماسازی، پاستوریزاسیون و استریل‌کردن است. باکتری‌زدا اصلی یک دستگاه گریز از مرکز کاسه‌ای جامد با نازل‌ها در پیرامون کاسه است. برای دستیابی به جداسازی کارآمد، می‌توان فضای لجن خارج از پشته دیسک، باکتری‌ها و هاگ‌ها را در یک دوره زمانی جمع‌آوری کرد و به طور متناوب در فواصل از پیش تعیین شده، تخلیه کرد. دو نوع باکتری‌زدا وجود دارد (شکل۹-۲ الف و ب) :

۱. باکتری‌زدا دو فاز دارای دو خروجی در بالا می باشد: یکی برای تخلیه مداوم تغلیظ باکتری‌ها (باکتوفوگات) از طریق دیسک بالایی مخصوص و دیگری برای فاز کاهش دهنده باکتری.

۲. باکتری‌زدا یک فاز فقط یک خروجی در بالای کاسه برای شیر کاهش یافته با باکتری دارد.



شکل۹-۲. الف.کاسه باکتوفوژ یک فاز برای تخلیه متناوب باکتوفوگ. ب. کاسه باکتری‌زدا دو فاز برای تخلیه مداوم باکتوفوگات. پ. دستگاه گریز از مرکز رسوب‌گیر.

باکتوفوگات در فضای لجن کاسه، جمع آوری می‌شود و در فواصل از پیش تعیین شده، تخلیه می‌شود. مقدار باکتوفوگات در باکتری‌زدا دو فاز، حدود ۳ درصد از خوراک است و در باکتری‌زدا یک فاز می‌تواند تا ۰.۱۵ درصد خوراک باشد. باکتوفوگات همیشه مقدار ماده خشک بیشتری نسبت به شیری که از آن منشا گرفته است، دارد و دمای باکتوفوگاسیون بالاتر باعث افزایش میزان پروتئین در باکتوفوگات می‌شود. دمای بهینه باکتوفوگاسیون ۵۵ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد است. باکتری‌های متعلق به جنس کلستریدیوم (باکتری‌های بی‌هوازی هاگ‌ساز) یکی از ترسناک‌ترین باکتری‌های پنیرساز هستند، زیرا می‌توانند باعث دمیدن دیرهنگام پنیر حتی در تعداد کم شوند. به همین دلیل شیر پنیر، باکتوفوگ می‌شود.

۹-۲. دستگاه‌های گریز از مرکز رسوب‌گیر

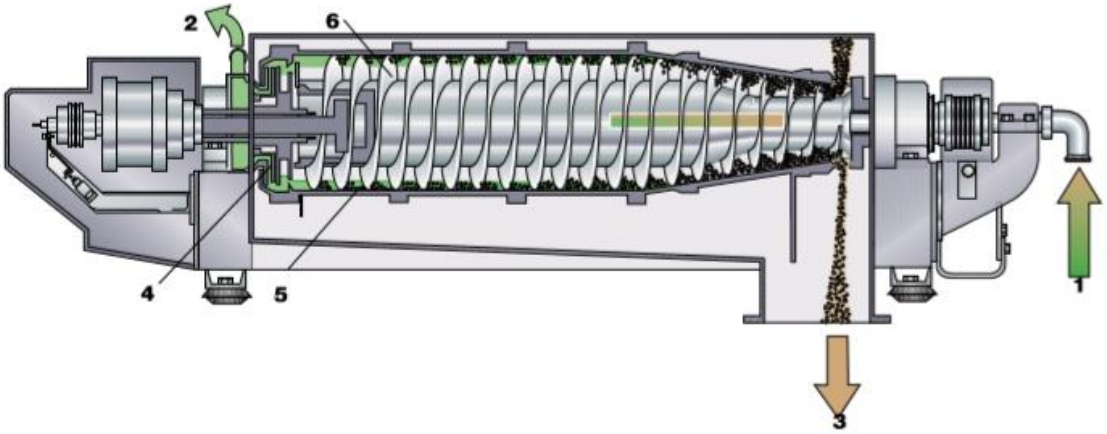
دستگاه‌های گریز از مرکز در صنایع لبنی برای برداشت محصولات خاص مانند کازئین رسوب شده و لاکتوز متبلور استفاده می‌شوند اما رسوب‌گیرهای (زلال‌کننده‌ها) دستگاه گریز از مرکز کاسه دیسکی، به دلیل محتوای جامد بالای خوراک برای این کار مناسب نیستند. دستگاه‌های گریز از مرکز سبد بهداشتی و دستگاه‌های گریز از مرکز رسوب‌گیر، بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل۹-۲پ). آنها همچنین در کارخانه‌های تولید شیر سویا و در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب (برای آب‌گیری لجن) مورد استفاده قرار می‌گیرند. دستگاه گریز از مرکز رسوب‌گیر، ماشینی است که برای ته‌نشینی مداوم جامدات معلق از مایع توسط نیروی گریز از مرکز در یک کاسه چرخان کشیده، مورد استفاده قرار می‌گیرد. مشخصه‌ای که رسوب‌گیر را از سایر دستگاه‌های گریز از مرکز متمایز می‌کند این است که مجهز به نوار نقاله پیچ محوری برای تخلیه مداوم مواد جامد جدا شده از روتور(چرخان) است. نوار نقاله در همان جهت کاسه اما با سرعتی متفاوت می‌چرخد تا جلوه حرکت را ایجاد کند. سایر ویژگی‌های بارز رسوب‌گیر عبارتند از:

۱ .یک کاسه مخروطی شکل باریک که حول یک محور افقی می‌چرخد.

۲. جریان مخالف با تخلیه مواد جامد از انتهای باریک و تخلیه فاز مایع از انتهای پهن.

تعلیق تغذیه از طریق یک لوله ورودی به منطقه تغذیه نوار نقاله وارد می‌شود و در آنجا شتاب می‌گیرد و به داخل روتور هدایت می‌شود (شکل ۱۰-۲). مواد جامد که باید وزن مخصوص بالاتری نسبت به مایع داشته باشند، به دلیل شتاب گریز از مرکز، بلافاصله در دیواره داخلی کاسه ته‌نشین می‌شوند و یک حلقه داخلی شفاف از مایع باقی می‌ماند. فاز جامد فشرده با استفاده از نوار نقاله پیچی، به صورت محوری به سمت انتهای باریک روتور منتقل می‌شود که چرخش آن با سرعت کمی متفاوت از کاسه است و سپس از حوضچه مایع خارج می‌شوند. مواد جامد خشک در نهایت از کاسه از طریق درگاه‌های تخلیه به محفظه جمع‌آوری ظرفی که روتور را احاطه کرده است می‌روند و تخلیه می‌شوند. از آنجا و خارج از دستگاه، مواد جامد توسط نیروی جاذبه از طریق یک قیف خروجی خارج می‌شوند. فاز مایع که به دلیل نیروی گریز از مرکز، یک استوانه توخالی را تشکیل می‌دهد، در یک کانال مارپیچ بین پره‌های نوار نقاله به سمت انتهای روتور، جریان می‌یابد. در آنجا مایع از سرریزهای قابل تنظیم شعاعی به داخل محفظه مرکزی مخزن جمع‌آوری، سرریز می‌کند و توسط گرانش تخلیه می‌شود. همچنین برخی از دستگاه‌های گریز از مرکز رسوب‌گیر برای تخلیه تحت فشار فاز مایع توسط یک دیسک جداکننده، مجهز شده اند. مایع به سمت محفظه‌ای سرریز می‌شود که یک بار دیگر یک استوانه دوار توخالی را تشکیل می‌دهد. کانال های موجود در دیسک ثابت در مایع چرخان غوطه ور می شوند که باعث اختلاف فشار می‌شود. مایع در کانال‌ها حرکت می‌کند و انرژی چرخش را به فشاری تبدیل می‌کند که برای پمپ کردن مایع از دستگاه و مراحل بعدی پردازش، کافی است. در یک دستگاه گریز از مرکز رسوب‌گیر، سه مرحله فرآیند جریان، رسوب به لایه‌های متحدالمرکز و حذف جداگانه فاز مایع و جامد، در یک جریان کاملاً پیوسته پیش می‌روند. اجزای اصلی یک دستگاه گریز از مرکز رسوب‌گیر شامل کاسه، نوار نقاله و جعبه دنده (شامل روتور) و قاب با کاپوت، مخازن جمع آوری، موتور

محرک و انتقال تسمه می‌باشد. روتور توسط یک موتور الکتریکی از طریق تسمه‌های ذوزنقه‌ای و قرقره‌ها به حرکت در می‌آید و گیربکس باعث تفاوت سرعت بین کاسه و نوار نقاله می‌شود.



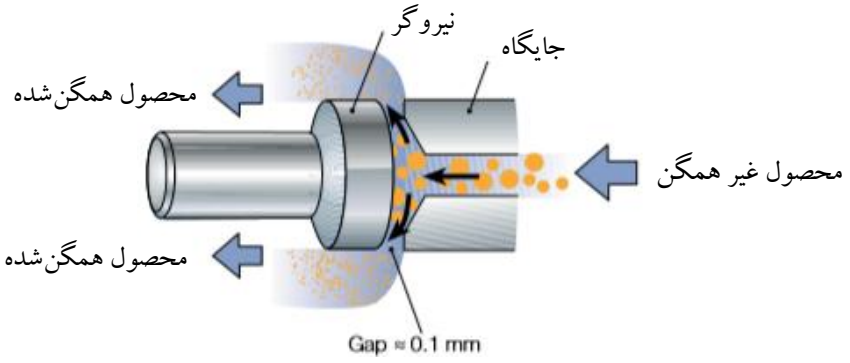
شکل ۱۰-۲. بخشی از روتور دستگاه گریز از مرکز رسوب‌گیر با تخلیه تحت فشار (۱. تعلیق تغذیه ۲. تخلیه فاز مایع ۳. تخلیه فاز جامد (توسط گرانش) ۴. محفظه و دیسک ۵. کاسه ۶. نوار نقاله پیچ).

فصل سوم :

همگن‌سازها

۱-۳. فن‌آوری اختلال در گلبول‌های چربی

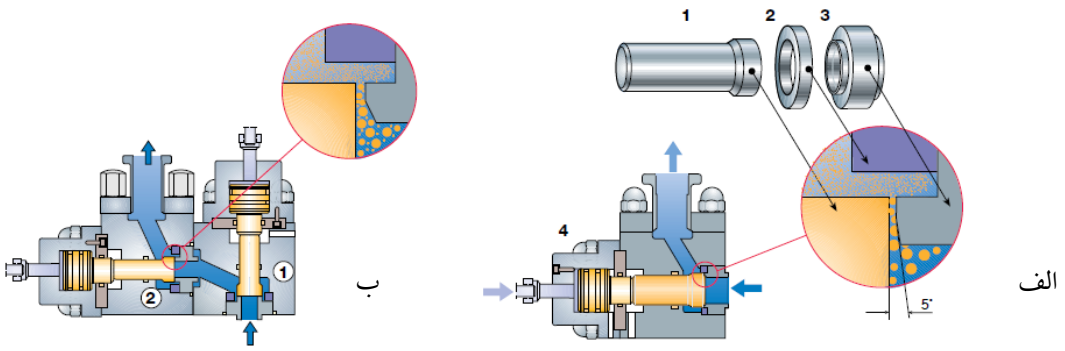
همگن‌سازی (همونیژه‌کردن) یک فرآیند صنعتی استاندارد است که برای تثبیت شیرابه چربی در برابر جداسازی گرانشی استفاده می‌شود و باعث از هم‌گسیختگی گلبول‌های چربی به گلبول‌های بسیار کوچک‌تر می‌شود. در نتیجه خامه‌ای شدن را کاهش می‌دهد و تمایل گلبول‌ها به جمع شدن یا به هم پیوستن را کاهش می‌دهد. متلاشی شدن گلبول‌های چربی اصلی به کمک آشفتگی و تشکیل حفره، بدست می‌آید. گلبول‌های چربی تازه ایجاد شده با مخلوطی از پروتئین‌های جذب شده از فاز پلاسما روی سطح قرار می‌گیرند. وضعیت فیزیکی و غلظت فاز چربی در زمان همگن‌سازی به اندازه و پراکندگی گلبول‌های چربی بعدی، کمک می‌کند. همگن‌سازی شیر سرد که در آن چربی اساساً جامد می‌شود، بی‌اثر است. فرآوری در دمایی که منجر به انجماد جزئی چربی شیر و پراکندگی ناقص فاز چربی می‌شود، هنگامی‌که فاز چربی در حالت مایع و در غلظت‌های طبیعی شیر باشد، همگن‌سازی کارآمدتری دارد. محصولات با محتوای چربی بالا، شواهدی از تجمع چربی نشان می‌دهند، به خصوص هنگامی که غلظت پروتئین‌های آب پنیر نسبت به محتوای چربی، پایین باشد. روش‌های همگن‌سازی با فشار بالا باعث تشکیل گلبول‌های کوچک چربی می‌شود. دمای همگن سازی بین ۶۰ تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد است و همگن‌سازی بین ۱۰ تا ۲۵ مگاپاسکال، بسته به محصول است. هنگامی که مایع از شکاف باریک عبور می‌کند، سرعت جریان افزایش می‌یابد تا هنگامی که فشار ساکن آنقدر کم شود که مایع شروع به جوشیدن کند (شکل ۱-۳). حداکثر سرعت به فشار ورودی بستگی دارد. هنگامی که مایع از شکاف خارج می‌شود سرعت کاهش می‌یابد و فشار دوباره افزایش می‌یابد. جوشیدن مایع متوقف می‌شود و حباب‌های بخار منفجر می‌شوند.



شکل ۱-۳. هنگام همگن‌شدن، شیر از یک شکاف باریک عبور می‌کند که در آن گلبول‌های چربی شکافته می‌شوند.

۲-۳. همگن‌سازهای تک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای

همگن‌سازها ممکن است به یک دستگاه همگن‌ساز (تک مرحله‌ای) یا دو دستگاه متصل به صورت سری (همگن‌ساز دو مرحله‌ای) ، مجهز باشند (شکل۲-۳). در همگن‌ساز تک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای، فشار همگن‌سازی کل قبل از مرحله اول (P_1) و در ادامه قبل از مرحله دوم (P_2) اندازه‌گیری می‌شود و بهترین نتایج برای رسیدن به همگن‌سازی بهینه، وقتی بدست می‌آید که $P_1 / P_2 = 0.2$ باشد.



الف ب

شکل۲-۳. الف. اجزای یک دستگاه همگن‌ساز تک مرحله‌ای (۱.نیروگر ۲. حلقه برخورد ۳. جایگاه ۴. محرک هیدرولیک). ب. سر همگن‌ساز دو مرحله‌ای (۱. مرحله اول ۲. مرحله دوم).

۳-۳. اثرهای همگن‌سازی

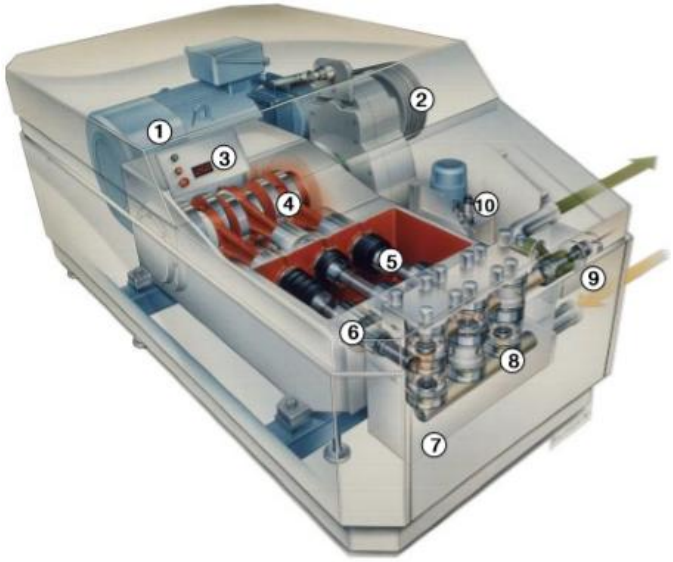
همگن‌سازی بر ساختار فیزیکی شیر، تاثیرگذار خواهد بود. البته این فرآیند دارای معایب و مزایایی نیز خواهد بود :

معایب	مزایا
افزایش حساسیت به نور خورشید و لوله‌های فلورسنت، منجر به ایجاد طعم آفتاب‌خوردگی می‌شود	گلبول‌های چربی کوچکتر که منجر به تشکیل خط خامه نمی‌شود
نمی‌توان شیر هموژن را به طور موثر جدا کرد	رنگ سفیدتر و اشتها آورتر
کاهش پایداری حرارتی، محتوای چربی بالا و سایر عواملی که در تجمع چربی نقش دارند	کاهش حساسیت به اکسیداسیون چربی
شیر برای تولید پنیرهای نیمه سخت یا سفت مناسب نخواهد بود زیرا انعقاد بسیار نرم خواهد بود و آبگیری آن دشوار است	طعم کامل‌تر و احساس دهانی (تغذیه) بهتر
	پایداری بهتر محصولات شیر کشت شده

جدول ۱-۳. مزایای ومعایب همگن‌سازی.

همگن‌سازهای فشار بالا، هنگامی مورد نیاز هستند که همگن‌سازی با راندمان بالا، مورد نیاز باشد. محصول وارد بلوک پمپ می‌شود و توسط پمپ پیستون، تحت فشار قرار می‌گیرد. فشاری که بدست می‌آید، با فشار برگشتی که با فاصله بین نیرو و جایگاه در دستگاه همگن‌ساز داده می‌شود، تعیین می‌شود. P_1 فشار همگن و P_2 فشار برگشتی به مرحله اول یا فشار ورودی به مرحله دوم است (شکل۳-۳). پمپ پیستون توسط یک موتور الکتریکی قدرتمند به حرکت در می‌آید واز طریق انتقال میل لنگ و شاتون (دسته پیستون)، حرکت چرخشی موتور را به حرکت رفت و برگشتی پیستون‌های پمپ تبدیل می‌کند. دستگاه دارای دو پیستون است و این پیستون‌ها به صورت یک سیلندر در یک بلوک فشار بالا، کار می‌کنند. برای خنک کردن پیستون‌ها، می‌توان آب را به فضای بین آب بندی‌ها رساند. میعانات داغ نیز می‌تواند برای جلوگیری از عفونت مجدد در فرآیندهای ضدعفونی عرضه شود. پمپ پیستون فشار شیر را از ۳۰۰ کیلو پاسکال در ورودی به فشار همگن‌سازی ۱۰ تا ۲۵ مگاپاسکال (بسته به محصول) افزایش می‌دهد. فشار ورودی به مرحله اول قبل از دستگاه (فشار

همگن‌سازی) به طور خودکار ثابت نگه داشته می‌شود. فشار روغن روی پیستون هیدرولیک و فشار همگن‌سازی روی نیروگر، یکدیگر را متعادل می کنند.



شکل۳-۳. همگن‌ساز یک پمپ فشار قوی بزرگ با یک دستگاه همگن‌کننده است (۱. موتور محرکه اصلی ۲. انتقال تسمه ولتاژ ۳. نشانگر فشار ۴. میل لنگ ۵. پیستون ۶. کارتریج آب بند پیستون ۷. بلوک پمپ فولاد ضد زنگ جامد ۸.شیرها ۹. دستگاه همگن‌کننده ۱۰. سیستم تنظیم فشار هیدرولیک).

همگن‌ساز به یک مخزن روغن معمولی مجهز می‌باشد. با تغییر فشار روغن، فشار همگن‌سازی جدید تنظیم می‌شود و می‌توان فشار را بر روی گیج فشار خواند. همگن‌سازی همیشه در مرحله اول اتفاق می افتد. مرحله دوم، دو هدف را دنبال می کند :

_ تامین یک فشار برگشتی ثابت و کنترل شده به مرحله اول، فراهم کردن بهترین شرایط ممکن برای همگن‌سازی.

_ شکستن خوشه‌ها مستقیماً پس از همگن‌سازی.

حلقه فشار به گونه‌ای به جایگاه متصل می‌شود که سطح داخلی، عمود بر خروجی شکاف باشد و جایگاه محصول را به روشی کنترل شده شتاب می‌دهد تا سایش و پارگی سریع را کاهش دهد. شیر با فشار بالا به فضای بین جایگاه و نیروگر می‌رسد و تمام انرژی فشاری که توسط پمپ پیستون ایجاد شد به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود. قسمت دیگر به صورت گرما آزاد می‌شود. هر ۴۰ بار افت فشار بر روی دستگاه، باعث افزایش دمای ۱ درجه سانتیگراد می‌شود. بنابراین همگن‌سازی با فشار بالا، کارآمدترین روش موجود است.

۳-۴.کارایی همگن‌سازی

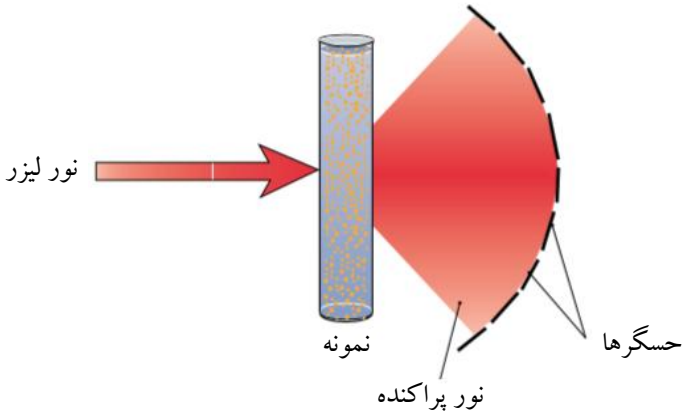
چون همگن‌سازی دارای کاربردهای متفاوت است پس روش‌های اندازه‌گیری بازدهی آن نیز متفاوت است. طبق قانون استوکس، سرعت افزایش یک ذره برابر است با :

$$v_g = \frac{p^2 \times (\eta_{hp} - \eta_{lp})}{18 \times t} \times g \qquad (۸)$$

v_g سرعت، g نیروی گرانش، p اندازه ذره، η_{hp} چگالی مایع، η_{lp} چگالی ذره و t چسبندگی می‌باشد. پس کاهش اندازه ذرات، یک راه کارآمد برای کاهش سرعت افزایش است و کاهش اندازه گلبول‌های چربی در شیر، سرعت خامه شدن را کاهش می‌دهد. روش‌های تحلیلی برای تعیین کارایی همگن‌سازی به دو گروه تقسیم می‌شوند :

الف. مطالعات میزان خامه‌ای شدن : روشی برای تعیین میزان خامه‌ای شدن ، نمونه برداری، نگهداری آن برای مدت زمان معین و تجزیه و تحلیل محتوای چربی لایه‌های مختلف نمونه است.

ب. تجزیه و تحلیل توزیع اندازه : توزیع اندازه ذرات یا قطرات در یک نمونه را می‌توان با استفاده از واحد پراش لیزر که یک پرتو لیزر را از طریق نمونه به یک کیووت می‌فرستد، تعیین کرد (شکل۴-۳). نور بسته به اندازه و تعداد ذرات در نمونه پراکنده خواهد شد. درصد (چربی) به عنوان تابعی از اندازه ذرات (اندازه کروی چربی) داده می‌شود.



شکل۴-۳. تجزیه و تحلیل ذرات با پراش لیزر.

۵-۳. مصرف انرژی و تاثیر آن بر دما

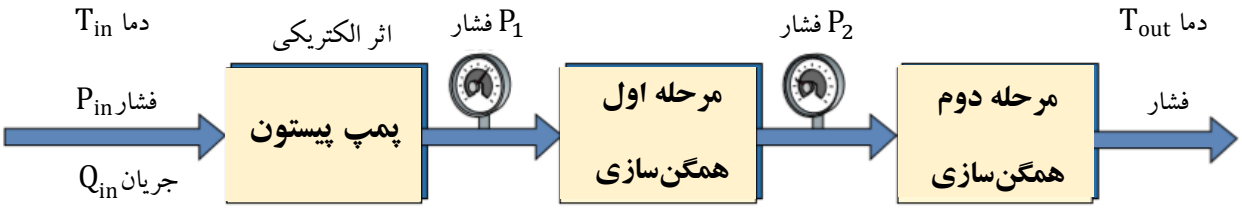
ورودی توان ef الکتریکی مورد نیاز برای همگن‌سازی با فرمول زیر بیان می‌شود :

$$\mathrm{E} = \frac{Q_{in} \times (\mathrm{P_1} - \mathrm{P_{in}})}{3600 \times \eta_{pump} \times \eta_{el.motor}} \quad \mathrm{kw} \qquad (۹)$$

E اثر الکتریکی، $\mathrm{Q_{in}}$ ظرفیت خوراک، $\mathrm{P_1}$ فشار همگن‌سازی، $\mathrm{P_2}$ فشار ورودی به پمپ، η_{pump} ضریب راندمان پمپ و $\eta_{el.motor}$ ضریب راندمان موتور الکتریکی می‌باشد. با توجه به اینکه هر ۴ مگاپاسکال (۴۰ بار) در افت فشار، دما را ۱ درجه سانتی گراد افزایش می‌دهد، داریم :

$$\mathrm{T_{out}} = \frac{\mathrm{P_1} - \mathrm{P_{out}}}{40} + \mathrm{T_{in}} \qquad (۱۰)$$

$\mathrm{P_{out}}$، فشار پس از همگن‌سازی می‌باشد. مصرف انرژی، افزایش دما و کاهش فشار را در شکل۵-۳، قابل مشاهده است.



شکل۵-۳. انرژی، دما و فشار در یک همگن‌سازی.

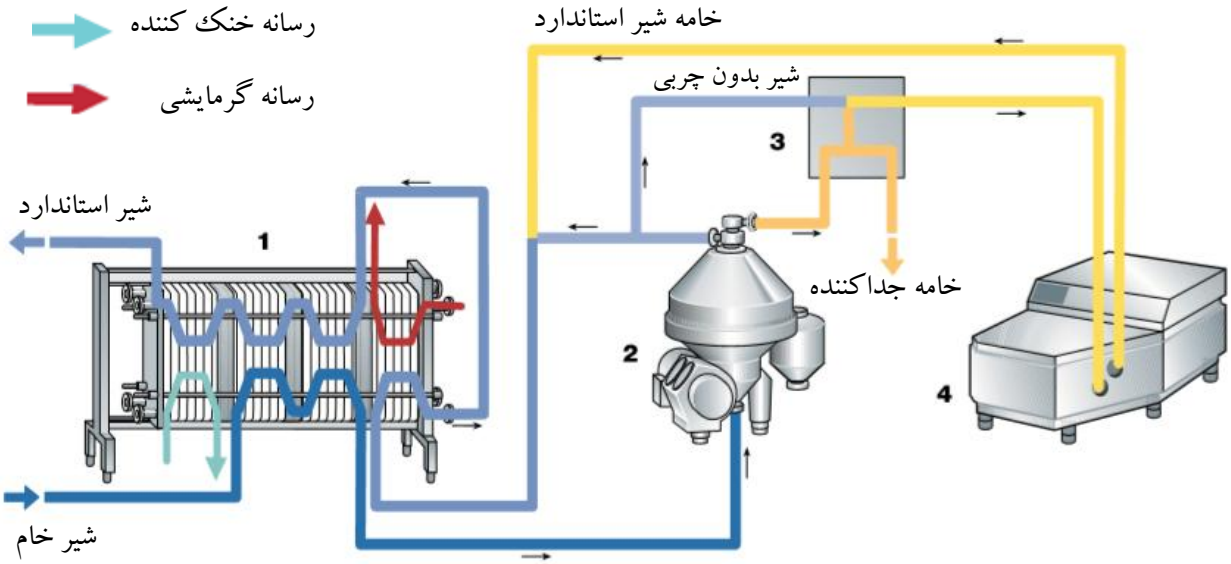
۶-۳. همگن‌ساز در یک خط پردازش

همگن‌ساز بعد از اولین بخش احیا کننده و قبل از بخش گرمایش نهایی در یک مبدل حرارتی قرار می‌گیرد. در تولید شیر UHT، همگن‌ساز در سیستم‌های غیرمستقیم در جریان بالادست قرار می‌گیرد، اما در سیستم‌های مستقیم همیشه در جریان پایین دست (در سمت ضدعفونی پس از تصفیه UHT) قرار می‌گیرد. اما برای سیستم‌های UHT غیرمستقیم، مکان جریان پایین‌دست همگن‌ساز (که محصولات شیری با محتوای چربی بالاتر از ۶-۱۰٪ و یا با محتوای پروتئین افزایش یافته فرآوری می‌شوند) توصیه می‌شود. چون با افزایش محتوای چربی و پروتئین، خوشه‌های چربی و یا پروتئین در دمای عملیات حرارتی بسیار بالا، تشکیل می‌شوند. جریان کامل یا همگن‌سازی کامل، رایج ترین شکل همگن‌سازی شیر بازار و فرآورده های شیر کشت شده می‌باشد. محتوای چربی شیر قبل از همگن‌سازی، استاندارد می‌شود و گاهی اوقات (مثل تولید ماست) محتوای جامد بدون چربی نیز استاندارد می‌شود. همگن‌سازی جزئی جریان، یعنی بدنه اصلی شیر بدون چربی، همگن‌سازی نیست بلکه فقط خامه همراه با نسبت کمی از شیر بدون چربی است (مثل شیر پاستوریزه). دلیل این کار، کاهش هزینه‌های عملیاتی است (چون حجم کمتری از همگن‌ساز عبور می کند، مصرف برق ۶۵ درصد کاهش می‌یابد). هنگامی که محصول حاوی حداقل ۰,۲ کازئین در هر گرم چربی است، همگن‌سازی به خوبی انجام می‌شود و حداکثرمقدار مناسب برای چربی خامه، ۱۲ درصد می‌باشد. ظرفیت ساعتی همگن‌ساز مورد استفاده برای همگن‌ساز جزئی و خروجی شیر استاندارد برابر است با :

$$Q_{\mathrm{sm}} = \frac{Q_{\mathrm{p}} \times (\mathrm{f}_{cs} - \mathrm{f}_{rm})}{\mathrm{f}_{cs} - \mathrm{f}_{rm}} \qquad (۱۱)\ \text{خروجی شیر استاندارد}$$

$$Q_{\mathrm{h}} = \frac{Q_{\mathrm{sm}} \times \mathrm{f}_{sm}}{\mathrm{f}_{ch}} \qquad (۱۲)\ \text{ظرفیت ساعتی همگن‌ساز}$$

Q_{p} ظرفیت گیاه، Q_{sm} خروجی شیر استاندارد، Q_{h} ظرفیت همگن‌سازی، f_{rm} محتوای چربی شیر خام، f_{sm} میزان چربی شیر استاندارد، f_{cs} میزان چربی خامه از جداکننده، f_{ch} میزان چربی خامه که باید همگن شود. الگوی جریان در کارخانه شیر نیمه همگن‌شده در شکل ۶-۳، نشان داده شده است.



شکل۶-۳. جریان محصول در همگن‌سازی جزئی جریان (۱. مبدل حرارتی ۲. جداکننده گریز از مرکز ۳. دستگاه استانداردسازی خودکار چربی ۴. همگن‌ساز).

فصل چهارم :

فیلترهای غشایی (ممبران)

۱-۴. غشا

فناوری غشاء یک روش جداسازی است که در سطوح مولکولی و یونی استفاده می‌شود (جداول ۱-۴ و ۲-۴).

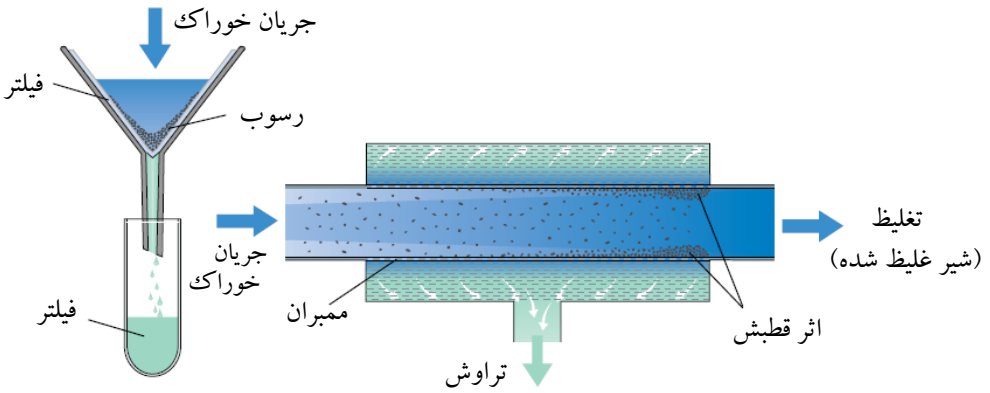
عنوان	تعریف
خوراک	محلولی که باید غلیظ یا تکه تکه شود
شار	سرعت استخراج تراوش بر حسب لیتر بر متر مربع سطح غشا در ساعت
رسوب غشا	رسوب مواد جامد بر روی غشا، غیر قابل برگشت در طول پردازش
تراوش کردن	فیلتر، مایعی که از غشا عبور می‌کند
شیر غلیظ شده	کنسانتره (متمرکز کردن)، مایع باقی مانده
ضریب غلظت	کاهش حجم حاصل از غلظت، یعنی نسبت حجم اولیه خوراک به حجم نهایی کنسانتره
نفوذ	تصفیه فراپالایش که در آن آب به خوراک اضافه می‌شود تا در ادامه نفوذ، اجزای خوراک که از غشاها، لاکتوز (قند شیر) و مواد معدنی عبور می‌کنند، شسته شود.

جدول ۱-۴. تعاریف برخی از عبارات پرکاربرد فیلتر ممبران.

تعریف	عنوان
اسمز یا تراوش معکوس(RO)	غلظت محلول‌ها با حذف آب
نانو فیلتراسیون (NF)	غلظت اجزای آلی با حذف بخشی از یون‌های تک ظرفیتی مانند سدیم و کلر (دی‌منیرالیزاسیون جزئی)
اولترافیلتراسیون (UF)	غلظت مولکول های بزرگ و ماکرو
میکروفیلتراسیون (MF)	حذف باکتری‌ها، جداسازی ماکرو مولکول‌ها

جدول ۲-۴. موارد مرتبط با فناوری ممبران در صنعت لبنیات.

فرآیندهای جداسازی غشا، دارای فیلتراسیون غشایی جریان متقاطع هستند که در آن محلول خوراک تحت فشار از طریق غشاء عبور می‌کند و روی یک غشاء جریان می‌یابد. تراوش حذف می شود و مواد جامد حفظ می‌شوند (شکل ۱-۴). غشاها بر اساس وزن مولکولی خود تقسیم می‌شوند اما نمی‌توان یک غشاء را بر اساس برش وزن مولکولی انتخاب کرد.



شکل ۱-۴. تفاوت‌های اساسی فیلتراسیون معمولی (سمت چپ) و غشایی (سمت راست).

فیلتراسیون سنتی برای جداسازی ذرات معلق بزرگتر از ۱۰ میکرومتر استفاده می‌شود اما فیلتراسیون غشایی، مواد با اندازه‌های مولکولی کمتر از ۱۰-۴ میکرومتر را جدا می کند.

تفاوت‌های فیلتراسیون معمولی و غشایی در جدول ۳-۴، بیان می‌شود :

فیلتر معمولی	فیلتر غشایی (ممبران)
فیلترهایی ضخیم با ساختار باز هستند (جنس‌شان از کاغذ است).	فیلترهایی نازک و دارای اندازه منافذ کنترل شده هستند (از پلیمرها، سرامیک‌ها و به ندرت استات سلولز، تشکیل شده‌اند).
گرانش نیروی اصلی موثر بر جداسازی ذرات است و فشار ممکن است فقط برای تسریع فرآیند اعمال شود. جریان خوراک عمود بر محیط فیلتر است و می‌توان فیلتراسیون را در سیستم‌های باز انجام داد.	استفاده از فشار به عنوان نیروی محرکه برای جداسازی ضروری است و از طراحی جریان متقاطع یا مماسی پیروی می‌شود. محلول تغذیه به موازات سطح غشاء حرکت می کند و تراوش عمود بر غشای فیلتراسیون، جریان می یابد. فیلتراسیون باید در یک سیستم بسته انجام شود.

جدول ۳-۴. تفاوت‌های فیلتراسیون معمولی و غشایی.

اصول و تکنیک‌های جداسازی غشایی که در صنایع لبنی مورد استفاده قرار می گیرد در جدول ۴-۴، بیان شده است :

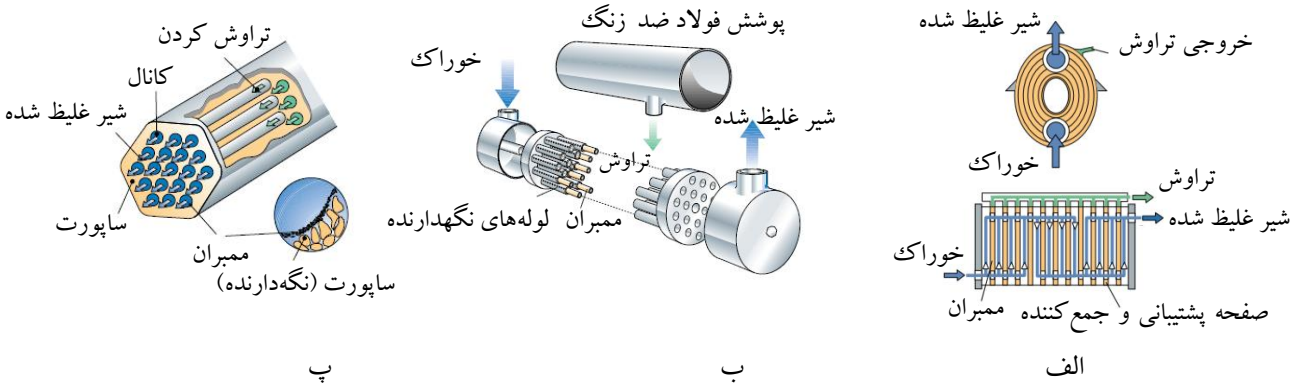
عنوان	کاربرد
RO	برای کم آبی آب پنیر، نفوذ UF و میعانات استفاده می‌شود
NF	برای نمک زدایی جزئی آب پنیر، نفوذ UF یا نگهداری، استفاده می‌شود
UF	برای تغلیظ پروتئین‌های شیر در شیر و آب پنیر و برای استانداردسازی پروتئین شیر در نظر گرفته شده برای پنیر، ماست و برخی محصولات دیگر استفاده می‌شود.
MF	برای کاهش باکتری‌ها در شیر بدون چربی، آب پنیر و آب نمک و برای چربی زدایی آب پنیر در نظر گرفته شده برای تغلیظ پروتئین آب پنیر و برای تقسیم پروتئین استفاده می‌شود.

جدول ۴-۴. اصول و تکنیک‌های جداسازی غشایی در صنایع لبنی

ماژول‌های فیلتراسیون دارای پیکربندی‌های مختلفی هستند :

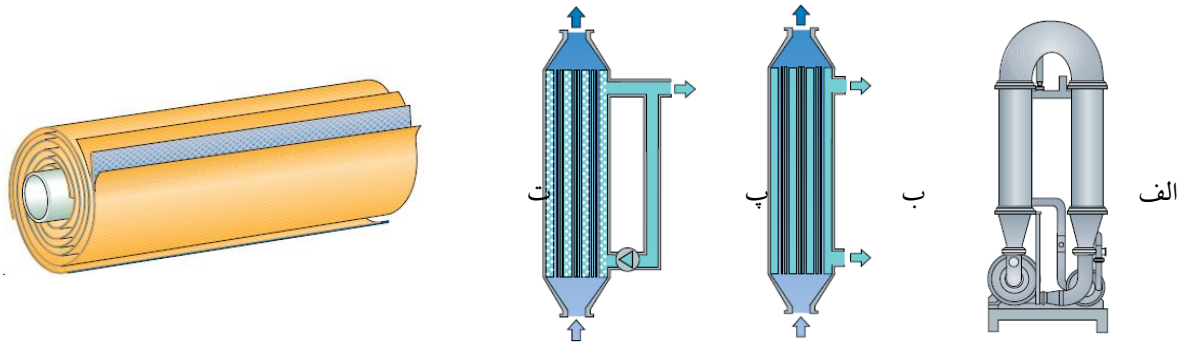
الف. طراحی صفحه و قاب : این سیستم‌ها از غشاهایی تشکیل شده‌اند که بین صفحات نگهدارنده غشایی قرار گرفته‌اند که شبیه به مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای معمولی در پشته‌ها قرار گرفته‌اند (شکل ۲-۴ الف). مواد خوراک از طریق کانال‌های بسیار باریکی که ممکن است برای جریان موازی یا به صورت ترکیبی از کانال‌های موازی و سریال پیکربندی شوند، منتقل می‌شود. یک ماژول به بخش‌هایی تقسیم می‌شود که در هر یک از آنها، جریان بین جفت غشا به صورت موازی است. بخش‌ها توسط یک صفحه پشتیبانی غشایی خاص جدا می‌شوند که در آن یک سوراخ با یک دیسک توقف، بسته می‌شود تا جهت جریان را معکوس کند و جریان سریالی را بین بخش‌های متوالی، ایجاد کند.

ب. طراحی لوله‌ای – پلیمری : مطابق شکل ۲-۴ ب، ماژول PCI دارای خوراک‌لوله‌های فولادی ضد زنگ است که به صورت سری به هم متصل شده‌اند و در ساختاری پوسته‌ای و لوله‌ای مونتاژ شده‌اند. یک لوله غشایی قابل تعویض در داخل هر یک از لوله‌های پشتیبانی فشار فولاد ضد زنگ، تعبیه شده است. تراوش در قسمت بیرونی دسته لوله در پوشش فولادی ضد زنگ، جمع آوری می‌شود و می‌توان ماژول را از UF به RO ، تبدیل کرد.



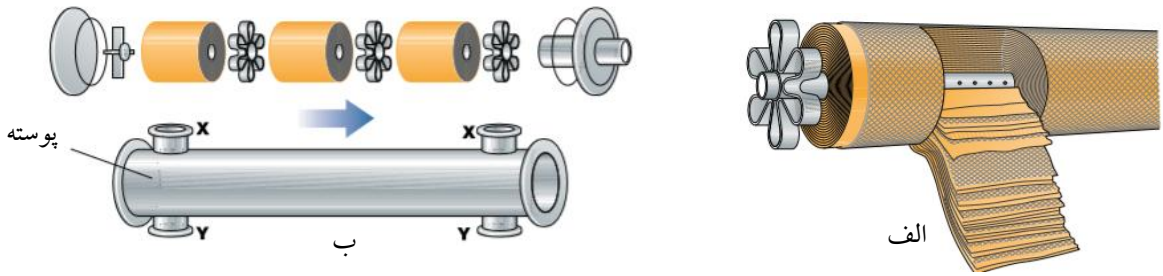
شکل۲-۴. الف. نمونه‌ای از سیستم صفحه و قاب برای UF. ب. نمونه‌ای از یک ماژول لوله‌ای برای ادغام در یک سیستم UF (یا RO). پ. فیلتراسیون جریان متقاطع در یک عنصر چند کاناله.

پ. طرح لوله‌ای – سرامیکی : این طرح در صنایع لبنی، به‌ویژه در سیستم‌های کاهش باکتری‌ها در شیر، آب پنیر، WPC و آب نمک در حال افزایش است. دیواره‌های نازک کانال‌ها از سرامیک ریزدانه ساخته شده و غشا را تشکیل می‌دهند (شکل۲-۴ پ). برای حذف باکتری در MF ، سیستم با شیر بدون چربی تغذیه می‌شود (با شیر کامل، چربی نیز غلیظ می‌شود که در برنامه‌های کاهش باکتری مورد نیاز نیست). ۹۵ درصد از خوراک به عنوان تراوش از غشاء عبور می‌کند (در این مورد شیر بدون چربی کاهش یافته توسط باکتری‌ها) و حدود ۵ درصد از خوراک (ماده نگهدارنده) ، شیر بدون چربی غنی از باکتری است. عناصر فیلتر در یک ماژول نصب می‌شوند و دو ماژول به صورت سری کنار هم قرار می‌گیرند و یک حلقه فیلتر را به همراه یک پمپ جریان شیر غلیظ شده و یک پمپ جریان نفوذی تشکیل می‌دهند (شکل ۳-۴ الف). بسته به ظرفیت مورد نیاز می‌توان تعدادی حلقه فیلتر را به صورت موازی نصب کرد. خوراک از پایین با سرعت جریان بالا به داخل ماژول‌ها پمپ می‌شود. فشار بسیار بالای تراغشایی در ورودی به سرعت باعث گرفتگی غشا می‌شود و پدیده میکروفیلتراسیون متقاطع معمولی را بوجود می‌آورد (شکل۴-۴ ب). فشار گذرنده پایین فقط در خروجی، یعنی در قسمت بسیار کوچکی از ناحیه غشاء رخ می‌دهد. برای دستیابی به شرایط بهینه، از یک سیستم فشار تراغشایی یکنواخت شامل گردش تراوش با سرعت بالا همزمان با محفظه داخل ماژول، استفاده می‌شود (شکل ۴-۴ پ). این یک فشار بسیار بالای تراغشایی یکنواخت را در کل ناحیه غشاء با استفاده بهینه از غشا ایجاد می‌کند. سیستم دوم امکان پذیر است زیرا فضای بین عناصر داخل ماژول، یعنی در سمت تراوش، معمولا خالی است، اما در فشار بسیار بالای تراغشایی، با دانه‌های پلاستیکی پر شده است. گردش با سرعت بالا تراوش باعث افت فشار در داخل کانال‌ها می‌شود. افت فشار در سمت تراوش توسط پمپ تراوش تنظیم می‌شود و در طول عملیات نیروگاه، ثابت است.



شکل۳-۴. الف. یک حلقه فیلتر غشایی صنعتی شامل یک پمپ جریان شیر غلیظ شده، یک عدد پمپ جریان نفوذی و دو ماژول فیلتر که به صورت سری متصل شده‌اند، می‌باشد. ب. افت فشار در طول میکروفیلتراسیون متقاطع معمولی. پ. افت فشار در سیستم فشار ترا غشایی یکنواخت. ت. تشکیل پوشش طرح مارپیچی.

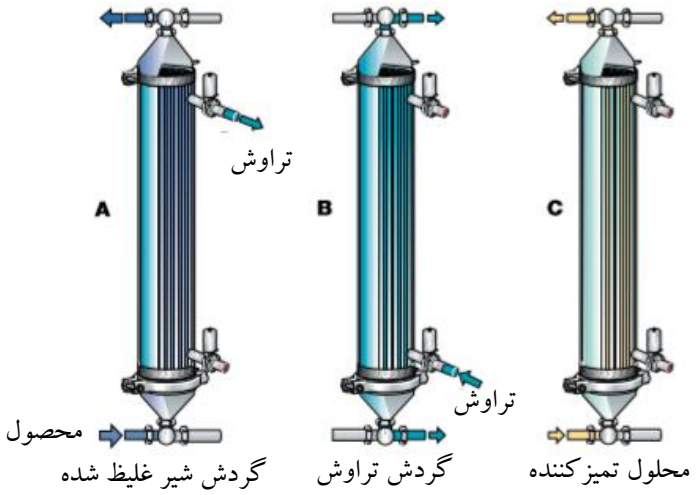
ت. طرح مارپیچ : طراحی مارپیچی یک عنصر مارپیچی حاوی یک یا چند پوشش غشایی است که هر کدام شامل دو لایه غشاء است (که توسط یک ماده رسانای تراوش یافته متخلخل، از هم جدا شده‌اند). این ماده که فاصله‌ساز کانال تراوش نامیده می‌شود، اجازه می‌دهد تا تراوشی که از غشا عبور می‌کند، آزادانه جریان یابد. دو لایه غشاء با فاصله‌ساز کانال تراوش بین آنها با چسب در دو لبه و یک انتها مهر و موم می‌شوند تا پوشش غشایی را تشکیل دهند. انتهای باز پوشش به یک لوله جمع‌آوری تراوش، متصل است (شکل ۳-۴ ت). یک ماده توری پلاستیکی که به عنوان کانالی برای جریان محلول خوراک در سیستم عمل می‌کند و به عنوان فاصله‌ساز کانال تغذیه شناخته می‌شود، در تماس با یک طرف هر پوشش غشایی قرار می‌گیرد. خوراک به عنوان مولد تلاطم عمل می‌کند تا غشا را در سرعت‌های کم، تمیز نگه دارد. سپس کل مجموعه به دور لوله جمع‌آوری تراوش، پیچیده می‌شود تا غشای مارپیچی را تشکیل دهد. غشاهای مارپیچی مجهز به یک دستگاه ضد تلسکوپی بین انتهای پایین دست عناصر غشا هستند تا از سرعت سیال تصفیه‌شده از لغزش لایه‌ها، جلوگیری کند (شکل ۴-۴ الف) و چندین عنصر می‌توانند به صورت سری در داخل همان لوله فولادی ضد زنگ متصل شوند (شکل۴-۴ ب).



شکل ۴-۴. الف. غشای مارپیچی با دستگاه ضد تلسکوپی. ب. مونتاژ ماژول مارپیچ (هر دو جفت شاخه‌های اتصال (X و Y) را می‌توان برای پوسته انباشته استفاده کرد).

ث. طراحی فیبر توخالی : ماژول‌های فیبر توخالی، کارتریج‌هایی هستند که دارای بسته‌های ۴۵ تا بیش از ۳۰۰۰ عنصر فیبر توخالی در هر کارتریج هستند. الیاف به صورت موازی، جهت‌گیری می‌شوند. غشا دارای قطر داخلی بین ۰.۵ تا ۲.۷

میلی‌متر است و سطح غشاء فعال در داخل فیبر توخالی، قرار دارد. قسمت بیرونی دیواره الیافی توخالی، بر خلاف دیواره داخلی، ساختاری ناهموار دارد و به عنوان یک ساختار حمایت‌کننده برای غشاء عمل می‌کند (شکل ۵-۴).



شکل ۵-۴. کارتریج UF در هنگام فیلتراسیون (A)، شستشوی معکوس (B) و تمیز کردن (C).

جریان خوراک از داخل این الیاف جریان می‌یابد و تراوش در خارج آن جمع آوری‌شده و در بالای لوله حذف می‌شود. از ویژگی‌های خاص این طرح قابلیت شستشوی معکوس آن است که در تمیز کردن مورد استفاده قرار می‌گیرد و با تراوش از طریق اتصال بیرونی تراوش دوباره به گردش در می‌آید تا رسوبات محصول روی سطح غشاء را حذف کند. غشاء یک حد جدایی مشخص یا پراکنده دارد که با کمترین وزن مولکولی قابل جداسازی، تعیین می‌شود. دقت جداسازی یک غشا با اندازه منافذ و توزیع اندازه منافذ تعیین می‌شود.

۲-۴. انتقال مواد از طریق غشاء

عواملی که در ظرفیت جداسازی تاثیرگذار هستند، عبارتند از :

_ مقاومت غشایی که مشخصه هر غشا است و توسط ضخامت غشاء، مساحت سطح و قطر منافذ مشخص می‌گردد.

_ مقاومت حمل و نقل، یعنی اثر قطبش یا رسوب. قطبش یک اثر رسوبی (آلودگی) است که در سطح غشاها با ادامه فیلتراسیون رخ می‌دهد.

همچنین عواملی که در تشکیل یک لایه رسوب تاثیرگذار هستند، عبارتند از :

_ مولکول‌های بزرگ (پروتئین و چربی) از طریق همرفت به غشاء (در زوایای قائم) به جهت جریان منتقل می‌شوند.

_ یک گرادیان تغلیظ، انتشار برگشتی را در جهت مخالف ایجاد می‌کند.

_ به موازات غشاء، پروتئین‌های موجود در لایه نزدیک به غشاء با سرعت‌هایی حرکت می‌کنند که با توجه به افزایش سرعت جریان محوری، متفاوت است.

_ اثر قطبش به طور یکنواخت در امتداد غشا توزیع نمی‌شود و انتهای بالادست غشا مسدود می‌شود. قطبش به تدریج در تمام سطح پخش می‌شود و ظرفیت را کاهش می‌دهد. در نهایت باعث توقف و تمیزی گیاه می‌شود.

_ اثر اصلی قطبش این است که حذف تراواش با ادامه فیلتراسیون کاهش می‌یابد.

_ اثر قطبش را می‌توان با استفاده از مفاهیم خاصی (جریان معکوس) کاهش داد.

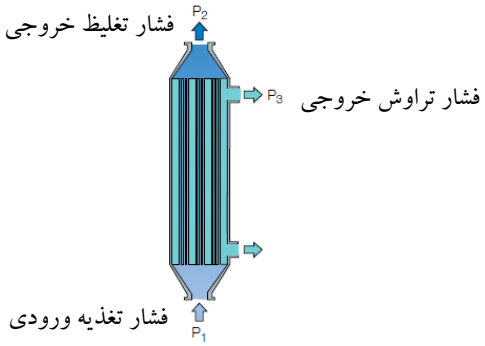
۳-۴. شرایط فشار

فشار، نیروی محرکه فیلتراسیون است و دارای یک تمایز مهم است :

۱. افت فشار هیدرولیک در طول ماژول برابر با $P = P_1 - P_2$ می‌باشد. هرچه مقدار P بیشتر باشد، سرعت عبور از ماژول و برش روی غشاها، بیشتر می‌شود و اثر قطبش کمتر می‌شود.

۲. فشار تراغشائی عبارت است از افت فشار بین دو طرف احتباس‌شده و نفوذی غشا در یک نقطه خاص در امتداد غشاء. فشار تراغشائی نیرویی است که ماده نفوذی را از طریق غشاء فشار می‌دهد (در ورودی بیشترین و در انتهای تخلیه ماژول کمترین است). میانگین فشار تراغشائی برابر است با (شکل۶-۴) :

$$TMP = \frac{P_1+P_2}{2} - P_3 \qquad (۱۳)$$



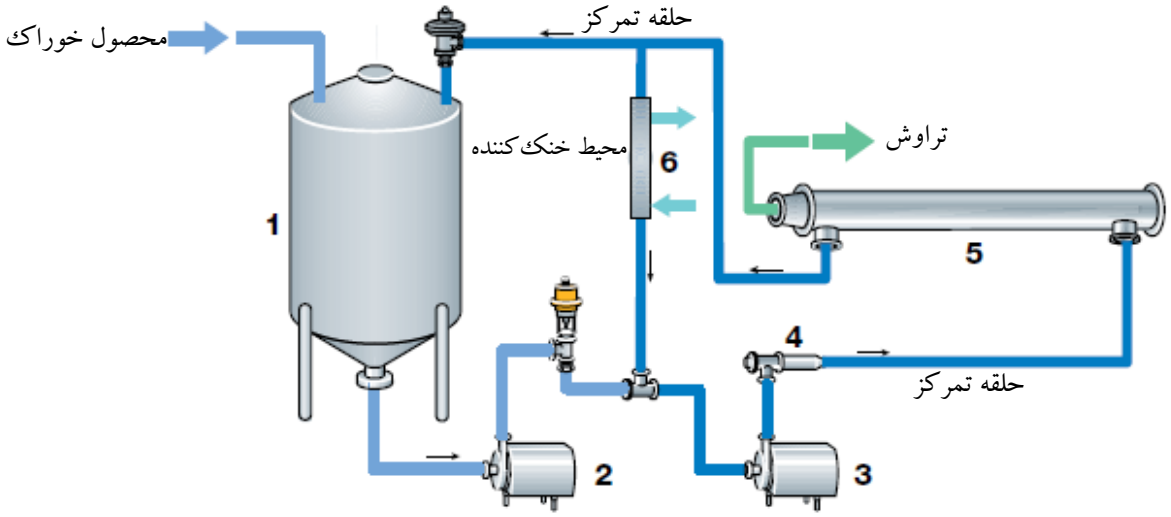
شکل۶-۴. فشار روی یک غشا کاهش می‌یابد.

۴-۴. اصول طراحی دستگاه‌ها

عملکرد دستگاه‌های فیلتراسیون غشایی به فشار تولید شده توسط پمپ‌های مورد استفاده، بستگی دارد (جدول ۵-۴). در تولید دسته‌ای، دستگاه‌ها برای فیلتر کردن حجم‌های کوچک محصول، استفاده می‌شوند. مقدار معینی از محصول تصفیه شده در مخزن تنظیم (بافر) نگهداری می‌شود و سپس از طریق جداکننده غشایی به گردش در می‌آید تا غلظت مورد نیاز بدست آید (شکل۷-۴).

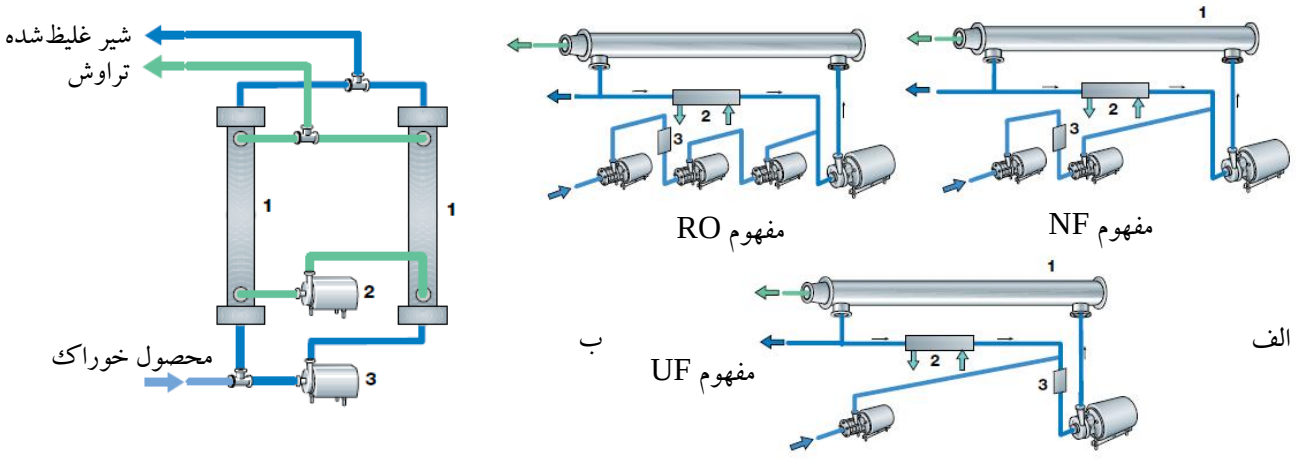
پمپ‌های دستگاه‌های فیلتراسیون
ظرفیت پمپ‌ها باید با نرخ مورد نیاز و ویژگی‌های ماژول‌ها، مطابقت داشته باشد.
پمپ‌ها نسبت به تغییرات گران‌روی جریان پردازش شده، نباید تا حد گران‌روی مدول، حساس باشد و باید در دمایی که برای پردازش و تمیز کردن استفاده می‌شود، کارآمد عمل کنند.
پمپ‌ها باید استانداردهای بهداشتی تجهیزات لبنی را رعایت کنند (محلول خوراک نباید حاوی ذرات درشت باشد تا به پوست بسیار نازک فیلتراسیون آسیب نرساند و یک صافی ریز توری در سیستم تغذیه، یکپارچه شود).

جدول ۵-۴. پمپ‌های دستگاه‌های فیلتراسیون.



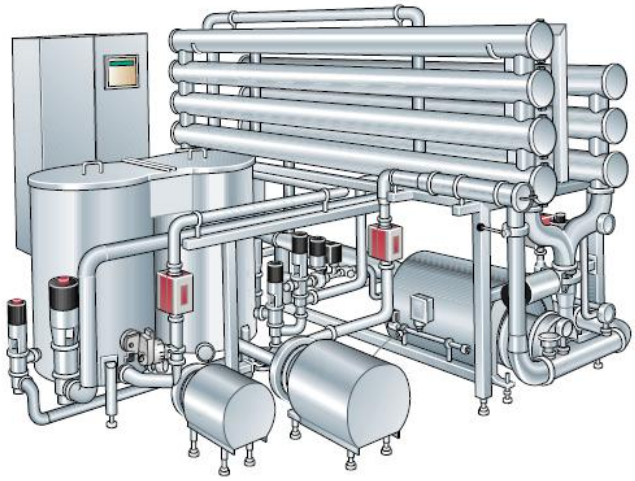
شکل ۷-۴. دستگاه فیلتراسیون غشایی دسته‌ای (۱. مخزن محصول ۲. پمپ تغذیه ۳. پمپ جریان ۴. صافی ۵. ماژول غشایی ۶. محیط خنک‌کننده).

شکل ۸-۴ الف، مفاهیم مارپیچی را برای کاربردهای RO ، NF و UF با غشاهای پلیمری (با اندازه‌های منافذ مختلف) نشان می‌دهد و شکل ۸-۴ ب، یک دستگاه MF با غشاهای سرامیکی را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۴. الف. اصول طراحی برای حلقه های مختلف فیلتر (۱. غشاء ۲. محیط خنک‌کننده ۳. صافی). ب. طراحی حلقه فیلتر MF (۱.کارتریج غشایی MF ۲.پمپ گردشی برای تراوش ۳.پمپ گردشی برای شیر غلیظ شده).

چون غشاهای RO بسیار محکم‌تر از دو سیستم دیگر هستند، فشار ورودی بالاتری برای تولید، مورد نیاز است. این توسط سه پمپ تغذیه گریز از مرکز بهداشتی (به صورت سری) و یک پمپ گردش گریز از مرکز، نگهداری می‌شود. دو دستگاه فیلتراسیون دیگر (NF و UF) غشاهای بازتری دارند و به ترتیب با دو پمپ و یک پمپ تغذیه، مدیریت می‌شوند. مفهوم MF مبتنی بر دو عنصر است که به صورت سری در یک سیستم حلقه فیلتر کار می کنند و شامل یک پمپ گریز از مرکز برای گردش شیر غلیظ شده و یک پمپ برای گردش تراوش است. محلول خوراک ممکن است از یک دستگاه جداسازی با سیستمی برای فشار ثابت در خروجی یا از مخزن تعادل مجهز به پمپ و سیستم تنظیم ظرفیت، تامین شود. دمای پردازش برای کاربردهای لبنی، حدود ۵۰ درجه سانتی‌گراد است. دستگاه‌های تصفیه با یک سیستم خنک‌کننده ساده که در حلقه گردش داخلی ادغام شده است تکمیل می‌شوند تا افزایش جزئی دما را که در حین کار اتفاق می‌افتد، جبران کنند و دمای پردازش ثابت، حفظ شود (شکل ۹-۴).



شکل ۹-۴. ماژول تولید برای پردازش UF.

فصل پنجم :

تبخیر کننده‌ها

۱-۵.حذف آب

غلظت مایع به معنای حذف یک حلال (آب) است. غلظت از خشک کردن متمایز می‌شود زیرا محصول نهایی (تغلیظ کردن) هنوز مایع است (جدول ۱-۵).

دلایل تغلیظ مایعات غذایی
کاهش هزینه‌های خشک کردن
القای تبلور
کاهش هزینه‌های ذخیره سازی و حمل و نقل
کاهش فعالیت آب به منظور افزایش پایداری میکروبیولوژیکی و شیمیایی
بازیابی محصولات جانبی از جریان‌های پساب (زباله)

جدول ۱-۵. دلایل تغلیظ مایعات غذایی.

۲-۵. تبخیر

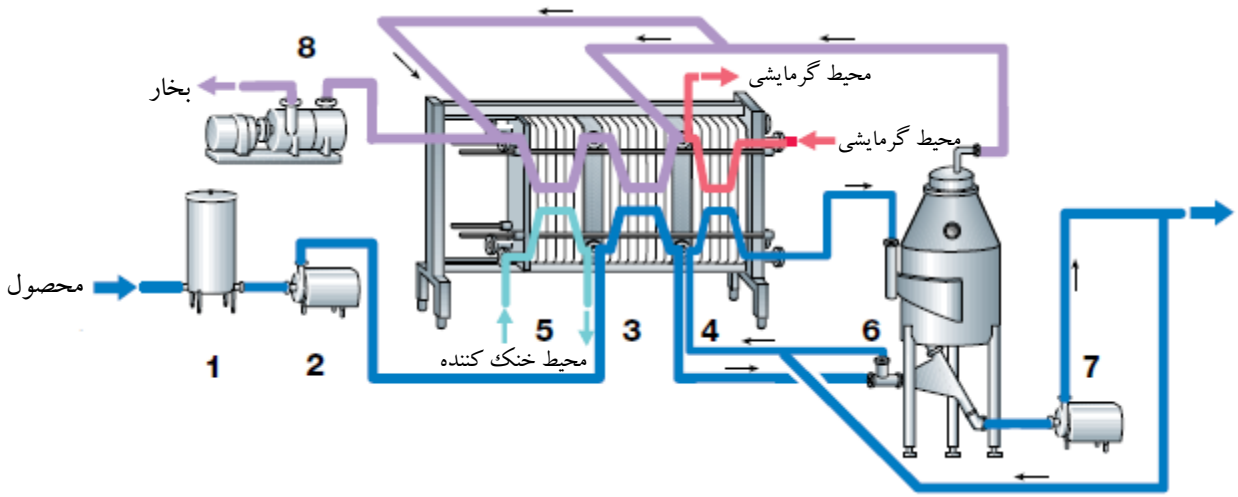
در صنایع لبنی از تبخیر به عنوان مرحله اولیه برای خشک‌کردن و برای تغلیظ (شیر، شیر بدون چربی و آب پنیر) استفاده می‌شود. فرآورده های شیری که برای شیرخشک در نظر گرفته شده اند، قبل از پمپاژ محصول به خشک کن، از مقدار اولیه جامد ۹ تا ۱۳ درصد تا غلظت نهایی ۴۰ تا ۵۰ درصد کل مواد جامد، تغلیظ می‌شوند. محصولاتی که باید تبخیر شوند به گرما حساس هستند و با افزودن گرما می‌توان آنها را از بین برد. برای کاهش این تاثیر گرما، تبخیر در خلاء در دمای پایین‌تر از ۴۰ درجه سانتیگراد (وکوتاه ترین زمان ممکن) انجام می‌شود.

۳-۵. طراحی تبخیرکننده

جوشاندن آب از محلول به مقدار زیادی انرژی نیاز دارد. این انرژی به صورت بخار تامین می‌شود. برای کاهش میزان بخار مورد نیاز، ایستگاه تبخیر به عنوان یک تبخیرکننده چند اثره، طراحی می‌شود. مقدار بخار مورد نیاز برابر با مقدار کل آب تبخیر شده تقسیم بر تعداد اثرات می‌باشد. همچنین برق می‌تواند به عنوان منبع انرژی استفاده شود از یک کمپرسور یا فن برقی برای فشرده‌سازی مجدد بخار استفاده می‌شود که اثر را به فشار مورد نیاز در سمت گرمایش می‌گذارد. لوله‌هایی که دیواره‌های بین بخار و محصول را تشکیل می‌دهند، می‌توانند افقی یا عمودی باشند و بخار می‌تواند در داخل یا خارج لوله‌ها به گردش درآید (محصول در داخل لوله‌های عمودی گردش می‌کند در حالی که بخار به بیرون اعمال می‌شود).

۴-۵. تبخیرکننده‌های گردشی

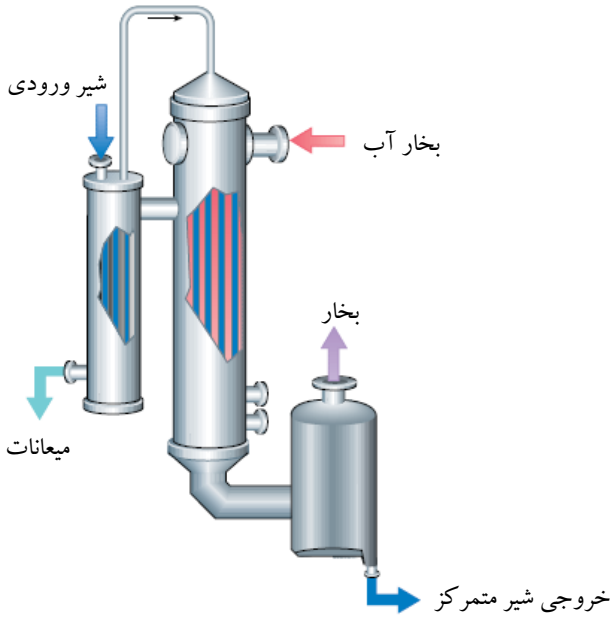
تبخیرکننده‌های گردشی در مواقعی که به غلظت کم نیاز است یا مقدار کمی محصول پردازش می‌شود، استفاده خواهد شد. این عمل باعث کاهش هوای محصول و از بین بردن طعم آن می‌شود. هنگامی‌که شیر تا دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد گرم شود به صورت مماس و با سرعت بالا، وارد محفظه خلاء می‌شود و یک لایه نازک و چرخان را روی سطح دیوار تشکیل می‌دهد (شکل ۱-۵). سپس مقداری از آب تبخیر شده و بخار به سمت چگالنده، کشیده می‌شود. هوا و سایر گازهای غیر قابل تراکم توسط یک پمپ خلاء از چگالنده استخراج می‌شوند. محصول در نهایت سرعت خود را از دست می‌دهد و به داخل منحنی خمیده می‌افتد و در آنجا تخلیه می‌شود. بخشی از محصول توسط یک پمپ دستگاه گریز از مرکز به یک مبدل حرارتی برای تنظیم دما و از آنجا به محفظه خلاء برای تبخیر بیشتر، چرخانده می‌شود و مقدار زیادی از محصول در چرخش مجدد قرار می‌گیرد تا به درجه غلظت مطلوب برسد.



شکل ۱-۵. خط فرآیند برای یک تبخیرکننده گردشی (۱. مخزن تعادل ۲. پمپ تغذیه ۳. بخش پیش گرمایش / چگالنده ۴. بخش تنظیم دما ۵. بخش خنک کننده / چگالنده ۶. محفظه خلاء ۷. پمپ گردش مجدد ۸. پمپ خلاء).

۵-۵. تبخیرکننده‌های فیلم مایع (ریزان)

در تبخیرکننده‌های فیلم مایع، شیر در بالای یک سطح حرارتی مرتب شده به صورت عمودی وارد می‌شود و یک لایه نازک را تشکیل می‌دهد که روی سطح گرمایش به سمت پایین جریان می‌یابد (سطح گرمایش از لوله‌ها یا صفحات فولادی ضد زنگ تشکیل می‌شود). صفحات روی هم چیده می‌شوند و یک بسته را تشکیل می‌دهند بطوری‌که محصول در یک طرف صفحات و بخار در طرف دیگر قرار دارد. هنگامی که از لوله استفاده می‌شود، شیر یک لایه در داخل لوله ایجاد می‌کند که توسط بخار احاطه شده است (شکل ۲-۵). محصول ابتدا تا دمایی برابر یا بالاتر از دمای تبخیر، گرم می‌شود تا به سمت سیستم توزیع در بالای تبخیرکننده، جریان یابد. کشیدگی خلاء در تبخیرکننده، دمای تبخیر را به سطح مطلوب زیر ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌دهد.



شکل ۲-۵. تبخیرکننده فیلم مایع (ریزان).

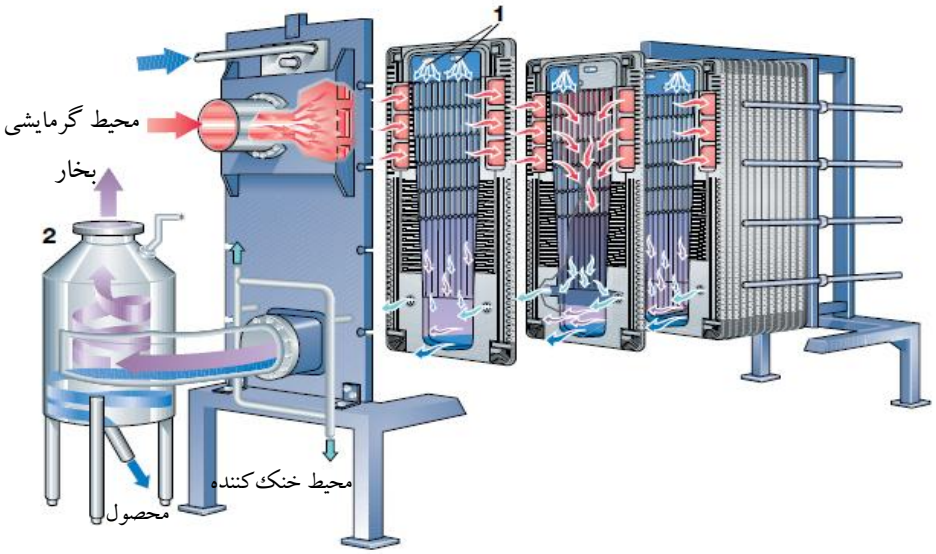
۶-۵. تبخیرکننده‌های لوله‌ای

کلید اصلی موفقیت تبخیرکننده‌های فیلم مایع، توزیع یکنواخت شیر بر روی سطح حرارت است و این‌کار در تبخیرکننده‌های لوله‌ای با استفاده از یک نازل که محصول را روی صفحه پخش‌کننده توزیع می‌کند، انجام می‌شود. محصول گرم می‌شود و به محض خروج از نازل، منبسط می‌شود. بخشی از آب فوراً تبخیر می‌شود و بخار محصول را به سمت بیرون روانه می‌کند.

۷-۵. تبخیرکننده‌های صفحه‌ای

توزیع در یک تبخیرکننده فیلم مایع صفحه ای را می‌توان با دو لوله که از داخل بسته صفحه عبور می‌کند، توصیف کرد. برای هر صفحه محصول یک نازل اسپری در هر لوله محصول وجود دارد که محصول را به صورت یک لایه نازک و یکنواخت روی سطح صفحه می‌پاشد و محصول در دمای تبخیر وارد می‌شود تا از تبخیر فوری در مرحله توزیع جلوگیری شود (شکل ۳-۵). محتوای آب فیلم نازک محصول به سرعت تبخیر می‌شود چونمحصول از روی سطح گرمایش عبور می‌کند. یک جداکننده سیکلون بخار در خروجی تبخیرکننده نصب شده است و بخار را از مایع غلیظ، جدا می‌کند. با ادامه تبخیر، حجم مایع کاهش می‌یابد و حجم بخار افزایش می‌یابد. اگر حجم بخار از فضای موجود بیشتر شود، سرعت بخار افزایش می‌یابد و در نتیجه افت فشار بیشتر می‌شود. این فرآیند مستلزم اختلاف دمای بالاتر بین بخار گرمایش و محصول است و برای جلوگیری از آن باید با افزایش حجم بخار، فضای موجود برای بخار را افزایش داد. برای دستیابی به شرایط تبخیر مطلوب، لایه محصول باید ضخامت یکسانی در طول سطح گرمایش داشته باشد. از آنجایی که حجم مایع موجود به طور پیوسته با عبور محصول از سطح گرمایش، کاهش می‌یابد، محیط سطح گرمایش باید کاهش یابد تا ضخامت

فیلم ثابت بماند. ترکیب دما و زمان در تبخیرکننده، تاثیر حرارتی روی محصول را تعیین می‌کند یعنی استفاده از تبخیرکننده با مشخصات دمای پایین یک مزیت بزرگ برای غلظت محصولات لبنی حساس به عملیات حرارتی می‌باشد.

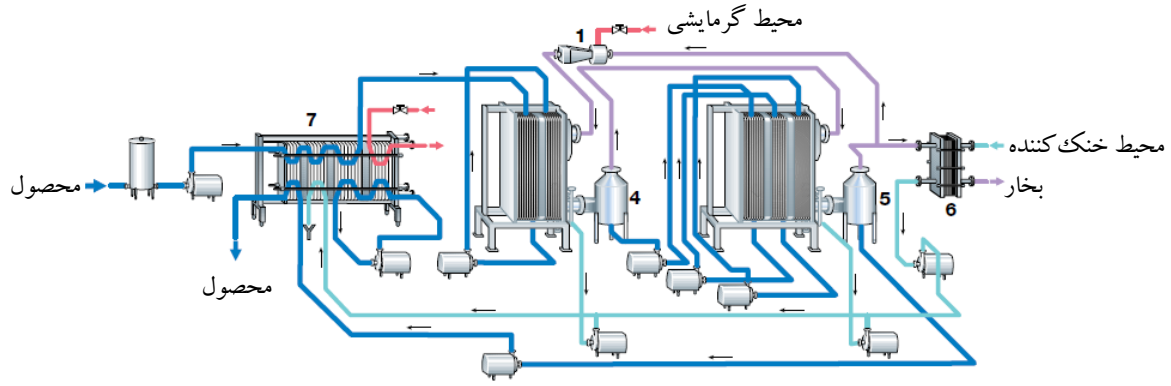


شکل ۳-۵. تبخیرکننده صفحه‌ای (۱. لوله‌های توزیع با نازل‌های اسپری ۲. جداکننده بخار).

۸-۵. تبخیر با اثر چندگانه

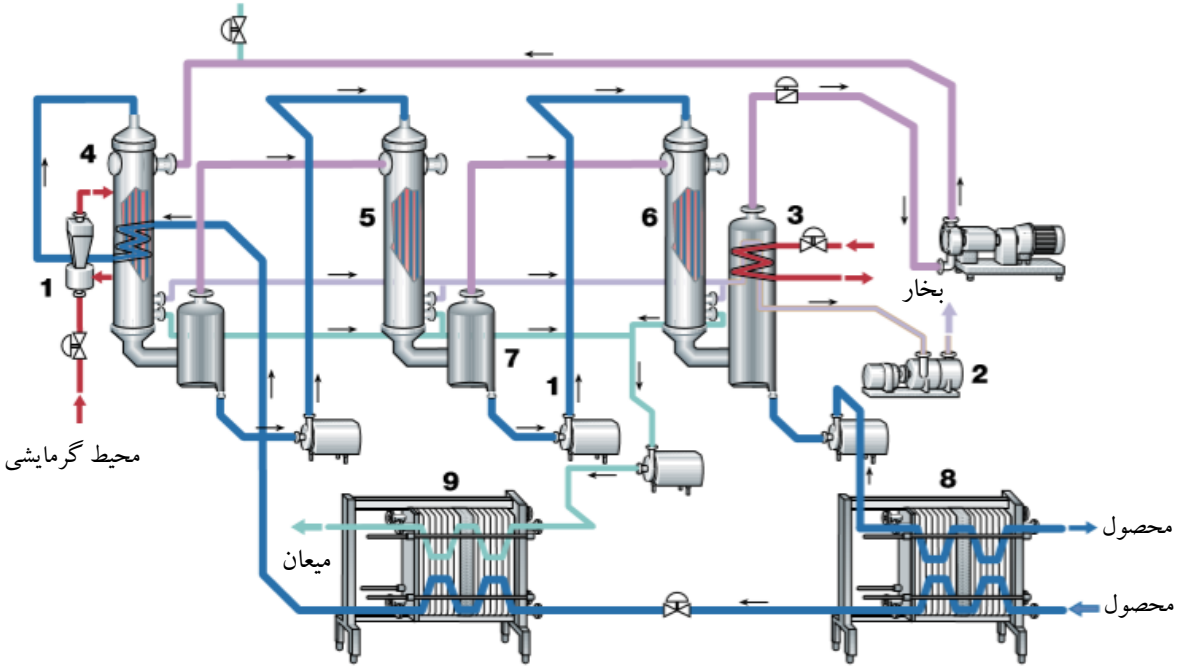
در تبخیر با اثر چندگانه، اگر دو تبخیرکننده به صورت سری به هم متصل شوند، دومی می‌تواند در خلاء بالاتر (و در دمای پایین تر) نسبت به اولی کار کند. سپس بخار حاصل از محصول در اثر اول می‌تواند به عنوان محیط گرمایش در اثر دوم استفاده شود. برای بهبود مصرف بخار و مصرف انرژی در صنایع لبنی از تبخیرکننده‌هایی با هفت اثر استفاده می‌شود و برای بهبود راندمان حرارتی تبخیرکننده، می‌توان بخار حاصل از محصول را فشرده کرد و به عنوان یک محیط گرمایش استفاده کرد. همانند تبخیرکننده شکل ۴-۵ که بخشی از بخار از جداکننده بخار به ترموکمپرسور می‌رسد و بخار پرفشار بالا به آن متصل می‌شود. کمپرسور از فشار بخار بالا برای افزایش انرژی جنبشی استفاده می‌کند و بخار با سرعت بالا از طریق نازل خارج می‌شود. اثر فشارنده (افشانک) ، بخار و بخار حاصل از محصول را مخلوط می‌کند. شیر از مخزن تعادل به پاستوریزه پمپ می شود، جایی که شیر پاستوریزه می شود و در اولین اثر، درجه حرارت به دمای جوش تنظیم می‌شود. آب تبخیر می‌شود و شیر غلیظ می‌شود زیرا لایه نازک شیر از دو مسیر صفحه عبور می‌کند. شیر تغلیظ شده از بخار موجود در سیکلون جدا شده و به اثر دوم پمپاژ می‌شود. پس از تبخیر بیشتر در اثر دوم، شیر تغلیظ از بخار موجود در سیکلون جدا شده و از طریق پیش گرمایش به بیرون از سیستم پمپ می‌شود. تزریق بخار پرفشار به ترمو کمپرسور باعث افزایش فشار بخار حاصل از محصول در اثر دوم می‌شود. سپس مخلوط بخار-بخار آب، به عنوان یک محیط گرمایشی در اولین اثر استفاده می‌شود. افزایش طول سطوح انتقال حرارت باعث افزایش مدت زمان عبور محصول از سطح انتقال می‌شود یعنی زمان ماندن محصول درتبخیرکننده بیشتر خواهد شد. اینکه فرآیند غلظت تا چه حدی تحت فشار قرار گیرد با ویژگی‌های محصول (مانند چسبندگی و مقاومت حرارتی) تعیین می‌شود. برخلاف ترموکمپرسور، یک سیستم فشرده‌سازی بخار

مکانیکی، تمام بخار را از تبخیرکننده خارج می‌کند و قبل از بازگرداندن آن به تبخیرکننده، آن را فشرده می‌کند. افزایش فشار توسط انرژی مکانیکی (که کمپرسور را به حرکت در می‌آورد) انجام می‌شود.



شکل ۴-۵. تبخیرکننده با ترمو کمپرسور (۱.ترمو کمپرسور ۲.اثر تبخیر اول ۳.اثر تبخیر دوم ۴. جداکننده بخار برای اثر اول ۵. جداکننده بخار برای اثر دوم ۶. چگالنده صفحه‌ای ۷. پیش گرمایش).

هیچ انرژی حرارتی به تبخیرکننده داده نمی‌شود (به جز بخار برای پاستوریزاسیون در اثر اول) و بخار اضافی برای تغلیظ وجود ندارد. در فشرده سازی بخار مکانیکی، مقدار کل بخار در دستگاه به گردش در می‌آید و درجه بالایی از بازیابی گرما را ممکن می‌سازد. مطابق شکل ۵-۵، بخار فشرده شده از کمپرسور به اولین اثر باز می‌گردد تا محصول گرم شود.



شکل ۵-۵.تبخیرکننده سه اثر با فشرده سازی بخار مکانیکی (۱.ترمو کمپرسور ۲. پمپ خلاء ۳. کمپرسور بخار مکانیکی ۴. اثر اول ۵. اثر دوم ۶. اثر سوم ۷. جداکننده بخار ۸. گرم‌کننده محصول ۹. خنک‌کننده صفحه‌ای).

سپس بخار حاصل از اولین اثر برای گرم کردن اثر دوم استفاده می‌شود و بخاری که از محصول در اثر دوم می‌جوشد در اثر سوم استفاده می‌شود. برای اینکه دمای تراکم در پاستوریزه شدن محصول (در اولین اثر) کافی باشد، باید قبل از اولین اثر یک ترموکمپرسور نصب شود تا دمای میعان را به مقدار لازم افزایش دهد. پس از جداسازی بخار در اثر سوم، بخار در یک چگالنده (خنک‌کننده) کوچک ادامه می‌یابد که در آن بخار اضافی حاصل از تزریق بخار خارج می‌شود و تعادل حرارتی در تبخیرکننده را کنترل می‌کند.

فصل ششم :

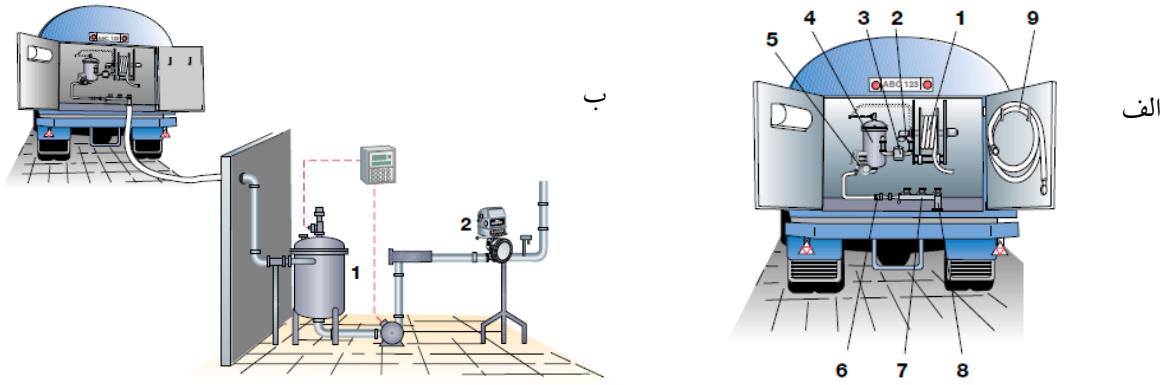
هواگیرها

۱-۶. هوا و گازهای موجود در شیر

شیر خام همیشه حاوی هوا و گاز است. بنابراین باید یک حذف کننده هوا بر روی تانکرها نصب شود تا شیر قبل از پمپاژ روی تانکر از آن عبور کند (شکل ۱-۶ الف). تجهیزات پمپ در انتهای تانکر قرار می‌گیرند. شیلنگ مکش به مخازن خنک کننده فله‌ای، متصل است و شیر از طریق یک صافی مکیده می‌شود و به سمت حذف کننده هوا، پمپ می‌شود. با افزایش سطح شیر، فشار داخل ظرف افزایش می‌یابد و شیر چک آزاد می‌شود. با افزایش سطح شیر، فشار داخل ظرف افزایش می‌یابد و شیر چک آزاد می‌شود. شیر به مخازن داخل تانکر جریان می‌یابد و تانکر از طریق خروجی توسط شیلنگ تخلیه می‌شود.

۲-۶. دریافت شیر

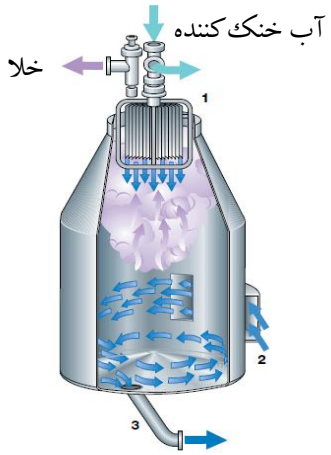
در هنگام تخلیه شیر باید از یک حذف کننده هوا استفاده کرد. ورودی ظرف استوانه‌ای باید در سطح پایین تری نسبت به لوله خروجی مخزن(های) شیر روی وسیله نقلیه قرار گیرد، چون شیر نباید به داخل ظرف پمپ شود بلکه باید با نیروی ثقل به آن منتقل شود (شکل ۱-۶ ب).



شکل ۱-۶. الف. تانکر شیر (۱. شیلنگ جمع‌آوری شیر در ۲. صافی ۳. پمپ ۴. حذف‌کننده هوا ۵. دستگاه اندازه‌گیری ۶. شیر چک ۷. دسته سوپاپ ۸. خروجی مخزن ۹. شیلنگ تخلیه شیر). ب. دریافت شیر در لبنیات با دستگاه حذف‌کننده هوا (۱) و دستگاه اندازه‌گیری حجم (۲).

۳-۶. عملیات در خلاء

هواگیری خلاء برای بیرون راندن هوا از شیر استفاده می‌شود. شیر از قبل گرم شده، در یک ظرف منبسط شده قرار می‌گیرد تا دمایش کاهش یابد. با افت فشار، هوای محلول (که همراه با مقدار معینی از شیر می‌جوشد) خارج خواهد شد. بخار از یک چگالنده داخلی در ظرف عبور می‌کند، متراکم می‌شود و دوباره به شیر می‌رود، در حالی که هوای جوشانده همراه با گازهای غیرقابل تغلیظ توسط پمپ خلاء از ظرف خارج می‌شود (شکل ۲-۶). برای تولید ماست، ظرف خلاء مجهز به چگالنده نیست، زیرا شیر در نظر گرفته شده برای ماست معمولاً کمی غلیظ است.



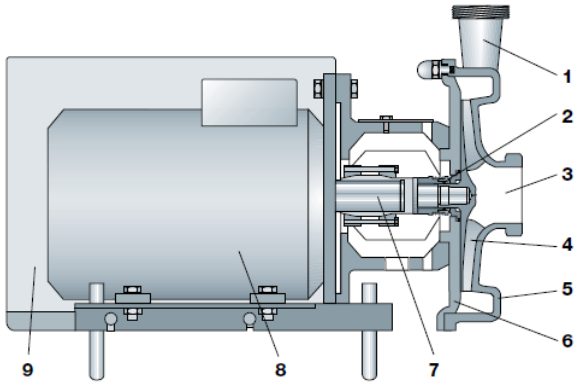
شکل ۲-۶. جریان شیر و هوا در هواگیر خلاء با چگالنده داخلی (۱. چگالنده داخلی ۲. ورودی شیر مماس ۳. خروجی شیر با سیستم کنترل سطح).

فصل هفتم :

پمپ‌ها

۱-۷. نیاز به پمپاژ

امروزه مایعات از طریق خطوط لوله طولانی با دریچه‌های زیاد، مبدل‌های حرارتی، فیلترها و سایر تجهیزات (با افت فشار بالا) عبور می‌کنند. چون سرعت جریان، بالا است بنابراین پمپ‌ها در بخش‌های متعددی از یک دستگاه استفاده می‌شوند. سه پمپ، گریز از مرکز، حلقه مایع و جابجایی مثبت که کاربردهای متفاوتی دارند، پمپ‌های مورد استفاده در صنایع لبنی هستند. پمپ گریز از مرکز بیشترین کاربرد را در کارخانه‌های لبنی دارد و برای محصولات با چسبندگی کم استفاده می‌شود، اما نمی‌تواند مایعات هوادهی شده را تحمل کند (شکل ۱-۷). پمپ حلقه مایع زمانی استفاده می‌شود که محتوای هوا زیاد باشد و پمپ جابجایی مثبت برای چسبندگی بالا استفاده می‌شود. پمپ باید با کمترین خمیدگی به مخزن دیگری که مایع از آن پمپاژ می‌شود، نصب شود و باید قطر زیادی داشته باشد تا خطر تشکیل حفره را کاهش دهد. همچنین شیر کنترل برای تنظیم سرعت جریان پمپ استفاده می‌شود و باید در خط تحویل همراه با یک شیر یک‌طرفه، نصب شود. شیر یک‌طرفه از پمپ در برابر ضربه آب (آب‌کوبش) محافظت می‌کند و از برگشت مایع پس از توقف پمپ، جلوگیری می‌کند. اگر فشار در خط مکش کمتر از فشار بخار مایع پمپ شده باشد، تشکیل حفره رخ می‌دهد. این‌کار باعث کاهش راندمان پمپ‌ها و توقف پمپاژ می‌شود. البته پمپ‌های لبنی دارای پروانه‌هایی از فولاد ضد اسید هستند که در برابر سایش ناشی از تشکیل حفره، بسیار مقاوم است اما هنگامی‌که پمپ برای مدت طولانی کار کند، آسیب‌هایی به پروانه وارد می‌شود. هنگام نصب پمپ، خط مکش باید به گونه‌ای تنظیم شود که پمپ حفره نداشته باشد.



شکل ۱-۷. قطعات اصلی یک پمپ گریز از مرکز (۱. خط تحویل ۲. مهر و موم شفت ۳. خط مکش ۴. پروانه ۵. روکش پمپ ۶. صفحه پشتی ۷. شفت موتور ۸. موتور ۹. پوشش فولادی ضد زنگ و عایق صدا).

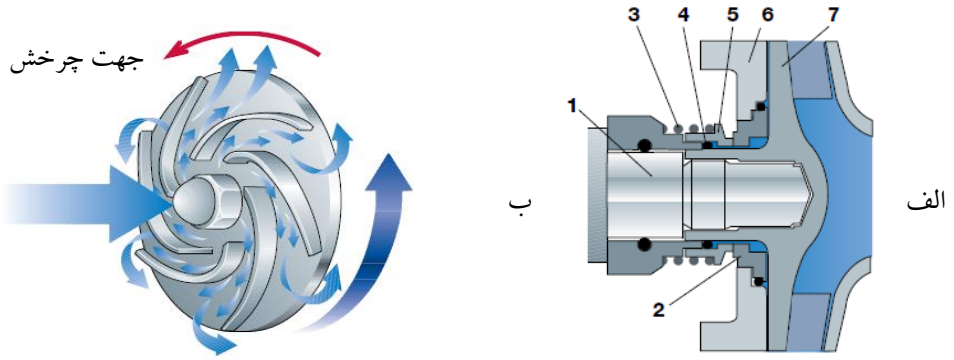
سرسیلندر مکش مثبت خالص، یک پمپ فشار اضافی لازم بالاتر از فشار بخار مایع مورد نیاز برای جلوگیری از تشکیل حفره است ($NPSH_{req}$). بنابراین داریم:

$$NPSH_{req} = h_s - h_{fs} + \frac{P_a}{d_r} \times 10 - \frac{P_a}{d_r} \times 10 \text{ m مایع ستون} \qquad (۱۴)$$

p_a فشار در سطح مایع، p_v فشار بخار، d_r چگالی نسبی، h_s بالابر مکش استاتیک و h_{fs} افت فشار در خط مکش می‌باشد. h_s برای بالابر مکش، منفی و برای فشار ورودی، مثبت است.

۲-۷. آب‌بند (مهر و موم) محور

آب‌بند محور حساس‌ترین جزء در پمپ است، زیرا باید بین یک قسمت چرخان (پروانه یا محور) و یک قسمت ثابت (محفظه پمپ) آب بندی شود. یک حلقه آب‌بند دوار دارای یک سطح درزگیر است که در برابر یک حلقه آب‌بند ثابت می‌چرخد. یک فیلم مایع بین سطوح آب‌بند تشکیل می‌شود تا آب‌بند را روان کند و از تماس مستقیم بین دو حلقه آب‌بند جلوگیری کند و همچنین باعث حداقل سایش و عمر طولانی برای آب‌بند می‌شود. اگر پمپ خشک شود، فیلم مایع روان کننده در آب بند از بین می رود و سایش رینگ‌های آب بندی افزایش می‌یابد. مطابق شکل ۲-۷ الف، آب‌بند مکانیکی تک در اکثر پمپ‌های بهداشتی صنایع لبنی استاندارد می‌باشد. در آب بند مکانیکی، حلقه ثابت در صفحه پشتی محفظه پمپ قرار می گیرد و حلقه چرخان را می‌توان در داخل یا خارج پمپ نصب کرد تا با استفاده از یک فنر در امتداد محور حرکت کند. آب‌بند محور شسته شده از دو آب‌بند تشکیل شده و آب یا بخار از طریق فضای بین دو آب‌بند به گردش در می‌آید تا آب‌بندها را خنک یا تمیز کند یا مانعی بین محصول و جو هوا، ایجاد کند. بخار و آب در ورودی آب بند تنظیم می‌شوند و نباید هیچ گونه مانعی در لوله خروجی وجود داشته باشد.



شکل ۲-۷. الف. آب بند تک مکانیکی (۱. آب بند ۲. حلقه ثابت ۳. فنر ۴. واشر ۵. حلقه چرخان ۶. صفحه پشتی ۷. پروانه). ب. اصل جریان در پمپ گریز از مرکز.

همچنین اگر فشار بخار مانع از فشار اتمسفر (۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) بیشتر شود، بخار و سپس آب‌بند خشک می‌شود و سطوح آب‌بند، آسیب می‌بیند (جدول ۱-۷).

کاربردهای آب‌بند محور شسته شده
دارای بخار مانع برای پمپاژ محصولات استریل شده است تا از عفونت مجدد خودداری شود.
شستشوی آب برای پمپاژ محلول‌های چسبنده یا محصولاتی که متبلور می‌شوند.
خنک کردن آب بند هنگامی‌که ماده روی محور در آب بند رسوب کرده و به دلیل دمای بالاتر در سطوح آب بندی بسوزد.
مانع آب برای خروج هوا از محصول هنگام پمپاژ با فشار ورودی بسیار کم.

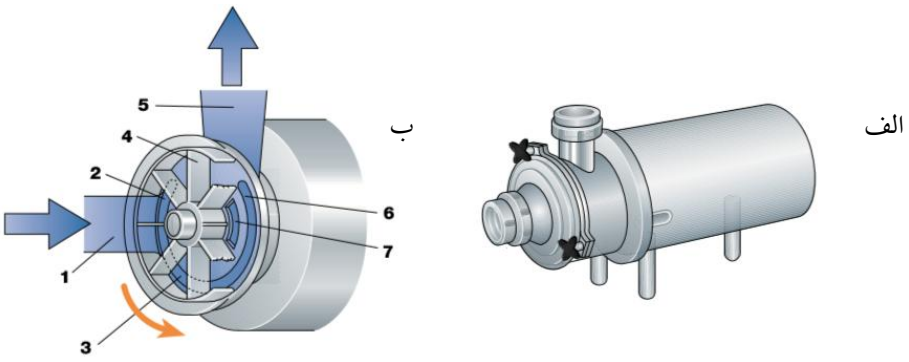
جدول ۱-۷. کاربردهای آب‌بند محور شسته شده.

۳-۷. پمپ‌های گریز از مرکز

مایع ورودی به پمپ به مرکز پروانه هدایت می‌شود و توسط پره‌های پروانه در حرکت دایره‌ای قرار می‌گیرد. بر اثر نیروی گریز از مرکز و حرکت پروانه، مایع با فشار و سرعت بالاتری نسبت به مرکز پروانه، خارج می شود. قبل از خروج مایع از پمپ از طریق اتصال خروجی، سرعت تا حدی به فشار در محفظه پمپ تبدیل می‌شود و پره‌های پروانه، کانال‌هایی را در پمپ تشکیل می‌دهند (شکل ۲-۷ ب). برای کنترل جریان باید یک شیر گاز در خط خروجی پمپ قرار داد و پمپ را با فشار و سرعت جریان مورد نیاز، تنظیم کرد. همچنین کاهش سرعت پروانه باعث بهبود عملکرد پمپ (مصرف برق کمتر و تصفیه بهتر مایع) می‌شود. مایعات با چسبندگی بالاتر نسبت به مایعات با چسبندگی کمتر، مقاومت بیشتری در برابر جریان، ایجاد می کنند. پس هنگامی که پمپ می‌شوند، سرعت جریان و هد کاهش می‌یابد و مصرف برق افزایش می‌یابد.

۴-۷. پمپ‌های حلقه‌ای مایع

پمپ‌های حلقه‌ای مایع در صورتی که بدنه‌ها حداقل تا نصف با مایع پر شده باشند، به صورت خودکار عمل می کنند و می‌توانند مایعات با محتوای گاز یا هوا را کنترل کنند (شکل۳-۷ الف). پمپ شامل یک پروانه با پره‌های شعاعی مستقیم است که در یک محفظه، یک ورودی، یک خروجی و یک موتور محرک می‌چرخد. از ورودی مایع بین پره‌ها هدایت می‌شود و به سمت محفظه پمپ شتاب می گیرد، جایی که یک حلقه مایع با سرعت چرخش مشابه پروانه را تشکیل می‌دهد. یک کانال در دیواره بدنه وجود دارد. در نقطه ۲ کم عمق است و با نزدیک شدن به نقطه ۳ به تدریج عمیق‌تر و گسترده‌تر می‌شود و به تدریج تا نقطه ۶ ، کم‌عمق می‌شود. با انتقال مایع توسط پره‌ها، کانال نیز پر می‌شود و حجم موجود برای مایع بین پره‌ها، افزایش می‌یابد. این باعث ایجاد خلاء در مرکز می‌شود و مایع بیشتری را از خط مکش به داخل فضا، ارسال می کند. پس از عبور از نقطه ۳، با کم عمق شدن کانال، حجم بین پره‌ها کاهش می‌یابد و مایع را به سمت مرکز می‌برد و فشار را افزایش می‌دهد. سپس مایع از طریق خروجی ۷ به خروجی پمپ ۵ تخلیه می‌شود. هوا در خط مکش به همان روش مایع، پمپ می‌شود (شکل ۳-۷ ب). پمپ‌های حلقه‌ای مایع برای صنایع لبنی در جایی استفاده می‌شوند که محصول حاوی مقادیر زیادی هوا یا گاز باشد. بنابراین نمی‌توان از پمپ‌های گریز از مرکز استفاده کرد.



شکل۳-۷. الف. پمپ حلقه مایع. ب. اصل کار پمپ حلقه مایع خود پرشوندگی(۱. خط مکش ۲. کانال کم عمق ۳. کانال عمیق ۴. پره‌های شعاعی ۵. خروجی پمپ ۶. کانال کم عمق ۷. قسمت تخلیه).

فاصله بین پروانه و بدنه، کوچک است و بنابراین این نوع پمپ برای جابجایی محصولات ساینده، مناسب نیست. یک کاربرد متداول، پمپ برگشتی CIP برای تمیز کردن محلول بعد از مخزن است، زیرا محلول CIP ، حاوی مقادیر زیادی هوا است.

۷-۵. پمپ‌های جابجایی مثبت

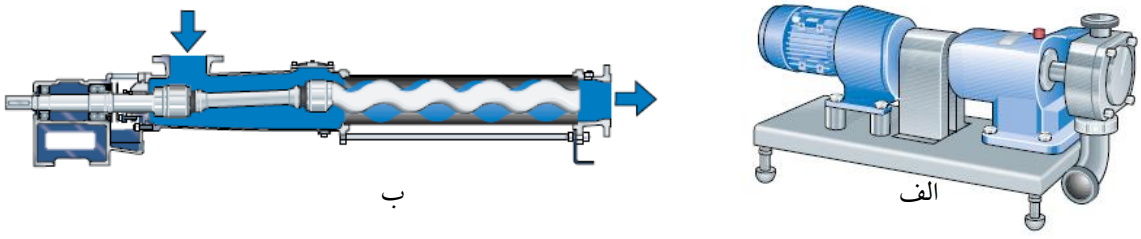
این پمپ‌ها بر اساس اصل جابجایی مثبت کار می‌کنند و به دو دسته پمپ‌های دوار و پمپ‌های رفت و برگشتی، تقسیم می‌شوند. در پمپ جابجایی مثبت، برای هر چرخش یا هر حرکت رفت و برگشتی، بدون توجه به هد مانومتری، مقدار مشخصی مایع پمپ می‌شود اما در چسبندگی‌های پایین‌تر، مقداری لغزش یا نشت داخلی با افزایش فشار وجود دارد و در هر چرخش یا ضربه، جریان کاهش می‌یابد (لغزش با افزایش چسبندگی کاهش می‌یابد). پمپ مجهز به یک شیر کاهش فشار است و جریان پمپ با تنظیم سرعت، کنترل می‌شود. پمپ‌ها باید نزدیک مخزن محصول تغذیه قرار گیرند و ابعاد لوله باید بزرگ باشد تا از افت فشار و ایجاد حفره در پمپ، جلوگیری شود.

۷-۶. پمپ‌های لوب - روتور (گوشواره‌ای - چرخان)

پمپ لوب- روتور، دارای دو روتور است که هر کدام ۲ یا ۳ لوب دارند (شکل ۴-۷ الف). وقتی روتورها می‌چرخند، یک خلاء در ورودی ایجاد می‌شود و مایع را به داخل پمپ می‌کشد. سپس در امتداد حاشیه محفظه پمپ به سمت خروجی حرکت می‌کند و در آنجا حجم کاهش می‌یابد و مایع خارج می‌شود. روتورها توسط یک چرخ دنده زمان بندی در پشت پمپ، به حرکت درمی‌آیند. روتورها با یکدیگر یا بدنه پمپ تماس ندارند، اما فاصله بین تمام قسمت‌های پمپ بسیار باریک است. این نوع پمپ دارای راندمان حجمی ۱۰۰ درصد (بدون لغزش) است و برای پمپاژ خامه با محتوای چربی بالا، محصولات شیر کشت شده، مخلوط پنیر - آب پنیر و ... استفاده می‌شود.

۷-۷. پمپ‌های پیچی غیرعادی

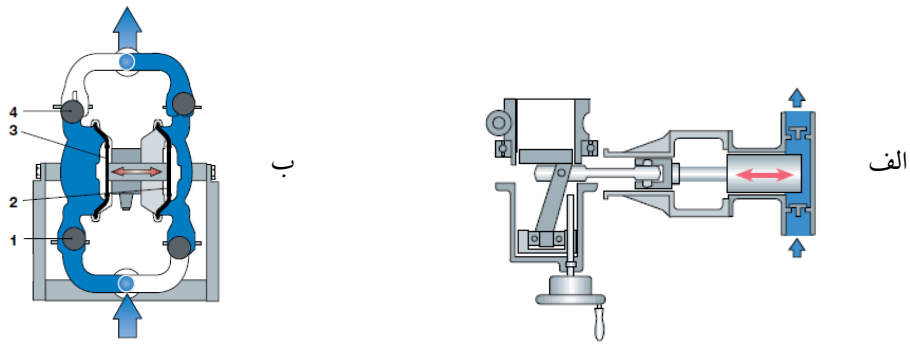
این پمپ برای محصولات با چسبندگی پایین‌تر، محکم‌تر از پمپ لوب – روتور است و محصول پمپ شده را به آرامی کنترل می‌کند اما بدون آسیب دیدگی نمی‌تواند خشک شود (شکل ۴-۷ الف).



شکل ۴-۷. الف. پمپ جابجایی مثبت از نوع لوب روتور با موتور چرخ‌دنده مونتاژ شده روی یک قاب. ب. پمپ پیچی غیرعادی.

۷-۸. پمپ‌های پیستونی

یک پمپ پیستونی از یک پیستون تشکیل شده است که در یک سیلندر رفت و آمد می‌کند (شکل ۵-۷الف). دریچه‌های ورودی و خروجی، جریان را کنترل می‌کنند تا در جهت درست جریان یابد. پمپ های پیستونی در کارخانه‌های لبنی به عنوان پمپ‌های اندازه‌گیری استفاده می‌شوند.



شکل ۵-۷. الف. پمپ پیستونی. ب. پمپ دیافراگمی (۱. باز کردن شیر توپی در حین مکیدن ۲. دیافراگم مکش ۳. دیافراگم پمپاژ ۴. شیر توپی بسته).

۹-۷. پمپ‌های دیافراگمی

پمپ‌های دیافراگمی با هوا، برای رفتار ملایم محصول استفاده می‌شود (شکل ۵-۷ ب). در فشار خروجی ضربان‌هایی وجود دارد و ظرفیت با تغییر فشار محصول تغییر می‌کند، زیرا فشار هوا ثابت است. بنابراین این پمپ‌ها بیشتر برای حمل و نقل محصولات و همچنین به عنوان پمپ‌های اندازه‌گیری استفاده می‌شوند. پمپ‌های دیافراگمی، پمپ‌های جابجایی مثبت دو اثره با دو محفظه پمپ متناوب هستند. هوای فشرده مورد نیاز برای راندن دستگاه از طریق یک شیر کنترل به پشت هر دیافراگم وارد می‌شود و دیافراگم عملکرد اضافی جداسازی محصول پمپ شده از هوای فشرده را دارد. دیافراگم‌ها در معرض اختلاف فشار قرار نمی‌گیرند چون فشار یکسانی در هر دو محفظه هوای فشرده و پمپ در هر ضربه وجود دارد (این یکی از دلایل عمر طولانی دیافراگم است). خلاء با جمع شدن دیافراگم ایجاد می‌شود و محصول پمپ شده به داخل محفظه، جریان می‌یابد. حجم در محفظه مقابل به طور همزمان، کاهش می‌یابد و محصول از طریق شیر چک خروجی تخلیه می‌شود. دو دیافراگم با یک میله پیستون مشترک به هم متصل می‌شوند و مکش در یک محفظه اتفاق می‌افتد در حالی که محصول از محفظه دیگر تخلیه می‌شود. هوای فشرده در طول هر فاز یک هدف دوگانه را انجام می‌دهد: فرآیند تخلیه واقعی و جذب محیط دیگری که باید منتقل شود.

۱۰-۷. پمپ‌های پریستالتیک (شیلنگی)

این پمپ در حمل و نقل و اندازه‌گیری دقیق محصولات استفاده می‌شود. روتور در محفظه پمپ پر از روان‌کننده، می‌چرخد و شیلنگ را با غلتک‌ها فشرده می‌کند. اطراف مکش و تخلیه به صورت نفوذناپذیری، پوشیده شده است. در طول چرخش، محیط (مایع یا گاز) داخل شیلنگ به اتصال خروجی پایینی، منتقل می‌شود. این باعث ایجاد خلاء در سمت مکش می‌شود و محصول به داخل پمپ کشیده می‌شود. این پمپ خود پرشونده است و برای تخلیه بشکه‌های با تغلیظ

آب میوه و چربی شیر بدون آب (AMF) ، مناسب است. حجم بین غلتک‌ها برابر با نیمی از حجم حمل شده در هر چرخش است. این مقدار در طول چرخش به طور مداوم به محل اتصال خروجی پمپ می‌شود، در حالی که همان مقدار در سمت مکش به داخل کشیده می‌شود.

فصل هشتم :

لوله ها، شیرآلات و اتصالات

۱-۸. سیستم لوله

محصول بین اجزای دستگاه در سیستم لوله جریان دارد. یک کارخانه لبنیات دارای سیستم مجزا برای سایر محیط‌ها (آب، بخار، محلول‌های تمیزکننده، خنک‌کننده و هوای فشرده) و یک سیستم فاضلاب برای لوله تخلیه است. همه این سیستم‌ها به یک شکل ساخته می‌شوند و تفاوت در مواد مورد استفاده، طراحی اجزا و اندازه لوله ها است. تمامی اجزای در تماس با محصول از فولاد ضد زنگ ساخته شده اند. انواع یراق آلات در سیستم لوله عبارتند از :

_ لوله‌های مستقیم، خم‌ها، سه راهی‌ها، کاهنده‌ها و مهره‌ماسوره‌ها.

_ اتصالات ویژه مانند عینک دید و خم ابزار.

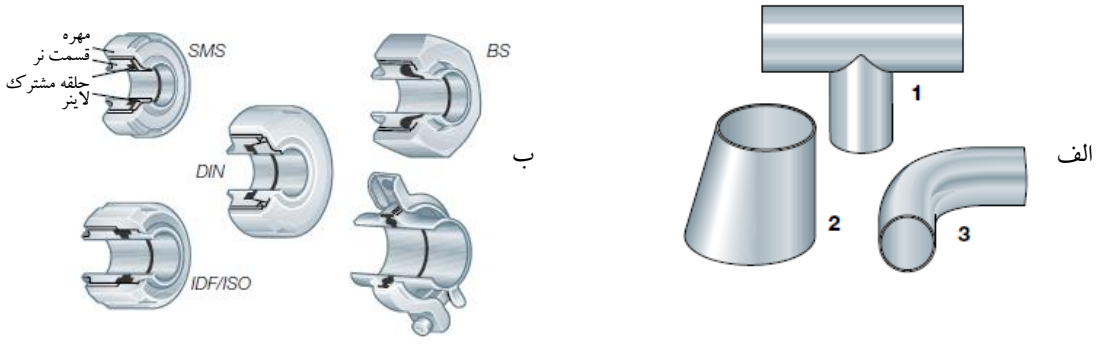
_ دریچه‌هایی برای توقف و هدایت جریان

_ شیرهای کنترل فشار و جریان

_ ساپورت‌های لوله

۲-۸. اتصالات

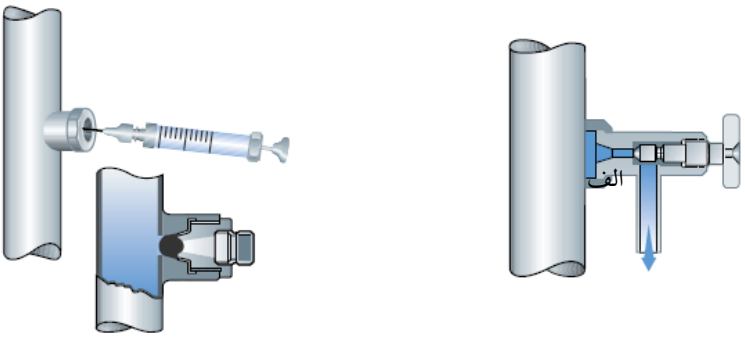
اتصالات دائمی جوش داده می‌شوند (شکل ۱-۸الف) و در مواردی که نیاز به قطع اتصال است، اتصال لوله به شکل یک اتصال رزوه‌ای با انتهای نر و یک مهره نگهدارنده با یک حلقه مفصلی در بین یا یک اتصال گیره دار با یک حلقه مشترک است (شکل ۱-۸ ب). مهره‌ماسوره اجازه قطع و وصل بدون ایجاد مزاحمت در سایر لوله‌ها را می‌دهد. بنابراین از این نوع اتصال برای اتصال تجهیزات فرآیند، ابزار و... استفاده می‌شود.



شکل ۱-۸ الف. چند نمونه از اتصالات برای جوشکاری دائمی (۱. سه راهی. ۲.کاهنده. ۳.زانو). ب. مهره‌ماسوره های لبنیات با استانداردهای مختلف.

همچنین دستگاه‌های نمونه برداری باید در نقاط استراتژیک کارخانه نصب شوند تا نمونه‌های محصول برای تجزیه و تحلیل جمع‌آوری شوند. برای کنترل کیفیت (مانند تعیین محتوای چربی شیر و مقدار pH محصولات کشت شده) می‌توان نمونه‌ها را از یک شیر نمونه برداری، جمع آوری کرد (شکل ۲-۸الف). برای آزمایش‌های کیفی بهداشتی، روش نمونه‌گیری باید

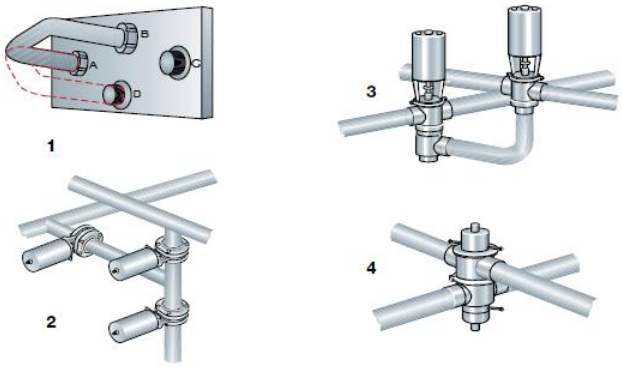
از هرگونه خطر آلودگی خارج از لوله جلوگیری کند، پس باید از سوکت (دو شاخه) نمونه برداری استفاده کرد (شکل ۲-۸ ب). ابتدا سوکت برداشته می‌شود و تمام قسمت‌هایی که می‌توانند نمونه را آلوده کنند، استریل می‌شوند، پس از آن سوزن سرنگ از طریق ضربه وارد محصول می‌شود و نمونه برداری انجام می‌شود. نمونه‌های محصولات آسپتیک از طریق یک شیر نمونه برداری آسپتیک جمع‌آوری می‌شوند تا از عفونت مجدد جلوگیری شود.



شکل ۲-۸ الف. شیر نمونه برداری. ب سوکت (دو شاخه) نمونه‌برداری برای تجزیه و تحلیل باکتریولوژی.

۳-۸. شیرها

الف. سیستم‌های شیر ضد مخلوط: اتصالات زیادی در یک سیستم لوله‌کشی وجود دارد که در آن محصول از یک خط به خط دیگر جریان می‌یابد، اما گاهی اوقات باید بسته شوند تا دو محیط مختلف بتوانند بدون مخلوط شدن از طریق دو خط عبور کنند (شکل ۳-۸). هنگامی‌که خطوط از یکدیگر جدا می‌شوند، هر گونه نشتی باید به سمت تخلیه برود بدون اینکه امکان مخلوط شدن یک محیط با دیگری وجود داشته باشد. محصولات لبنی و محلول های پاک کننده در خطوط جداگانه جریان دارند و باید جداگانه نگهداری شوند

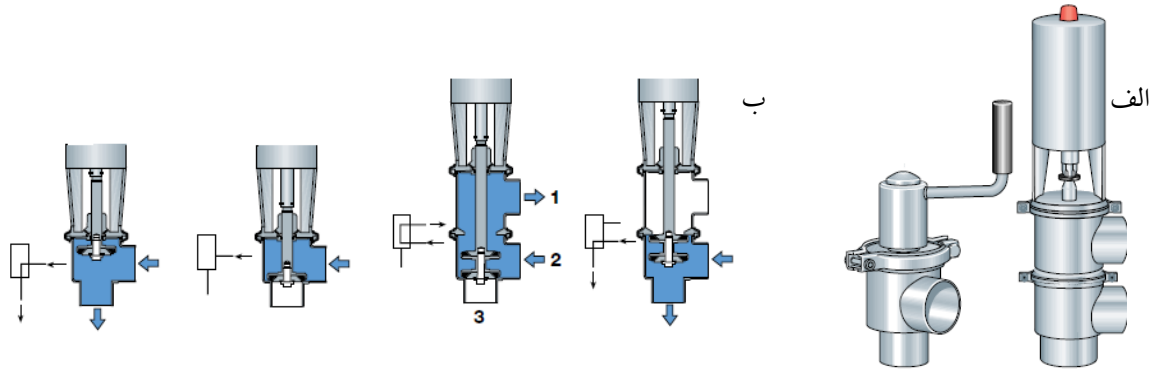


شکل ۳-۸ سیستم‌های شیر مخلوط بهداشتی (۱. چرخش خم برای تغییر دستی بین خطوط مختلف ۲. سه شیر قطع می‌توانند عملکرد مشابهی را انجام دهند ۳. یک شیر قطع و یک شیر تعویض می‌توانند همین کار را انجام دهند ۴. یک شیر ضد مخلوط برای ایمن سازی و تغییر جریان کافی است) .

۴-۸. شیرهای قطع و تعویض

مکان‌های زیادی در یک سیستم لوله‌کشی وجود دارد که جریان را متوقف کند یا آن را به خط دیگری منحرف کند. این عملکردها توسط شیرها(شیرهای نشیمن با کنترل دستی یا پنوماتیک و شیرهای پروانه‌ای) انجام می‌شود.

الف. شیرهای نشیمن‌گاه : بدنه شیر دارای یک نشیمن‌گاه برای دوشاخه در انتهای میله است. دوشاخه توسط میله (که با یک میل‌لنگ یا یک محرک پنوماتیک، حرکت می‌کند) از روی نشیمن‌گاه بلند شده و به سمت پایین می آید (شکل ۴-۸ الف). شیر نشیمن‌گاه در تبدیل‌کننده موجود است و سه تا پنج بخش دارد. هنگامی که دوشاخه پایین می‌آید، مایع از ورودی (۲) به خروجی (۱) جریان می‌یابد و هنگامی که دوشاخه به سمت بالا می‌آید، جریان از طریق خروجی (۳) هدایت می‌شود (شکل ۴-۸ ب).

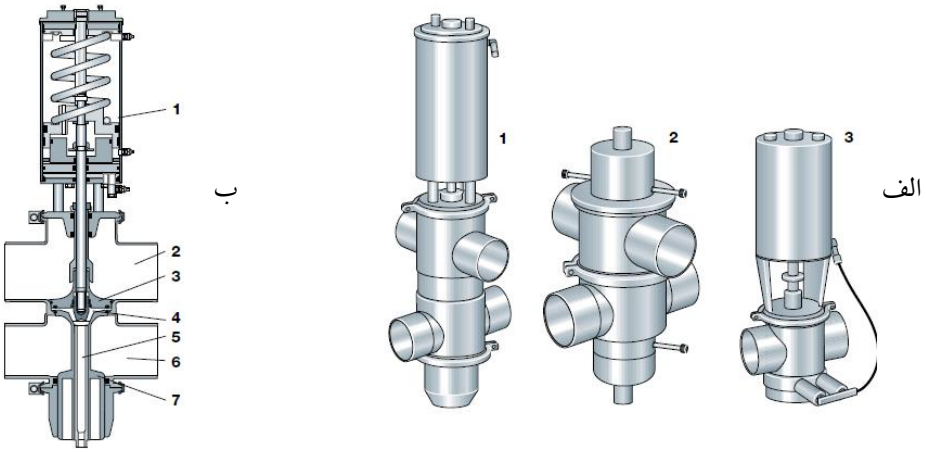


شکل ۴-۸ الف. شیرهای نشیمن‌گاه با کنترل دستی یا پنوماتیک. ب. شیرهای قطع و تعویض با دوشاخه در موقعیت‌های مختلف (همراه با نمادهای نمودار جریان مربوطه).

ب. شیرهای پروانه‌ای : شیر پروانه‌ای یک شیر قطع است اما به عنوان شیر کنترل مناسب نیست. برای به دست آوردن یک تابع تغییر باید از دو شیر استفاده شود (شکل ۵-۸ الف). شیرهای پروانه‌ای برای محصولات حساس مانند ماست و سایر فرآورده‌های شیر کشت شده، استفاده می‌شوند، زیرا محدودیت از طریق دریچه بسیار کم است و افت فشار بسیار کم و بدون تلاطم ایجاد می‌شود. همچنین برای چسبندگی‌های بالا، خوب است و به دلیل اینکه یک شیر مستقیم است، می‌توان آن را در لوله‌های مستقیم نصب کرد. شیر از دو نیمه یکسان تشکیل می‌شود که یک درپوش بین آنها قرار دارد. یک دیسک ساده در مرکز شیر نصب شده است و در صورت باز بودن دیسک، شیر مقاومت جریان کمی را ارائه می‌دهد. در حالت بسته، دیسک در مقابل درپوش قرار می‌گیرد. شیر پروانه‌ای دارای یک دسته است که در دو حالت باز و بسته است. برای کنترل خودکار شیر پروانه‌ای از محرک هوا، استفاده می‌شود. نوع دیگری از شیر پروانه‌ای، شیر ساندویچی است (شکل ۵-۸ ب) و بین دو فلنج جوش داده شده به خط، نصب می‌شود و در حین کار با پیچ، بین فلنج‌ها بسته می‌شود.

شکل ۵-۸ الف. شیر پروانه‌ای با کنترل دستی در حالت باز (چپ) و در حالت بسته (راست). ب. طراحی شیر پروانه‌ای ساندویچی با عملکرد پنوماتیک.

پ. شیرهای ضد مخلوط : این شیرها می‌توانند دوتایی یا تک نشیمن‌گاه باشند (شکل ۶-۸ الف)، اما هنگامی‌که در مورد شیرهای ضد مخلوط صحبت می‌کنیم، منظور شیرهای دارای دو نشیمن‌گاه است (شکل ۶-۸ ب).



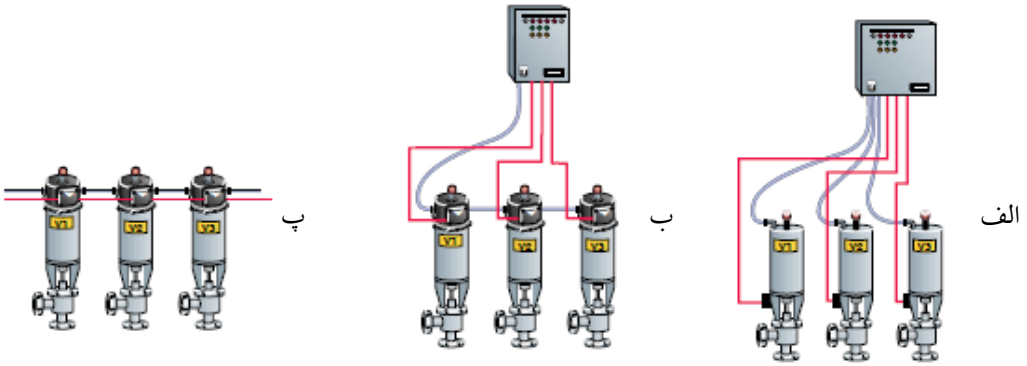
شکل ۶-۸ الف. سه نوع شیر مخلوط (۱. شیر دو نشیمن‌گاه با تمیز کننده بالابر نشیمن‌گاه ۲. شیر دو نشیمن‌گاه با تمیز کننده خارجی ۳. شیر تک نشمین‌گاه با تمیز کننده خارجی). ب. شیر ضد مخلوط دو نشیمن‌گاه با دوشاخه متعادل و بالابر نشیمن‌گاه داخلی (۱. اهرم ۲. بخش بالایی ۳. شاخه بالایی ۴. محفظه نشتی با تخلیه ۵. محور توخالی اتمسفر۶. بخش پایینی ۷. دوشاخه پایین با متعادل‌کننده).

شیر دوتایی دارای دو عایق مستقل است که دو مایع را از هم جدا می‌کند و یک محفظه تخلیه بین آنها وجود دارد. این محفظه باید در اتمسفر باز باشد تا در صورت نشتی یکی از دو عایق، ایمنی کامل ضد مخلوط تضمین شود. هنگامی که یک شیر ضد مخلوط دو نفره فعال می‌شود، محفظه بین بدنه بالا و پایین بسته می‌شود و شیر برای اتصال خطوط لوله بالا و پایین، باز می‌شود. هنگامی که دریچه بسته می‌شود، ابتدا دوشاخه بالایی آب بندی می‌شود و سپس محفظه نشتی به اتمسفر، باز می‌شود. این باعث تلفات بسیار کم محصول در حین کار می‌شود. دوشاخه پایینی باید از نظر هیدرولیکی متعادل باشد تا از شوک‌های فشاری که دریچه را باز نمی‌کند و اجازه می دهد محصولات مخلوط شوند، جلوگیری شود. در حین تمیز کردن، یک خط CIP خارجی به محفظه نشتی متصل می‌شود. برخی از شیرها را می‌توان به یک منبع تمیز کننده خارجی برای تمیزکردن قسمت‌هایی از دوشاخه ها که با محصول در تماس بوده اند، متصل کرد. شیر مخلوط تک نشیمن‌گاه دارای

یک نشیمن‌گاه و دو عایق (بر روی یک دوشاخه) است. منطقه بین دو عایق به اتمسفر باز است و قبل از فعال شدن شیر ضد مخلوط تک نشیمن‌گاه، توسط شیرهای قطع کننده کوچک، بسته می‌شود. یک خط CIP خارجی از طریق شیرهای کوچک برای تمیز کردن به خط تخلیه متصل می‌شود.

۸-۵. نشان دادن موقعیت و کنترل

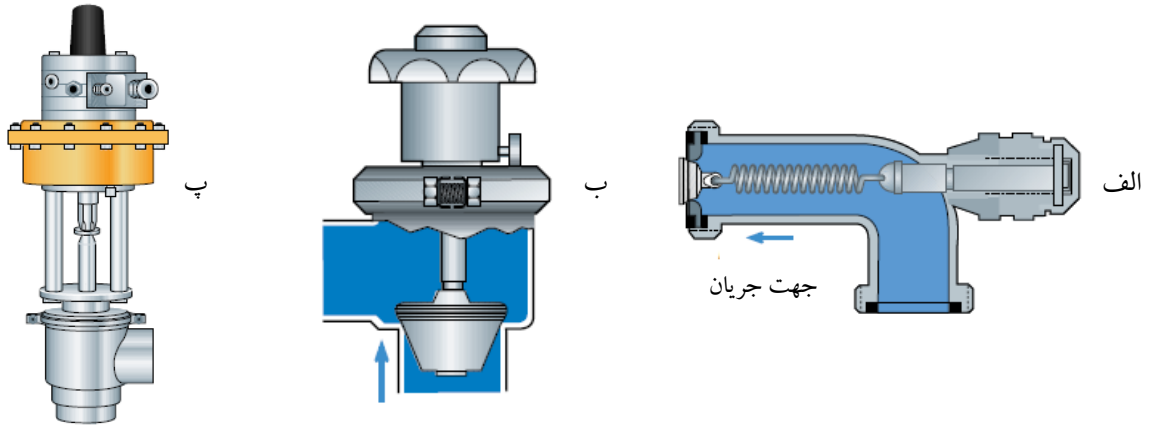
با توجه به سیستم کنترل کارخانه، یک شیر را می‌توان با انواع مختلفی از نشانگر موقعیت نصب کرد (شکل ۷-۸). سوئیچ‌ها برای سیگنال‌های بازخورد به سیستم کنترل، استفاده می‌شوند. هنگامی که فقط سوئیچ‌ها روی شیرها نصب می‌شوند، وجود یک شیر برقی برای هر شیر در یک کابینت شیر برقی روی دیوار، لازم است. یک شیر برقی با دریافت سیگنال، هوای فشرده را به شیر محصول می‌رساند و با ناپدید شدن سیگنال، فشار هوا را آزاد می‌کند. سیستم موجود در شکل ۷-۸ الف، به یک کابل برق و یک شیلنگ هوا برای هر شیر نیاز دارد. واحد ترکیبی موجود در شکل ۷-۸ ب، در بالای محرک شیر نصب می‌شود و شیر برقی نیز در قسمت بالایی، تعبیه شده است. با واحد موجود در شکل ۷-۸ پ، می‌توان تا ۱۲۰ شیر را تنها با یک کابل و یک شیلنگ هوا، کنترل کرد.



شکل ۷-۸ سیستم‌های نشانگر موقعیت سوپاپ (الف. فقط نشان‌دهنده. ب. نشان‌دهنده با واحد بالا. پ. سیستم نشان‌دهنده و کنترل.

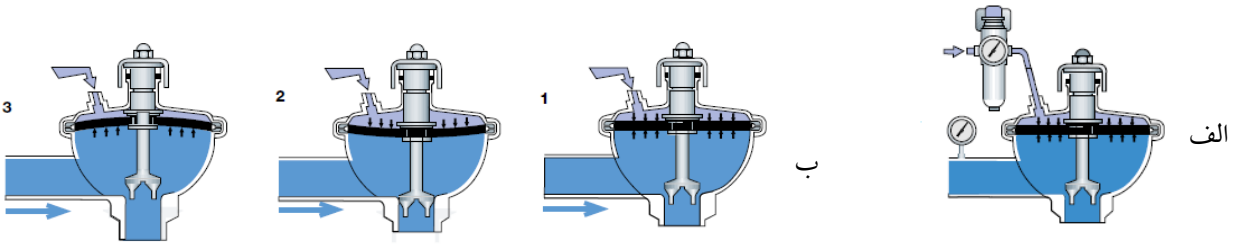
همچنین برخی از سیستم‌ها می‌توانند دریچه‌ها را بدون سیگنال خارجی، برای تمیز کردن نشیمن‌گاه بچرخانند و برای برنامه ریزی تعمیر و نگهداری، تعداد ضربه‌های شیر را بشمارند. یک شیر یک‌طرفه، هنگامی نصب می‌شود که جلوگیری از جریان محصول در جهت اشتباه، ضروری باشد. دریچه با جریان مایع در جهت صحیح باز نگه داشته می‌شود و اگر جریان متوقف شود، دوشاخه شیر توسط فنر به نشیمن‌گاه خود فشار می‌آورد. سپس دریچه در برابر برگشت جریان، بسته می‌شود. شیرهای قطع و تعویض دارای موقعیت‌های مشخص (باز یا بسته) هستند. در شیر تنظیم می‌توان مسیر عبور را به تدریج تغییر داد. شیر کنترل برای کنترل دقیق جریان‌ها و فشارها در نقاط مختلف سیستم، استفاده می‌شود و شیر کاهش فشار، فشار را در سیستم حفظ می‌کند. اگر فشار کم باشد، فنر دوشاخه را روی نشیمن‌گاه، نگه می‌دارد و هنگامی که فشار به مقدار معینی رسید، نیروی وارد بر دوشاخه بر نیروی فنر غلبه می‌کند و دریچه باز می‌شود. فشار باز شدن را می‌توان با تنظیم کشش فنر در سطح مورد نیاز، تنظیم کرد(شکل ۸-۸ الف). شیر کنترل دستی با دوشاخه جریان متغیر، دارای یک میله

همراه با دوشاخه با شکل خاص است. هنگامی که دسته تنظیم چرخانده می‌شود، دوشاخه به سمت بالا یا پایین حرکت می‌کند و مسیر عبور و سرعت جریان (یا فشار) را تغییر می‌دهد (شکل ۸–۸ ب). در شیر کنترل پنوماتیک با دوشاخه جریان متغیر، چیدمان دوشاخه و نشیمن‌گاه مشابه شیر دستی است. هنگامی که دوشاخه به سمت نشیمن‌گاه پایین می‌آید، جریان به تدریج کاهش می‌یابد(شکل ۸–۸ پ). این نوع شیر برای کنترل خودکار فشارها، جریان‌ها و سطوح در فرآیندها استفاده می‌شود. یک فرستنده در خط فرآیند نصب می‌شود و مقدار اندازه‌گیری‌شده را به یک کنترل‌کننده منتقل می‌کند.



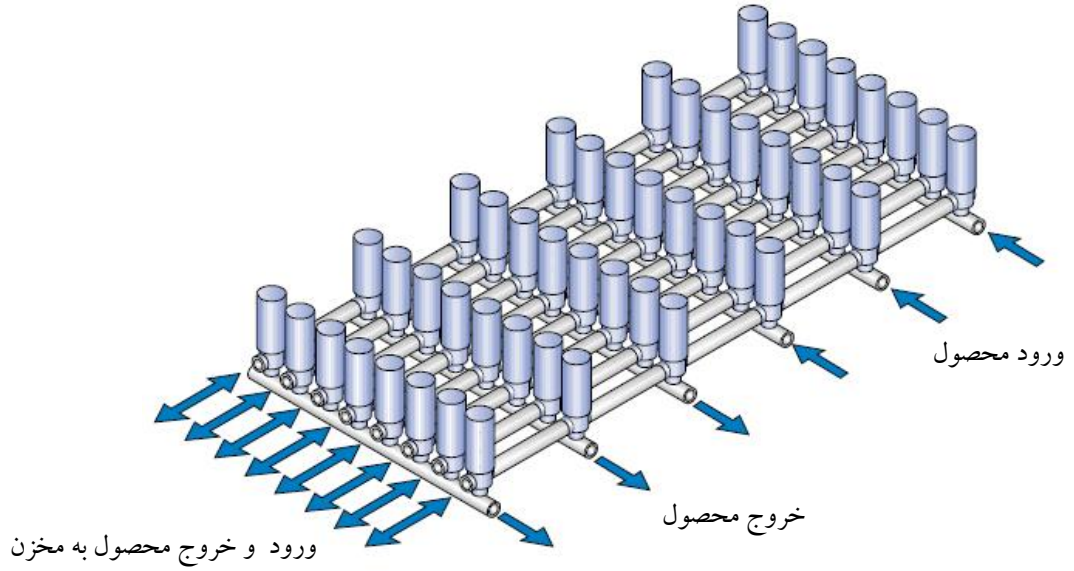
شکل ۸–۸. الف. شیر کاهش فشار. ب. شیر کنترل دستی با دوشاخه جریان متغیر. پ. شیر کنترل پنوماتیک با دوشاخه جریان متغیر.

سپس این کنترل‌کننده، تنظیم شیر را طوری تنظیم می‌کند که مقدار از پیش تعیین شده، حفظ شود. شیری که اغلب استفاده می‌شود، شیر فشار ثابت است (شکل ۹–۸الف). هوای فشرده از طریق یک دریچه کاهنده به فضای بالای دیافراگم می‌رسد. فشار هوا توسط شیر کاهنده تنظیم می‌شود تا گیج (اندازه‌گیر) فشار محصول، فشار مورد نیاز را نشان دهد. البته فشار از پیش تعیین شده بدون توجه به تغییرات در شرایط عملیاتی حفظ می شود (شکل ۹–۸ ب). شیر به سرعت به تغییرات فشار محصول، واکنش نشان می‌دهد و کاهش فشار محصول منجر به افزایش نیرو بر روی دیافراگم از فشار هوا می‌شود که ثابت می‌ماند. سپس شیر سوکت با دیافراگم به سمت پایین حرکت می‌کند، جریان کاهش می‌یابد و فشار محصول به مقدار از پیش تعیین شده، افزایش می‌یابد. پس نیرویی وارد بر دیافراگم بیشتر از نیروی رو به پایین هوای فشرده است.



شکل ۹–۸ الف. شیر فشار ثابت. ب. عملکرد شیر فشار ثابت هنگام تنظیم فشار قبل از شیر (۱. هوا/محصول تعادل. ۲. فشار محصول کاهش می‌یابد، شیر بسته می‌شود و فشار محصول به مقدار از پیش تعیین شده، افزایش می‌یابد. ۳. فشار محصول افزایش می‌یابد، دریچه باز می‌شود و فشار محصول به مقدار از پیش تعیین شده، کاهش می‌یابد).

سپس شیر سوکت به سمت بالا حرکت می‌کند و مسیر عبور محصول را افزایش می‌دهد و تا زمانی که فشار محصول به مقدار از پیش تعیین‌شده کاهش یابد، جریان افزایش می‌یابد. اگر فشار هوای موجود کمتر از فشار محصول مورد نیاز باشد، شیر نمی‌تواند فشار محصول را کنترل کند و باید یک تقویت کننده در بالای شیر نصب کرد تا از شیر برای فشار محصول تا حدود دو برابر فشار هوای موجود استفاده کرد. شیرهای فشار ورودی ثابت بعد از جداکننده‌ها و پاستوریزه‌کننده‌ها، استفاده می‌شوند. شیرها به صورت خوشه‌ای، چیده می‌شوند تا بن‌بست‌ها را به حداقل برسانند و امکان توزیع محصول را بین قسمت‌های مختلف در لبنیات فراهم کنند. همچنین شیرها برای جداسازی خطوط جداگانه استفاده می‌شوند تا بتوان یک خط را با خیال راحت تمیز کرد در حالی که محصول در خطوط دیگر جریان دارد (شکل ۱۰-۸).



شکل ۱۰-۸ چیدمان شیر در یک باغ مخزن برای مسیریابی مستقل محصولات و محلول‌های تمیزکننده به داخل و خارج از مخازن.

فصل نهم :

تانک‌ها (مخازن)

مخازن از نظر عملکرد به دو دسته مخازن تنظیم و مخازن فرآیند، تقسیم می‌شوند.

۹-۱. مخازن تنظیم متوسط

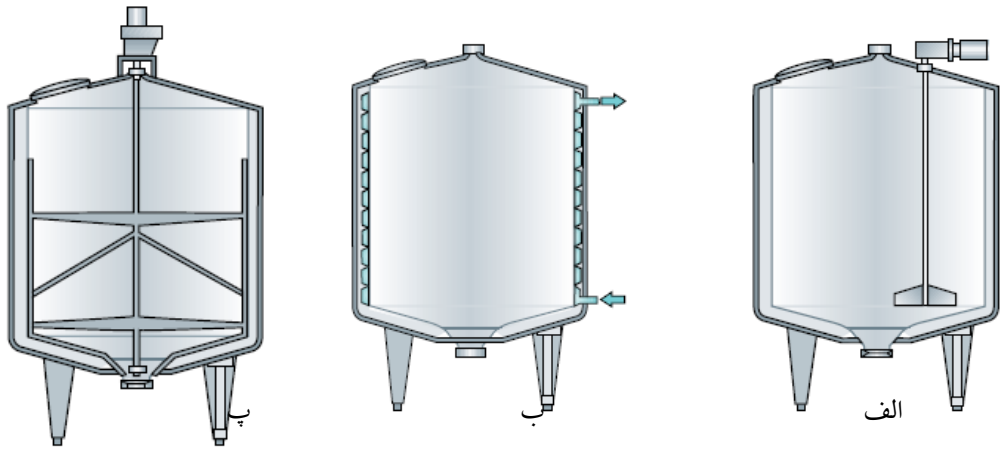
از این مخازن برای نگهداری محصول (برای مدت کوتاهی قبل از اینکه در امتداد خط ادامه یابد) ، ذخیره‌سازی و ترازکردن تغییرات در جریان، استفاده می‌شود. پس از عملیات حرارتی و خنک شدن، شیر به یک مخزن تنظیم پمپ می‌شود و شروع به پر کردن مخزن می‌کند (در صورت قطع شدن فرآیند پر کردن، شیر فرآوری شده در مخزن نگهداری می‌شود تا هنگامی که عملیات از سر گرفته شود) مخزن برای حفظ دمای محصول ثابت عایق شده است. مخزن ذخیره دارای یک همزن است و می توان آن را با قطعات و سیستم‌های مختلف برای تمیز کردن و کنترل سطح و دما نصب کرد (شکل ۱-۹ الف).

۹-۲. مخازن مخلوط‌کردن

این مخازن برای مخلوط کردن محصولات مختلف و برای مخلوط کردن مواد به محصول استفاده می‌شود و ممکن است تجهیزات کنترل دما نیز در آنها نصب شود. مخازن عایق بین پوسته‌های داخلی و خارجی، دارای یک پوشش هستند که از طریق آن یک محیط گرمایش/ خنک کننده، پمپ می‌شود (شکل ۱-۹ ب).

۹-۳. مخازن فرآیند

در این مخازن، محصول برای تغییر خواصش مورد بررسی قرار می‌گیرد. آنها دارای پوسته های فولادی ضد زنگ، با عایق و یا بدون عایق هستند. تجهیزات نظارت و کنترل نیز ممکن است تعبیه شود (شکل ۱-۹ پ).



شکل ۱-۹. الف. مخزن تنظیم متوسط. ب. مخزن مخلوط‌کن. پ. مخزن فرآیند عایق برای محصولات چسبناک.

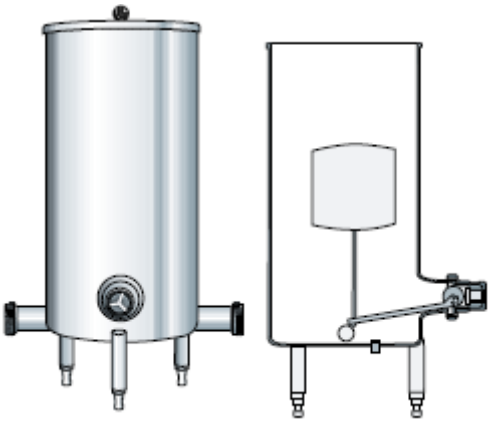
۹-۴. مخزن تعادل

مخزن تعادل، محصول را در یک سطح ثابت، بالای ورودی پمپ نگه می‌دارد و سر در سمت مکش، ثابت نگه داشته می‌شود. با نصب مخزن تعادل در سمت مکش پمپ، این مشکلات زیادی حل می‌شود (جدول ۱-۹).

مشکلات احتمالی که با نصب مخزن تعادل، حل می‌شود.
اگر یک پمپ گریز از مرکز به درستی کار کند، محصول مورد استفاده باید عاری از هوا یا گازهای دیگر باشد
برای جلوگیری از تشکیل حفره(کاویتاسیون)، فشار در تمام نقاط ورودی پمپ باید بیشتر از فشار بخار مایع باشد.
در صورتی که دمای محصول حرارتی شده به کمتر از مقدار مورد نیاز برسد، باید یک شیر برای هدایت مایع تصفیه نشده فعال شود.
فشار در سمت مکش پمپ باید ثابت نگه داشته شود تا جریان یکنواخت در خط تضمین شود.

جدول ۱-۹. مشکلات احتمالی که با نصب مخزن تعادل، حل می‌شود.

در شکل ۲-۹، مخزن حاوی یک شناور است که توسط یک اهرم به یک غلتک با محور خارج از مرکز متصل می‌شود که شیر ورودی را روی مخزن، فعال می‌کند. همانطور که شناور با سطح مایع به سمت پایین یا بالا حرکت می‌کند، دریچه به ترتیب باز و بسته می‌شود. اگر پمپ بیشتر از جریان ورودی از مخزن خارج شود، سطح پایین می‌آید و با آن شناور می‌شود. در ادامه دریچه باز می‌شود و مایع بیشتری وارد می‌کند. به این ترتیب مایع موجود در مخزن در یک سطح ثابت نگه داشته می‌شود. ورودی در پایین مخزن قرار دارد تا مایع به زیر سطح وارد شود. بنابراین هیچ پاشش و هوادهی وجود ندارد و هر هوایی که از قبل در محصول وجود دارد در هنگام ورود در مخزن، بالا می‌رود. مقداری هوازدگی صورت می‌گیرد و تأثیر مطلوبی بر عملکرد پمپ دارد و با محصول، ملایم‌تر رفتار می‌شود.



شکل ۲-۹. مخزن تعادل برای فشار ورودی ثابت به پمپ.

فصل دهم :

کنترل فرآیند

۱-۱۰. اتوماسیون

اتوماسیون یعنی تمام اقدامات مورد نیاز برای کنترل یک فرآیند با کارایی بهینه توسط یک سیستم کنترل بر اساس دستورالعمل‌های برنامه ریزی شده، انجام می‌شود. وظایف کنترل یک سیستم اتوماسیون را می توان به چهار بخش (کنترل دیجیتال، کنترل آنالوگ، نظارت (مانیتورینگ) و اطلاعات مدیریت) تقسیم کرد :

الف.کنترل دیجیتال : در کنترل دیجیتال، اشیاء کنترل‌شده می‌توانند در یکی از دو حالت روشن یا خاموش باشند. یک موتور ممکن است در حال کار یا خاموش باشد و یک سوپاپ ممکن است باز یا بسته یا در یکی از دو موقعیت باشد. بنابراین می‌توان سطوح کاملاً متفاوتی از اتوماسیون (کنترل از راه دور، کنترل گروهی، کنترل توابع و کنترل توالی) را درنظر گرفت.

ب. کنترل آنالوگ : در کنترل آنالوگ یک شی توسط سیگنال‌های آنالوگ از واحد کنترل، کنترل می‌شود. این نوع کنترل بر اساس سیگنال بازخورد دیگری (به طور مداوم در حال تغییر) به واحد کنترل است و برای کنترل بخار یا آب گرم در یک پاستوریزه استفاده می‌شود و سیگنال بازخورد از فرستنده به واحد کنترل برای دمای پاستوریزاسیون می‌آید (جدول ۱-۱۰). سیستم کنترل شامل کنترل آنالوگ و دیجیتال است و این دو نوع کنترل مکمل یکدیگر هستند. یک سیستم آنالوگ برای کنترل گرمایش در پاستوریزه استفاده می‌شود، در حالی که یک حسگر دما، دما را کنترل می‌کند. اگر دما به زیر مقدار از پیش تعیین شده کاهش یابد، حسگر بلافاصله واکنش نشان می‌دهد. سپس یک سیگنال به واحد کنترل منتقل می‌شود و پاستوریزه به جریان انحرافی، سوئیچ می‌شود.

مهم‌ترین کاربردهای کنترل آنالوگ
پاستوریزه‌ها
سیستم‌های توزین شامل دستور العمل‌ها و مخلوط کردن
کنترل ظرفیت‌های پمپاژ
استانداردسازی ماده خشک یا چربی

جدول ۱-۱۰. مهم‌ترین کاربردهای کنترل آنالوگ.

پ. نظارت (مانیتورینگ) : مانیتورینگ یعنی نظارت بر اشیاء مختلف فرآیند و وضعیت‌های فرآیند و ایجاد سیستم هشدار در صورت بروز خطا. مانیتورینگ بر اساس سیگنال‌های بازخورد از اشیاء است (جدول ۲-۱۰).

روش‌های طراحی سیگنال‌های بازخورد
نظارت ساده برخی از اشیاء حیاتی و ثبت ساده شرایط خطا
جلوگیری قفل و بست‌ها (اینترلاک‌ها) از شروع یا ادامه عملکردها در صورت دریافت سیگنال های خطا
راه اندازی مجدد خودکار عملکردها پس از رفع خطا
خود تشخیصی و بررسی مداوم سیستم کنترل بر روی خود

جدول ۲-۱۰. روش‌های طراحی سیگنال‌های بازخورد.

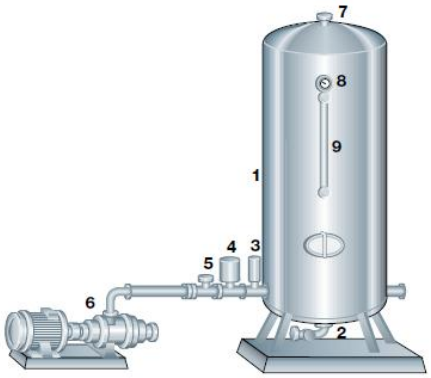
ت. اطلاعات مدیریت : کامپیوترها امکان بهبود بهره‌وری را در سطح مدیریت نیز فراهم می‌کنند و می‌توانند داده‌ها را جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل کنند و آنها را به شکلی ارائه کنند که تصمیمات مدیریت منطقی بر آن استوار باشد (جدول ۳-۱۰).

نمونه‌هایی از کاربردهای اطلاعات مدیریت
تجزیه و تحلیل هزینه و ارزیابی اقتصادی
برنامه ریزی تولید ابزاری برای استفاده کارآمدتر و بهینه تر از ماشین آلات
برنامه ریزی تعمیر و نگهداری با استفاده از دسترسی مدیریت به میزان ساعت کار هر دستگاه و دفعات استفاده از شیر پس از آخرین سرویس
تضمین کیفیت

جدول ۳-۱۰. نمونه‌هایی از کاربردهای اطلاعات مدیریت.

۲-۱۰. طراحی سیستم لوله‌کشی

آب از محل مصرف به هر جایی که در لبنیات مورد نیاز است، توزیع می‌شود و از طریق سیستم لوله‌کشی، جریان می‌یابد. این سیستم شامل شیرهای قطع‌کننده، فشار سنج و شیرهای مسیریابی است. صافی‌ها و شیرهای کاهش فشار برای حفظ فشار مورد نیاز در سیستم تعبیه می‌شوند. مقادیر زیادی آب در یک دوره کوتاه با فشار بالا و پایدار، مورد نیاز است (ممکن است در چندین نقطه خروجی به طور همزمان رخ دهد). بنابراین سیستم و فشار باید متناسب با این شرایط بار لحظه‌ای، تنظیم شوند. برای جلوگیری از پایین آمدن فشار منبع باید از مخزن فشار (به عنوان یک انباشت‌کننده) استفاده کرد تا آب با فشاری که توسط یک بالشتک هوا تعیین می‌شود در مخزن نگه داشته شود. مطابق شکل ۲-۱۰، در طول دوره‌های تقاضای صفر، مخزن با فشار از پیش تعیین شده با آب پر می‌شود. سوئیچ فشار منبع تغذیه پمپ را قطع می‌کند و با خروج آب از مخزن، افت فشار حاصل توسط سوئیچ فشار (که از طریق یک اتصال‌دهنده، پمپ را راه اندازی می‌کند تا آب به مخزن پمپ شود) احساس می‌شود.



شکل ۲-۱۰. مخزن فشار آب (۱. مخزن ۲. شیر تخلیه ۳. شیر ایمنی. ۴. سوئیچ فشار ۵. شیر چک ۶. پمپ حلقه مایع ۷. شیر تخلیه ۸. فشار سنج ۹. شیشه سطح).

با پایان عملیات برداشت، تا هنگامی که فشار از پیش تعیین شده، دوباره بدست آید، سطح آب در مخزن بالا می‌رود. سپس سوئیچ فشار، پمپ را متوقف می‌کند و مخزن فشار آماده پاسخگویی به تقاضای آنی بعدی است.

۳-۱۰. تولید حرارت

عملکرد یک لبنیات به مقادیر زیادی انرژی حرارتی برای گرم‌کردن محصولات مختلف، محلول‌های شوینده و ... نیاز دارد و گرما در مبدل‌های حرارتی توسط یک رسانای حرارتی به نام محیط گرمایی به محصول منتقل می‌شود. این محیط در یک کارخانه گرمایش تولید می‌شود و از طریق یک سیستم لوله‌کشی در نقاط مختلف مصرف توزیع می‌شود. سپس محیط گرمایشی به نیروگاه گرمایشی برمی‌گردد و این مدار به طور مداوم کار می‌کند.

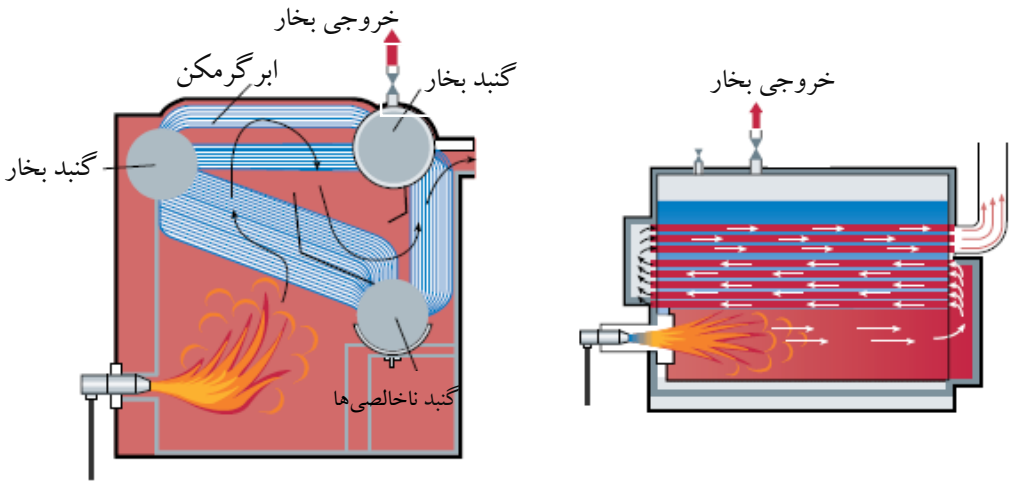
۴-۱۰. تولید بخار

تولید محیط گرمایشی در دیگ‌های بخار یا آب گرم که گاهی در نیروگاه گرمایشی قرار دارند، صورت می‌گیرد. انرژی حرارتی توسط سوخت در حال سوختن آزاد شده و توسط محیط گرمایش جذب می‌شود. آبی که برای تولید بخار استفاده می‌شود، آب خوراک نامیده می‌شود و حاوی اکسیژن و دی‌اکسید کربن است. فیلترهای نرم‌کننده آب در سیستم قرار می‌گیرند تا اکسیژن باعث خوردگی در قسمت‌های آب و بخار نشود و دستگاه گاز زدایی گازهای موجود در آب تغذیه، نمک‌های کلسیم و منیزیم حذف شوند. تهویه شیمیایی آب دیگ و تصفیه آب تغذیه دیگ بخار برای حفظ وضعیت عملکرد خوب سیستم بخار، ضروری است. در ادامه یک پمپ آب تغذیه، آب موجود در دیگ بخار را در یک سطح ثابت، نگه می‌دارد و آب موجود در دیگ توسط سوخت سوزانده شده، گرم شده و به بخار تبدیل می‌شود. گرمای حاصل از تبخیر با متراکم شدن بخار بر روی سطوح انتقال حرارت در نقاط مصرف، آزاد می‌شود. بخار تغلیظ شده، در تله‌های بخار و مخزن میعانات جمع‌آوری می‌شود و توسط پمپ میعانات به دیگ، پمپ می‌شود. برای تولید بخار از دو نوع دیگ بخار (دیگ لوله آتش و دیگ لوله آب) استفاده می‌شود. انتخاب تحت تأثیر فشار بخار و قدرت بخار مورد نیاز است، یعنی مقدار بخار مصرفی در یک زمان معین :

الف. دیگ لوله آتش : دیگ‌های فشار کم و توان بخار کوچک که اغلب لوله‌ای هستند و گازهای دودکش از داخل لوله‌ها عبور می کنند و توسط یک فن از طریق لوله‌ها دمیده می‌شوند. گرمای گازهای دودکش از طریق دیواره‌های لوله‌ها به آب اطراف لوله‌های بیرونی هدایت می‌شود و آب تا نقطه جوش گرم می‌شود و بخار برای توزیع در سیستم در گنبد بخار جمع می‌شود. هنگامی که فشار داخل گنبد بخار به سطح مورد نیاز رسید، می‌توان دریچه بخار را باز کرد تا بخار به سمت نقاط مصرف، جریان پیدا کند. مشعل به طور خودکار روشن و خاموش می‌شود و فشار بخار را در سطح مورد نیاز نگه می‌دارد (شکل ۳-۱۰ الف).

ب. دیگ لوله آب : دیگ‌های فشار بالا و خروجی‌های بخار بزرگ، دیگ‌های لوله آب هستند که در آنها آب در داخل لوله‌ها به گردش در می‌آید. در صورتی که از بالاترین فشار مجاز در دیگ بخار فراتر رود، شیر اطمینان باز می‌شود. آب تغذیه از لوله‌هایی عبور می‌کند که از خارج توسط گازهای دودکش گرم می‌شوند و تولید بخار در لوله‌هایی صورت

می‌گیرد که مایل هستند تا بخار به سمت گنبد بخار، بالا بیاید. بخار قبل از وارد شدن به سیستم توزیع، از طریق ابرگرمکن به دو گنبد بالایی منتقل می‌شود و توسط گازهای دودکش برای بار دوم در ابرگرمکن گرم می‌شود. گنبد پایینی همچنین، ناخالصی‌هایی که در آب تغذیه وجود دارد را جمع آوری می‌کند (شکل ۳-۱۰ ب).



شکل ۳-۱۰ الف. اصل دیگ لوله آتش. ب. اصل دیگ لوله آب شامل سه گنبد بخار.

۵-۱۰. تبرید

بسیاری از مراحل فرآیند باعث می‌شود که محصول تا دمای خاصی گرم شود و افزایش دما منجر به افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های موجود در محصول و سرعت بخشیدن به واکنش‌های شیمیایی (مورد کنترل آنزیم‌ها) می‌شود. برای جلوگیری از این فعالیت‌ها باید دمای محصول (در اتمام هر مرحله خاصی از تولید) به سرعت کاهش یابد. بنابراین کارخانه‌های لبنی به تبرید نیاز دارند. سیستم تبرید یک مدار بسته است که در آن چرخه‌های سرد سازی بین حالت گاز و مایع با کاهش فشار متناوب (انبساط) و افزایش فشار (فشرده سازی) می‌چرخند و اجزای اصلی آن تبخیرکننده، متراکم‌کننده، خنک‌کننده و شیر انبساط می‌باشد :

الف. تبخیرکننده : تبخیرکننده قسمتی از دستگاه تبرید است که تبخیر مبرد در آن انجام می‌شود. طراحی تبخیرکننده با انتخاب مبرد تعیین می‌شود و دارای سه نوع تبخیرکننده‌های گردش هوا، تبخیرکننده‌های پوسته و لوله و صفحه‌ای و تبخیرکننده‌های سیم پیچ برای تجمع یخ، می‌باشند (جدول ۴-۱۰).

ب. متراکم‌کننده : بخار مبرد در متراکم‌کننده، فشرده می‌شود و دمای بخار افزایش می‌یابد. کار انجام شده توسط متراکم‌کننده به صورت گرما به گاز منتقل می‌شود، یعنی گاز خروجی از متراکم‌کننده حاوی مقدار گرمای بیشتری نسبت به تبخیرکننده است و این گرما باید با خنک کردن در خنک‌کننده حذف شود.

پ. خنک‌کننده : گرمای جذب شده در تبخیرکننده و گرمای منتقل شده به بخار موجود در متراکم‌کننده، با خنک شدن در خنک‌کننده حذف می‌شود. خنک‌کننده‌ها به سه نوع (خنک‌کننده هوا خنک، خنک‌کننده مایع خنک‌شونده و

خنک‌کننده تبخیر) تقسیم می‌شوند. انتخاب خنک‌کننده با توجه به عواملی مانند تامین آب، قیمت آب و زمان بهره‌برداری از دستگاه تعیین می‌شود. خنک‌کننده تبخیری ترکیبی از خنک‌کننده هوا خنک و برج مبرد (خنک‌کننده) است.

نوع تبخیرکننده	کاربردها
گردش هوا	برای سرد کردن مناطق ذخیره سازی و برای خنک‌کردن هوا در دستگاه‌های تهویه مطبوع استفاده می‌شود
پوسته و لوله و صفحه‌ای	گرما را از خنک کننده‌های در گردش، استخراج می‌کند و محصولات را در مبدل‌های حرارتی فرآیند، خنک می‌کند
سیم پیچ برای تجمع یخ	در طول شب، باعث یخ زدن آب به صورت لایه ای روی لوله‌های تبخیرکننده می‌شود تا مبرد داخل آن به گردش در می‌آید. در طول روز باعث ذوب شدن یخ می‌شود و مقدار زیادی از ظرفیت تبرید را به شکل آب یخ از یخ‌های انباشته شده، حذف می‌کند

جدول ۴-۱۰. کاربرد تبخیرکننده‌ها.

۶-۱۰. تولید هوای فشرده

سیستم‌های اتوماتیک با کنترل پنوماتیک در فضای مرطوب لبنیات، بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند و این باعث می‌شود که طراحی سیستم هوای فشرده الزامی شود (جدول ۵-۱۰).

کاربردهای هوای فشرده
برق رسانی به محرک‌ها در برخی از ماشین‌ها متراکم‌کننده
تخلیه محصول از لوله‌ها
هم‌زدن در مخازن ذخیره
ابزار پنوماتیک در کارگاه

جدول ۵-۱۰. کاربردهای هوای فشرده.

هوای فشرده به سه دسته کیفی تقسیم می‌شود:

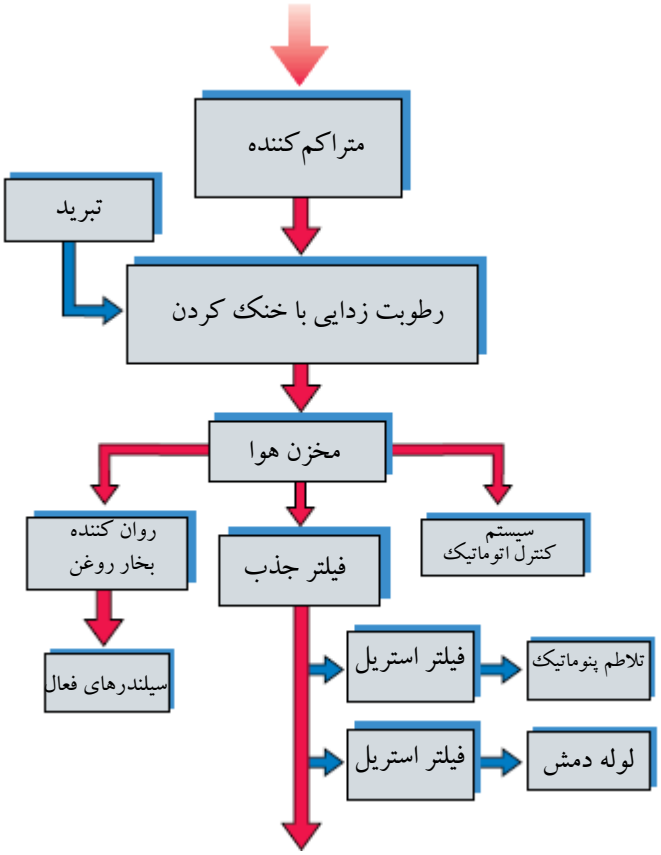
_ هوای فشرده که در تماس مستقیم با محصول است و تمیز، بدون روغن، خشک، بی بو و استریل است.

_ هوای فشرده که با محصول تماس پیدا نمی‌کند، اما باید تمیز، خشک و بدون روغن باشد. چون برای کنترل ابزارها و فعال کردن قطعات پنوماتیک، شیرها و ... استفاده می‌شود.

_ هوای فشرده که عاری از ذرات جامد و تا حد امکان خشک است، زیرا برای ابزارهای پنوماتیک و ... استفاده می‌شود.

هوای فشرده در متراکم‌کننده هوا تولید می‌شود و هنگامی که هوا بدون روغن باشد، نمی‌توان از متراکم‌کننده‌هایی استفاده کرد که در آنها محفظه تراکم، روغن کاری شده است تا راندمان تراکم افزایش یابد. باید از متراکم‌کننده‌های بدون روغن استفاده شود، البته حذف تمام روغن از هوای فشرده غیرممکن است. مطابق شکل۴-۱۰، هوا از متراکم‌کننده به یک رطوبت‌گیر، عرضه می‌شود و بخار آب موجود در هوا با خنک‌شدن و بارش از بین می‌رود. سپس هوای خشک‌شده به

سمت گیرنده هوا، ادامه می‌یابد. هوای فشرده از این مخزن گرفته می‌شود و برای کنترل ابزارها، عملکرد دریچه‌ها و سیلندرهای محرک نیرو و ... استفاده می‌شود. هوای فشرده با بالاترین کیفیت (که هنگام استفاده برای هم زدن پنوماتیک مخازن و تخلیه محصول از لوله‌ها مستقیماً با محصول تماس پیدا می‌کند) در فیلترهای جذب بیشتر خشک می‌شود و قبل از استفاده در فیلترهای مخصوص استریل می‌شود.



شکل۴-۱۰. نصب هوای فشرده.

۷-۱۰. برق

اجزای اصلی سیستم الکتریکی شامل تابلو برق فشار قوی، ترانسفورماتورهای برق، تابلو برق فشار ضعیف، مجموعه تولیدکننده (مولد) و مراکز کنترل موتور می‌باشند :

الف. تابلو برق فشار قوی : تابلو برق فشار قوی تابلوی اصلی توزیع ولتاژ بالا است و شامل تعدادی اتاقک با سیستم شینه (میله جریان) مرکزی است که انواع مختلفی از کلیدها به آنها متصل می‌شوند. هر منبع یا اتاقک، دارای یک سوئیچ برای جداسازی است. بعد از اتاقک‌های ورودی یک اتاقک با تجهیزات اندازه‌گیری انرژی الکتریکی مصرفی، وجود دارد. پس از اتاقک اندازه‌گیری، اتاقک‌هایی برای منبع خروجی و یک اتاقک برای هر ترانسفورماتور قرار می‌گیرد. هر ترانسفورماتور توسط یک کلید (مدارشکن یا قطع کننده بار و فیوز) محافظت می‌شود که در صورت بروز خطا یا اضافه بار، برق را قطع می‌کند.

ب. ترانسفورماتور برق : ترانسفورماتور برق از کابل‌هایی که آن را به تابلو برق فشار قوی متصل می‌کند، برق دریافت می‌کند. ترانسفورماتور قدرت ولتاژ بالا را به ولتاژ پایین تبدیل می‌کند. اندازه ترانسفورماتور به نیاز برق بستگی دارد و دو نوع ترانسفورماتور وجود دارد (عایق روغن برای نصب در داخل و خارج و عایق خشک برای نصب در داخل ساختمان).

پ. تابلو برق فشار ضعیف : تابلو برق فشار ضعیف، برق را از کابل‌ها یا میله‌هایی که آن را به ترانسفورماتور برق متصل می‌کند، دریافت می‌کند و شامل تجهیزات برای سوئیچینگ، کنترل و حفاظت از منابع خروجی است. اندازه ترانسفورماتور قدرت تعیین می‌کند که کلید اصلی و سیستم شینه تابلو چقدر باید باشد (جدول ۶-۱۰).

محتویات تابلو برق فشار ضعیف
یک واحد ورودی با یک کلید اصلی برای جداسازی تابلو به علاوه ابزارهای کنترل ولتاژ، جریان و ...
چندین واحد خروجی به مصرف کنندگان برق بزرگ مانند مراکز کنترل موتور، همگن‌سازها و ...
هر منبع دارای یک قطع کننده مدار یا بار شکن و یک فیوز برای محافظت از کابل‌ها و دستگاه‌ها می‌باشد
یک واحد با تجهیزات تصحیح ضریب توان

جدول ۶-۱۰. محتویات تابلو برق فشار ضعیف.

پ. مجموعه تولیدکننده : برای تولید برق می‌توان از یک مجموعه مولد استفاده کرد. اگر سیستم توزیع برق خاموش باشد، مجموعه تولید ممکن است به طور مداوم کار کند یا به عنوان آماده به کار، استفاده شود. مولد برق، دیزلی است و دارای تابلوهای کنترل یکپارچه است و منبع ولتاژ پایینی را ارائه می‌دهد.

ت. مراکز کنترل موتور : مراکز کنترل موتور، برق را از کابل‌هایی دریافت می‌کنند که آنها را به تابلو برق فشار ضعیف متصل می‌کند و کنترل، حفاظت و توزیع برق را به نقاط مصرف نهایی در نیروگاه می‌دهند. مراکز کنترل موتور شامل یک واحد ورودی (با سوئیچ اصلی برای جداسازی) و واحدهای خروجی (برای تامین ماشین‌ها و موتورها) هستند.

فصل یازدهم :

طراحی خط فرآیند

۱-۱۱. طراحی خط فرآیند

طراحی یک خط فرآیند شامل الزامات زیر می‌باشد :

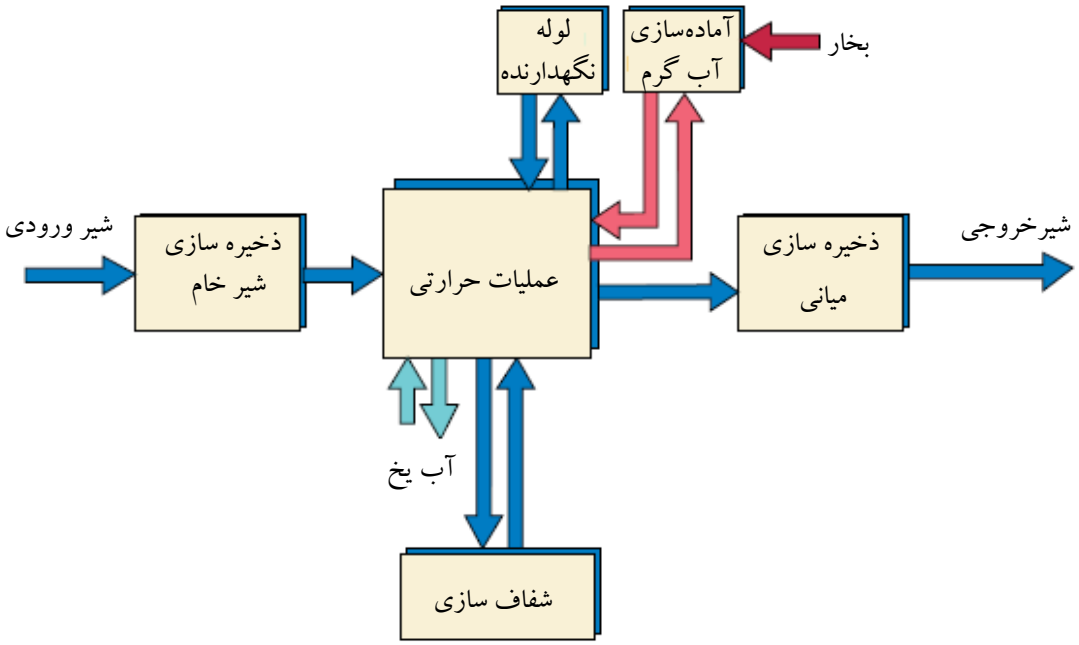
_ ارتباط با محصول : در مورد مواد خام، رفتار آن و کیفیت محصول نهایی می‌باشد.

_ ارتباط با فرآیند : مربوط به ظرفیت دستگاه، انتخاب اجزا و سازگاری آنها، درجه کنترل فرآیند، در دسترس بودن محیط‌های گرمایش و سرمایش، تمیز کردن تجهیزات فرآیند و ... می‌باشد.

_ ارتباط اقتصادی :هزینه کل تولید مطابق با استانداردهای کیفیت تعیین‌شده، تا حد امکان پایین باشد.

_ ارتباط حقوقی : قانونی که پارامترهای فرآیند و همچنین انتخاب اجزا و راه حل‌های سیستم را مشخص کند.

نمونه‌ای از طراحی خط فرآیند عملیات حرارتی شیر کامل (پاستوریزاسیون) می‌باشد (شکل ۱-۱۱).



شکل ۱-۱۱. نمودار تعمیم یافته فرآیند پاستوریزاسیون شیر.

تجهیزات مورد نیاز برای یک فرآیند کنترل از راه دور عبارتند از :

_ مخازن سیلو برای نگهداری شیر خام.

_ مبدل حرارتی صفحه‌ای برای گرمایش و سرمایش، یک لوله نگهدارنده و یک واحد آب گرم.

_ شفاف کننده گریز از مرکز.

_ مخزن ذخیره میانی برای نگهداری موقت شیر فرآوری‌شده.

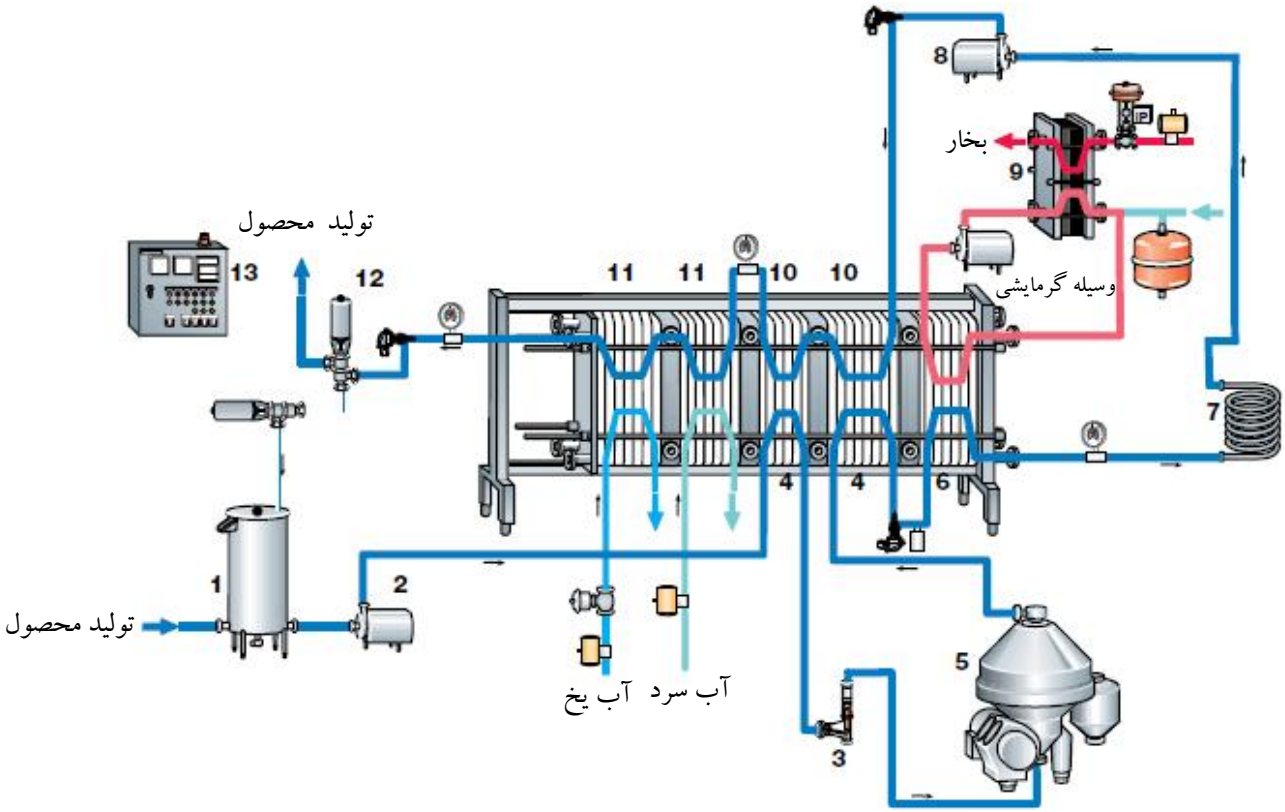
_ لوله‌ها و اتصالات برای اتصال اجزای اصلی و شیرهای پنوماتیک برای کنترل و توزیع جریان محصول و مایعات تمیز کننده.

_ پمپ‌های انتقال شیر از طریق دستگاه تصفیه شیر.

_ تجهیزات کنترل برای کنترل ظرفیت، دمای پاستوریزاسیون و موقعیت دریچه.

۲-۱۱. پاستوریزه کامل

یک پاستوریزه شیر مدرن، با استفاده از تجهیزات عملیاتی، نظارت و کنترل فرآیند، مونتاژ می‌شود و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد (شکل ۲-۱۱) :



شکل ۲-۱۱. دستگاه پاستوریزه کامل: (۱. مخزن تعادل ۲. پمپ تغذیه ۳. کنترل‌کننده جریان ۴. بخش‌های پیش‌گرمایش احیاکننده ۵. جداکننده گریز از مرکز ۶. بخش گرمایش ۷. لوله نگهدارنده ۸. پمپ تقویتی ۹. سیستم گرمایش آب گرم ۱۰. احیا کننده بخش‌های خنک‌کننده ۱۱. بخش‌های خنک‌کننده ۱۲. شیر انحراف جریان ۱۳. صفحه کنترل)

_ مخزن سیلو : شیر ورودی با کنترل شناور، جریان شیر را تنظیم می‌کند و سطح ثابتی را در مخزن تعادل، حفظ می‌کند. اگر ارسال شیر قطع شود، سطح شروع به کاهش می‌کند. مخزن تعادل دارای یک الکترود سطح پایین است که به محض رسیدن سطح به حداقل نقطه، سیگنالی را ارسال می‌کند تا از سوختن محصول روی صفحات جلوگیری کند. این سیگنال

شیر انحراف جریان را فعال می‌کند و محصول را به مخزن تعادل باز می‌گرداند. شیر با آب جایگزین می‌شود و هنگامی‌که گردش برای مدت معینی ادامه داشته باشد، پاستوریزه خاموش می‌شود

_ پمپ تغذیه : پمپ تغذیه، شیر پاستوریزه را از مخزن تعادل تامین می‌کند تا هد ثابتی را فراهم کند.

_ کنترل‌کننده جریان : کنترل‌کننده جریان، جریان را از طریق پاستوریزه در مقدار صحیح حفظ می‌کند. این کنترل دمای پایدار و طول ثابت زمان نگهداری را برای اثر پاستوریزاسیون مورد نیاز تضمین می‌کند. کنترل‌کننده جریان اغلب بعد از اولین بخش احیا کننده، قرار می‌گیرد.

_ پیش گرمایش احیا کننده : شیر سرد تصفیه نشده از طریق بخش اول در پاستوریزه (قسمت پیش گرمایش) پمپ می‌شود و توسط شیر پاستوریزه که در همان زمان خنک‌شده است، گرم می‌شود (احیا می‌شود). اگر شیر در دمایی بین دمای ورودی و خروجی بخش احیا کننده، تصفیه شود، بخش احیا کننده به دو بخش تقسیم می‌شود.پس شیر از شفاف شدن به پاستوریزه باز می‌گردد که در قسمت دوم، پیش گرمایش احیا کننده، کامل می‌شود.

_ پاستوریزاسیون : گرمایش نهایی تا دمای پاستوریزاسیون در بخش گرمایش انجام می‌شود. شیر داغ تا یک سلول نگهدارنده لوله‌ای خارجی ادامه می یابد و پس از نگه داشتن، دمای شیر توسط یک حسگر در خط بررسی می‌شود. یک سیگنال پیوسته به کنترل‌کننده دما در صفحه کنترل، منتقل می‌شود و سپس به یک ابزار ضبط که دمای پاستوریزاسیون را ثبت می‌کند، منتقل می‌شود.

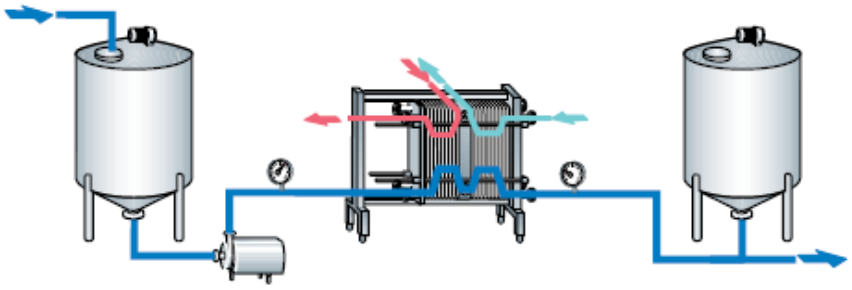
_ انحراف جریان : یک حسگر بعد از سلول نگهدارنده، سیگنالی را به نمایشگر دما ارسال می‌کند و هنگامی‌که این سیگنال به کمتر از مقدار از پیش تعیین شده (حداقل دمای مشخص) برسد، نمایشگر شیر انحراف جریان را به جریان انحرافی تغییر می‌دهد.

_ خنک کننده : پس از بخش نگهداری، شیر برای خنک شدن به بخش‌های احیا کننده بازگردانده می‌شود و شیر پاستوریزه حرارت خود را به شیر سرد ورودی می‌دهد. سپس شیر پاستوریزه خروجی با آب سرد، آب یخ، محلول گلیکول یا برخی مبردهای دیگر بسته به دمای مورد نیاز، سرد می‌شود. دمای شیر سرد شده همراه با دمای پاستوریزاسیون و موقعیت دریچه انحراف جریان ثبت می‌شود.

۳-۱۱. طراحی سیستم لوله‌کشی

سرعت محصول از طریق اندازه گذر لوله‌ها تعیین می‌شود، یعنی هرچه قطر داخلی لوله بزرگتر باشد، سرعت محصول کمتر است. سرعت‌های بالاتر باعث اصطکاک بیشتر در خود مایع و بین مایع و دیواره لوله می‌شود. در نتیجه رفتار مکانیکی بیشتری از محصول بوجود می‌آید. برای به دست آوردن جریان آرام در یک لوله گرد، باید قطرکوچک، سرعت کم و چسبندگی مایع، زیاد باشد. هنگامی که یک مایع از طریق یک سیستم لوله وارد می‌شود، هر جزء در خط، در برابر جریان مقاومت نشان می‌دهد (در لوله‌های مستقیم، مقاومت به دلیل اصطکاک بین مایع و دیواره است و در پیچ و خم‌ها، اصطکاک

اضافی ناشی از تغییر جهت مایع رخ می‌دهد). به همین ترتیب اصطکاک، تغییر جهت و تغییر مقطع، منجر به مقاومت در اتصالات، تجهیزات فرآیند و شیرها می‌شود. مقاومت جریان در سیستم لوله، معادل کاری است که یک پمپ برای بلند کردن مایع انجام می‌دهد. مقاومت جریان مایع در یک قطعه منجر به کاهش فشار می‌شود و اگر فشار، قبل و بعد از قطعه با فشار سنج اندازه‌گیری شود (شکل ۳-۱۱)، فشار در سمت تخلیه، کمتر خواهد بود. هر جزء در خط باید ابعادی داشته باشد تا کمترین افت فشار ممکن را ایجاد کند. افت فشار شامل افزایش سرعت جریان (به صورت تلاطم یا با شتاب موضعی) از طریق معابر است. سرعت‌های بالاتر منجر به افزایش اصطکاک در سطوح لوله و سایر تجهیزات، و نیروهای بیشتر در خم‌ها و... می‌شود. این امر باعث افزایش عملیات مکانیکی محصول می‌شود. در مورد شیر، منجر به شکستن گلبول‌های چربی می‌شود و چربی آزاد شده را در معرض حمله آنزیم‌های لیپاز قرار می‌دهد. یعنی محتوای بالای اسیدهای چرب آزاد بر طعم شیر تأثیر منفی می‌گذارد (این مشکل در صورت وجود هوا در طی عملیات مکانیکی محصول تشدید می‌شود). برای رفع این مشکلات باید اندازه لوله‌ها به گونه‌ای باشد که سرعت مایع از مقدار بحرانی محصول (۱.۸ متر بر ثانیه) تجاوز نکند و افت فشار در شیرها باید تا حد امکان کم باشد و همچنین طوری قرار داده شوند که از تغییر جهت غیر ضروری جلوگیری شود.

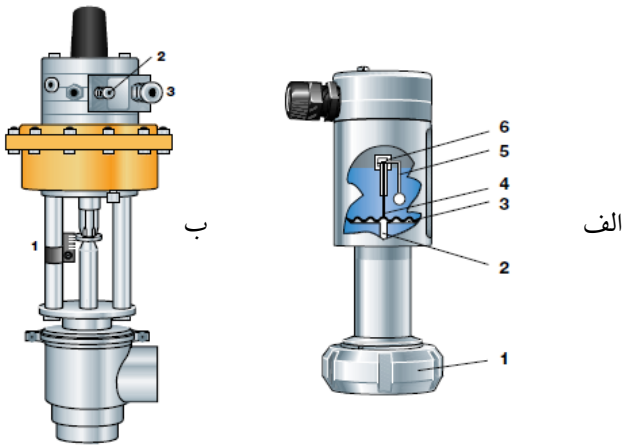


شکل ۳-۱۱. می‌توان افت فشار را با فشار سنج در خط فرآیند نشان داد.

۳-۱۱. تجهیزات کنترل فرآیند

برای اطمینان از عملکرد بدون مشکل و دستیابی به کیفیت محصول مورد نظر، باید مقادیر سطوح مایع، جریان، دما، فشار، غلظت و مقادیر pH در مقادیر از پیش تعیین شده خاص، حفظ شود. تجهیزات نظارت و کنترل این پارامترها شامل انواع مختلفی از فرستنده‌ها، کنترل کننده‌ها و تجهیزات کنترلی است. فرستنده یک عنصر حسگر است که مقدار واقعی را اندازه گیری می‌کند و مقدار اندازه‌گیری‌شده را به سیگنال پنوماتیک یا الکتریکی با قدرت متناظر، تبدیل می‌کند. سیگنال به یک کنترل‌کننده ارسال می‌شود که از مقدار لحظه‌ای کمیت مطلع می‌شود. دستگاه کنترل یک دستگاه تنظیم‌کننده است و در خط فرآیند نصب می‌شود و می‌تواند یک موتور پمپ با سرعت متغیر یا یک شیر تنظیم‌کننده باشد. این دستگاه به طور مداوم با یک سیگنال (پنوماتیک یا الکتریکی) از یک کنترل‌کننده تامین می‌شود و قدرت این سیگنال، تعیین‌کننده تنظیم دستگاه تنظیم‌کننده است. کنترل‌کننده، سیگنال را از فرستنده دریافت می‌کند تا به طور مداوم از مقدار اندازه‌گیری شده کمیت مورد نظر، مطلع شود و آن را با یک مرجع از پیش تعیین‌شده مقایسه می‌کند. اگر دو مقدار یکسان باشد، تنظیم‌کننده صحیح است و اگر مقدار اندازه‌گیری‌شده تغییر کند، سیگنال فرستنده مطابق با آن تغییر می‌کند. فرستنده

بلافاصله تغییر کمیت را حس می‌کند و این اطلاعات را به کنترل‌کننده، منتقل می‌کند. این چرخه مقایسه و تصحیح، تا وقتی تکرار می‌شود که کمیت اندازه‌گیری‌شده بار دیگر به مقدار از پیش تعیین‌شده برسد. در سیستم‌های کنترلی، فرستنده‌ها از نظر طراحی و عملکرد، متفاوت هستند. برخی از فرستنده‌ها به تغییرات مقدار اندازه‌گیری‌شده واکنش نشان می‌دهند. در فرستنده فشار، فشار محصول بر روی یک غشا از طریق یک لوله مویرگی به حسگر منتقل می‌شود (شکل ۴-۱۱ الف). حسگر یک سیگنال الکتریکی ارسال می‌کند که با فشار محصول نسبت مستقیم دارد. کنترل‌کننده‌ها، تغییرات کمیت فیزیکی دیگری را که رابطه ثابتی با کمیتی که باید کنترل شود، اندازه گیری می‌کنند. می‌توان از فرستنده فشار برای اندازه‌گیری سطح در یک مخزن نیز استفاده کرد. این فشار متناسب با عمق مایع است و یک سیگنال الکتریکی به ابزاری منتقل می‌کند که سطح را نشان می‌دهد. هر گونه تغییر در مقاومت با تغییر دما مطابقت دارد و دمای محصول را تعیین می‌کند. رایج‌ترین دستگاه تنظیم‌کننده در کارخانه های لبنی، شیر تنظیم است (شکل ۴-۱۱ ب) که از یک بدنه با یک نشیمن‌گاه برای دوشاخه تشکیل شده است که به انتهای پایینی حلقه متصل است. دریچه بین حالت باز و بسته با تنظیم اختلاف فشار بین دو طرف بالا و پایین پیستون، کار می‌کند. محرک دارای پیستون دو کاره است. هنگامی‌که فشار در سمت پایین بیشتر است، پیستون به سمت بالا حرکت می‌کند و دوشاخه را از روی نشیمن‌گاه خود بلند می‌کند. فشار بیشتر در بالای پیستون باعث بسته شدن شیر می‌شود. در سیستم کنترل دمای اتوماتیک، دماسنج یک فرستنده دما از نوع مقاومتی است که در خط تولید نصب شده است. دستگاه کنترل یک شیر تنظیم کننده پنوماتیک در خط بخار است و توسط یک کنترل‌کننده پنوماتیک واقع در پانل کنترل فرآیند، کنترل می‌شود. مقدار مورد نیاز روی کنترل‌کننده تنظیم می‌شود که از طریق شیر، منبع بخار را به مبدل حرارتی تنظیم می‌کند تا مقدار اندازه‌گیری‌شده همیشه برابر با مقدار از پیش تعیین‌شده باشد.



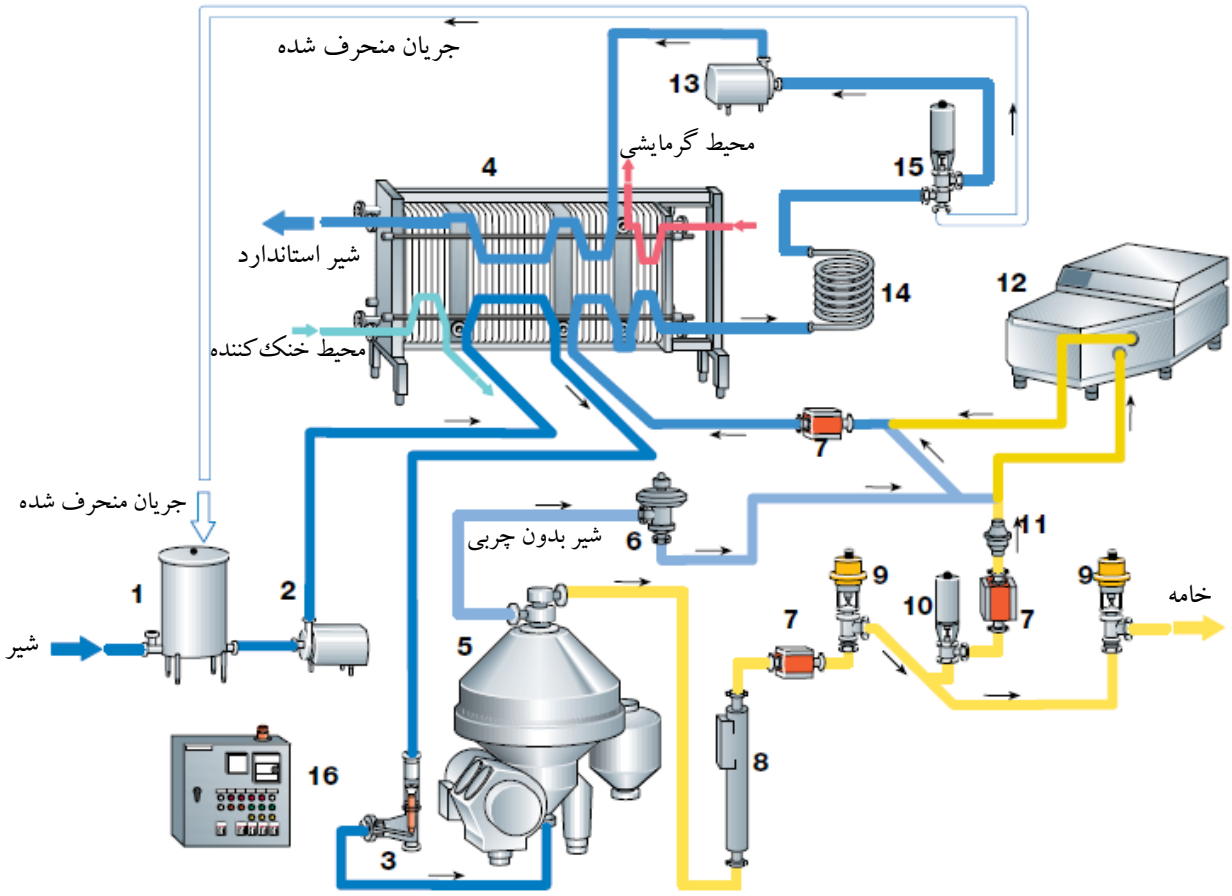
شکل ۴-۱۱. الف. فرستنده فشار (۱. مهره ۲. فشار فرآیند ۳. غشاء ۴. لوله مویرگی ۵. فشار مرجع ۶. حسگر). ب. شیر تنظیم پنوماتیک (۱. نشانگر موقعیت بصری ۲. اتصال برای سیگنال الکتریکی ۳. اتصال برای هوای فشرده)

فصل دوازدهم :

محصولات شیر پاستوریزه

۱-۱۲. فرآوری شیر پاستوریزه

ساده ترین مدل طراحی خطوط فرآیند شیر، پاستوریزه‌کردن شیر کامل است و خط فرآیند شامل یک پاستوریزه، یک مخزن تنظیم و یک دستگاه پرکننده است. مطابق شکل ۱-۱۲ برای یک جریان فرآیند معمولی در یک خط شیر، شیر از طریق مخزن تعادل وارد دستگاه می‌شود و به مبدل حرارتی صفحه‌ای، پمپ می‌شود و قبل از اینکه به جداسازی ادامه دهد، گرم می‌شود و شیر بدون چربی و خامه تولید می‌کند. محتوای چربی خامه از جداکننده به سطح مورد نیاز تنظیم می‌شود و بدون توجه به تغییرات محتوای چربی و سرعت جریان شیر ورودی، در آن سطح حفظ می‌شود. پس از تنظیم، محتوای چربی خامه توسط سیستم کنترل (متشکل از فرستنده جریان، فرستنده چگالی، شیرهای تنظیم‌کننده و سیستم کنترل برای سیستم استاندارد) ثابت نگه داشته می‌شود. اگر همگن‌ساز کوچکتر استفاده شود، انرژی کمتری مصرف می‌شود. پس از عبور از دستگاه استاندارد، جریان خامه به دو بخش تقسیم می‌شود (یکی، برای دادن محتوای چربی مورد نیاز به شیر، به همگن‌ساز هدایت می‌شود و دیگری خامه اضافی را به دستگاه بازسازی خامه منتقل می‌کند). در چیدمان همگن‌سازی جزئی، همگن‌ساز به خط شیر کم چرب متصل می‌شود تا همیشه محصول کافی برای عملکرد مناسب داشته باشد.



شکل ۱-۱۲. خط تولید شیر با همگن‌سازی جزئی (۱ مخزن تعادل ۲. پمپ تغذیه محصول ۳. کنترل‌کننده جریان ۴. مبدل حرارتی صفحه‌ای ۵. جداکننده ۶. شیر فشار ثابت ۷. فرستنده جریان ۸. فرستنده تراکم ۹. شیر تنظیم ۱۰. شیر قطع ۱۱. شیر چک ۱۲. همگن‌ساز ۱۳. پمپ فشار ساز ۱۴. لوله نگهدارنده ۱۵. شیر انحراف جریان ۱۶. کنترل فرآیند).

در چیدمان همگن‌سازی جزئی، همگن‌ساز به خط شیر کم چرب متصل می‌شود تا همیشه محصول کافی برای عملکرد مناسب داشته باشد. سپس شیر با محتوای چربی استاندارد شده، به بخش گرمایش مبدل حرارتی شیر، پمپ می‌شود (جایی که پاستوریزه می‌شود). زمان نگهداری لازم توسط یک لوله نگهدارنده، جداگانه تامین می‌شود و دمای پاستوریزاسیون به طور مداوم ثبت می‌شود. پمپ فشارساز، فشار محصول را تا حدی افزایش می‌دهد تا در صورت بروز نشتی در مبدل حرارتی صفحه‌ای، محصول پاستوریزه شده توسط شیر تصفیه نشده یا محیط خنک‌کننده، آلوده نشود. یک سیگنال، شیر انحراف جریان را فعال می‌کند و شیر به مخزن تعادل باز می‌گردد. و پس از پاستوریزاسیون، شیر تا بخش خنک‌کننده در مبدل حرارتی ادامه می‌دهد. سپس شیر سرد به دستگاه‌های پرکننده، پمپ می‌شود. هدف از استانداردسازی این است که به شیر یک محتوای چربی تعریف شده و تضمین شده بدهد، پاستوریزاسیون در کنار خنک سازی صحیح یکی از مهمترین فرآیندهای تصفیه شیر است و هدف از همگن‌سازی، متلاشی‌کردن یا توزیع گلبول‌های چربی در شیر به منظور کاهش خامه شدن است.

۲-۱۲. حفظ کیفیت شیر پاستوریزه

شیر به دلیل ترکیبی که دارد در برابر آلودگی‌های باکتریایی و شیمیایی و همچنین در برابر اثرات قرار گرفتن در معرض نور، به ویژه وقتی که همگن باشد، حساس است. نور بر بسیاری از مواد مغذی اثر مضر دارد و می‌تواند بر طعم آن تأثیر بگذارد. و محصول باید از نور محافظت شود (نور روز و نور مصنوعی).

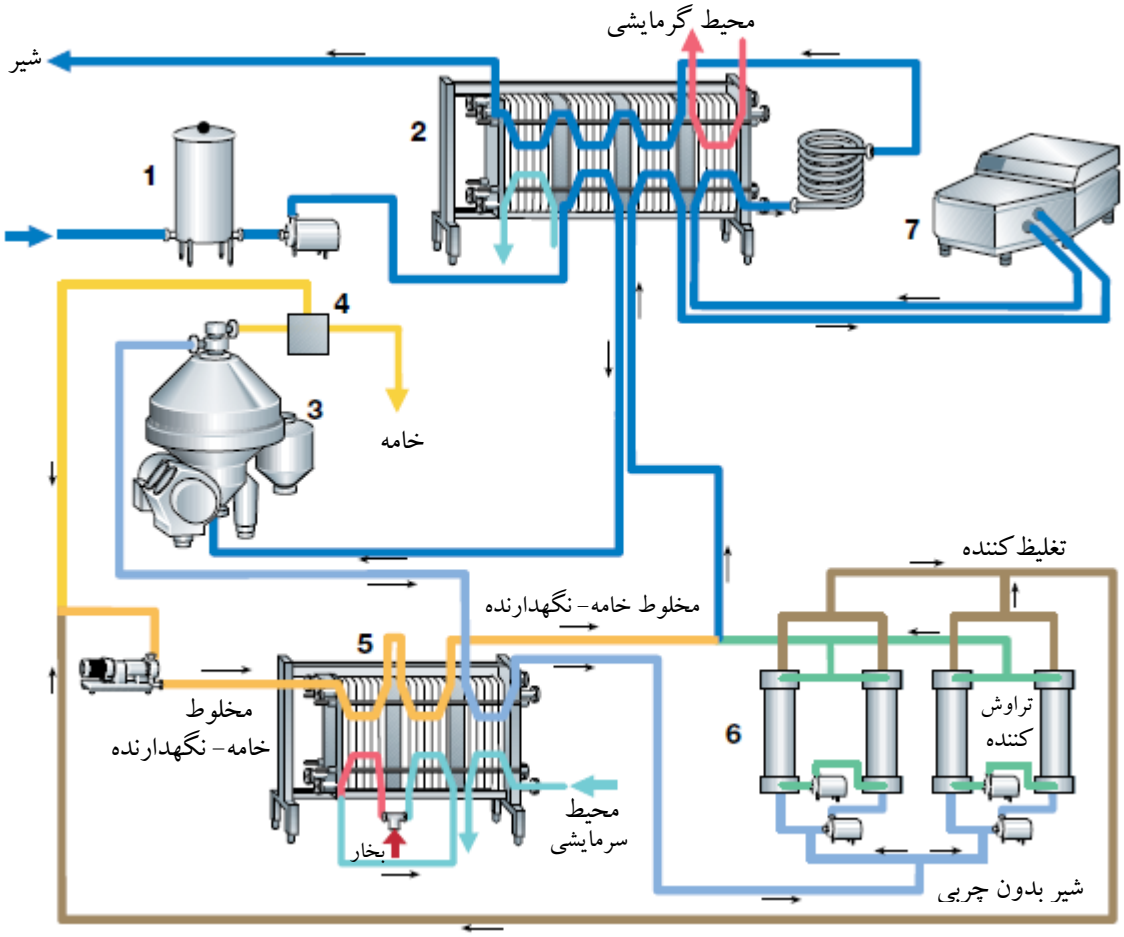
۳-۱۲. ماندگاری شیر پاستوریزه

ماندگاری شیر پاستوریزه به کیفیت شیر خام و بهینه بودن شرایط تولید (از نظر فنی و بهداشتی) بستگی دارد. برای بهبود وضعیت باکتریولوژیکی شیر پاستوریزه و حفظ و افزایش عمر مفید آن، می‌توان دستگاه پاستوریزه را با یک میکروب‌گریزانی (حذف میکرو ارگانیسم‌های شیر در حرارت پاستوریزاسیون با استفاده از نیروی گریز از مرکز) یا یک دستگاه میکروفیلتراسیون تکمیل کرد (شکل ۲-۱۲). دستگاه میکروفیلتراسیون با شیر بدون چربی تغذیه می‌شود، چون منافذ کوچک برای نگهداری باکتری‌ها و هاگ‌ها، گلبول‌های چربی شیر را به دام می‌اندازد. همچنین این دستگاه دارای یک واحد تصفیه با دمای بالا برای مخلوط فاز خامه و عصاره باکتری است که پس از عملیات حرارتی با تراوش‌کننده، مخلوط می‌شود (فاز شیر خامه‌ای فرآوری‌شده). پس از جداسازی، شیر بدون چربی به سمت میکروفیلتراسیون می‌رود. بخشی از خامه با شیر بدون چربی مخلوط می‌شود تا شیر پاستوریزه استاندارد شده، تولید شود و خامه اضافی به طور جداگانه پردازش می‌شود. بنابراین شیر، طعم تازه و رنگ سفید خود را حفظ می‌کند و ماندگاری طولانی مدت خواهد داشت.

۴-۱۲. تولید خامه

خامه فرم گرفته علاوه بر طعم خوب باید قابلیت هم‌زدن خوبی نیز داشته باشد (چربی بالایی داشته باشد.) البته می‌توان با افزودن موادی (پودری با محتوای لسیتین بالا) که هم‌زنی را بهبود می‌بخشد، خامه فرم‌گرفته خوب با محتوای چربی کم

تولید کرد. در ساخت خامه باید از ورود هوای ناخواسته خودداری شود. خامه گرم حاوی چربی مایع است و هم‌زدن آن را غیرممکن می‌کند اما هم‌زدن خامه در دمای پایین باعث ایجاد تبلور مناسب چربی می‌شود. گلبول‌های چربی باید دارای نسبت‌های صحیح چربی مایع و متبلور باشند تا کف محکمی بدست آید. خامه در مخازن فرآیند دوجداره با همزن‌های زداینده، بدست می‌آید. فاصله زمانی خنک‌کردن و هم‌زدن با پر شدن مخزن فرآیند، نباید بیشتر از دو ساعت باشد، چون در این دوره از تبلور چربی، گلبول‌های چربی به راحتی شکافته می‌شوند و چربی آزاد، رها می‌شود و توده (خوشه) تشکیل می‌شود و باعث تشکیل دودکش می‌شود. همچنین اگر در حین هم‌زدن، دما به میزان قابل توجهی افزایش یابد، کره تشکیل خواهد شد.

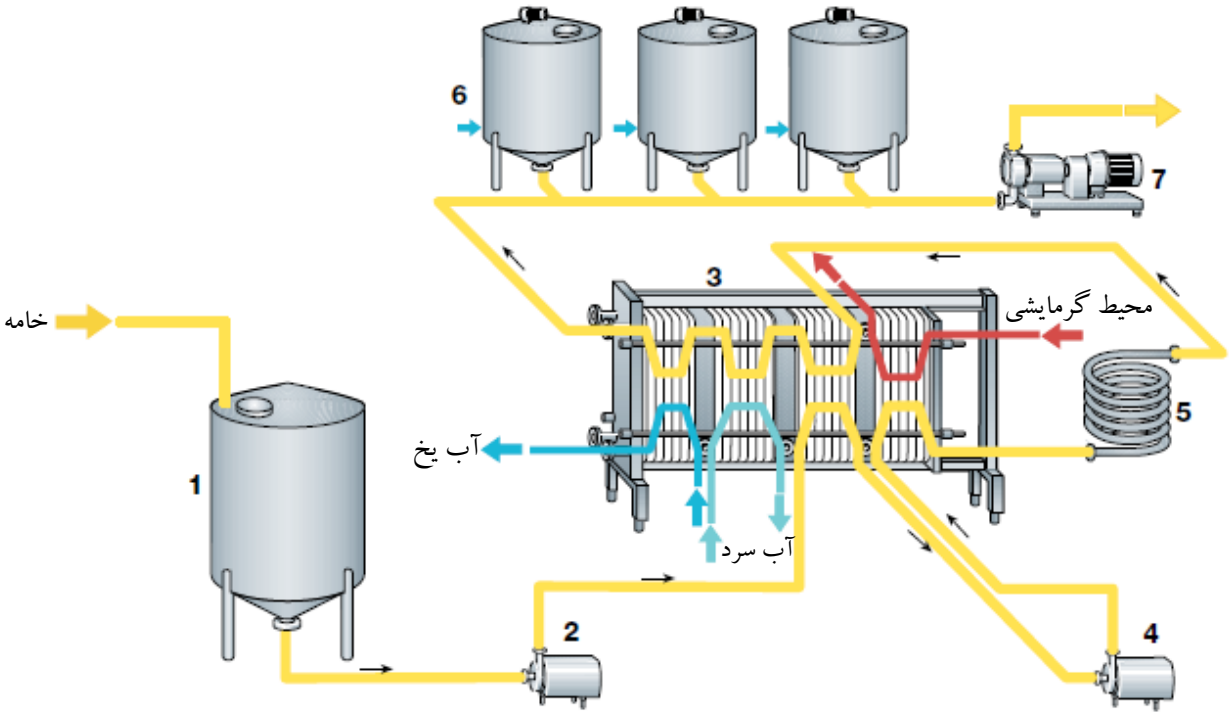


شکل ۲-۱۲. فرآوری شیر همراه با دستگاه میکروفیلتراسیون (۱. مخزن تعادل ۲. پاستوریزر ۳. جداکننده ۴. واحد استانداردسازی ۵. مبدل حرارتی صفحه‌ای ۶. واحد میکروفیلتراسیون ۷. همگن‌ساز)

۱۲-۵. خط تولید خامه فرم‌گرفته

مراحل تولید خامه فرم گرفته شامل حرارت دادن شیر کامل تا دمای جداسازی ۶۲ تا ۶۴ درجه سانتی‌گراد، جداسازی و استانداردکردن چربی خامه به مقدار لازم و پاستوریزاسیون و سرد شدن خامه در مبدل حرارتی قبل از آن‌که به مخزن فرآیند برسد. به محض شروع خنک‌شدن در خط فرآیند، چربی شروع به متبلور شدن می‌کند. چربی متبلور حجم ویژه

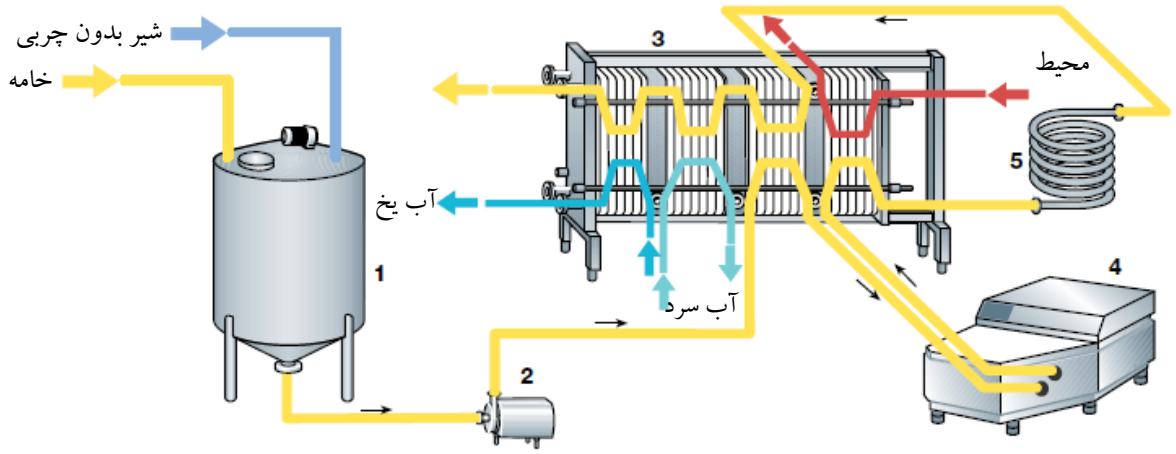
کمتری نسبت به چربی مایع دارد، بنابراین نیروهای کششی در حین تبلور در گلبول‌های چربی ایجاد می‌شود و گرمای همجوشی، آزاد می‌شود. سپس خوشه‌هایی تشکیل می‌شود که باعث کاهش پایداری امولسیون‌سازی خامه می‌شود. مطابق شکل ۳-۱۲، خامه استاندارد شده از بالا به یک مخزن نگهدارنده در دمای جداسازی تغذیه می‌شود. نرخ جریان در پاستوریزه باید نزدیک به متوسط نرخ ورودی به مخزن نگهدارنده باشد تا جریان‌های کوچک خامه اضافی را در مخزن نگهدارنده در یک دوره زمانی جمع‌آوری کند. طعم‌های نامطلوب، همزمان حذف می‌شوند و خطر رسوب در پاستوریزه کاهش می‌یابد. خامه از مخزن نگهدارنده به بخش گرمایش احیا کننده در مبدل حرارتی، پمپ می‌شود و پمپ فشارزا، خامه را از طریق بخش گرمایش و لوله نگهدارنده، پمپ می‌کند. پس از پاستوریزاسیون، خامه به قسمت‌های خنک‌کننده در مبدل حرارتی، پمپ می‌شود. در محتویات چربی بالاتر، برای جلوگیری از مسدود شدن بخش خنک کننده به دلیل افزایش سریع چسبندگی، باید از دمای خنک‌کننده بالاتر استفاده کرد. این باعث افزایش شدید افت فشار در قسمت خنک‌کننده می‌شود و به گلبول‌های چربی آسیب می‌رساند (باعث نشت روغن از آن قسمت می‌شود). باید فرآیند متوقف شود و سیستم تخلیه شود، تمیز شود و دوباره راه اندازی شود. به دلیل ناپایداری گلبول‌های چربی تازه سرد شده، باید از برش و آشفتگی در حین انتقال از قسمت خنک‌کننده مبدل حرارتی به مخزن پردازش برای خنک‌سازی نهایی و تبلور چربی، اجتناب شود. بنابراین فشار برای این انتقال باید توسط پمپ فشارزا تامین شود.



شکل ۳-۱۲. خط تولید خامه فرم گرفته (۱.مخزن نگهدارنده ۲.پمپ محصول ۳.پاستوریزر ۴. بوستر پمپ فشارزا ۵. لوله نگهدارنده ۶. مخازن رسیدن ۷. پمپ محصول).

۶-۱۲. نیم خامه یا قهوه

خامه حاوی ۱۰ تا ۱۸ درصد چربی به عنوان نیم خامه یا قهوه شناخته می‌شود (شکل ۴-۱۲). شیر تصفیه نشده از مخازن ذخیره به صورت احیا کننده در مبدل حرارتی تا دمای جداسازی ۶۲ تا ۶۴ درجه سانتی‌گراد گرم می‌شود. سپس شیر برای جداسازی به جداکننده جریان می‌یابد تا شیر و خامه با چربی مورد نیاز (۳۵ تا ۴۰ درصد) جدا شود. طرز کار نیم خامه، شبیه خامه فرم گرفته است، با این تفاوت که نیم خامه را با شیر خامه گرفته، مخلوط می‌کنند تا چربی مورد نیاز بدست آید و خامه همگن شود. مخلوط‌کردن خامه و شیر بدون چربی با یک پمپ اندازه‌گیری، انجام می‌شود تا شیر خامه را به خط خامه تزریق کند. سپس دمای خامه روی دمای همگن‌ساز تنظیم می‌شود. پس از همگن‌شدن، خامه به مبدل حرارتی برگردانده می‌شود تا پاستوریزه شود.



شکل ۴-۱۲. خط تولید نیم خامه و قهوه (۱. مخزن استاندارد چربی ۲. پمپ محصول ۳. مبدل حرارتی صفحه‌ای ۴. همگن‌ساز ۵. لوله نگهدارنده).

در تولید خامه دو شرط اصلی باید رعایت شود :

_ خامه باید چسبناک باشد تا حس اشتها آوری ایجاد کند.

_ خامه باید پایداری داشته باشد تا وقتی در قهوه داغ ریخته می‌شود، لخته نشود.

خامه با محتوای چربی کم، چسبندگی کمی دارد و باید دما و فشار مناسبی را برای همگن شدن انتخاب کرد تا چسبندگی مناسبی بدست آورد (چسبندگی خامه با افزایش فشار همگن، افزایش می‌یابد و با افزایش دما، کاهش می‌یابد).

فصل سیزدهم :

شیر با عمر طولانی

استریل‌کردن یک محصول به معنای قرار دادن آن در معرض عملیات حرارتی قدرتمندی است تا همه میکرو ارگانیسم‌ها و آنزیم‌های مقاوم در برابر حرارت، غیرفعال شوند. محصولات استریل‌شده دارای کیفیت نگهداری عالی هستند و می‌توانند برای مدت طولانی در دمای محیط نگهداری شوند.

۱-۱۳. کیفیت مواد اولیه

شیری که در معرض عملیات حرارتی بالا قرار می‌گیرد، باید کیفیت بسیار خوبی داشته باشد. البته پروتئین‌های موجود در شیر خام نباید باعث ناپایداری حرارتی شوند. پایداری حرارتی پروتئین‌ها را می‌توان با آزمایش الکل تعیین کرد. هنگامی که نمونه‌های شیر با حجم مساوی از محلول اتیل الکل مخلوط می‌شوند، پروتئین‌ها ناپایدار هستند و شیر در غلظت معینی لخته می‌شود. هر چه غلظت محلول اتیل الکل بدون لخته سازی بیشتر باشد، پایداری حرارتی شیر بهتر است.

۲-۱۳. کارایی استریل‌کردن

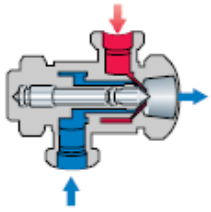
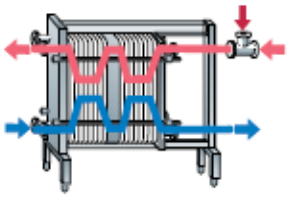
هنگامی که میکرو ارگانیسم ها و یا هاگ‌های باکتری تحت عملیات حرارتی یا هر نوع روش ضدعفونی‌کننده دیگری قرار می گیرند، همه میکرو ارگانیسم‌ها به یکباره از بین نمی‌روند اما نسبت معینی از آنها در یک دوره زمانی معین از بین می‌رود. اگر این روند تکرار شود، نسبت معین دیگری از میکرو ارگانیسم‌های باقی‌مانده، از بین می‌روند. البته شیر UHT و شیر پاستوریزه از کیفیت یکسانی برخوردارند اما شیر استریل‌شده از نظر ارزش غذایی از کیفیت پایین‌تری برخوردار است.

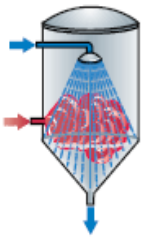
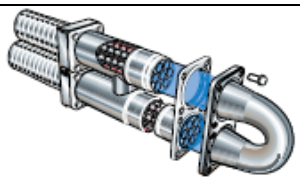
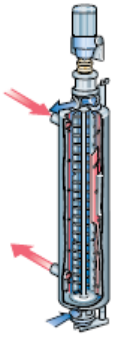
۳-۱۳. تولید شیر با ماندگاری بالا

دو روش برای تولید شیر با عمر طولانی استفاده می شود :

ـ روش استریل کردن در ظرف : با حرارت دادن محصول و ظرف در دمای ۱۱۶ درجه سانتی‌گراد به مدت حدود ۲۰ دقیقه. دو فرآیند مورد استفاده برای استریل کردن، پردازش دسته‌ای و سیستم‌های پردازش مستمر می‌باشند.

ـ روش UHT حرارت فوق العاده بالا : با حرارت دادن محصول در دمای ۱۳۵ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ تا ۱۵ ثانیه و سپس بسته بندی ضدعفونی‌شده در بسته‌هایی که از محصول در برابر نور و اکسیژن جوی، محافظت می کند (جدول ۱-۱۳). دستگاه‌های UHT دارای چهار حالت عملیاتی هستند (پیش استریل کردن دستگاه، تولید، AIC (تمیز کردن متوسط آسپتیک) و CIP (تمیز کردن در محل)).

سیستم‌های مستقیم	سیستم‌های غیر مستقیم
 بخار تزریق شده به محصول	 مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای

 محصول وارد شده به ظرف پر شده با بخار	 مبدل‌های حرارتی لوله‌ای
	 مبدل‌های حرارتی سطح خراشیده

جدول ۱-۱۳. انواع سیستم‌های UHT .

۱۳-۴. فازهای عملیاتی عمومی UHT

این مراحل عملیاتی برای همه سیستم های UHT مشترک است (جدول ۲-۱۳).

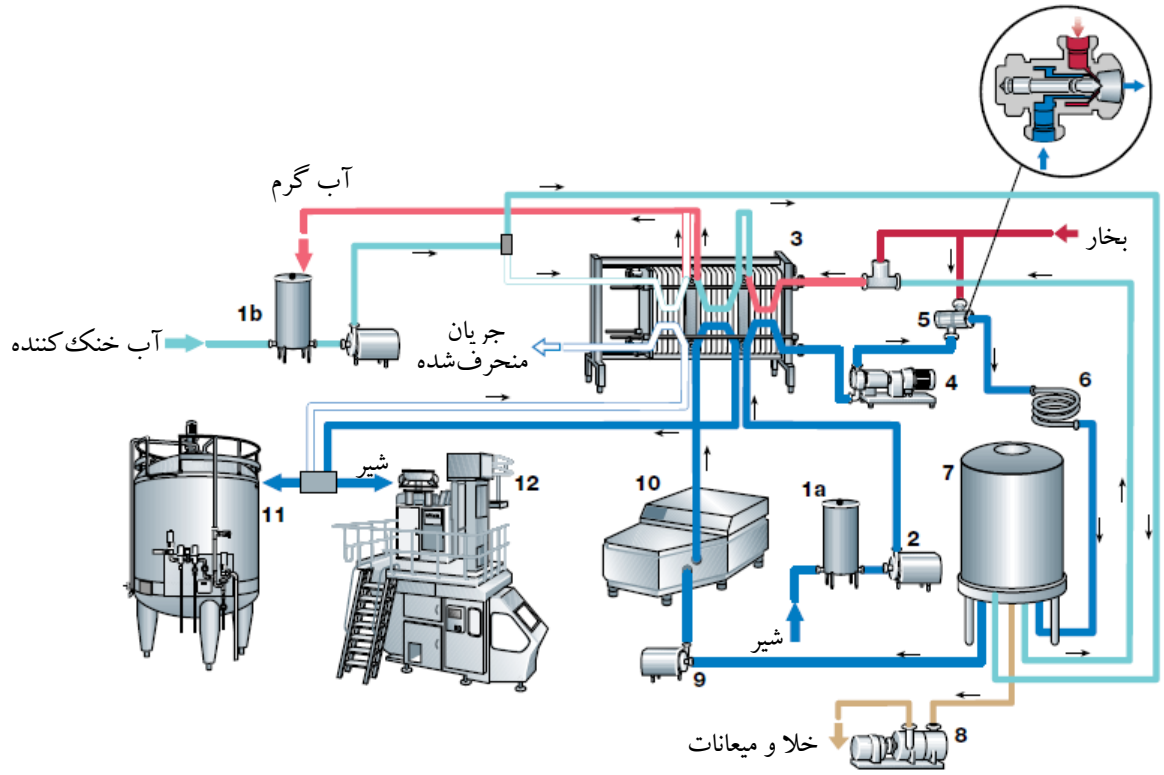
فازهای عملیاتی UHT	توصیفات
پیش استریل‌کردن	قبل از شروع تولید، دستگاه باید استریل شود تا از عفونت مجدد محصول جلوگیری شود.
تولید	مراحل تولید با توجه به فرآیندهای مختلف، متفاوت است.
AIC (تمیزکردن میانی آسپتیک)	چرخه کامل CIP ، ۷۰ تا ۹۰ دقیقه طول می‌کشد و بلافاصله پس از تولید انجام می‌شود. AIC یک ابزار مفید در مواردی است که یک دستگاه برای دوره‌های تولید بسیار طولانی استفاده می‌شود. هر زمان که نیاز به حذف رسوب در خط تولید بدون از بین رفتن شرایط آسپتیک باشد، می‌توان یک AIC ، ۳۰ دقیقه‌ای انجام داد. پس از AIC نیازی به ضدعفونی مجدد دستگاه نیست. این روش باعث صرفه جویی در زمان خرابی می‌شود و اجازه تولید طولانی‌تری را می‌دهد.
CIP (تمیز کردن در محل)	چرخه CIP برای دستگاه‌های UHT مستقیم یا غیرمستقیم ممکن است شامل توالی‌هایی برای پیش شستشو، تمیز کردن سوزاننده، شستشو با آب داغ، تمیز کردن اسید و شستشوی نهایی باشد که همگی به طور خودکار طبق یک برنامه زمان/دمای از پیش تعیین‌شده، کنترل می‌شوند. برنامه CIP باید برای شرایط عملیاتی مختلف در لبنیات مختلف، بهینه شود.

جدول ۲-۱۳. فازهای عملیاتی عمومی UHT .

۱۳-۴-۱. دستگاه UHT مستقیم بر اساس تزریق بخار و مبدل حرارتی صفحه‌ای

مطابق شکل ۱-۱۳، محصول در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد توسط مخزن تعادل، عرضه می‌گردد و توسط پمپ تغذیه به قسمت پیش گرمایش مبدل حرارتی صفحه‌ای ارسال می‌شود. پس از پیش گرم کردن تا دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد، فشار

محصول توسط پمپ تا ۴ بار (bar) ، افزایش می‌یابد و تراکنش محصول توسط انژکتور بخار، ادامه می‌یابد. بخار تزریق شده به محصول، دمای محصول را تا دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌دهد. قبل از اینکه خنک‌سازی انجام شود، محصول در دمای UHT برای چند ثانیه در لوله نگهدارنده، نگه داشته می‌شود. هنگام خنک‌سازی، خلاء به گونه‌ای کنترل می‌شود که مقدار بخار خارج شده از محصول برابر با بخار تزریق شده قبلی باشد. یک پمپ گریز از مرکز، محصول تصفیه شده توسط UHT را سمت به همگن‌ساز دو مرحله‌ای ضدعفونی‌کننده، روانه می‌کند. پس از همگن شدن، محصول تا دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در مبدل حرارتی صفحه‌ای، خنک می‌شود و قبل از بسته‌بندی به دستگاه پرکن ضدعفونی (یا مخزن ضدعفونی) برای ذخیره‌سازی می‌رود. آب خنک کننده مورد استفاده برای چگالش از مخزن تعادل خارج می‌شود و پس از خروج از محفظه انبساط و عبور از انژکتور بخار به عنوان محیط پیش گرمایش استفاده می‌شود.

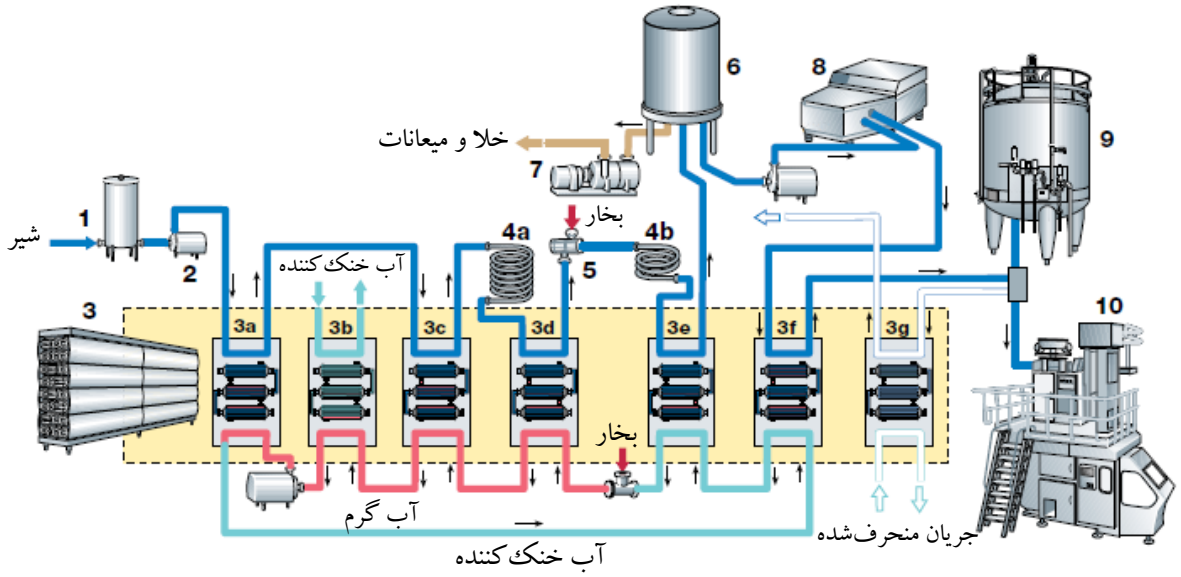


شکل ۱-۱۳. فرآیند UHT با گرمایش با تزریق مستقیم بخار همراه با مبدل حرارتی صفحه‌ای (1a. مخزن تعادل شیر 1b. مخزن تعادل آب ۲. پمپ تغذیه ۳. مبدل حرارتی صفحه‌ای ۴. پمپ مثبت ۵. سر تزریق بخار ۶. لوله نگهدارنده ۷. محفظه انبساط ۸. پمپ خلاء ۹. پمپ گریز از مرکز ۱۰. همگن‌ساز ضدعفونی کننده ۱۱. مخزن ضدعفونی‌کننده ۱۲. پر کن ضدعفونی‌کننده).

در پیش گرم کردن دمای آب تا ۱۱ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد و می‌توان از آن به عنوان خنک‌کننده برای محصولی که از همگن‌ساز می‌آید، استفاده کرد. در صورت افت دما در حین تولید، محصول پس از خنک‌سازی اضافی به مخزن دفع، منتقل می‌شود. به طور همزمان دستگاه با آب شسته می‌شود و قبل از شروع مجدد، تمیز می‌شود (CIP) و استریل خواهد شد.

۲-۴-۱۳. دستگاه UHT مستقیم بر اساس تزریق بخار و مبدل حرارتی لوله‌ای

هنگامی‌که که قرار است محصولات با چسبندگی کم یا متوسط (با ذرات یا فیبرها یا بدون آنها) پردازش شوند، بجای مبدل حرارتی صفحه‌ای از مبدل‌های حرارتی لوله‌ای، استفاده کرد. مطابق شکل ۲-۱۳، قبل از استریل‌شدن دستگاه و خنک شدن تا دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، شیر با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد جهت پیش گرم شدن به یک مبدل حرارتی لوله‌ای هدایت می‌شود. پس از نگهداری برای تثبیت پروتئین‌ها، شیر به طور غیر مستقیم حرارت داده می‌شود و با تزریق بخار، دما به ۱۴۰-۱۵۰ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. شیر قبل از سرد شدن برای چند ثانیه در این دما نگه داشته می‌شود. با انجام پیش خنک‌سازی، انرژی گرمایی برای گرمایش احیا کننده، استفاده می‌شود. این سیستم باعث کاهش تلفات عطر شیر می‌شود. پس از همگن‌سازی ضدعفونی‌کننده، شیر به صورت احیاکننده خنک می‌شود و قبل از بسته بندی، به یک مخزن ضدعفونی‌کننده برای ذخیره‌سازی، هدایت می‌شود. محیط‌های گرمایش و سرمایش باعث انتقال انرژی گرمایی بین بخش‌های مبدل حرارتی می‌شوند. در افت دما در حین تولید، محصول به یک مخزن دفع هدایت می‌شود و دستگاه با آب شستشو می‌شود و قبل از شروع مجدد باید تمیز و استریل شود. اصل اساسی تزریق بخار، گرم کردن محصول با عبور دادن آن از فضای بخار است. ممکن است سیستم پخش محصول، متفاوت باشد اما اندازه قطرات شیر حاصل باید یکنواخت باشد تا سرعت انتقال حرارت، تغییر نکند.

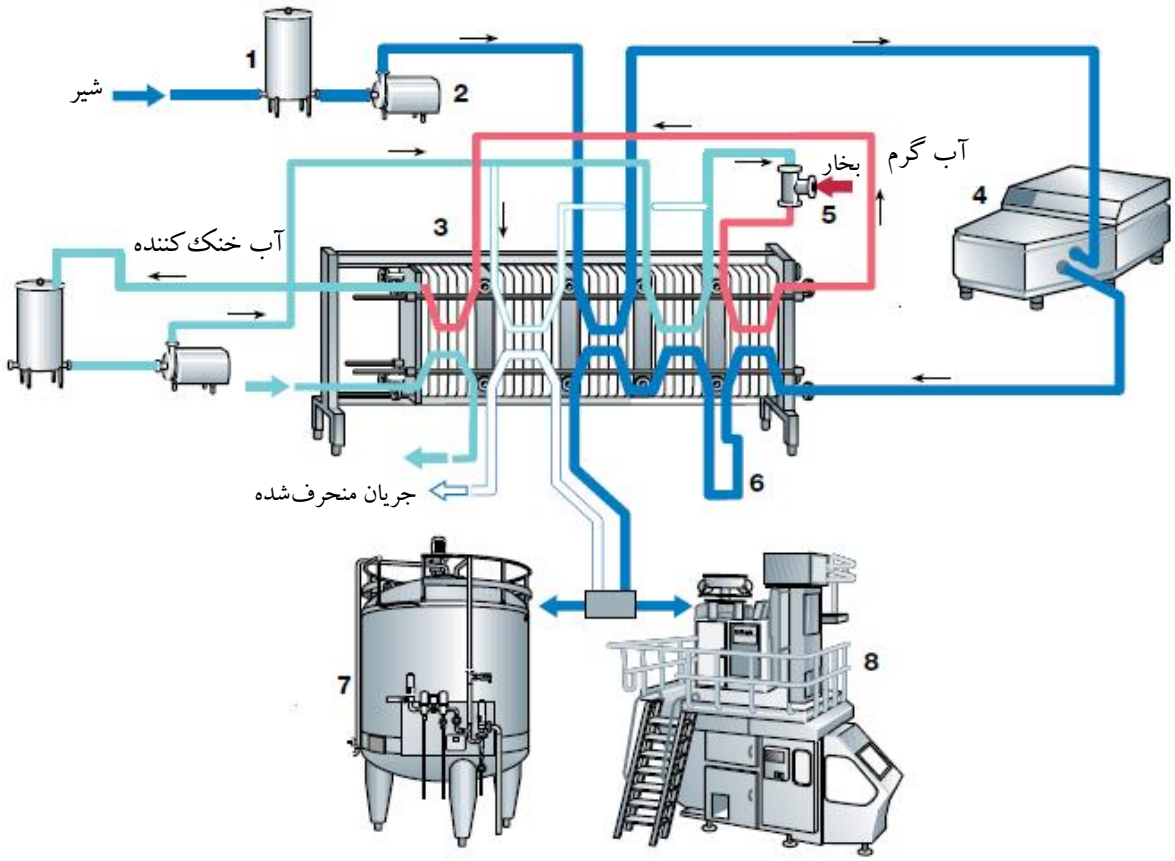


شکل ۲-۱۳. سیستم ترکیبی مستقیم و غیر مستقیم UHT (۱. مخزن تعادل ۲. پمپ تغذیه ۳. مبدل حرارتی لوله‌ای ۳a. قسمت پیش گرمایش ۳b. خنک‌کننده اصلاحی ۳c. بخش گرمایش ۳d. بخش گرمایش نهایی ۳e. بخش خنک‌کننده ۳f. بخش خنک کننده ۳g. کولر جریان انحرافی ۴a. لوله نگهدارنده تثبیت‌کننده ۴b. لوله نگهدارنده ۵. سر تزریق بخار ۶. محفظه انبساط ۷. پمپ خلاء ۸. همگن‌ساز ضدعفونی‌کننده ۹. مخزن ضدعفونی‌کننده ۱۰. پر کن ضدعفونی‌کننده).

۳-۴-۱۳. دستگاه UHT غیرمستقیم بر اساس مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای

مطابق شکل ۳-۱۳، محصول در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد از مخزن ذخیره به مخزن تعادل دستگاهUHT پمپاژ می‌شود و از آنجا توسط پمپ تغذیه به بخش احیا کننده مبدل حرارتی صفحه‌ای، پمپاژ می‌شود. سپس محصول توسط شیر تصفیه‌شده

توسط UHT تا دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد گرم می‌شود و همزمان خنک می‌شود. سپس محصول از پیش گرم‌شده در فشار ۱۸ تا ۲۵ مگاپاسکال، همگن می‌شود. همگن‌سازی قبل از تصفیه UHT در دستگاه‌های UHT غیرمستقیم، امکان‌پذیر است، یعنی می‌توان از همگن‌سازهای غیرضدعفونی‌کننده، استفاده کرد. محصول از پیش گرم‌شده و همگن‌شده تا قسمت گرمایش مبدل حرارتی صفحه‌ای ادامه می‌یابد و تا دمای ۱۳۷ درجه سانتی‌گراد، گرم می‌شود. محیط گرمایش یک مدار آب گرم بسته است که دمای آن توسط تزریق بخار به آب تنظیم می‌شود. پس از گرم شدن، محصول از لوله نگهدارنده عبور می‌کند. در نهایت، خنک‌سازی به صورت احیاکننده در دو صورت انجام می‌شود (ابتدا در مقابل انتهای خنک مدار آب گرم، و سپس در برابر محصول سرد ورودی). محصولی که از خنک‌کننده احیا کننده خارج می‌شود، برای ذخیره‌سازی به سمت مخزن یا بسته بندی ضدعفونی می‌رود. در افت دما در حین تولید، محصول به یک مخزن دفع، هدایت می‌شود و دستگاه با آب شستشو می‌شود و قبل از شروع مجدد باید تمیز و استریل شود.

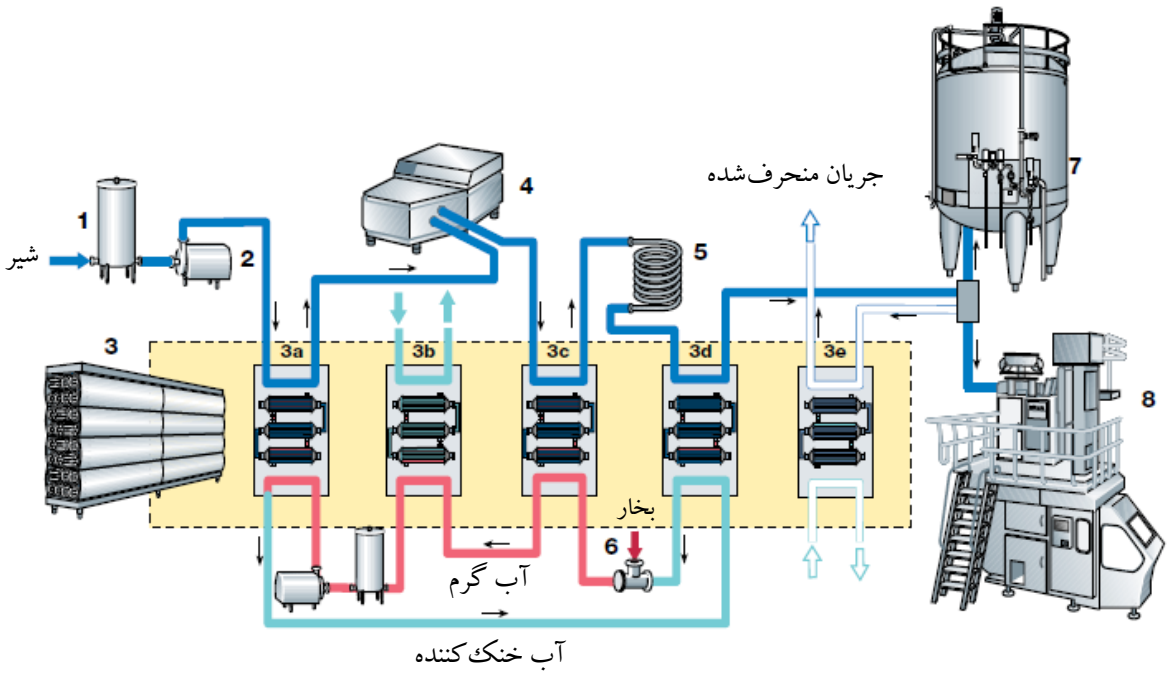


شکل ۳-۱۳. سیستم UHT غیر مستقیم مبتنی بر گرمایش غیر مستقیم در مبدل حرارتی صفحه‌ای (۱. مخزن تعادل ۲. پمپ تغذیه ۳. مبدل حرارتی صفحه‌ای ۴. همگن‌ساز غیرضدعفونی‌کننده ۵. سر تزریق بخار ۶. لوله نگهدارنده ۷. مخزن ضدعفونی‌کننده ۸. پر کن ضدعفونی‌کننده).

۴-۴-۱۳. دستگاه UHT غیرمستقیم بر اساس مبدل‌های حرارتی لوله‌ای

مطابق شکل ۴-۱۳، یک سیستم لوله‌ای برای تصفیه UHT محصولات با چسبندگی کم یا متوسط (با ذرات یا فیبرها یا بدون آنها) انتخاب می شود. مبدل حرارتی لوله‌ای شامل تعدادی لوله است که در ماژول‌هایی مونتاژ شده‌اند که می‌توانند

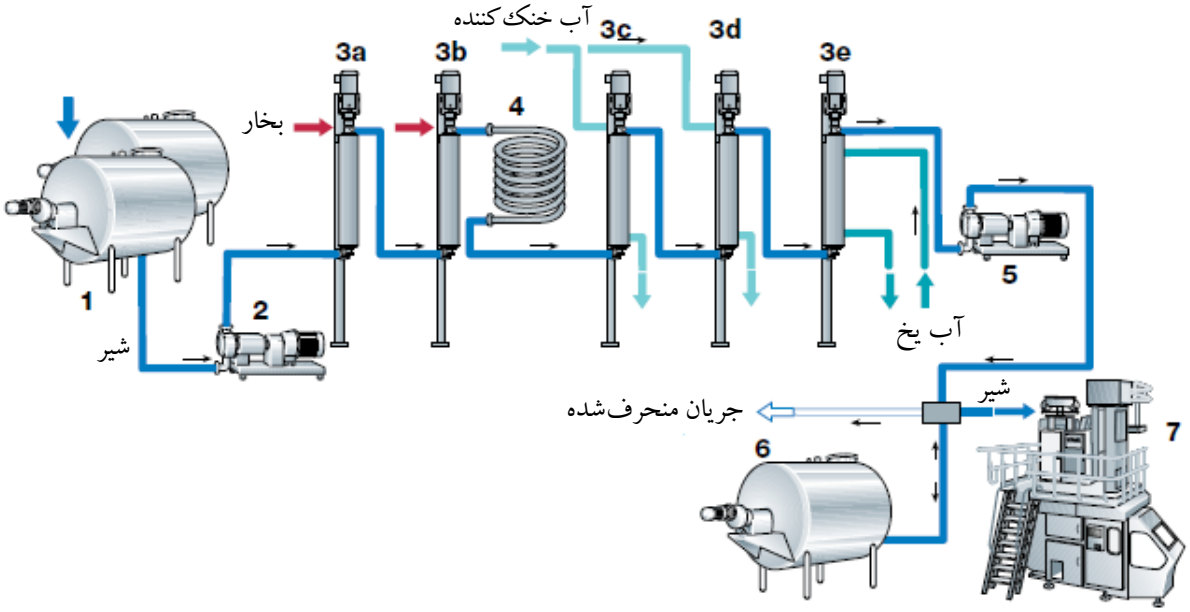
به صورت سری و یا موازی به هم متصل شوند تا یک سیستم بهینه‌سازی کامل را برای هر نوع گرمایش یا سرمایش ارائه دهند. در افت دما در حین تولید، محصول به یک مخزن دفع هدایت می‌شود و دستگاه با آب شستشو می‌شود و قبل از شروع مجدد باید تمیز و استریل شود.



شکل ۴-۱۳. سیستم UHT غیر مستقیم مبتنی بر مبدل‌های حرارتی لوله‌ای (۱. مخزن تعادل ۲. پمپ تغذیه ۳. مبدل حرارتی لوله‌ای ۳a. قسمت پیش گرمایش ۳b. بخش خنک‌کننده متوسط ۳c. بخش گرمایش ۳d. بخش خنک‌کننده احیاکننده ۳e. بخش خنک‌کننده راه‌اندازی ۴. همگن‌ساز ضدعفونی‌کننده ۵. لوله نگهدارنده ۶. سر تزریق بخار ۷. مخزن ضدعفونی‌کننده ۸. پر کن ضدعفونی‌کننده).

۵-۴-۱۳. دستگاه UHT غیرمستقیم بر اساس مبدل‌های حرارتی سطح خراشیده شده

مبدل‌های حرارتی سطح خراشیده‌شده، مناسب ترین نوع برای تصفیه محصولات غذایی با چسبندگی بالا (با ذرات یا بدون آنها) هستند. مطابق شکل ۵-۱۳، محصول از یک مخزن توسط یک پمپ تغذیه به اولین مبدل سطحی، پمپاژ می‌شود. از مراحل گرمایش اضافی برای رساندن محصول به دمای مطلوب، استفاده خواهد شد و نمایشگرهایی که در مراحل مختلف فرآیند قرار دارند، رسیدن به این دماها را بررسی می‌کنند. لوله نگهدارنده محصول را برای مدت زمان از پیش تعیین شده در دمای مورد نیاز، نگهداری می‌کند و محصول با آب سرد، خنک می‌شود تا به دمای بسته بندی برسد. در آخر، محصول خنک‌شده به یک مخزن تنظیم ضدعفونی‌کننده، پمپ می‌شود تا یک حجم بافر بین خط فرآیند پیوسته و سیستم بسته‌بندی، فراهم کند. عدم رعایت مقادیر از پیش تعیین‌شده، باعث باز شدن یک شیر برگشت، می‌شود و محصول را به مخزن بازیابی هدایت می‌کند.



شکل ۵-۱۳. دستگاه UHT غیرمستقیم بر اساس مبدل‌های حرارتی سطح خراشیده شده (مخزن محصول ۲. پمپ تغذیه مثبت ۳. مبدل‌های حرارتی سطح خراشیده شده ۳a. قسمت پیش گرمایش ۳b. بخش گرمایش نهایی ۳c. بخش خنک‌کننده ۳d. بخش خنک‌کننده سه بعدی ۳e. بخش خنک‌کننده ۴. لوله نگهدارنده ۵. پمپ مثبت ۶. مخزن ضدعفونی‌کننده ۷. پر کن ضدعفونی‌کننده).

۶-۴-۱۳. مخزن ضدعفونی‌کننده (آسپتیک)

مخزن آسپتیک برای ذخیره‌سازی میانی محصولات لبنی تصفیه شده با UHT استفاده می‌شود. اصطلاح آسپتیک (ضدعفونی‌کننده) به معنای عدم وجود یا حذف هر گونه ارگانیسم ناخواسته از محصول، بسته بندی یا سایر مناطق خاص است اما اصطلاح هرمتیک (درزبندی غیرقابل نفوذ) برای نشان دادن خواص مکانیکی مناسب برای جلوگیری از ورود باکتری‌ها به بسته و یا برای جلوگیری از عبور میکرو ارگانیسم ها و گاز یا بخار به داخل یا خارج از ظرف استفاده می‌شود.

فصل چهاردهم :

کشت و تولید باکتری آغازگر (استارتر)

کشت‌های باکتریایی که به عنوان استارتر (آغازگر) شناخته می‌شوند، در تولید پنیر، کره، ماست، کفیر و سایر محصولات شیری استفاده می‌شوند. این باکتری به محصول اضافه می‌شود و تحت شرایط کنترل شده، رشد می‌کند. در جریان تخمیر حاصل، باکتری‌ها موادی تولید می‌کنند که به محصول کشت شده خواص مشخصی مانند اسیدی‌شدن (pH)، طعم، عطر و قوام می‌دهد. افت pH که اثر نگهدارنده‌ای روی محصول دارد و ارزش غذایی و قابلیت هضم آن را بهبود می‌بخشد، هنگامی اتفاق می‌افتد که باکتری‌ها، لاکتوز را به اسید لاکتیک، تخمیر کنند. محصولات لبنی کشت‌شده دارای ویژگی‌های متفاوتی هستند و در تولید آنها از کشت‌های آغازگر متفاوتی(باکتری‌های مزوفیل با دمای مطلوب رشد ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و باکتری‌های ترموفیل(تک سویه – چند سویه) با دمای بهینه رشد ۴۰ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد) استفاده می‌شود.

۱-۱۴. فناوری فرآیند

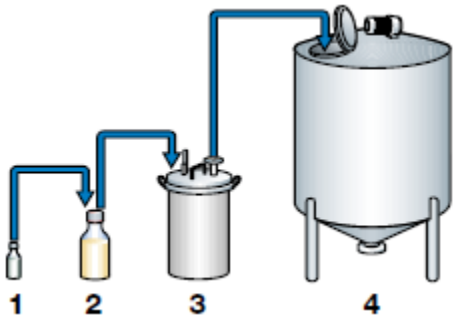
این فرآیند شامل دو یا چند مرحله است و کشت‌هایی که در مراحل مختلف تکثیر هستند، عبارتند از (شکل ۱-۱۴) :

_ کشت تجاری (کشت اصلی که کارخانه لبنیات از آزمایشگاه خریداری می‌شود)

_ کشت مادر (کشت تهیه شده از کشت اصلی در کارخانه لبنیات که منشأ تمام کشت‌های تولید شده در لبنیات است).

_ کشت میانی (مرحله‌ای میانی در تولید حجم زیاد آغازگر فله‌ای)

_ آغازگر فله‌ای (آغازگر مورد استفاده در تولید)



شکل ۱-۱۴. مراحل ساخت استارتر (۱. کشت تجاری ۲. کشت مادر ۳. کشت میانی ۴. آغازگر فله‌ای).

خطر آلودگی هوا توسط مخمرها، قارچ‌های کپک و باکتری‌خوارها باید به حداقل برسد. کشت‌های مادر باید در یک اتاق جداگانه با هوای فیلتر شده (با فشار کمی بالاتر از فشار اتمسفر معمولی) تهیه شوند. می‌توان تولید کشت میانی و آغازگر فله‌ای را نزدیک به نقطه تولید یا در همان اتاقی که کشت مادر تهیه می‌شود، انجام داد. مراحل تولید کشت مادر، کشت میانی و آغازگر فله‌ای یکسان است و شامل عملیات حرارتی محیط، خنک شدن تا دمای تلقیح، تلقیح، دوره عمل‌آوری، سرد کردن کشت تمام شده و ذخیره‌سازی کشت می‌باشد (جدول ۱-۱۴).

مراحل تولید	ویژگی‌ها
عملیات حرارتی محیط	آغازگر در این مرحله تا دمای ۹۰ تا ۹۵ درجه سانتی‌گراد، گرم می‌شود و به مدت ۳۰ تا ۴۵ دقیقه در آن دما نگهداری می‌شود. این عملیات حرارتی باعث بهبود خواص محیط می‌شود (تخریب باکتری‌خوارها، حذف مواد بازدارنده تجزیه مقداری از پروتئین، دفع اکسیژن محلول و تخریب میکروارگانیسم‌های زنده اصلی)
خنک شدن تا دمای تلقیح	پس از عملیات حرارتی، محیط تا دمای تلقیح خنک می شود که با توجه به نوع کشت باکتری مورد استفاده متفاوت است و باید دماهای توصیه شده توسط تولید کننده کشت تجاری یا دمای بهینه تعیین شده تجربی، حفظ شود. در تکثیر کشت‌های چند سویه، حتی انحراف‌های کوچک از دمای دوره عمل‌آوری ممکن است باعث رشد یک سویه و از بین رفتن سویه‌های دیگر باشد ومنجر به عدم دستیابی به ویژگی‌های معمولی مطلوب محصول نهایی شود.
تلقیح	برای تلقیح، مقدار مشخصی از کشت باکتری پس از تنظیم دما به سطح صحیح، به محیط عملیات حرارتی منتقل می‌شود. برای جلوگیری از هرگونه انحراف در کشت باید دوز شروع، دمای تکثیر و زمان در تمام مراحل، ثابت نگه داشته شود. تغییرات در مقدار آغازگر می‌تواند باعث تغییر در محصول شود.
دوره عمل‌آوری	بعد از انجام تلقیح و مخلوط شدن آغازگر در محیط، باکتری‌ها شروع به تکثیر می‌کنند و دوره عمل‌آوری شروع می‌شود. زمان دوره عمل‌آوری با توجه به انواع باکتری‌های موجود در کشت، دوز تلقیح و ... تعیین می‌شود (می تواند از ۳ تا ۲۰ ساعت متغیر باشد). همچنین نباید هیچ آلاینده‌ای با کشت تماس داشته باشد. در طی دوره عمل‌آوری ، باکتری‌ها به سرعت تکثیر می‌شوند و لاکتوز را به اسید لاکتیک، تخمیر می‌کنند.
سرد کردن کشت	خنک سازی با اسیدی‌شدن تعیین شده تجربی، شروع می‌شود تا رشد باکتری را متوقف کند و فعالیت کشت را در سطح بالایی، حفظ کند. برای کشت‌های حدود ۶ ساعت، خنک سازی تا دمای ۱۰ تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد، انجام میشد و برای مدت‌های بیشتر از ۶ ساعت، دما باید تا ۵ درجه سانتی‌گراد، خنک شود. کشت‌های فعال همیشه در دسترس هستند به‌طوری‌که پیروی از برنامه‌های پردازش تجویز شده و تضمین کیفیت بالای محصولات نهایی را آسان‌تر می‌کند.
حفظ کشت	روش انجماد یکی از راه‌های تصفیه آغازگرها برای حفظ فعالیت آنها در طول ذخیره‌سازی است. هر چه دما پایین‌تر باشد، کشت‌ها بهتر حفظ می‌شوند. انجماد با نیتروژن مایع تا دمای منفی۱۶۰ درجه سانتی‌گراد و نگهداری در آن دما باعث حفظ کشت خواهد شد.

جدول ۱-۱۴. مراحل تولید کشت‌ها

فصل پانزدهم :

محصولات شیر پرورشی

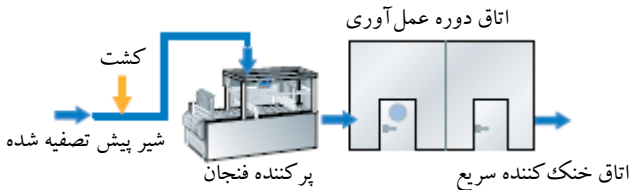
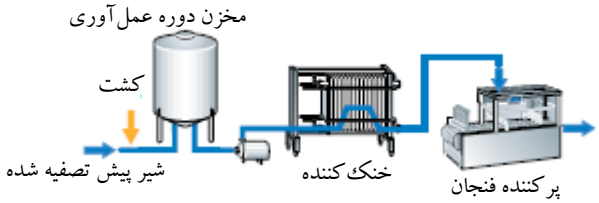
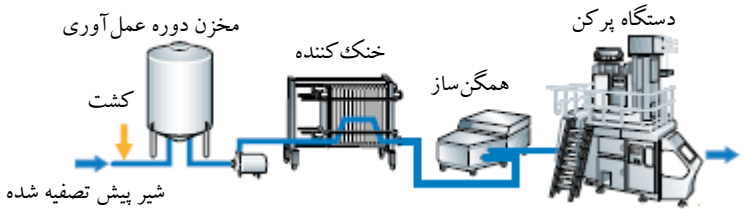
فرآورده‌های شیری که با تخمیر اسید لاکتیک (مانند ماست) یا ترکیب اسید لاکتیک و تخمیر مخمر (مثلا کفیر) تهیه می‌شوند، شیرهای تخمیر شده یا کشت شده نامیده می‌شوند. شیر پرورشی نام جمعی محصولاتی مانند ماست، شیر تخمیر شده، کفیر، دوغ پرورشی، شیر ترش، خامه پرورش‌یافته و نوشابه تخمیر شده است. شیر کشت شده یعنی تلقیح شیر محصول با کشت آغازین و تبدیل بخشی از لاکتوز به اسید لاکتیک.

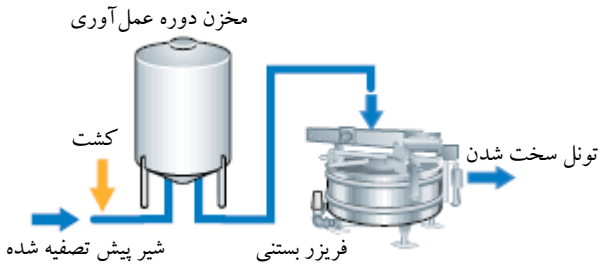
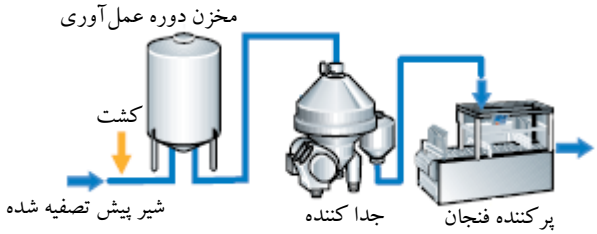
۱-۱۵. الزامات عمومی برای تولید شیر کشت‌شده

تبدیل لاکتوز به اسید لاکتیک اثر نگهدارنده‌ای بر روی شیر دارد و PH پایین شیر کشت‌شده از رشد باکتری‌های پوسیده و سایر ارگانیسم‌های مضر جلوگیری می کند و ماندگاری محصول را طولانی‌تر می کند. همچنین شیر اسیدی‌شده محیطی مساعد برای مخمرها و کپک‌ها است و اگر بتواند محصولات را آلوده کند، طعم آن‌ها را از بین می‌برد. با انجام عملیات حرارتی (در دمای بهینه) شیر برای از بین بردن میکروارگانیسم‌های رقیب، می‌توان بهترین شرایط رشد برای کشت آغازگر در تولید شیر کشت شده را محیا کرد و هنگامی که بهترین طعم و عطر ممکن بدست آمد، شیر کشت شده باید به سرعت خنک شود تا فرآیند تخمیر متوقف شود. اگر زمان تخمیر خیلی طولانی یا خیلی کوتاه باشد، طعم و قوام (سازگاری) آن دچار اختلال می‌شود.

۲-۱۵. ماست

ماست به صورت منجمد (به عنوان دسر یا نوشیدنی) تولید می‌شود. طعم و عطر ماست با سایر محصولات اسیدی متفاوت است و مواد معطر فرار شامل مقادیر کمی اسید استیک و استالدئید است (جدول ۱-۱۵).

نوع ماست	شکل مربوطه
ماست قرار گرفته در دوره عمل‌آوری و سرد شده در بسته بندی.	
ماست همزده قرار گرفته در دوره عمل‌آوری در مخازن و سرد شده قبل از بسته بندی.	
ماست نوشیدنی مشابه نوع همزده، اما قبل از بسته بندی به مایع تبدیل می‌شود.	

ماست منجمد قرار گرفته در دوره عمل‌آوری در مخازن و منجمد مانند بستنی.	
ماست غلیظ قرار گرفته در دوره عمل‌آوری که قبل از بسته بندی سرد می‌شود. این نوع ماست را گاهی ماست صاف و گاهی ماست لبنه می‌نامند.	

جدول ۱-۱۵. طبقه‌بندی انواع ماست.

۱-۲-۱۵. ماست طعم دار

افزودنی های رایج برای ساخت ماست طعم‌دار، میوه و انواع توت‌ها در شربت (فرآوری‌شده یا به صورت پوره) وانیل، عسل، اسانس قهوه و... هستند و در صورت لزوم تثبیت کننده‌ها برای اصلاح قوام، اضافه خواهند شد. برای تولید ماست با کیفیت بالا با طعم، عطر، چسبندگی، قوام، ظاهر، عاری از جدا شدن آب پنیر و ماندگاری طولانی، عوامل متعددی باید در طول فرآیند تولید به دقت کنترل شوند (جدول ۲-۱۵). عملیات مکانیکی که ماست در طول تولید، تحت آن قرار می‌گیرد نیز بر کیفیت آن تأثیر می‌گذارند.

عوامل موثر در تولید ماست	توضیحات
انتخاب شیر	باید از بالاترین کیفیت باکتریولوژیکی برخوردار باشد، دارای محتوای کمی از باکتری‌ها و موادی باشد که مانع توسعه کشت ماست می‌شوند و نباید حاوی آنتی بیوتیک، باکتری‌خوار، باقیمانده محلول CIP یا مواد استریل‌کننده باشد.
استاندارد سازی شیر	ممکن است ماست، ۰ تا ۱۰ درصد چربی داشته باشد و محتوای نرمال برای چربی ۰.۵ تا ۳.۵ درصد می‌باشد. افزایش محتوای ماده خشک (DM)، منجر به منعقد شدن ماست سفت‌تر می‌شود و تمایل به جداسازی آب پنیر کاهش می‌یابد. بهترین روش برای استانداردسازی محتوای ماده خشک: تبخیر، اضافه کردن پودر شیر بدون چربی، افزودن شیر تغلیظ شده و افزودن UF از شیر بدون چربی می‌باشد.
افزودنی‌های شیر	شکر یا شیرین‌کننده‌ها و تثبیت‌کننده‌ها به عنوان افزودنی در تولید ماست استفاده می‌شوند. افزودن شکر بیش از حد به شیر قبل از دوره تلقیح – عمل‌آوری، تاثیر بدی بر شرایط تخمیر دارد. همچنین یک شیرین‌کننده ارزش غذایی ندارد و نمی‌توان از شیرین‌کننده به عنوان نگهدارنده برای شیر تغلیظ شده، استفاده کرد. تثبیت‌کننده‌هایی مانند کلوئیدهای هیدروفیل می‌توانند آب را ببندند، چسبندگی را افزایش دهند و به جلوگیری از جدا شدن آب پنیر در ماست کمک کنند. در صورت استفاده از تثبیت‌کننده نامناسب یا مقدار زیاد تثبیت‌کننده، محصول قوام لاستیکی و سختی پیدا می‌کند.

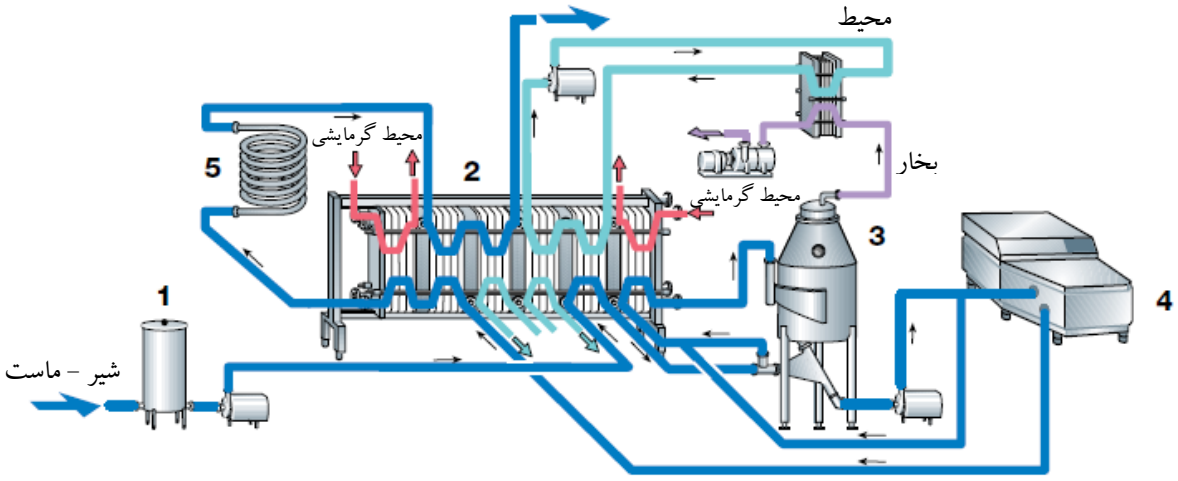
هوازدایی	هوای شیر مورد استفاده برای تولید محصولات شیری باید تا حد امکان کم باشد. اگر محتوای MSNF با افزودن پودر شیر، افزایش یابد، مقداری هوا با شیر مخلوط می‌شود و شیر باید به عنوان بخشی از فرآوری بعدی، هوادهی شود. هنگامی‌که محتوایMSNF توسط تبخیر افزایش‌می یابد، هوازدایی بخشی از این فرآیند است. مزایای حاصل از هوازدایی: بهبود شرایط کاری برای همگن‌سازی، خطر کمتر رسوب‌گیری در طول عملیات حرارتی، بهبود پایداری و چسبندگی ماست و از بین بردن طعم‌های فرار (بوی زدایی) می‌باشد.
همگن‌سازی	بهترین دلیل برای همگن‌سازی شیر در نظر گرفته شده در تولید شیر کشت شده، جلوگیری از خامه شدن در طول دوره عمل‌آوری و اطمینان از توزیع یکنواخت چربی شیر است. همگن‌سازی باعث بهبود پایداری و قوام شیرهای کشت شده (حتی با محتوای چربی کم) می‌شود. شیر باید ۶۵ تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد همگن شود تا خواص فیزیکی بهینه در محصول بدست آید.
عملیات حرارتی	شیر قبل از تلقیح با آغازگر، تحت عملیات حرارتی قرار می‌گیرد تا به : بهبود خواص شیر به عنوان بستری برای کشت باکتری، اطمینان از سفت شدن لخته ماست تمام شده وکاهش خطر جدا شدن آب پنیر در محصول نهایی، برسیم. نتایج بهینه با عملیات حرارتی در دمای ۹۰ تا ۹۵ درجه سانتی‌گراد و زمان نگهداری حدود ۵ دقیقه بدست می‌آید. البته تصفیه UHT و استریل‌سازی شیری که برای کشت در نظر گرفته شده است، تأثیر مطلوبی بر چسبندگی ندارد.
انتخاب کشت	در تولید کشت‌های ماست باید تکنیک‌های خاصی را برای رسیدن به طعم و چسبندگی مطلوب انجام دادن تا محصول نهایی به خواصی مانند : چسبندگی بالا با محتوای استالدهید کم و pH نهایی بالا و چسبندگی کم با محتوای استالدهید متوسط، برسد.
آماده‌سازی کشت	در آماده‌سازی کشت با توجه به اینکه مراحل میانی تکثیر حذف می‌شوند، بهترین مزیت این است که تلقیح مستقیم شیر با کشت غلیظ، خطر آلودگی را به حداقل می‌رساند.
طراحی دستگاه	لخته تشکیل شده در طی تخمیر به عملیات مکانیکی، حساس است و این موضوع باعث اهمیت ابعاد لوله‌ها، شیرآلات، پمپ ها، کولرها و ... می‌شود.

جدول ۲-۱۵. عوامل موثر در فرآیند تولید ماست.

۲-۲-۱۵. خطوط تولید

بدون توجه به اینکه ماست باید مخلوط شده یا هم زده، تولید شود، پیش تصفیه شیر یکسان است. این شامل استانداردسازی محتوای چربی و ماده خشک (DM)، عملیات حرارتی و همگن سازی است. مطابق شکل ۱-۱۵ برای فرآیند تولید ماست، فرض می‌کنیم که شیر قبل از ورود به خط به میزان چربی مورد نیاز، استاندارد خواهد شد. استانداردسازی محتوای DM در خط فرآیند انجام می‌شود و با افزودن پودر شیر تنظیم می‌شود (شیری که با افزودن پودر شیر در DM ، افزایش یافته است باید هواگیری شود تا خطر جدا شدن آب پنیر، کاهش یابد). هر گونه افزودنی (تثبیت‌کننده ها، ویتامین‌ها و ...) را قبل از عملیات حرارتی در شیر قرار خواهیم داد. شیر از مخزن تعادل به مبدل حرارتی پمپ می‌شود (جایی که تا حدود ۷۰

درجه سانتی گراد، گرم می‌شود و در قسمت دوم تا ۹۰ درجه سانتی گراد، گرم می‌شود). از مبدل حرارتی، شیر داغ به ظرف خلاء جریان می‌یابد (جایی که ۱۰ تا ۲۰ درصد آب موجود در شیر تبخیر می‌شود). نسبت تبخیر شیر به مقدار DM مورد نیاز شیر بستگی دارد. درجه تبخیر توسط دمای شیر در ورودی به ظرف خلاء، سرعت گردش در ظرف و خلاء در ظرف کنترل می‌شود. مقداری از آب تبخیر شده از محصول برای پیش گرم کردن شیر ورودی، استفاده می‌شود و مقدار معینی از شیر باید در ظرف خلاء چرخانده شود تا درجه تبخیر مطلوب، حاصل شود. هر گذرگاه ۳ تا ۴ درصد آب را تبخیر می کند، بنابراین برای بدست آوردن ۱۵ درصد تبخیر، جریان چرخشی باید چهار تا پنج برابر ظرفیت پاستوریزه باشد. دمای شیر در طول تبخیر از ۹۰ درجه سانتی گراد به حدود ۷۰ درجه سانتی گراد کاهش می‌یابد و شیر به همگن‌سازی ادامه می‌دهد و با فشار همگن می‌شود. شیر همگن‌شده از طریق بخش احیا کننده به بخش پاستوریزاسیون مبدل حرارتی برمی گردد و تا دمای ۹۰ تا ۹۵ درجه سانتی گراد، گرم می‌شود و سپس در یک بخش نگهدارنده، جریان می‌یابد. مخزن نگهدارنده در طول دوره راه اندازی تا زمان رسیدن به تمام پارامترها، دور می‌زند تا تمام آب از دستگاه، خارج شود. سپس تولید با هدایت شیر داغ به مخزن نگهداری آغاز می‌شود. دریچه خروجی آن به مدت ۳۰ دقیقه بسته می‌ماند و پس از باز شدن، شیر داغ با همان سرعت پر شدن به سمت پایین پاستوریزه، پمپ می‌شود. از اینجا به بعد، این روند مستمر است. پس از پاستوریزاسیون، شیر ابتدا در قسمت احیا کننده و سپس با آب تا دمای تلقیح مورد نظر (۴۰ تا ۴۵ درجه سانتی گراد) خنک می‌شود یا در صورت مطابقت نداشتن تولید ماست تنظیم شده و ظرفیت پیش تصفیه با ظرفیت بسته‌بندی به دمای کمتر از ۱۰ درجه سانتی گراد می‌رسد.



شکل ۱-۱۵. پیش تصفیه عمومی برای محصولات شیر کشت شده (۱. مخزن تعادل ۲. مبدل حرارتی صفحه‌ای ۳. تبخیرکننده ۴. همگن‌ساز ۵. لوله نگهدارنده).

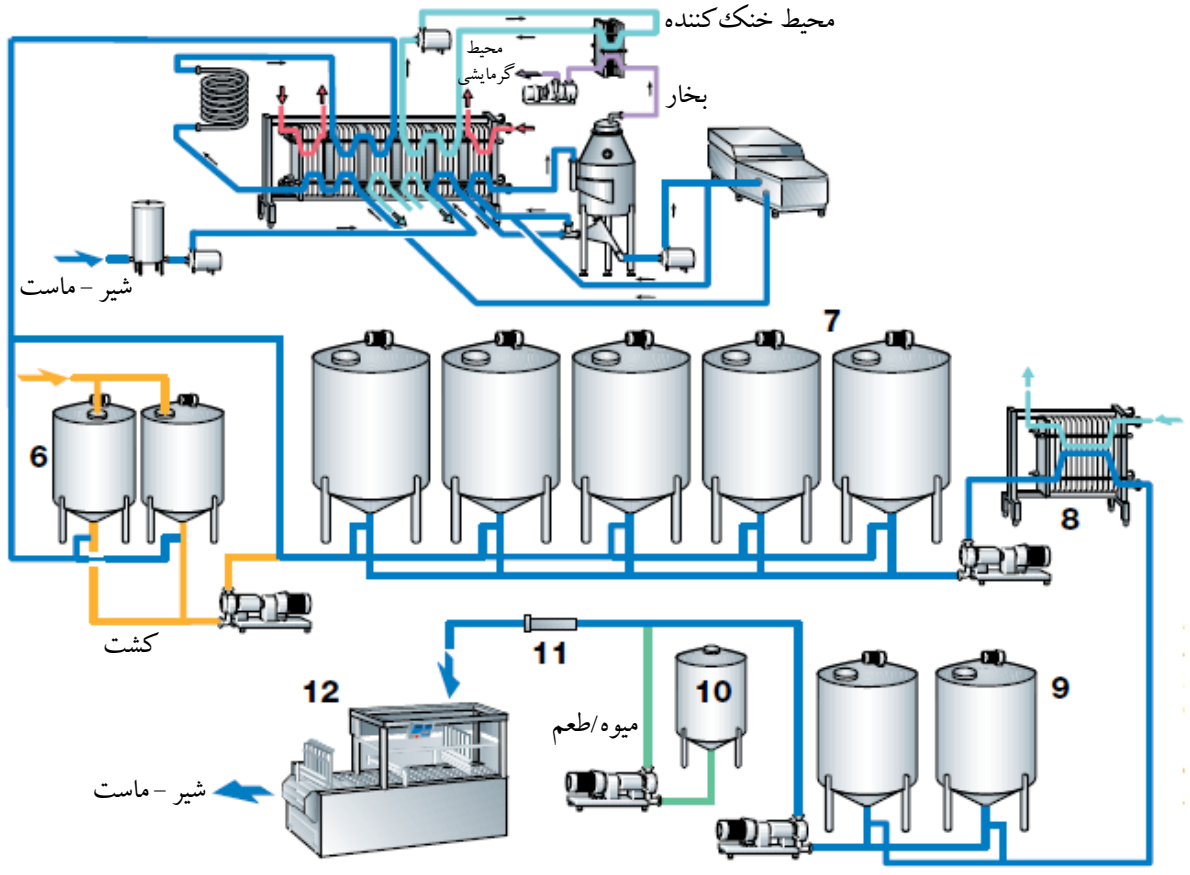
۳-۲-۱۵. طراحی دستگاه ماست

هنگامی که شیر ماست از قبل تصفیه شده و تا دمای تلقیح، سرد شده است، روش تصفیه بیشتر به این بستگی دارد که کدام ماست (سفت، هم‌زده، نوشیدنی، منجمد یا غلیظ) تولید می‌شود. کیفیت ماست از نظر بافت و طعم، به طرح دستگاه، تصفیه

شیر و تصفیه محصول، بستگی دارد. باید از عملیات مکانیکی بیش از حد محصول، اجتناب شود چون باعث نقص محصول (قوام نازک و جدا شدن آب پنیر) می‌شود.

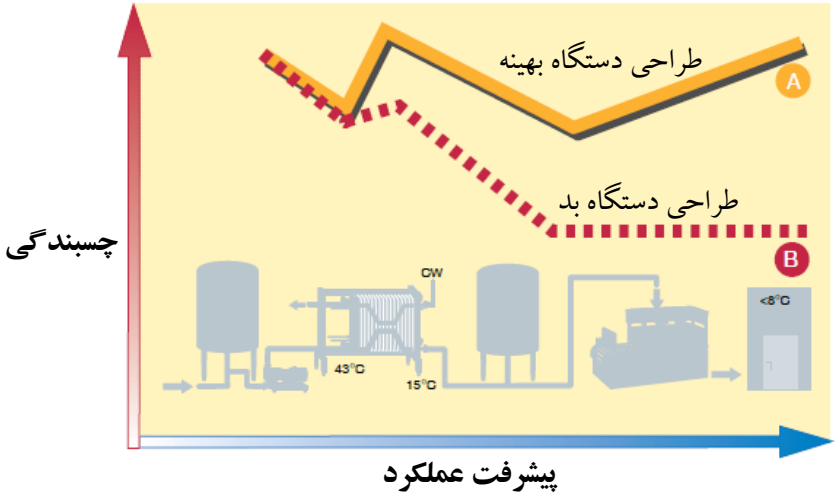
۴-۲-۱۵. ماست هم‌زده

مطابق شکل ۲-۱۵، شیر از پیش تصفیه شده و خنک شده تا دمای دوره عمل‌آوری به آغازگر پمپ می‌شود و وارد جریان شیر می‌شود. پس از پر شدن مخزن، هم زدن شروع می‌شود و برای مدت کوتاهی ادامه می‌یابد تا توزیع یکنواخت کشت آغازگر، تضمین شود. مخازن دوره عمل‌آوری برای اطمینان از ثابت ماندن دما در طول دوره عمل‌آوری، عایق بندی می‌شوند و برای بررسی میزان اسیدی‌شدن به مخازن، PH متر نصب می‌شود. مدت دوره عمل‌آوری در تولید ماست هم زده، ۱۵۰ تا ۱۸۰ دقیقه است. هنگامی‌که از نوع معمولی آغازگر فله استفاده می‌شود. برای دستیابی به شرایط کیفی بهینه، باید تا ۳۰ دقیقه پس از رسیدن به pH ایده‌آل، خنک سازی تا ۱۵-۲۲ درجه سانتی‌گراد انجام شود تا از رشد بیشتر باکتری‌ها، جلوگیری شود. همچنین لخته باید تحت عملیات مکانیکی ملایم قرار گیرد تا محصول نهایی، قوام مناسبی داشته باشد.



شکل ۲-۱۵. خط تولید ماست‌هم زده (۶. مخازن آغازگر فله‌ای ۷. مخازن دوره عمل‌آوری ۸. صفحه خنک‌کننده ۹. مخازن تنظیم ۱۰. میوه/طعم ۱۱. مخلوط‌کننده ۱۲. بسته‌بندی).

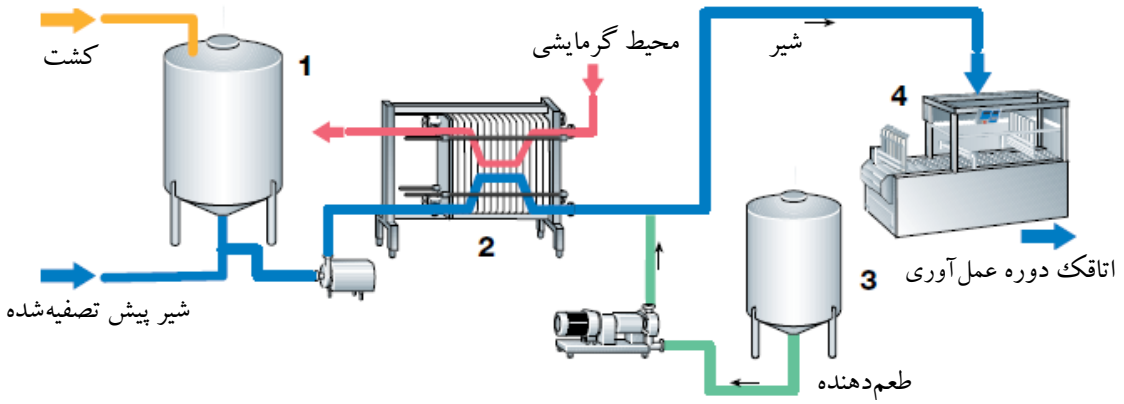
ظرفیت پمپ و خنک‌کننده طوری طراحی شده که در مدت ۲۰ – ۳۰ دقیقه یک مخزن را تخلیه کنند و کیفیت محصول را یکنواخت حفظ کنند. اگر از کشت‌هایی با منحنی‌های تخمیر دیگر استفاده شود و بر زمان دوره عمل‌آوری تأثیر بگذارد، باید زمان خنک شدن باید با توجه به آن تطبیق داده شود. ماست خنک‌شده قبل از هدایت به دستگاه‌های پرکن به مخازن تنظیم، پمپ می‌شود و پس از انتقال به دستگاه‌های، می‌توان میوه و طعم دهنده‌های مختلف را به ماست اضافه کرد. این کار به طور مداوم با یک پمپ اندازه‌گیری با سرعت متغیر انجام می‌شود که مواد را به ماست در واحد مخلوط میوه وارد می‌کند. پمپ میوه‌سنج و پمپ خوراک ماست به صورت همزمان کار می‌کنند. مبدل‌های حرارتی سطح خراشیده یا مخازن با واحدهای خراش دهنده، می‌توانند برای پاستوریزاسیون کافی میوه‌ها استفاده شوند بطوری‌که بدون آسیب به طعم و بافت میوه، همه میکرو ارگانیسم‌های رویشی، غیرفعال شوند. طراحی مناسب دستگاه، تاثیر زیادی بر کیفیت ماست و سایر محصولات کشت‌شده دارد. مطابق شکل ۳–۱۵، دو منحنی برای ایجاد چسبندگی در ماست همزده از لحظه خروج از مخزن دوره عمل‌آوری نشان می‌دهد. منحنی A وضعیت ایده‌آلی را نشان می‌دهد که تمام عملیاتی که بر ساختار و چسبندگی تأثیر می‌گذارند، بهینه شده‌اند. غیرممکن است که محصول در حین تصفیه کمتر، چسبنده شود، زیرا ماست متعلق به گروه محصولات با رفتار جریان تیکسوتروپیک (سیال‌گرایی) است. اما اگر تمام پارامترها و تجهیزات به طور کامل بهینه شوند، چسبندگی به طور کامل بازسازی می‌شود و تمایل به هم‌افزایی به حداقل می‌رسد. منحنی B زمانی را نشان می‌دهد که محصول در مسیر مخزن، دوره عمل‌آوری تا بسته بندی و ... مورد بدرفتاری قرار گرفته باشد.



شکل ۳–۱۵. توسعه چسبندگی ماست همزده در طول خنک‌شدن، بسته‌بندی و ذخیره‌سازی سرد.

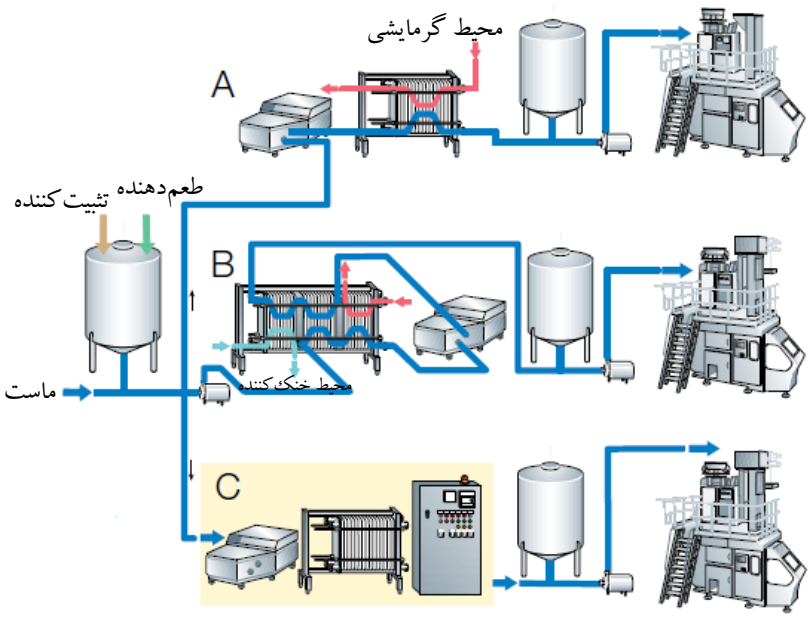
پیش تصفیه شیر برای هر یک از محصولات تا سرد شدن تا دمای دوره عمل‌آوری، یکسان است و آغازگر در جریان شیر اندازه‌گیری می‌شود چون از یک مخزن ذخیره متوسط به دستگاه پرکن، پمپ می‌شود. همچنین طعم‌دهنده به طور مداوم در جریان شیر قبل از دستگاه پرکن، اندازه گیری می‌شود و اگر قرار است میوه یا مواد افزودنی حاوی ذرات، اضافه شوند باید قبل از پر شدن با شیر تلقیح شده در بسته‌ها یا فنجان‌ها، اضافه شوند. البته مواد افزودنی با pH پایین، تأثیر منفی بر تخمیر دارند. مطابق شکل ۴–۱۵، سیستم پرکاربرد دیگر برای تولید ماست جا افتاده، دارای انعطاف‌پذیری در برنامه‌ریزی تولید

می‌باشد و نیازی به تطبیق ظرفیت قبل از تصفیه با ظرفیت بسته‌بندی نیست. شیر تا دمای کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد، خنک می‌شود و در یک، دو یا چند مخزن، پمپ می‌شود. پس از تلقیح و هم زدن کامل، شیر آماده است تا قبل از بسته بندی در ظروف، در خط تا دمای دوره عمل‌آوری، گرم شود (قبل از آن می‌توان کشت آغازگر فله را نیز در خط اضافه کرد). پس از دوره عمل‌آوری کافی، پالت‌ها به یک نوار نقاله منتقل می‌شوند که از بخش‌های خنک‌کننده محصور در یک تونل عبور می‌کند. راندمان خنک کننده به اندازه هر بسته، طرح و جنس بسته ها، عمق پشته جعبه، فاصله بین بسته‌های جداگانه در هر جعبه و طراحی پالت‌ها بستگی دارد.



شکل ۴-۱۵. مراحل نهایی در تولید ماست جا افتاده. (۱. مخزن دوره عمل‌آوری ۲. مبدل حرارتی صفحه‌ای ۳. طعم‌دهنده ۴. بسته بندی).

۵-۲-۱۵. ماست نوشیدنی

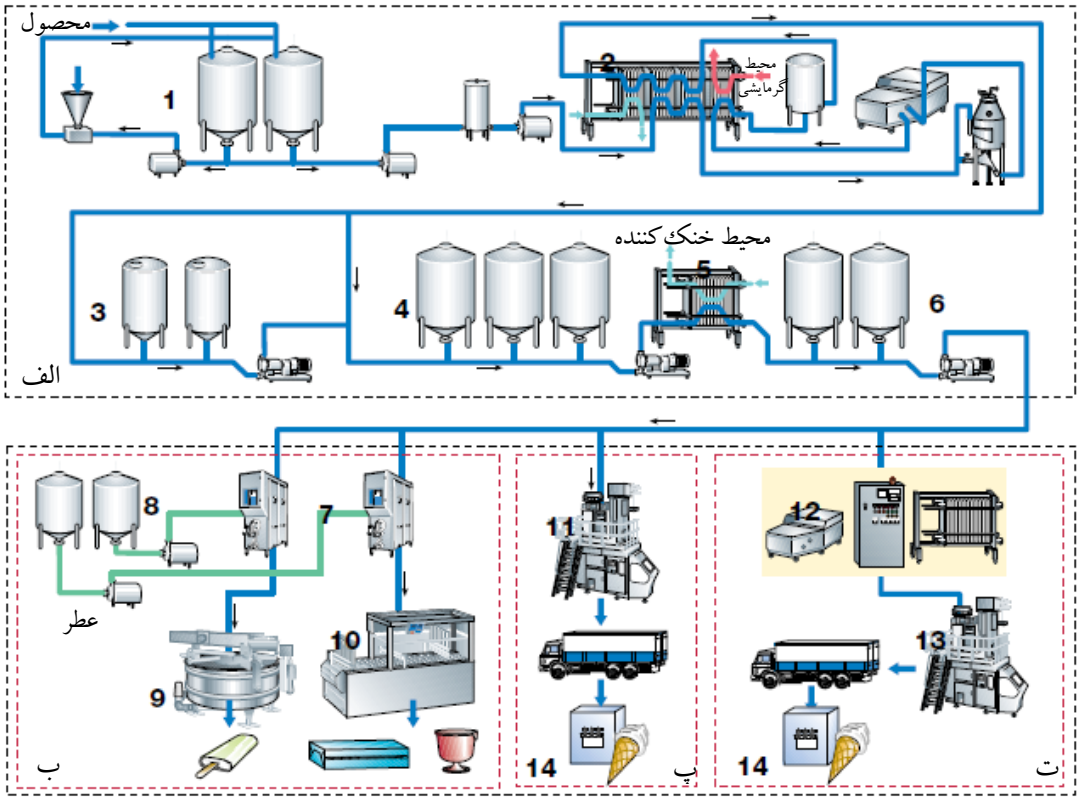


شکل ۵-۱۵. جایگزین های فرآیند برای ماست نوشیدنی (A. همگن و خنک (ماندگاری: ۲ تا ۳ هفته در یخچال). B. همگن، پاستوریزه و بسته بندی شده به صورت ضدعفونی‌کننده (ماندگاری: ۱ تا ۲ ماه در یخچال). C. همگن، تصفیه‌شده با UHT، بسته بندی‌شده به صورت ضدعفونی‌کننده (ماندگاری: چند ماه در دمای اتاق).

مطابق شکل ۵-۱۵، در تولید ماست آشامیدنی با چسبندگی کم، پس از هم‌زدن و خنک‌شدن تا دمای ۱۸ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد، ماست قبل از فرآیندهای جایگزین در شکل به مخزن ذخیرساز، منتقل می‌شود. تثبیت‌کننده و طعم ها با ماست موجود در مخزن، مخلوط می‌شوند و می‌توان مخلوط ماست را به روش‌های مختلف، تصفیه کرد. ماندگاری محصولات شیر کشت‌شده را می‌توان به دو روش تولید و بسته بندی در شرایط ضدعفونی‌کننده و عملیات حرارتی محصول نهایی، افزایش داد. تولید در شرایط ضدعفونی‌کننده باعث جلوگیری از آلوده شدن ماست به مخمر و کپک می‌شود (این میکرو ارگانیسم‌ها محصول را از بین می‌برند و باعث بد طعم شدن و جدا شدن آب پنیر می‌شوند). همچنین عملیات حرارتی ماست باعث افزایش عمر ماندگاری آن می‌شود و حرارت‌دادن تا دمای ۷۰ تا ۷۵ درجه سانتی‌گراد، کل میکرو ارگانیسم‌های خطرناک موجود در ماست را از بین می‌برد.

۶-۲-۱۵. ماست منجمد

ماست منجمد را می‌توان به دو روش (قبل از پردازش بیشتر، ماست با مخلوط بستنی، مخلوط شود یا مخلوط ماست، تخمیر شود) تولید کرد. همچنین ماست منجمد را می‌توان به دو نوع نرم و سفت، تقسیم کرد. مخلوط ماست همراه با تثبیت‌کننده و امولسیون‌کننده (شیرابه‌گر) مناسب، با روشی مشابه ماست معمولی، تولید می‌شود.



شکل ۶-۱۵. جایگزین برای تولید ماست منجمد: الف. تولید ماست ب. بستنی سفت پ. مخلوط بستنی نرم ت. مخلوط بستنی نرم با عمر طولانی (۱ مخزن مخلوط ۲. پاستوریزه ۳. مخازن آغازگر فله‌ای ۴. مخازن دوره عمل‌آوری ۵. خنک‌کننده ۶. مخازن تنظیم ۷. فریزر بستنی ۸. مخازن عطری ۹. فریزر ۱۰. پرکننده فنجان/مخروطی ۱۱. بسته بندی ۱۲. تصفیه UHT ۱۳. بسته‌بندی ضدعفونی‌کننده ۱۴. دستگاه یخ نرم).

مطابق شکل ۶-۱۵، قسمت A، فرآیند هوادهی و همگن سازی مواد خام مخلوط‌شده را در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد (قبل از اینکه در یک مبدل حرارتی در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۵ دقیقه، پاستوریزه شوند) نشان می‌دهد. پس از خنک‌سازی احیاکننده تا دمای ۴۳ درجه سانتی‌گراد، شیر به مخازن دوره عمل‌آوری منتقل می‌شود که آغازگر فله‌ای به آن اضافه می‌شود. به دلیل بیشتر بودن کربوهیدرات مخلوط ماست نسبت به ماست معمولی، دوره عمل‌آوری مخلوط ماست بیشتر از تولید ماست معمولی است. هنگامی که PH مورد نیاز بدست آمد، مخلوط ماست در یک مبدل حرارتی خنک می‌شود تا از تخمیر بیشتر، جلوگیری شود. قبل از اینکه ماست به مخازن تنظیم میانی منتقل شود، ممکن است هرگونه طعم‌دهنده و شکر توسط یک پمپ اندازه گیری به دستگاه مخلوط‌کن، اضافه شود. در قسمت B ، مخلوط ماست مستقیماً به فریزر بستنی منتقل می‌شود و به دنبال آن با انجماد چسبناک یا سفت شدن مداوم به ماست سفت منجمد، انجام می‌شود. در قسمت C ، مخلوط ماست نرم در بسته‌های یکبار مصرف در جعبه بسته‌بندی می‌شود. در قسمت D ، برای تولید مخلوط بستنی در نظر گرفته شده برای ماست نرم با ماندگاری طولانی، می‌توان مخلوط را قبل از بسته‌بندی ضدعفونی‌شده در یک دستگاهUHT ، استریل کرد. در ادامه، ماست یخ زده در دمای منفی ۸ درجه سانتی‌گراد از فریزر خارج می‌شود تا به چسبندگی بهینه برسد و ماست منجمد با طعم‌های مختلف را می‌توان در فریزرهای موازی از مخلوط ماست معمولی، تولید کرد. پس از انجماد، ماست یخ زده مانند بستنی‌های معمولی در قالب‌ها یا فنجان ها و... بسته بندی می‌شوند و سپس به داخل یک تونل سخت‌کننده (با دمای منفی ۲۵ سانتی‌گراد) می‌روند و در ادامه به سردخانه منتقل می‌شوند.

۷-۲-۱۵. ماست غلیظ

در ماست غلیظ، DM محصول پس از تخمیر افزایش می‌یابد و آب پنیر از لخته، تخلیه می‌شود.

۸-۲-۱۵. کفیر

کفیر باید چسبناک و همگن باشد و سطحی براق داشته باشد. طعم آن باید تازه و اسیدی باشد (با طعم کمی از مخمر) و برای تولید کفیر از کشت خاصی به نام دانه کفیر استفاده می‌شود (دانه‌ها از پروتئین‌ها، پلی ساکاریدها و مخلوطی از چندین نوع میکروارگانیسم مانند مخمرها و باکتری‌های تشکیل$دهنده اسید لاکتیک و معطر، تشکیل شده‌اند. مطابق تکثیر کشت‌های آغازین برای سایر محصولات شیری کشت شده در اینجا هم، بستر شیر باید به طور کامل تحت عملیات حرارتی قرار گیرد تا باکتری‌خوارها، غیرفعال شوند. تولید کفیر در دو مرحله انجام می‌شود (جدول۳-۱۵) :

ـ در مرحله اول، بستر پیش تصفیه‌شده با دانه‌های کفیر فعال، تلقیح می‌شود و دوره عمل‌آوری در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲۰ ساعت انجام می‌شود. هنگامی‌که مقدار pH مورد نظر بدست آمد، قبل از اینکه دانه‌ها از کشت مادر خارج شوند، کشت هم‌زده می‌شود، که به آن فیلتر می‌گویند. دانه‌ها را در صافی با آب جوشانده و خنک‌شده، می‌شوییم و از آنها برای عمل‌آوری یک دسته جدید از کشت مادر، استفاده می‌کنیم.

ـ در مرحله دوم، می‌توان فیلتر را تا دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد خنک کرد و ، فیلتر را به شیر از پیش تصفیه‌شده(که بستری برای آغازگر فله‌ای است) ، تلقیح کرد. پس از عمل‌آوری در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت، آغازگر فله‌ای آماده تلقیح به شیر کفیر است.

مراحل تولید سنتی کفیر	توضیحات
استانداردسازی چربی	میزان چربی کفیر بین ۰/۵ تا ۶ درصد است. شیر خام با محتوای چربی اصلی خود استفاده می‌شود.
همگن‌سازی	پس از استانداردسازی چربی، در صورت وجود، شیر در دمای ۶۵ تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد، همگن می‌شود.
پاستوریزاسیون و خنک‌سازی تا دمای عمل‌آوری	برنامه عملیات حرارتی مانند ماست و اکثر شیرهای کشت شده است (۹۰ تا ۹۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۵ دقیقه).
تلقیح با کشت آغازگر (فیلتر)	پس از عملیات حرارتی، شیر تا دمای تلقیح (۲۳ درجه سانتی‌گراد، خنک می‌شود و پس از آن ۲ تا ۳ درصد آغازگر، اضافه می‌شود.
عمل‌آوری در دو مرحله	دوره عمل‌آوری به دو مرحله اسیدی‌شدن و رسیدن، تقسیم می‌شود.
خنک‌کننده	محصول به سرعت در دمای ۵ تا ۸ درجه سانتی‌گراد (در مبدل حرارتی) خنک می‌شود و کاهش بیشتر pH را متوقف می‌کند. همچنین باید از ورود هوا جلوگیری شود.

جدول ۳-۱۵. مراحل تولید سنتی کفیر.

در مقایسه با تولید آغازگر فله‌ای سنتی، تکنیک مبتنی بر کشت خشک انجمادی، تعداد مراحل فرآیند را کاهش می‌دهد و خطر عفونت مجدد کشت را کاهش می‌دهد.

۹-۲-۱۵. خامه پرورشی

خامه کشت‌شده می‌تواند حاوی چربی ۱۰ تا ۳۰ درصد باشد و دارای ساختاری یکنواخت و چسبناک است. طعم آن باید ملایم و کمی اسیدی باشد و ماندگاری محدودی دارد. مخمرها و کپک‌ها در سطح خامه کشت شده، ایجاد می‌شوند و در صورت نگهداری طولانی مدت، خامه کشت‌شده، تلخ می‌شود. به دلیل پخش‌شدن دی‌اکسید کربن و سایر مواد معطر در بسته‌ها، خامه کشت‌شده، طعم خود را از دست می‌دهد. خط فرآیند تولید خامه کشت‌شده شامل تجهیزات استانداردسازی چربی، همگن‌سازی، عملیات حرارتی خامه، تلقیح و بسته بندی می‌باشد. خامه از پیش تصفیه شده تا دمای تلقیح ۱۸ تا ۲۱ درجه سانتی‌گراد، خنک می‌شود و سپس ۱ تا ۲ درصد از کشت آغازگر فله‌ای، اضافه می‌شود. زمان تخمیر ۱۸ تا ۲۰ ساعت است و هنگامی‌که تخمیر کامل شد، خامه کشت‌شده به سرعت خنک می‌شود تا از کاهش بیشتر pH جلوگیری کند.

۱۰-۲-۱۵. دوغ

دوغ محصول فرعی تولید کره از خامه شیرین یا تخمیر شده است و حاوی چربی پنج درصد و مقدار زیادی مواد غشایی است. از آنجا که طعم دوغ به سرعت به دلیل اکسید شدن محتوای غشاء، تغییر می‌کند، ماندگاری آن کوتاه است، جداسازی آب پنیر در دوغ از خامه تخمیر شده رایج است و بنابراین جلوگیری از نقص محصول دشوار است. البته دوغ تخمیر شده، مشکلاتی مانند طعم بد و ماندگاری کوتاه مدت را ندارد و ماده اولیه آن می‌تواند دوغ شیرین حاصل از تولید کره بر اساس خامه شیرین، شیر بدون چربی یا شیر کم چرب باشد. ماده خام در دمای ۹۰ تا ۹۵ درجه سانتی‌گراد (به مدت ۵ دقیقه) قبل از سرد شدن تا دمای تلقیح، حرارت داده می‌شود و باکتری‌های اسید لاکتیک معمولی، بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

فصل شانزدهم :

کره و لبنیات

پخش چربی (اسپرید چربی)، غذایی به شکل دوغاب است که از نوع آب در روغن است و شامل فاز آبی و چربی‌ها و روغن‌های خوراکی است.

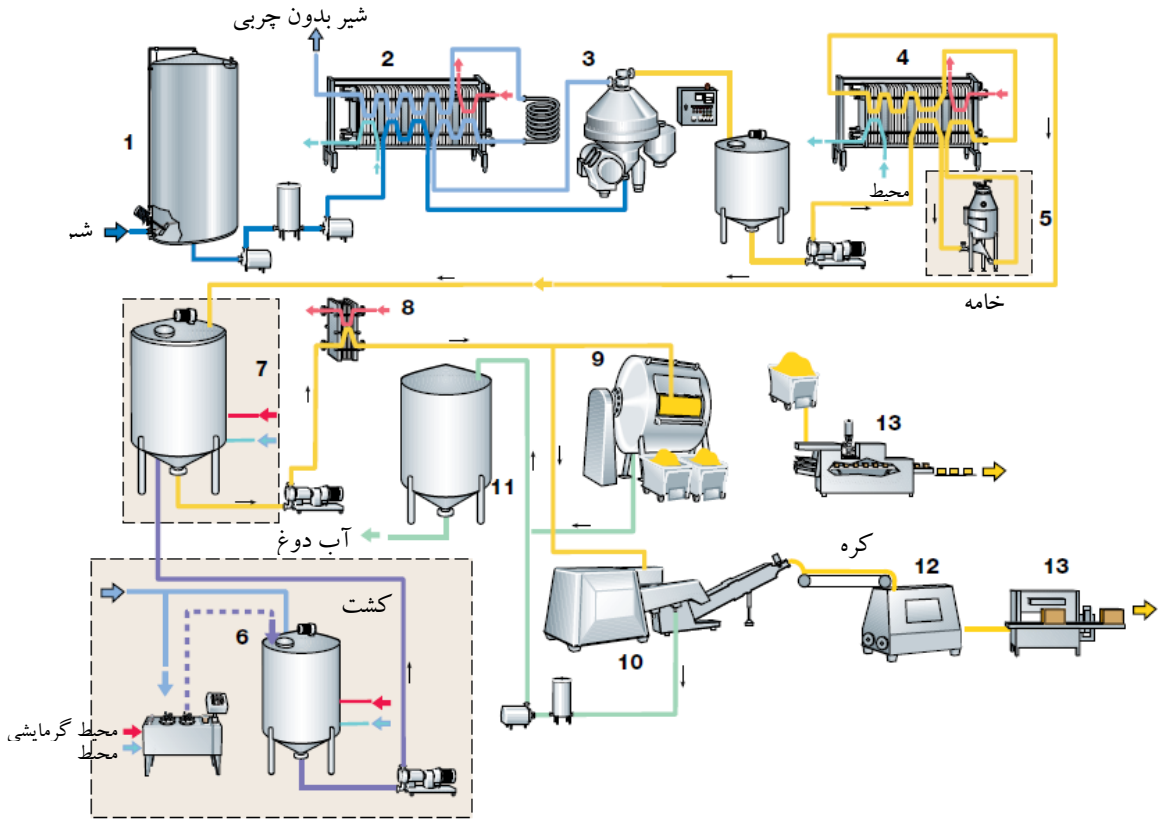
۱-۱۶. کره

کره به دو دسته اصلی (کره خامه شیرین و کره کشت شده یا خامه ترش) تقسیم می‌شود. همچنین کره را می‌توان بر اساس میزان نمک به دو دسته (بدون نمک و شور) تقسیم کرد. خامه شیرین را می‌توان با افزودن شیر ترش طبیعی یا دوغ اسیدی، ترش کرد.

۲-۱۶. کره خامه‌ای شیرین و ترش

تغییرات در ترکیب کره به دلیل تفاوت در تولید است. کره حاوی ۸۰ درصد چربی و ۱۶ تا ۱۸ درصد رطوبت است (بستگی به شور بودن یا نبودن آن دارد). به دلیل نوسان محتوای کاروتنوئید شیر در فصل‌های بین زمستان و تابستان، کره تولید شده در فصل زمستان رنگ روشن‌تری دارد. کره ترش باید بوی دی‌استیل بدهد، در حالی‌که کره شیرین باید طعم خامه داشته باشد. مطابق شکل ۱-۱۶، خامه را می‌توان با لبنیات شیر مایع (خامه اضافی) تهیه کرد یا از شیر کامل جدا کرد. در مورد اول، خامه باید پاستوریزه باشد و در مورد دوم شیر کامل قبل از جدا شدن در پاستوریزه باید تا دمای ۶۳ درجه سانتی‌گراد، گرم می‌شود. خامه گرم قبل از پمپاژ به دستگاه پاستوریزاسیون خامه به یک مخزن ذخیره میانی، هدایت می‌شود. شیر بدون چربی توسط جداکننده، پاستوریزه شده و قبل از پمپاژ به انبار، سرد می‌شود. هنگام تولید کره کشت‌شده بخشی از شیر بدون چربی برای تهیه آغازگر، استفاده می‌شود. خامه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد یا بالاتر از مخزن(های) تنظیم میانی به پاستوریزه شدن ادامه می‌دهد. دمای بالا برای از بین بردن آنزیم‌ها و میکرو ارگانیسم‌هایی که کیفیت نگهداری کره را مختل می‌کنند، الزامی است (عملیات حرارتی خطر اکسیداسیون را کاهش می‌دهد). سپس خامه برای تصفیه بیشتر (گرم کردن، نگهداری و سرد کردن) قبل از رسیدن به مخزن تکامل (رسیدن) به پاستوریزه برگردانده می‌شود و تحت یک برنامه دمایی قرار می‌گیرد تا به چربی ساختار کریستالی مورد نیاز را بدهد که در طی سرد شدن، جامد شود. سپس کشت باکتری تولیدکننده اسید قبل از عملیات حرارتی، اضافه می‌شود. از مخزن تکامل، خامه به کره‌ساز، پمپ می‌شود و در فرآیند کوبیدن، خامه به شدت هم‌زده می‌شود تا گلبول‌های چربی شکسته شود و چربی به دانه‌های کره تبدیل شود. میزان چربی مایع باقی‌مانده (دوغ) کاهش می‌یابد و خامه به دو بخش (دانه‌های کره و دوغ) تقسیم می‌شود. پس از تخلیه دوغ، کره به یک فاز چربی پیوسته (حاوی فاز آب پراکنده) تبدیل می‌شود. خامه باید تا دمای ۷۸ درجه سانتی‌گراد، گرم شود و سپس به یک محفظه خلاء، پمپ شود. پس از تصفیه، خامه برای پاستوریزاسیون و خنک‌شدن به مبدل حرارتی برگردانده می‌شود و سپس به سمت مخزن تکامل می‌رود. همچنین با افزودن باکتری‌های تولیدکننده اسید می‌توان به کره، عطر و بوی قوی بخشید و باعث بهبود عملکرد چربی شد. هنگامی که تولید اسید کند شود، کاهش دی‌استیل، کاهش می‌یابد و محتوای آن تثبیت می‌شود. هنگامی که مرحله اسیدی‌شدن به پایان می‌رسد، کشت وارد فاز تکامل می‌شود و اسیدی‌شدن افزایش می‌یابد. ترش کردن خامه و عملیات حرارتی که ساختار بلوری لازم را به چربی برای

قوام کره می‌دهد به طور همزمان در مخازن تکامل، انجام می‌شود. آغازگر فله‌ای باید قبل از پمپ شدن به مخزن تکامل با خامه مخلوط شود. قسمت کمتری از خامه با چربی سخت، نگهداری می‌شود (در دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد) و قسمت بیشتری از خامه با چربی نرم، نگهداری می‌شود (در دمای ۱۵ تا ۱۶ درجه سانتی‌گراد). با پایان عملیات حرارتی، فرآیند ترش کردن کامل می‌شود و خامه به کوبیدن ادامه می‌دهد. قبل از کوبیدن، خامه تحت یک عملیات حرارتی قرار می‌گیرد تا تبلور چربی را کنترل و کره به قوام مورد نظر برسد (قوام شامل خواصی مانند سختی، چسبندگی، شکل‌پذیری (نرمی) و قابلیت پخش است). مقادیر نسبی اسیدهای چرب با نقطه ذوب بالا تعیین می‌کند که چربی سفت یا نرم باشد. در چربی نرم، نسبت چربی مایع به جامد بالا است و در چربی سخت، نسبت چربی مایع به جامد کم است. در کره سازی، اگر خامه همیشه در دمای یکسان قرار گیرد، ترکیب شیمیایی چربی شیر، قوام کره را تعیین می‌کند. چربی شیر نرم باعث ایجاد کره نرم و چرب می‌شود و چربی شیر سفت باعث ایجاد کره سخت و سفت خواهد بود. چربی موجود در گلبول‌های چربی پس از پاستوریزاسیون به صورت مایع است و وقتی خامه خنک شد، چربی متبلور می‌شود. مقدار تبلورهای مخلوط و نسبت چربی مایع به جامد را می‌توان با انتخاب دمای حرارتی که در آن تبلور های چربی پس از سرد شدن و تبلور، ذوب می‌شوند و همچنین دمای تبلور مجدد تعیین کرد (دماها با توجه به سختی (مقدار ید) چربی انتخاب می‌شوند).

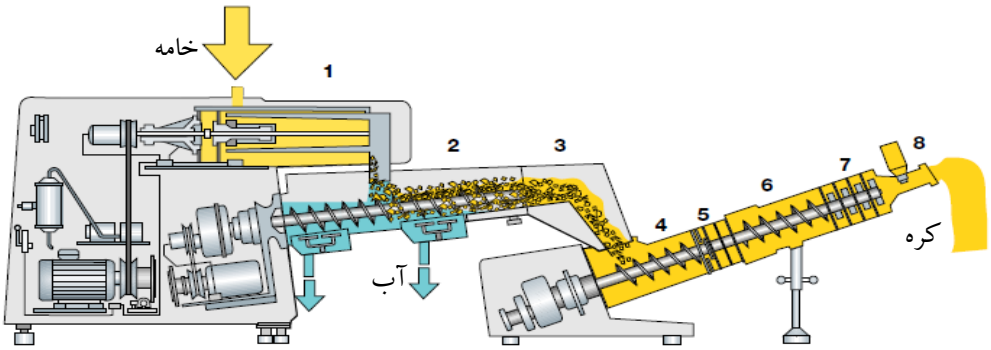


شکل ۱-۱۶. مراحل فرآیند کلی در تولید کره کشت‌شده (۱. دریافت شیر ۲. پیش گرم کردن و پاستوریزه کردن شیر بدون چربی ۳. جداسازی چربی ۴. پاستوریزاسیون خامه ۵. هوازدگی در خلاء ۶. آماده سازی کشت هنگام استفاده ۷. رسیدن خامه و ترش کردن ۸. عملیات حرارتی ۹. کوبیدن/کار کردن، دسته ای ۱۰. کوبیدن/کار کردن، پیوسته ۱۱. جمع آوری دوغ ۱۲. سیلو کره با نوار نقاله پیچ. ۱۳. ماشین آلات بسته بندی).

درجه حرارت اول مقداری است که خامه را پس از پاستوریزه‌شدن، خنک می‌کند، درجه دوم مقدار حرارت دهی/ ترش کردن است و درجه سوم مقدار رسیده شدن (تکامل) است. برای قوام بهینه هنگامی‌که مقدار ید کم است و چربی کره سفت است، باید میزان تبلورهای مخلوط‌شده به حداقل برسد و مقدار چربی خالص به حداکثر برسد تا نسبت چربی مایع به جامد در خامه افزایش یابد. سپس فاز مایع–چربی در گلبول‌های چربی به حداکثر می‌رسد و می‌توان مقدار زیادی از آن را در حین کوبیدن و کار فشار داد و در نتیجه کره به حداقل می‌رسد. در نتیجه چربی با ذوب بالا، تبلورهای خالص تشکیل می‌دهد و میزان تبلورهای مخلوط را کاهش می‌دهد. این باعث افزایش نسبت چربی مایع به جامد می‌شود و در نتیجه کره تهیه شده از خامه، نرم‌تر خواهد بود.

۳-۱۶. کره‌گیری

خامه پس از عملیات حرارتی و در صورت لزوم پس از ترش‌کردن تبدیل به کره می‌شود. قبل از انتقال به روی حرارت، خامه را هم‌زده و درجه حرارت را تنظیم می‌کنند. گلبول‌های چربی موجود در خامه هم حاوی چربی متبلور و هم چربی مایع هستند. هنگامی‌که کره هم‌زده می‌شود، کفی از حباب‌های پروتئینی بزرگ تشکیل می‌شود و حباب‌ها کوچکتر می‌شوند و نسبت خاصی از چربی مایع از گلبول‌های چربی خارج می‌شوند. چربی مایع روی گلبول‌های چربی و سطح حباب‌ها پخش می‌شود و حباب‌ها متراکم می‌شوند تا در نهایت گلبول‌های چربی تبدیل به دانه‌های کره شوند. پایان کار با تخلیه دوغ انجام می‌شود به طوری‌که دانه‌های کره، فشرده و فشرده‌تر شوند تا رطوبت بین آنها گرفته شود. مطابق شکل ۲-۱۶، برای رسیدن خامه از مخازن تکامل به کره‌ساز، ابتدا خامه وارد یک سیلندر کوبنده با خنک‌کننده دوبل (دارای یک موتور با سرعت متغیر) می‌شود. تبدیل سریع در سیلندر انجام می‌شود و پس از اتمام، دانه‌های کره و دوغ به بخش جداسازی، منتقل می‌شوند (جدایی کره از دوغ). سپس کره از یک کانال مخروطی شکل و یک صفحه سوراخ‌دار عبور می‌کند تا تمام دوغ باقیمانده، حذف شود و نمک توسط یک انژکتور فشار بالا در محفظه تزریق، اضافه می‌شود. میزان هوای کره کاهش داده می‌شود و سوراخ با اندازه‌های مختلف و پروانه‌های کار با اشکال مختلف برای بهینه سازی تصفیه کره استفاده می‌شوند. همچنین یک انژکتور برای تنظیم نهایی رطوبت، استفاده می‌شود.



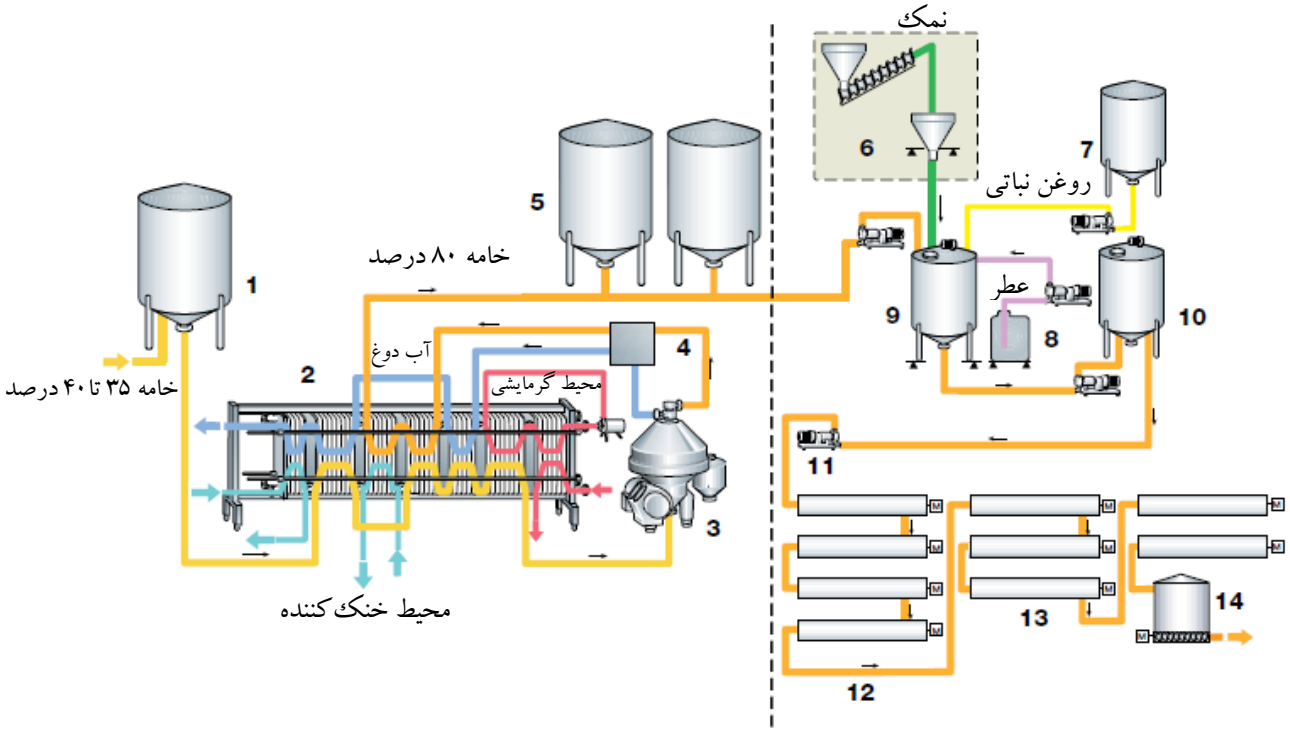
شکل ۲-۱۶. دستگاه کره سازی پیوسته (۱. سیلندر چرخان ۲. بخش جداسازی ۳. بخش خشک‌کردن فشاری ۴. جدایی کره از دوغ ۵. بخش تزریق ۶. بخش کار با خلاء ۷. مرحله نهایی کار ۸. واحد کنترل رطوبت).

۴-۱۶. مخلوط کردن

این فرآیند ترکیبی از دو مرحله فرآیند غلظت خامه و متبلور شدن همراه با وارونگی فاز است (خامه در یک جداکننده غیرقابل نفوذ، غلیظ می‌شود). خط فرآیند در بخش ساخته می‌شود (شکل ۳-۱۶) :

۱. بخش لبنی : این فرآیند با خامه پاستوریزه با محتوای چربی ۳۵ تا ۴۰ درصد شروع می‌شود و دمای آن قبل از ورود به غلیظ‌کننده خامه (ماشین گریز از مرکز بی‌منفذ) ، ۶۰ تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد است. پس از استانداردسازی چربی، خامه تا دمای ۱۸تا۲۰ درجه سانتی‌گراد خنک می‌شود و به مخزن نگهدارنده/ پیش تبلور می‌رود.

۲. بخش مارگارین : در ابتدای بخش، مخلوط محصول آماده می‌شود و خامه غلیظ به ترتیب با حجم مناسب روغن نباتی، نمک و فاز آب مخلوط می‌شود. پس از مخلوط کردن کامل، مخلوط به یک مخزن تنظیم، پمپ می‌شود و مخزن تنظیم، مخلوط محصول را به پمپ فشار بالا می‌فرستد. سپس وارد خنک‌کننده‌های سطح خراشیده می‌شود (جایی‌که وارونگی فاز انجام می‌شود). پس از خروج از مرحله خنک‌سازی نهایی، محصول وارد مخزن تنظیم می‌شود و از آنجا به دستگاه پرکننده، پمپ می‌شود.



شکل ۳-۱۶. خط فرآیند برای تولید کره و گسترش لبنی (بخش لبنی: ۱. مخزن خامه ۲. مبدل حرارتی صفحه‌ای ۳. متمرکز کننده خامه گریز از مرکز ۴. استانداردسازی خامه ۵. مخازن قبل از تبلور – بخش مارگارین: ۶. دوز نمک ۷. مخازن روغن نباتی ۸. دوز عطر ۹. مخلوط کردن ۱۰. مخزن تنظیم ۱۱. پمپ فشار بالا ۱۲. خنک‌کننده سطح خراشیده ۱۳. گردنده ۱۴. مخزن با نوار نقاله پیچی).

فصل هفدهم :

چربی شیر بدون آب (روغن)

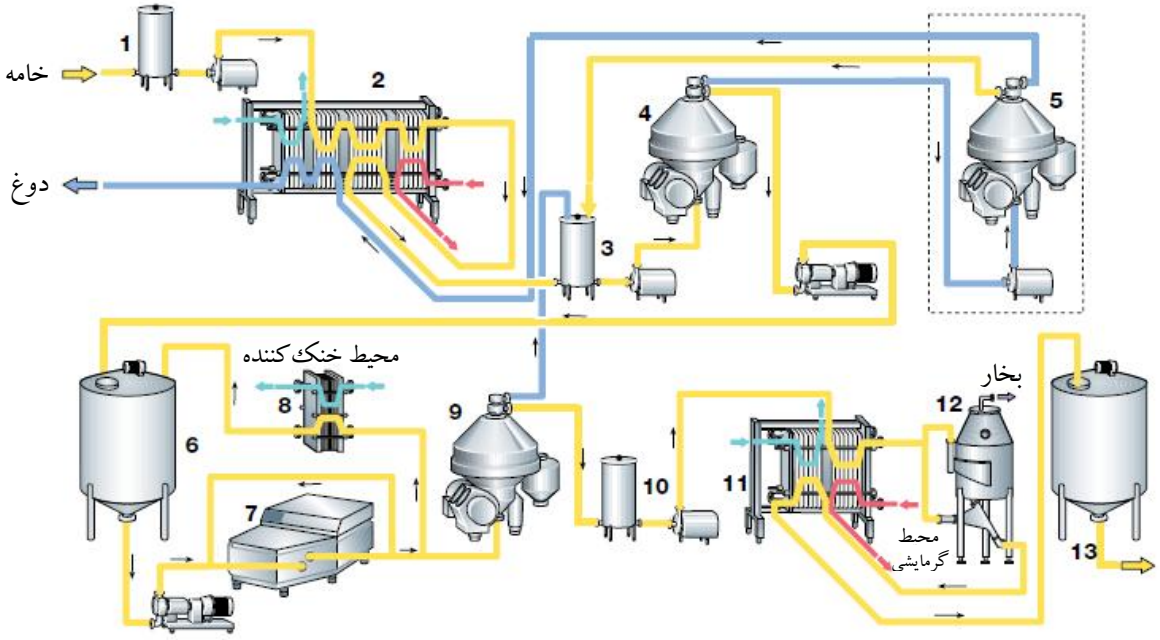
چربی شیر بدون آب و روغن کره، محصولاتی هستند که از چربی شیر خالص تشکیل شده‌اند. محصولات چربی شیر بدون آب در سه کیفیت متمایز (چربی شیر بدون آب با حداقل۹۹/۸ درصد چربی شیر و تهیه شده از خامه یا کره تازه، روغن بدون آب با حداقل ۹۹/۸ درصد چربی شیر و تهیه شده از خامه یا کره و روغن کره با ۹۹/۳ درصد چربی شیر) تولید می‌شوند.

۱-۱۷. ویژگی‌های AMF

AMF یک فرم ذخیره و حمل و نقل چربی کره است و استفاده از آن به صورت مایع راحت است زیرا به راحتی با سایر محصولات مخلوط و اندازه‌گیری می‌شود. تولید AMF ، طبق دو روش (جریان مداوم مستقیم از خامه و از طریق کره) انجام می‌شود.

۱-۱-۱۷. ساخت AMF از خامه

مطابق شکل ۱-۱۷، خامه پاستوریزه یا غیر پاستوریزه (با محتوای چربی ۳۵ تا ۴۰ درصد) از طریق مخزن تعادل وارد دستگاه AMF می‌شود و از طریق مبدل حرارتی صفحه‌ای برای تنظیم دما یا پاستوریزه به دستگاه گریز از مرکز، هدایت می‌شود تا چربی حدود ۷۵ درصد، پیش تغلیظ شود. فاز سبک در یک مخزن تنظیم، جمع‌آوری می‌شود تا در انتظار پردازش بیشتر باشد در حالی که فاز سنگین (دوغ) را می‌توان از یک جداکننده برای بازیابی چربی، عبور داد که سپس با خامه ورودی، مخلوط می‌شود. شیر بدون چربی برای بازیابی گرما به مبدل حرارتی صفحه‌ای باز می‌گردد و از آنجا به مخزن ذخیره می‌رود.

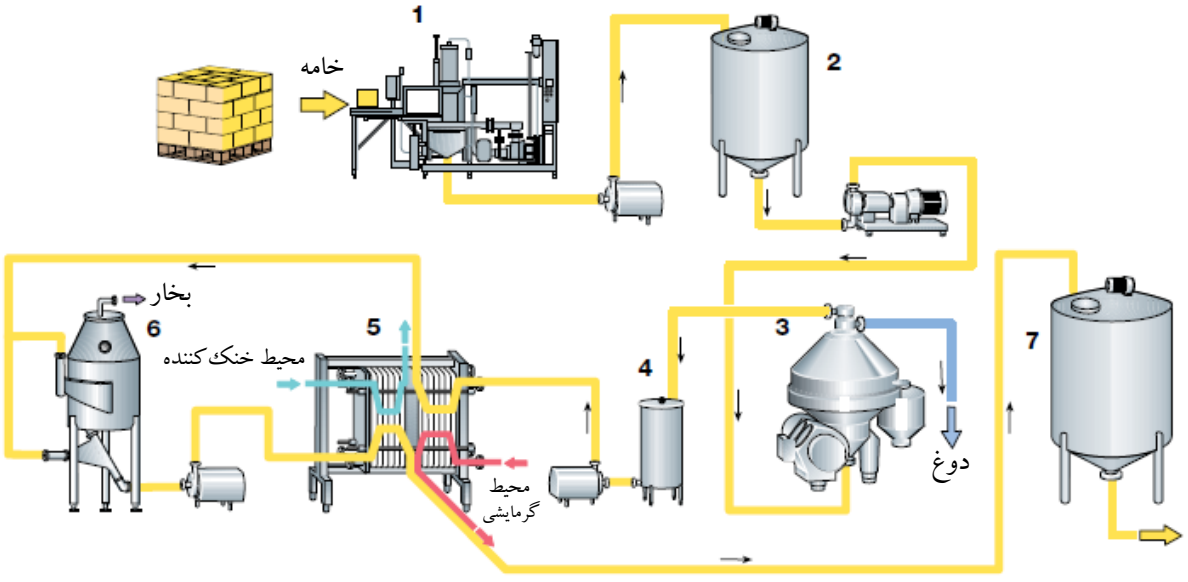


شکل ۱-۱۷. ساخت AMF از خامه (۱. مخزن تعادل ۲. مبدل حرارتی صفحه‌ای برای گرم کردن یا پاستوریزاسیون ۳. مخزن تعادل ۴. پیش تغلیظ‌کننده ۵. جداکننده دوغ از پیش تغلیظ ۶. مخزن تنظیم ۷. همگن‌ساز برای وارونگی فاز ۸ مبدل حرارتی صفحه‌ای برای سرمایش ۹. تغلیظ‌کننده نهایی ۱۰. مخزن تعادل ۱۱. مبدل حرارتی صفحه‌ای برای گرمایش/سرمایش ۱۲. محفظه خلاء ۱۳. مخزن ذخیره).

پس از ذخیره‌سازی میانی در مخزن، تغلیظ کره برای وارونگی فاز، وارد یک همگن‌ساز می‌شود. سپس از واحد تغلیظ نهایی، عبور می‌کند. چون همگن‌ساز با ظرفیت بالاتر از متمرکزکننده نهایی کار می‌کند، محصول اضافی که توسط تغلیظ‌کننده، مسدود نمی‌شود به مخزن تنظیم، بازگردانده می‌شود. بخشی از انرژی مکانیکی مورد استفاده در فرآیند همگن سازی به گرما تبدیل می‌شود و برای جلوگیری از ایجاد اختلال در چرخه دمایی دستگاه، این گرمای اضافی در خنک‌کننده، حذف می‌شود.

۲-۱-۱۷. ساخت AMF از کره

مطابق شکل ۲-۱۷، کره پس از جدا شدن از جعبه‌ها، با حرارت غیر مستقیم در تجهیزات مختلف، ذوب می‌شود و قبل از شروع غلظت نهایی، دمای کره ذوب‌شده به ۶۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. ذوب با حرارت مستقیم (تزریق بخار) منجر به تشکیل نوع جدیدی از دوغاب با حباب‌های کوچک هوا می‌شود و یک فاز پراکنده را تشکیل می‌دهد که جداسازی آن بسیار دشوار است. سپس محصول داغ به یک مخزن نگهدارنده، پمپ می‌شود و برای مدت زمان ۲۰ - ۳۰ دقیقه برای اطمینان از ذوب کامل و تجمع پروتئین، نگه داشته می‌شود. محصول از مخزن نگهدارنده به تغلیظ نهایی پمپ می‌شود و سپس به مبدل حرارتی صفحه‌ای برای گرم کردن (تا دمای ۹۰ تا ۹۵ درجه سانتی‌گراد) می‌رود و از آنجا به یک ظرف خلاء می‌رود و در نهایت به مبدل حرارتی صفحه ای برای خنک سازی (تا دمای ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد) برمی‌گردد. سطح داخل دستگاه توسط یک متمرکزکننده نهایی بی‌منفذ، طراحی می‌شود تا یک فاز روغن روشن با ۹۹/۵ درصد چربی (در حجم کمتر) و یک فاز سنگین با محتوای چربی بالا با ۷ درصد چربی (در حجم بالاتر) بدست آید. سپس فاز سنگین جدا می‌شود و خامه بدست آمده با مخلوط‌کردن آن با خامه‌ای که به کره‌ساز پیوست داده می‌شود، بازیافت خواهدشد.



شکل ۲-۱۷. ساخت AMF از کره (۱. ذوب و حرارت برای کره ۲. مخزن نگهدارنده ۳. متمرکز کننده ۴. مخزن تعادل ۵. مبدل حرارتی صفحه‌ای برای گرمایش/خنک کردن ۶. محفظه خلاء ۷. مخزن ذخیره).

AMF را می‌توان به روش‌های مختلف، پالایش کرد (جدول ۱-۱۷).

روش پالایش	توضیحات
جلا دادن	جلا دادن شامل شستشوی روغن با آب برای بدست آوردن محصولی شفاف و براق است. دمای آب باید با دمای روغن یکسان باشد. پس از مدت کوتاهی، آب دوباره جدا می‌شود و مواد محلول در آب (پروتئین) را با خود می‌برد.
خنثی‌سازی	خنثی‌سازی برای کاهش سطح اسیدهای چرب آزاد (FFA) موجود در روغن انجام می‌شود. سطوح بالای FFA باعث ایجاد طعم بد در روغن و محصولاتی می‌شود که در آنها استفاده می‌شود. قلیایی با غلظت ۸ تا ۱۰ درصد به مقدار متناسب با سطح FFA به روغن اضافه می‌شود و پس از نگه داشتن حدود ۱۰ ثانیه، آب اضافه می شود و FFA صابونی‌شده همراه با فاز آب، جدا می‌شود. محلول قلیایی در مخزن با دمایی برابر با روغن خروجی از تغلیظ نهایی، به جریان روغن تزریق می‌شود. پس از اختلاط کامل، جریان به مدت ۱۰ ثانیه از بخش نگهدارنده عبور می کند و سپس آب گرم از طریق یک واحد اختلاط (در مسیر به متمرکزکننده دوم) وارد جریان می‌شود.
تقسیم‌بندی	تقسیم‌بندی فرآیندی است که در آن روغن به چربی‌های با ذوب بالا و کم ذوب جدا می شود. AMF برای بدست آوردن بالاترین درجه خلوص ممکن در روغن خام، صیقل و ذوب می‌شود و سپس به آرامی تا دمای محاسبه شده‌ای خنک می‌شود که در آن کسر مشخص شده، متبلور می‌شود در حالی که بخش‌هایی با نقطه ذوب پایین‌تر مایع باقی می‌مانند. تبلورها با فیلترهای مخصوص برداشت می‌شوند. سپس فیلتر تا دمای پایین‌تری خنک می‌شود که در آن سایر تقسیم‌بندی‌ها، متبلور شده و برداشت می‌شوند.
کلسترول‌زدایی	کلسترول‌زدایی فرآیندی است که در آن کلسترول از AMF، حذف می‌شود. مولکول BCD (مخلوط روغن با نشاسته اصلاح‌شده) کلسترول را احاطه کرده و رسوبی را تشکیل می‌دهد که می‌توان آن را با نیروی گریز از مرکز، جدا کرد.

جدول ۱-۱۷. روش‌های پالایش AMF.

فصل هجدهم :

پنیر

۱-۱۸. طبقه‌بندی پنیر

پنیر، تغلیظ شیری است که مواد جامد اساسی آن پروتئین، کازئین و چربی می‌باشد (جدول ۱-۱۸). پنیر محصول جامد یا نیمه جامد تازه‌ای است که در آن نسبت پروتئین آب پنیر/کازئین، از شیر تجاوز نمی‌کند و به دو صورت بدست می‌آید :

الف. با انعقاد کامل یا جزئی مواد خام (شیر، شیر بدون چربی، شیر نیمه چرب‌شده، خامه، خامه آب پنیر و دوغ) از طریق عمل مایه پنیر یا سایر عوامل انعقادی مناسب و با تخلیه جزئی آب پنیر حاصل از این انعقاد.

ب. با روش‌های فرآوری شامل انعقاد شیر و یا مواد بدست آمده از شیر که محصول نهایی‌ای را می‌دهد که دارای ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حسی (ارگانولپتیکی) است.

نوع پنیر	توصیفات
پنیر پخته‌شده	پنیری که مدت کوتاهی پس از ساخت، آماده مصرف نیست و باید برای مدت زمانی، در دمایی مشخص و در شرایط دیگری نگهداری شود تا تغییرات بیوشیمیایی و فیزیکی لازم برای مشخصه پنیر ایجاد شود.
پنیر کپک‌زده	پنیر پخته شده‌ای که در آن عمل‌آوری با رشد مشخصه کپک در سراسر داخل و یا روی سطح پنیر انجام می‌شود.
پنیر خشک‌نشده (نرسیده یا تازه)	پنیری که مدت کوتاهی پس از ساخت، آماده مصرف می‌شود.

جدول ۱-۱۸. انواع پنیر.

۲-۱۸. روش‌های کلی برای تولید پنیر سخت و نیمه سخت

شیر پنیر از قبل تصفیه می‌شود و با افزودن یک کشت باکتری متناسب با نوع پنیر، آماده می‌شود و با مایه پنیر مخلوط می‌شود. فعالیت آنزیمی مایه پنیر باعث انعقاد شیر می‌شود. با جامد شدن شیر، باکتری‌ها رشد می‌کنند و اسید لاکتیک را تشکیل می‌دهند، و دانه‌های پنیر (شیر جامد شده) توسط همزن تحت عملیات مکانیکی قرار می‌گیرند و به طور همزمان پنیر،گرم می‌شود. اثر ترکیبی این سه عمل (رشد باکتری‌ها، عملیات مکانیکی و عملیات حرارتی) منجر به هم‌افزایی (جداسازی آب پنیر از دانه‌های پنیر می‌شود) می‌شود. پنیر تمام‌شده در قالب‌های پنیر (فلزی، چوبی یا پلاستیکی) قرار می‌گیرد.

۳-۱۸. عملیات حرارتی و کاهش مکانیکی باکتری‌ها

ـ حرارت دادن : در طول ذخیره‌سازی سرد، پروتئین شیر و نمک‌های شیر تغییر ماهیت می‌دهند که می‌تواند خواص پنیرسازی را مختل کند. حدود ۲۵ درصد کلسیم پس از ۲۴ ساعت نگهداری در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد به صورت فسفات رسوب می‌کند اما این کاهش موقتی است و هنگامی‌که شیر پاستوریزه می‌شود، کلسیم دوباره حل می‌شود و خواص انعقادی شیر، احیا می‌شود. ب-کازئین (فسفو پروتئین شیر) سیستم پیچیده ریزواره (مایسل) را در طی نگهداری سرد، ترک می‌کند و باعث کاهش خواص پنیرسازی می‌شود. البته این کاهش به طور کامل با پاستوریزاسیون، بازسازی

می‌شود. همچنین ریزگان (میکروفلور) وارد شده به شیر با آلودگی مجدد (با دمای پایینی که در آن آنزیم‌ها، پروتئین‌شکن‌ها (پروتئینازها) و لیپازها (آنزیم هضم چربی) به ترتیب پروتئین و چربی را تجزیه می‌کنند) سازگار می‌شود. در نتیجه یک طعم تلخ از تجزیه ب-کازئین که مایسل کازئین ایجاد می‌شود و با آزادسازی اسیدهای چرب، طعم شیر، ترش خواهد شد و باید با انجام پاستوریزاسیون نسبی (ترمیزاسیون) شیر را به مدت ۱۵ ثانیه تا دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد حرارت داد و سپس تا دمای ۴ درجه سانتی‌گراد خنک کرد است تا شیر همچنان دارای فسفاتاز (آنزیم تجزیه پروتئین) مثبت باشد.

ـ پاستوریزاسیون : قبل از شروع پنیرسازی، شیر تحت یک پیش تصفیه طراحی‌شده برای ایجاد شرایط بهینه برای تولید قرار می‌گیرد. شیر پنیر برای انواع پنیرهایی که به دوره رسیدگی حداقل یک ماهه نیاز دارند، نیازی به پاستوریزه‌شدن ندارند اما اگر شیر پنیر، پاستوریزه است لازم نیست آب پنیر، جداگانه پاستوریزه شود. شیر در نظر گرفته‌شده برای برخی از انواع پنیرهای سفت، نباید بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد، حرارت داده شود تا بر طعم، عطر و دفع آب پنیر تأثیر نگذارد. پاستوریزاسیون باید به اندازه‌ای باشد که باکتری‌هایی را که می‌توانند بر کیفیت پنیر تأثیر بگذارند، از بین ببرد (پاستوریزاسیون منظم در دمای ۷۲ تا ۷۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه). البته میکروارگانیسم‌های تشکیل‌دهنده هاگ می‌توانند بافت پنیر را از بین ببرند و عملیات حرارتی شدیدتر این خطر را کاهش می‌دهد اما خواص پنیرسازی شیر را مختل می‌کند. پس باید از روش‌های دیگری برای کاهش باکتری‌های مقاوم به حرارت، استفاده کرد (اضافه کردن مواد شیمیایی خاص قبل از تولید به شیر پنیر یا استفاده از ابزارهای مکانیکی برای کاهش تعداد میکرو ارگانیسم‌های ناخواسته).

۴-۱۸. کاهش مکانیکی باکتری‌ها

میکروب‌گریزانی (باکتوفوگاسیون) فرآیندی است که در آن از یک دستگاه گریز از مرکز بی‌منفذ برای جدا کردن باکتری‌ها از شیر استفاده می‌شود و شیر را دو قسمت عاری از باکتری و تغلیظ (حاوی هاگ و باکتری) جدا می کند. اگر هدف تولید پنیر و پودر باشد، میکروب‌گریز به صورت سری با جداکننده گریز از مرکز در پایین دست یا بالادست آن نصب می‌شود و اگر هدف کیفیت خامه اضافی تولید شده با استانداردسازی مستقیم چربی باشد ، میکروب‌گریز باید در بالادست جداکننده نصب شود. دو نوع میکروب‌گریز (تک فاز و دو فاز) وجود دارد (جدول ۲-۱۸). آب پنیر، اگر برای تولید تغلیظ پروتئین آب پنیر به عنوان یک ماده تشکیل دهنده در شیر خشک در نظرگرفته شود، باید پس از بازیابی ریزدانه ها و چربی‌ها، میکروب‌گریزانی شود.

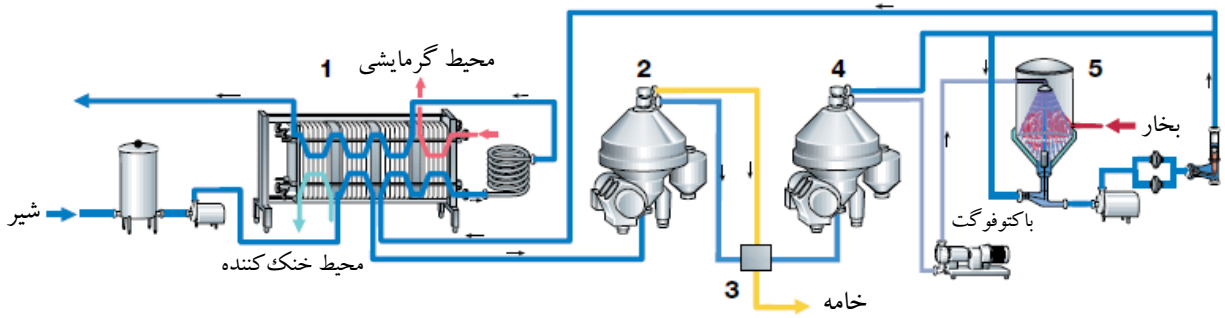
انواع میکروب‌گریز	توضیحات
تک فاز	یک خروجی در بالای کاسه برای شیر کاهش یافته با باکتری، دارد و از طریق بخش‌های بدنه کاسه، تخلیه می‌شود.
دو فاز	دارای دو خروجی می باشد : یکی برای تخلیه مداوم فاز سنگین از طریق دیسک بالایی مخصوص و یکی برای فاز کاهش‌یافته باکتری.

جدول ۲-۱۸. انواع میکروب‌گریزها.

جایگزین‌های زیادی برای پیکربندی یک دستگاه میکروب‌گریز، وجود دارد (باکتوفوژ دو فاز با تخلیه مداوم باکتوفوگات، باکتوفوژ یک فاز با تخلیه متناوب باکتوفوگ و باکتوفوژ دوبل، با دو باکتوفوژ یک فاز به صورت سری).

۱-۴-۱۸. باکتوفیوژ (میکروب‌گریز) دو فاز با تخلیه مداوم باکتوفوگت

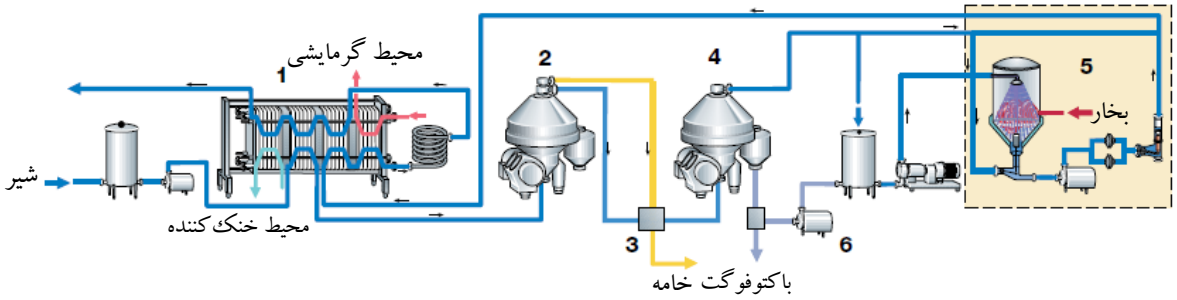
مطابق شکل ۱-۱۸، در شرایط بدون هوا کار می‌کند و یک جریان مداوم از تغلیظ باکتری‌های بدون هوا (باکتوفوگت) به عنوان فاز سنگین، تولید می‌کند. این فاز که استریل شده است با جریان اصلی مخلوط می‌شود. باکتوفوگت داغ باخروج از دستگاه استریل‌کننده با نیمی از حجم شیر باکتوفیوژ شده، مخلوط می‌شود تا قبل از اینکه دوباره به بقیه جریان باکتوفیوژ شده وارد شود، دما را کاهش دهد. سپس شیر به پاستوریزه، هدایت می‌شود تا در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه، پاستوریزه شود و پس از آن دچار خنک‌سازی نهایی و احیاکننده می‌شود تا به دمای مایه‌دهی برسد.



شکل ۱-۱۸. میکروب‌گریزی با تخلیه مداوم و استریل کردن باکتوفوگت (۱. پاستوریزه‌ساز ۲. جداکننده گریز از مرکز ۳. سیستم استانداردسازی خودکار ۴. باکتوفیوژ دو فاز ۵. استریل‌کننده تزریقی).

۲-۴-۱۸. باکتوفیوژ یک فاز با تخلیه متناوب باکتوفوگت

مطابق شکل ۲-۱۸، باکتوفوگت از یک باکتوفیوژ یک فاز به طور متناوب از طریق بخش‌های بدنه کاسه در فواصل از پیش تعیین شده، تخلیه می‌شود یعنی باکتوفوگت غلیظ است و حجمی از خوراک را دارد.

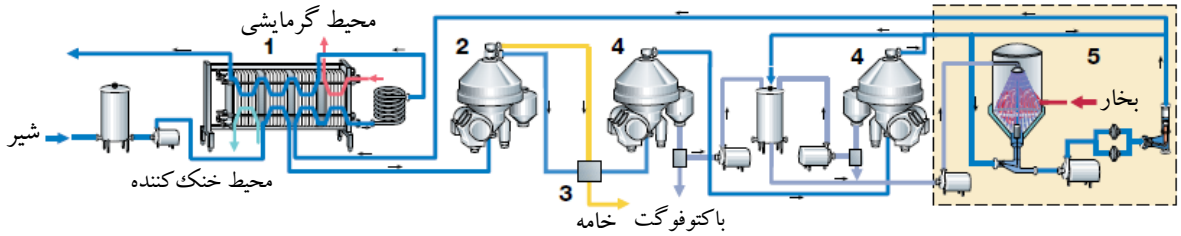


شکل ۲-۱۸. میکروب‌گریزی با تخلیه متناوب باکتوفوگت و استریل کننده اختیاری (۱. پاستوریزه‌ساز ۲. جداکننده گریز از مرکز ۳. سیستم استانداردسازی خودکار ۴. باکتوفوژ تک فاز ۵. استریل‌کننده تزریقی۶. پمپ تخلیه).

برای ورود دوباره باکتوفوگت به شیر پنیر، باید استریل شود. قبل از پمپاژ شدن به استریل‌کننده تزریقی، تغلیظ با شیر باکتوفیوژ شده، رقیق می‌شود تا حجم کافی برای استریل‌شدن مناسب بدست آید. شروع و توقف پمپ تخلیه به حالت عملکرد سیستم تخلیه باکتوفوگ مرتبط است. باکتوفوگت داغ بعد از خروج از استریل‌کننده با شیر باکتوفوگت‌شده مخلوط می‌شود و خنک می‌شود.

۳-۴-۱۸. باکتوفیوژ دوبل با دو باکتوفیوژ یک فاز به صورت سری

مطابق شکل ۳-۱۸، با میکروب‌گریزانی دوبل، هاگ کلستریدیا بیشتر از ۹۹ درصد، کاهش می‌یابد و برای تولید پنیر بدون افزودن مواد شیمیایی بازدارنده باکتری، مناسب است. اضافه‌کردن نیترات سدیم در شیر طبیعی باعث کاهش رشد هاگ می‌شود.

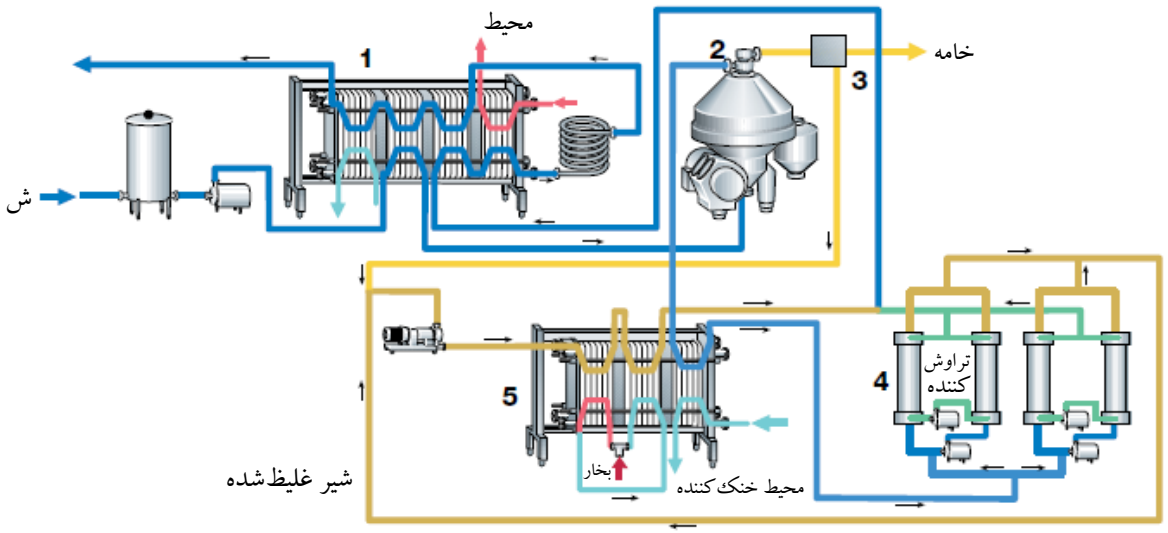


شکل ۳-۱۸. میکروب‌گریزانی دوبل با استریل کننده اختیاری (۱. پاستوریزه‌ساز ۲. جداکننده گریز از مرکز ۳. سیستم استانداردسازی خودکار ۴. باکتوفیوژ تک فاز ۵. استریل‌کننده تزریقی).

۵-۱۸. میکروفیلتراسیون

یک فیلتر غشایی با اندازه منافذ ۰/۲ میکرون می‌تواند باکتری‌ها را از محلول آب فیلتر کند. در میکروفیلتراسیون شیر، مشکل این است که بیشتر گلبول‌های چربی و برخی از پروتئین‌ها به بزرگی یا بزرگتر از باکتری‌ها هستند. هنگامی‌که غشاهایی با اندازه منافذ کوچک انتخاب می‌شوند، فیلتر خیلی سریع رسوب می‌کند. بنابراین فاز شیر بدون چربی از فیلتر عبور می‌کند و خامه مورد نیاز برای استاندارد کردن محتوای چربی(همراه با تغلیظ باکتری که از طریق میکروفیلتراسیون همزمان، بدست می‌آید) استریل می‌شود. میکروفیلتراسیون یعنی یک واحد استریل‌کننده غیرمستقیم برای استریل‌کردن ترکیبی حجم کافی از خامه برای استانداردسازی چربی و محفوظ ماندن از واحد فیلتراسیون. مطابق شکل ۴-۱۸، یک دستگاه تصفیه شیر دارایک میکروفیلتراسیون با دارای دو حلقه است که به صورت موازی کار می‌کنند. شیر خام وارد شده به دستگاه تا دمای جداسازی مناسب (۶۰ تا ۶۳ درجه سانتی‌گراد) گرم می‌شود به شیر بدون چربی و خامه، تفکیک می‌شود. مقداری از خامه از پیش تعیین‌شده که برای بدست آوردن چربی مورد نظر در شیر پنیر کافی است، توسط یک دستگاه استانداردسازی به سمت دستگاه استریل‌کننده می‌رود. در این فاصله، شیر بدون چربی به بخش خنک‌کننده جداگانه در دستگاه استریل‌کننده، پمپ می‌شود تا قبل از ورود به دستگاه فیلتراسیون تا دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد، خنک شود. جریان شیر به دو جریان مساوی تقسیم می‌شود که هر کدام وارد یک حلقه می‌شوند و در آنجا به یک تغلیظ از باکتری (شیر تغلیظ‌شده) و یک فاز کاهش‌یافته با باکتری (تراوش) تقسیم می‌شود. سپس مواد باقیمانده از هر دو حلقه قبل

از ورود به استریل‌کننده با خامه در نظرگرفته‌شده برای استاندارد سازی، ترکیب‌شده و مخلوط می‌شوند. پس از استریل‌کردن در دمای ۱۲۰ تا ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت چند ثانیه، مخلوط تا دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد، خنک می‌شود و سپس با مایه نفوذی، مخلوط می‌شود. جریان کل در دمای ۷۰ تا ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه، پاستوریزه می‌شود و تا دمای مایه‌گیری (۳۰ درجه سانتی‌گراد) خنک می‌شود. با توجه به راندمان بالا در کاهش باکتری، میکروفیلتراسیون امکان تولید پنیر سخت و نیمه سخت را بدون نیاز به مواد شیمیایی فراهم می‌کند. انواع پنیر بر اساس چربی طبقه بندی می‌شوند و میزان چربی شیر پنیر باید بر اساس آن تنظیم شود. به همین دلیل میزان پروتئین و چربی شیر خام باید در طول سال اندازه‌گیری شود و نسبت بین آنها به مقدار لازم، استاندارد شود. استانداردسازی را می‌توان با اختلاط مجدد درون خطی بعد از جداکننده یا با مخلوط کردن شیر کامل و شیر بدون چربی در مخازن و سپس پاستوریزاسیون انجام داد. مواد افزودنی در فرآیند پنیر سازی، کشت آغازگر و مایه پنیر است. بجز انواع پنیر تازه که در آنها شیر توسط اسید لاکتیک، لخته می‌شود، تولید پنیر به تشکیل پنیر توسط مایه پنیر یا آنزیم‌های، مشابه بستگی دارد. انعقاد کازئین فرآیند اساسی در پنیرسازی است و تحت تاثیر مایه پنیر به پاراکازئین تبدیل می‌شود.



شکل ۴-۱۸. تصفیه شیر با میکروفیلتراسیون (۱. پاستوریزه‌ساز ۲. جداکننده گریز از مرکز ۳. سیستم استانداردسازی خودکار ۴. دستگاه میکروفیلتراسیون دو حلقه‌ای ۵. دستگاه استریل‌سازی).

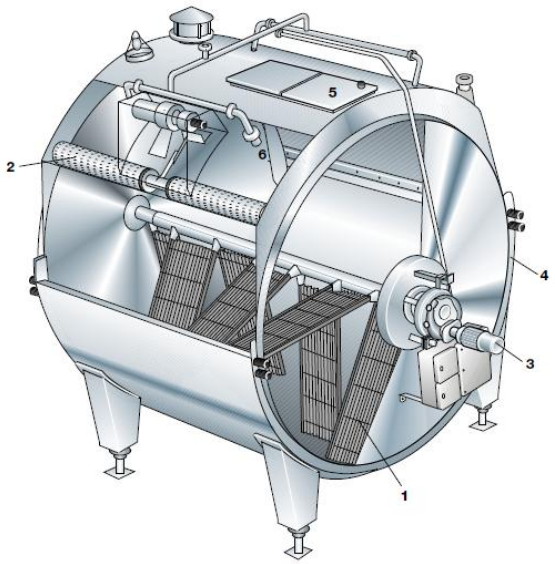
۶-۱۸. حالت‌های پنیرسازی

پنیر در انواع مختلف و در چند مرحله تولید می‌شود و هر نوع پنیر فرمول تولیدی خاصی را دارد.

۱-۶-۱۸. تولید پنیر

شیری که برای اکثر انواع پنیر در نظر گرفته می‌شود قبل از انتقال به مخزن پنیر، پاستوریزه می‌شود و یکنواخت نمی‌شود مگر اینکه، دوباره ترکیب شود. چون همگن‌شدن باعث افزایش قابلیت اتصال به آب می‌شود و تولید انواع پنیر سخت و نیمه سخت را دشوار می‌کند. آغازگر در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد ودر حالی که مخزن پنیر در حال پر شدن است به شیر

اضافه می‌شود (برای زمان دادن به باکتری‌ها برای سازگاری با محیط جدید و دستیابی به توزیع خوب و یکنواخت باکتری). در صورت نیاز، کلرید کلسیم و شوره قبل از مایه پنیر اضافه خواهد شد. مطابق شکل ۵–۱۸، برش و هم‌زدن پنیر توسط یک مخزن پنیر سازی سرپوشیده انجام می‌شود. ابزارهای دو منظوره با توجه به جهت چرخش، برش یا هم می‌زنند. لخته توسط چاقوهای فولادی ضد زنگ با پاشنه‌های گرد، بریده می‌شود تا پنیر را به آرامی مخلوط کند. مخزن پنیر را می‌توان با یک صافی آب پنیر با کارکرد خودکار، نازل‌های اسپری برای توزیع مناسب مایه پنیر و نازل‌های اسپری برای اتصال به سیستم تمیز کردن (CIP) ارائه کرد. بعد از برش، دانه‌های پنیر به عملیات مکانیکی بسیار حساس می‌شوند و هم‌زدن باید ملایم باشد. البته سرعتش باید به حدی باشد که دانه‌ها را در آب پنیر، معلق نگه دارد. رسوب پنیر در ته دیگ باعث تشکیل توده می‌شود و به مکانیسم هم‌زدن، فشار وارد می‌کند. پنیر کم چرب تمایل زیادی به فرو رفتن در ته دیگ دارد، پس هم‌زدن باید شدیدتر از پنیر با محتوای چربی بالا باشد. ممکن است توده‌ها بر بافت پنیر تأثیر بگذارند و باعث از بین رفتن کازئین در آب پنیر شوند. رفتار مکانیکی پنیر و ادامه تولید اسید لاکتیک توسط باکتری‌ها به دفع آب پنیر از دانه‌ها کمک می‌کند. لازم است در تولید برخی پنیرها، آب پنیر تخلیه شود تا مقدار انرژی مورد نیاز برای گرم کردن مستقیم پنیر کاهش یابد. مطابق شکل ۵–۱۸ برای تخلیه آب پنیر در یک مخزن پنیرمکانیزه، یک صافی لوله‌ای شکاف‌دار طولی از یک کابل فولادی متصل به گرداننده بالابر، آویزان شده است. صافی با یک اتصال چرخشی به لوله مکش آب پنیر و با دیواره مخزن به اتصال مکش خارجی، متصل می‌شود. یک الکترود تراز متصل به صافی، موتور بالابر را کنترل می‌کند و صافی را در هنگام تخلیه آب پنیر، زیر سطح مایع نگه می‌دارد. مقدار خروجی آب پنیر را می‌توان با یک نشانگر پالس در موتور بالابر کنترل کرد و باید آن را با ظرفیت بالایی خارج کرد چون در هنگام تخلیه، هم‌زدن متوقف می‌شود. همچنین برای تنظیم اندازه و اسیدی‌شدن پنیر ، عملیات حرارتی لازم است و رشد باکتری‌های تولیدکننده اسید توسط گرما محدود می‌شود.



شکل ۵–۱۸. مخزن پنیر محصور افقی با ابزار همزن و برش ترکیبی و سیستم تخلیه آب پنیر بالابر (۱. ابزارهای برش و همزن ترکیبی ۲. صافی برای تخلیه آب پنیر ۳. گرداننده موتور با فرکانس کنترل‌شده ۴. جداره برای گرمایش ۵. دریچه ۶. نازل CIP).

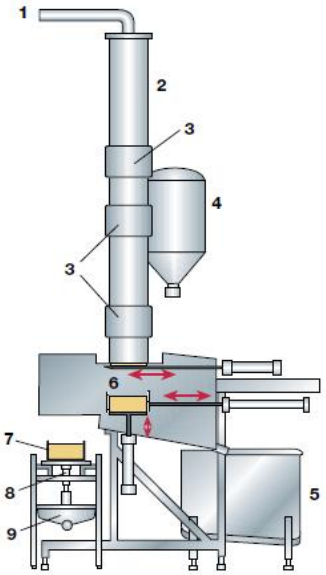
با ادامه حرارت‌دادن و هم‌زدن، حساسیت دانه‌های پنیر کاهش می‌یابد و آب پنیر بیشتری از دانه‌ها در طول هم‌زدن نهایی، خارج می‌شود (مدت زمان هم‌زدن نهایی به اسیدی‌شدن و رطوبت مورد نظر پنیر بستگی دارد).

۲-۶-۱۸. پنیر با بافت دانه‌ای

به محض اینکه اسیدی‌شدن و سفتی مورد نیاز پنیر بدست آمد، باقیمانده آب پنیر به روش‌های مختلف از پنیر خارج می‌شود. یکی از روش‌ها خروج مستقیم آب پنیر از مخزن پنیر است. پنیرها پس از تخلیه در قالب‌ها، ریخته می‌شوند. پنیر بدست آمده بافتی با سوراخ‌های نامنظم پیدا می‌کند (بافت دانه‌ای) و این سوراخ‌ها توسط گاز دی‌اکسید کربن ایجاد می‌شوند. اگر دانه‌های پنیر قبل از جمع‌آوری و فشرده‌شدن در معرض هوا قرار گیرند، کاملاً ذوب نمی‌شوند. آب پنیر را می‌توان با پمپ کردن مخلوط پنیر و آب پنیر در یک صافی ارتعاشی یا چرخشی، تخلیه کرد یعنی دانه‌ها از آب پنیر جدا شده و مستقیماً در قالب‌ها تخلیه شوند تا پنیر با بافت دانه‌ای تولید شود.

۳-۶-۱۸. پنیر چشم‌گرد

در تولید پنیر چشم گرد نیز از باکتری‌های مولد گاز استفاده می‌شود. با قرار دادن پنیر و آب پنیر در یک قالب بزرگ (متعلق به میز تخلیه و پرس ترکیبی) ، پنیر در معرض هوا قرار نمی‌گیرد. اگر دانه‌های پنیر در زیر سطح آب پنیر جمع شوند، پنیر حاوی حفره‌های میکروسکوپی می‌شود و باکتری‌های آغازگر در این حفره‌ها تجمع می‌کنند که باعث تشکیل سوراخ‌های کوچک می‌شوند. در طول دوره پیش پرس، آب پنیر آزاد تا رسیدن به سطح بستر پنیر ، تخلیه می‌شود و سپس پنیر به صورت قطعات بریده سده تا در قالب‌ها قرار می‌گیرد. اکثر اوقات پیش پرس در مخازن جداگانه‌ای انجام می‌شود که ابتدا مقدار مشخصی آب پنیر به آن پمپ شده است. سپس مخلوط پنیر و آب پنیر باقیمانده توسط نیروی جاذبه یا یک پمپ چرخان به داخل مخزن منتقل می‌شود تا قرار گرفتن پنیر در معرض هوا به حداقل برسد. سپس توسط یک چندراهه با نازل‌های مخصوص یا توسط دستگاه توزیع و تسطیح، توزیع می‌شود و آب پنیر از دانه‌های پنیر جدا می‌شود. قبل از تخلیه مخزن پیش پرس، یک دستگاه تخلیه سیار با چاقوهای عمودی و یک گیوتین برای برش عرضی در جلوی آن قرار می‌گیرد و دستگاه تخلیه (که به یک سیلندر پیچیده شده است) برای بیرون کشیدن تسمه مجهز شده است. مطابق شکل ۶-۱۸، مخلوط پنیر و آب پنیر در بالای ستون (استوانه‌ای، مربعی یا مستطیلی) قرار می‌گیرد که پایین آن توسط یک چاقوی متحرک، بسته می‌شود. آب پنیر از پنیر از طریق بخش‌های سوراخ شده ستون، تخلیه می‌شود و قبل از ورود به مخزن تنظیم جمع‌آوری آب پنیر و مخزن ذخیره، از یک ره‌گیر عبور می‌کند. سطح آب پنیر در ستون توسط الکترودهای سطح کنترل می شود. به محض اینکه پایین‌ترین الکترود خیس شد، آب پنیر از ره‌گیر به ستون پمپ می‌شود تا پنیر در معرض هوا قرار نگیرد و سپس فشرده می‌شود. سپس چاقو بیرون کشیده می‌شود و به موقعیت اولیه خود باز می‌گردد و ستون پنیر از یک فاصله از پیش تعیین‌شده پایین می‌آید. در ادامه، قطعه از دستگاه خارج می‌شود و روی نوار نقاله قرار می‌گیرد و قالب به پرس نهایی ادامه می‌دهد.

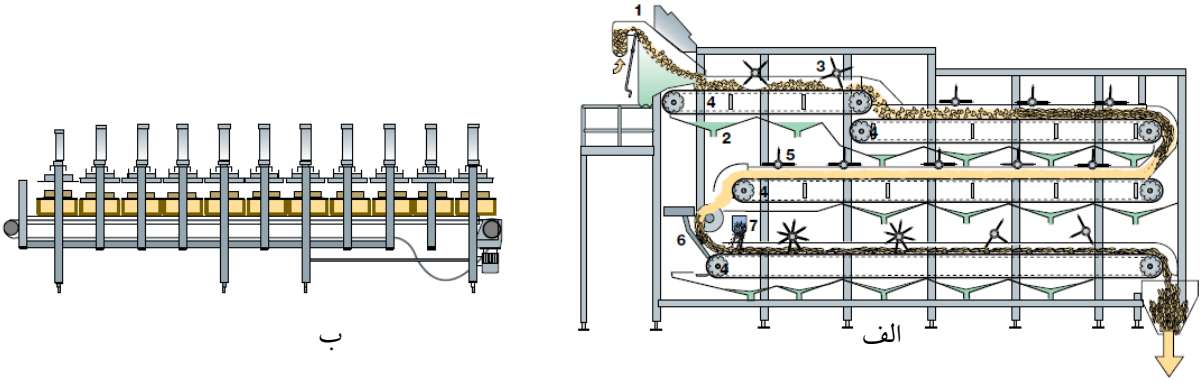


شکل۶-۱۸. یک سیستم پیش‌پرس مداوم متناوب، تکمیل شده با پرکننده قالب (۱. ورودی مخلوط پنیر و آب پنیر ۲. ستون با شیشه دید ۳. تخلیه آب پنیر سوراخ‌شده ۴. ره‌گیر ۵. مخزن تعادل آب پنیر ۶. برش و سیستم تخلیه پنیر ۷. قالب ۸. نوار نقاله ۹. ناودان جمع‌آوری آب پنیر).

۴-۶-۱۸. پنیر با بافت‌بسته

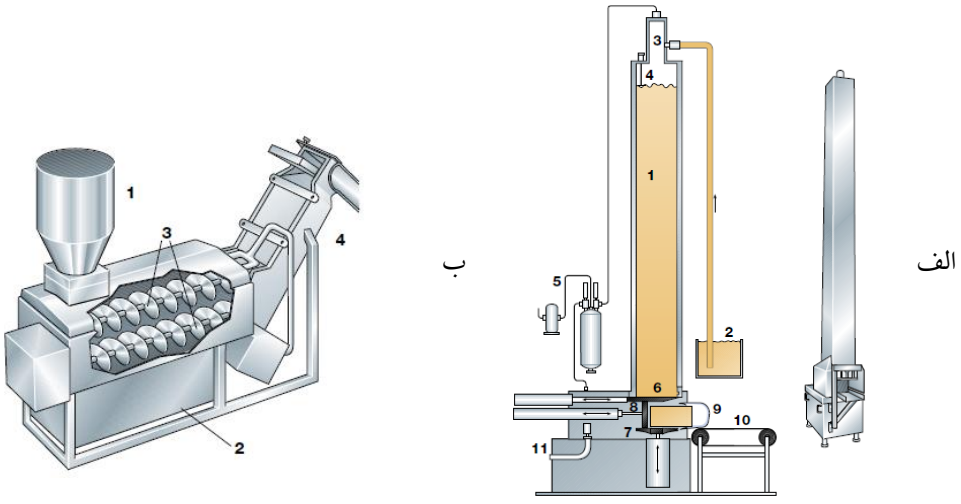
انواع پنیر با بافت بسته با کشت‌های آغازین (حاوی باکتری‌هایی مانند اسید لاکتیک تک سویه) ساخته می‌شوند که گاز تولید نمی‌کنند و تکنیک پردازش خاص آن منجر به تشکیل حفره‌هایی به نام سوراخ های مکانیکی شود. بعد از اسیدی‌شدن و تخلیه آب پنیر، پنیر برای ادامه اسیدی‌شدن و مات‌شدن، باقی می ماند و پنیر به شکل قالب‌هایی در می‌آید که وارونه‌شده و روی هم چیده می‌شوند. هنگامی‌که اسیدی‌شدن آب پنیر تراوش‌شده کاهش یابد، قالب‌ها به صورت تراشه، آسیاب می‌شوند و قبل از قطعه قطعه‌شدن، نمک‌زده و خشک می‌شوند. مطابق شکل ۷-۱۸ الف، برای چدارسازی پنیر (قطعه قطعه‌کردن قطعات فشرده) از یک دستگاه مجهز به چهار نوار نقاله استفاده می‌شود که به صورت جداگانه با سرعت‌های از پیش تعیین‌شده و قابل تنظیم، هدایت می‌شوند و بالای یکدیگر در یک قاب فولادی ضد زنگ نصب می‌شوند. مخلوط پنیر و آب پنیر بطور یکنواخت روی یک صفحه تخلیه پخش می‌شود که در آن بیشتر آب پنیر حذف می‌شود. سپس پنیر روی اولین نوار نقاله می‌افتد که سوراخ شده و دارای همزن برای تخلیه بیشتر آب پنیر است. نوار نقاله دوم اجازه می‌دهد تا پنیر شروع به مات شدن و ذوب شدن کند و سپس به نوار نقاله سوم منتقل می‌شود که در آن چدارسازی انجام می‌شود و پنیر آسیاب می‌شود و به قطعاتی با اندازه یکنواخت می‌رسد که روی نوار نقاله چهارم می‌افتد. نوار نقاله چهارم برای نمک‌زدن است. در ابتدا نمک خشک به پنیر داده می‌شود و سپس برای مخلوط‌کردن، هم‌زده می‌شود. پنیر وارد یک قیف مارپیچ می‌شود که از آن به یک قالب شکل‌دهی یا یک واحد حلقه‌ای منتقل می‌شود و سپس تحت فشار نهایی قرار می‌گیرد. فشار اعمال‌شده ابتدایی باید تدریجی باشد تا لایه سطحی را فشرده نکند و رطوبت را در بدنه پنیر قرار ندهد و باید یک تایمر در سیستم پرس قرار داد تا به اپراتور سیگنال دهد تا فشار را طبق یک برنامه از پیش تعیین‌شده، تغییر دهد. در تونل‌های پرس تغذیه خودکار، یک سیستم نوار نقاله وجود دارد و قالب‌های پر شده به طور خودکار توسط یک دستگاه

فشار پنوماتیک وارد تونل پرس تغذیه خودکار می‌شوند. قالب‌ها توسط میله‌های فشاری حمل می‌شوند و روی یک کف فولاد ضد زنگ می‌چرخند. هنگامی که پرس پر شد، تمام سیلندرهای هوا به یک خط تامین هوای مشترک متصل می‌شوند. فشار و فواصل بین افزایش فشار و زمان کلی پرس به طور خودکار از یک پنل جداگانه کنترل می‌شوند (شکل ۷-۱۸ ب).



شکل ۷-۱۸. الف. دستگاه چدارسازی (۱. صافی آب پنیر (صفحه‌ای) ۲. آب پنیر ۳. همزن ۴. نوار نقاله با سرعت متغیر ۵. همزن برای تولید پنیر هم‌زده ۶.آسیاب ۷.سیستم نمک‌پاشی خشک). ب. نوار نقاله تونل پرس.

مطابق شکل ۸-۱۸ الف، برای ایجاد قالب‌های شکل‌دهی در تولید پنیر چدار از یک سیستم ساده تصفیه خلاء و تغذیه گرانشی استفاده می‌شود. تراشه‌های آسیاب‌شده و نمکی توسط خلاء به بالای یک برج کشیده می‌شوند تا برج پر شود و پنیر شروع به ترکیب‌شدن با یک توده ستونی پیوسته کند (وجود خلاء باعث ایجاد محصول یکنواخت و عاری از آب پنیر و هوا می‌شود). قالب‌های یکسان، بیرون ریخته می‌شوند و برای انتقال به واحد آب بندی خلاء (که با خط تولید یکپارچه است) آماده می‌شوند. عبور از برج ۳۰ دقیقه طول می‌کشد و هر ۹۰ ثانیه یک قالب تولید می‌شود.



شکل ۸-۱۸. الف. قالب شکل‌دهی برای پنیر چدار (۱. ستون ۲. پنیر ۳. سیکلون (چرخه‌باد) ۴. حسگرسطح ۵. واحد خلاء ۶. صفحه زیرین و گیوتین ترکیبی ۷. سکوی آسانسور ۸. فشارنده (افشانک) ۹. لایه مانع ۱۰. نوار نقاله ۱۱. تخلیه آب پنیر). ب. ماشین آلات پخت و پز مداوم برای انواع پنیر پاستا فیلاتا (۱. قیف خوراک ۲. ظرف آب‌گرم کنترل‌شده با درجه حرارت ۳. دو مته چرخان متقابل ۴. نوار نقاله پیچی).

۵-۶-۱۸. پخت و پز انواع پنیر پاستا فیلاتا

پنیر پاستا فیلاتا (پنیر پلاستیکی) حاصل پنیر رشته‌ای الاستیک که از پختن و پنیر پنیر چدار بدست می‌آید. پس از چداری‌کردن و آسیاب، تراشه‌ها وارد یک ظرف با دمای ۸۲ تا ۸۵ درجه سانتی‌گراد می‌شوند تا صاف و الاستیک شوند. آب مخلوط و با آب پنیر جدا می شوند تا چربی حفظ شود. مطابق شکل ۸-۱۸ ب، در ماشین‌آلات پخت و پز مداوم و کشش، سرعت چرخش معکوس مته‌های چرخان، متغیر است تا حالت بهینه بدست آید. پنیر چداری‌شده بطور مداوم به قیف یا سیکلون دستگاه منتقل می‌شود.

۶-۶-۱۸. نمک‌زدن

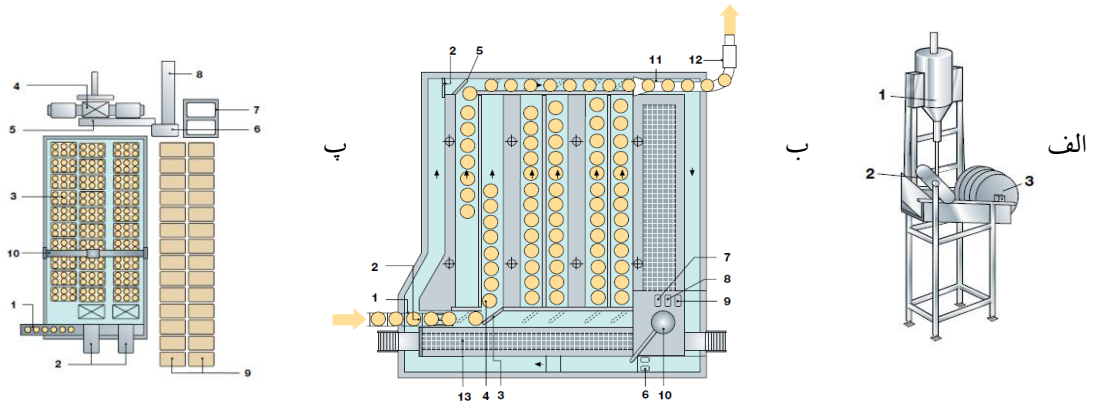
نمک در پنیر به عنوان چاشنی عمل می‌کند و باعث تاخیر در فعالیت آغازگر و فرآیندهای باکتریایی مرتبط با رسیدن پنیر می‌شود. استفاده از نمک در پنیر باعث دفع رطوبت از طریق اثر اسمزی (تراوش‌کنندگی) و اثر نمکی روی پروتئین‌ها می‌شود (جدول ۳-۱۸).

حالت‌های نمک‌زدن	توصیفات
نمک خشک	در روش دستی، پس از تخلیه کامل پنیر ، نمک خشک به طور یکنواخت روی پنیر پخش می‌شود و پنیر به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه هم‌زده می‌شود تا توزیع کامل انجام شود. در روش مکانیکی، برای دوز نمک روی پنیر چدار در مرحله نهایی عبور، از دستگاه چداری‌کردن مداوم استفاده می‌شود. نمک خشک بین اجاق گاز و قالب‌گیر نصب می‌شود (شکل ۹-۱۸ الف).
آب نمک‌زدن	رایج‌ترین سیستم در آب نمک‌زدن، قرار دادن پنیر در ظرفی(در یک اتاق خنک با دمای ۱۲ تا ۱۴ درجه سانتی‌گراد) با آب نمک است. پنیر در محفظه‌هایی شناور می‌شود که در آن آب نمک‌زنی در یک لایه انجام می‌شود و برای مرطوب نگه‌داشتن سطح، پنیر را در فواصل زمانی توسط یک غلتک (در لبه هر محفظه) به زیر سطح فرو می‌برند (شکل ۹-۱۸ ب).
آب نمک عمیق	در سیستم نمک‌پاشی عمیق با قفسه‌های بالابر، برای دستیابی به زمان یکنواخت آب‌کشی، قفسه بارگیری شده پس از گذشت نیمی از زمان، خالی می‌شود و پنیر به یک قفسه خالی هدایت می‌شود و سیستم نمک پاشی عمیق باید همیشه با یک محفظه اضافی با یک قفسه خالی طراحی شود.
آب نمک قفسه‌ای	این سیستم بر پایه قفسه‌هایی است که قادر به نگه‌داشتن خروجی کامل پنیر از یک خمره (دیگ) است. تمامی عملیات پر کردن قفسه‌ها، قرار دادن آنها در محلول آب نمک، بلند کردن قفسه‌ها از آب نمک و هدایت آنها به ایستگاه تخلیه، می‌تواند کاملاً خودکار باشد (شکل ۹-۱۸ پ).

جدول ۳-۱۸. حالت‌های نمک‌زدن.

هنگام نفوذ نمک در پنیر، پنیر توسط مویرگ‌ها متقاطع می‌شود و عوامل متعددی می‌توانند بر نفوذپذیری مویرگ‌ها و توانایی محلول نمک در جریان آنها تأثیر بگذارند، اما همه این عوامل تحت تأثیر تغییرات تکنیکی قرار نمی‌گیرند (همانند محتوای چربی). چون گلبول‌های چربی ساختار را مسدود می‌کنند، نفوذ نمک در پنیر با محتوای چربی بالا نسبت به پنیر با محتوای کم چربی، زمان بیشتری می‌برد. pH در هنگام نمک‌زدن تأثیر زیادی بر میزان جذب نمک دارد و نمک بیشتری در PH پایین نسبت به PH بالاتر جذب می‌شود (در PH پایین، قوام پنیر سفت و شکننده است و در pH بالا، قوام الاستیک

می‌شود). در هنگام نمک‌زدن، کلسیم با تبادل یونی با سدیم مبادله می‌شود و مقدار کلسیم آزاد، قوام پنیر را تعیین می‌کند. همچنین دما بر میزان جذب نمک و از دست دادن رطوبت، تأثیر می‌گذارد و هر چه دما بیشتر باشد، سرعت جذب بیشتر است. علاوه بر تنظیم مجدد غلظت نمک، وضعیت میکروبیولوژیکی آب نمک باید تحت کنترل باشد، زیرا ممکن است نقص‌های کیفی مختلفی ایجاد شود. برخی از میکروارگانیسم‌های مقاوم به نمک می‌توانند پروتئین را تجزیه کرده و سطحی لزج ایجاد کنند و برخی دیگر می‌توانند باعث تشکیل رنگ‌دانه‌ها و تغییر رنگ سطح شوند.



شکل ۹–۱۸. الف. نمک خشک برای پاستا فیلاتا (۱. ظرف نمک ۲. کنترل سطح پنیر ۳. ابزار شیار زدن). ب. سیستم نمک پاشی سطحی (۱. نوار نقاله ورودی با صفحه کشویی ۲. صفحه تنظیم‌کننده ۳. درب ورودی با صفحه تنظیم و درب هدایت‌کننده ۴. بخش نمک پاشی سطحی ۵. درب خروجی ۶. همزن دوقلو با غربال ۷. کنترل سطح آب نمک با پمپ ۸. پمپ ۹. مبدل حرارتی صفحه‌ای ۱۰. واحد دوز خودکار نمک (اندازه‌گیری غلظت نمک) ۱۱. نوار نقاله تخلیه با ناودان (آب‌رو) ۱۲. دستگاه مکش آب نمک ۱۳. منطقه خدمات). پ. سیستم آب نمک قفسه‌ای (۱. نوار نقاله خوراک ۲. ایستگاه بارگیری مکانیکی قفسه‌های آب نمک ۳. قفسه‌های آب نمک ۴. ایستگاه تخلیه مکانیکی قفسه‌های آب نمک ۵. نوار نقاله تخلیه بار ۶. بالابر ۷. محل شستشو ۸. تسمه نوار نقاله ۹. فضایی برای قفسه‌های خالی و قفسه‌های یدکی. ۱۰. جرثقیل سقفی).

۷-۶-۱۸. رسیدن و نگهداری پنیر

پس از پنیرزنی همه پنیرها (بجز پنیر تازه) یک سری فرآیندهای میکروبیولوژیکی، بیوشیمیایی و فیزیکی را طی می‌کنند و این تغییرات هم بر لاکتوز، پروتئین و چربی تأثیر می‌گذارد و یک چرخه رسیدن را تشکیل می‌دهد که بین پنیرهای سخت، متوسط نرم و نرم بسیار متفاوت است. در ساخت انواع پنیر، کنترل و تنظیم رشد و فعالیت باکتری‌های اسید لاکتیک مورد توجه قرار می‌گیرد و به طور همزمان بر درجه و سرعت تخمیر لاکتوز تأثیر می‌گذارد. لاکتوز باید طوری کنترل شود که بیشتر تجزیه در هنگام فشار دادن پنیر انجام شود و اسید لاکتیک تولید شده در پنیر توسط اجزای ذخیره‌ساز شیر خنثی می‌شود. اسید لاکتیک به شکل لاکتات در پنیر تکمیل شده وجود دارد و بستر مناسبی را برای باکتری‌های اسید پروپیونیک فراهم می‌کند. همچنین مقدار زیادی دی‌اکسید کربن تشکیل می‌شود و با تجزیه لاکتات‌ها، هیدروژن می‌تواند باعث ترکیدن پنیر شود. کشت‌های آغازین باعث تخمیر لاکتوز می‌شوند و به طور همزمان توانایی حمله به اسید سیتریک موجود در پنیر را دارند. رسیدن پنیر با تجزیه پروتئین مشخص می‌شود و درجه تجزیه پروتئین بر کیفیت پنیر (قوام و طعم) تأثیر

می‌گذارد. تجزیه پروتئین توسط سه سیستم آنزیمی (مایه پنیر، میکروارگانیسم‌ها و پلاسمین) انجام می‌شود. برای هر نوع پنیر، ترکیب خاصی از دما و رطوبت نسبی باید در اتاق‌های نگهداری مختلف در طی مراحل مختلف رسیدن حفظ شود.

۱۸-۷. خطوط فرآوری پنیر سخت و نیمه سخت

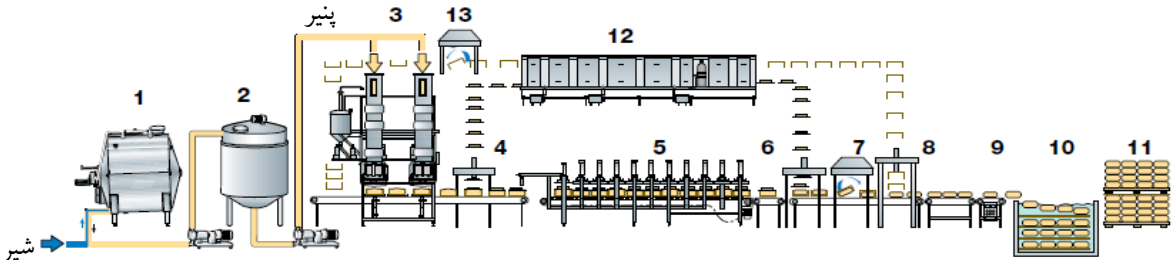
۱۸-۷-۱. انواع پنیر سفت

پنیر سوئیسی : شیر در نظر گرفته شده برای این پنیر، پاستوریزه نمی‌شود اما محتوای چربی آن استاندارد است. برای کاهش هاگ‌های باکتری باید شیر را تا دمای ۵۰ تا ۶۳ درجه سانتی‌گراد گرم کرد و سپس تصفیه کرد تا تولید پنیر شروع شود. هنگامی‌که پنیر به اندازه کافی اسیدی و سفت شد، بخشی از آب پنیر از ظرف پنیر خارج می‌شود و سپس مخلوط پنیر و آب پنیر از طریق سه توزیع‌کننده به داخل مخزن پرس، پمپ می‌شود و درب پرس پایین می‌آید و آب پنیر اضافی تخلیه می‌شود. پس از اعمال فشاره، بستر پنیر با انتقال از طریق دستگاه تخلیه (که دارای چاقوهای عمودی برای برش طولی و گیوتین برای برش ضربدری است) به قالب‌هایی با اندازه مناسب، بریده می‌شود.

پنیر چدار : پنیر چدار دارای رطوبت بدون چربی است پس می‌توان آن را به عنوان پنیر سخت طبقه‌بندی کرد، اگرچه در آستانه انواع نیمه سخت است. پنیر معمولاً از شیر پاستوریزه و چربی استاندارد شده، تولید می‌شود. پس از اسیدی‌شدن، مخلوط پنیر و آب پنیر از مخزن پنیر به دستگاه چداری‌شدن (آسیاب‌کردن و نمک‌زدن) پمپ می‌شود و سپس به دستگاه قالب‌سازی منتقل می‌شود.

۱۸-۷-۲. انواع پنیر نیمه‌سفت

پنیر گودا : این پنیر یک نمونه از پنیرهای چشم‌گرد است. شیر پاستوریزه استاندارد شده با چربی به روش معمول در حدود ۲ ساعت به پنیر و آب پنیر تبدیل می‌شود. یک قسمت یا تمام حرارت با افزودن مستقیم آب داغ (۵۰ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد) به مقدار ۱۰ تا ۲۰ درصد حجم اولیه شیر انجام می‌شود و برای این‌کار باید حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد آب پنیر تخلیه شود. پس از اتمام تولید پنیر وتخلیه بیشتر آب پنیر، محتویات مخزن پنیر در مخزن تنظیم (مجهز به همزن برای توزیع مناسب پنیر در آب پنیر) تخلیه می‌شود و مخزن روکش شده است تا پنیر را با آب سرد یا یخ (در دمای ۱ تا ۲ درجه سانتی‌گراد) خنک کند. مخلوط پنیر وآب پنیر از مخزن تنظیم به یک یا چند ستون پیش‌فشار، پمپ می‌شود. در شروع پیش‌فشار، ابتدا ستون با آب پنیر پر می‌شود و آب پنیر دوم از اولین مخزن پنیر خالی می‌شود تا پنیر بعدی در هنگام ورود به ستون در معرض هوا قرار نگیرد. پس از فشار دادن، یک گیوتین در پایین هر ستون یک قالب با اندازه از پیش تعیین‌شده را برش می‌دهد و پس از آن قالب پنیر از دستگاه بیرون رانده می‌شود (شکل ۱۰-۱۸). یک سیستم کاملاً مکانیزه شامل درپوش مکانیکی قالب‌ها، انتقال قالب‌ها به نوار نقاله یا تونل‌های پرس، پر کردن و تخلیه پرس، و حمل و نقل و تخلیه انتقال قالب‌ها می‌باشد.



شکل ۱۰-۱۸. تولید مکانیزه پنیر گودا (۱. مخزن پنیر ۲. مخزن تنظیم ۳. دستگاه پیش‌پرس کازوماتیک ۴. درپوش ۵. پرس نوار نقاله ۶. درپوش برداشتن ۷. قالب گردانی ۸. تخلیه قالب ۹. توزین ۱۰. آبکش کردن ۱۱ .مرحله رسیدن ۱۲.شستشوی قالب و درب ۱۳.قالب گردانی).

پنیر تیلسیت : این پنیر یک نمونه از پنیر بافت دانه‌ای است و پیش تصفیه شیر و تولید آن مشابه پنیر گودا است. اولین تفاوت آن هنگام پر شدن ستون‌های پیش‌فشار است که پنیر و آب پنیر قبل از اینکه پنیر وارد ستون شود، از هم جدا می‌شوند. البته این پنیر پس از نمک‌زنی، تحت درمان ویژه ای قرار می گیرد که شامل آغشته کردن سطح با کشت باکتری در محلول نمک ۵ درصد برای دادن طعم خاص به آن است. این سیستم شامل چداری‌سازی، پخت و پز و کشش برای بدست آوردن خاصیت کشسان و رشته‌ای، نمک‌زنی، بسته‌بندی و ذخیره‌سازی قبل از ارسال می‌باشد. شیر پاستوریزه‌شده با چربی به پنیر تبدیل می‌شود و سپس پنیر و آب پنیر توسط یک دستگاه چدارسازی، پمپ می‌شود و تراشه‌ها توسط یک نوار نقاله پیچی به یک اجاق گاز منتقل می‌شوند. در ادامه پنیر به دستگاه قالب گیری منتقل می‌شود و از طریق یک تونل سخت کننده منتقل می‌شود. گاهی اوقات نمی‌توان یک نوع پنیر را به صورت کاملاً نیمه سخت یا نیمه نرم طبقه بندی کرد و باید آنها را به سه دسته نیمه‌سفت/ نیمه نرم، نیمه نرم/ نرم و نرم تقسیم کرد.

۳-۷-۱۸. اولترافیلتراسیون (فراپالایش) در تولید پنیر

اولترافیلتراسیون به سه روش (پیش تغلیظ با غلظت کم، غلظت متوسط و تغلیظ با محتوای DM نهایی پنیر) در پنیرسازی استفاده می‌شود.

۴-۷-۱۸. پنیر سازی با استفاده از دستگاه فراپالایش و دستگاه پنیرسازی

هر دو پنیر چشم گرد، دانه‌ای و بافت بسته را می‌توان با استفاده از فراپالایش در ترکیب با دستگاه پنیرسازی تولید کرد. پس از پیش تصفیه شیر، اسیدی‌شدن و تنظیم محتوای لاکتوز پنیر باید pH را کنترل کرد. تراوش فقط حاوی لاکتوز، برخی مواد معدنی و اجزای غیر پروتئینی است. بعد از خنک کردن پنیر تا دمای ۲۰ تا ۳۸ درجه سانتی گراد، ماده نگهدارنده از دستگاه پنیر سازی عبور می کند و بعد از فشرده شدن پنیر، قالب‌های مکعب شکل پنیر در یک سیستم قالب گیری تخلیه می‌شوند. در نهایت نمک‌زنی پنیرانجام می‌شود. همچنین تغلیظ شیر پنیر در دستگاه پنیرسازی و غلظت بیشتر با عملیات خلاء ماده احتباس‌شده تا همان محتوای DM پنیر باعث کاهش از دست‌دادن چربی و پروتئین می‌شود. پنیر فرآوری‌شده ترکیبی از انواع مایه پنیر سخت با رایحه‌ها و درجه‌های بلوغ متفاوت، ساخته می‌شود. دو نوع از این پنیر وجود دارد (قالب‌های پنیر با قوام سفت، اسیدی‌شدن بالا و رطوبت کم و قالب‌های پنیر با قوام نرم، اسیدی‌شدن کم و رطوبت بالا).

فصل نوزدهم :

فرآوری آب پنیر

آب پنیر ۸۰ تا ۹۰ درصد از حجم کل شیر ورودی را تشکیل می‌دهد و حدود ۵۰ درصد از مواد مغذی شیر اصلی (پروتئین محلول، لاکتوز، ویتامین‌ها و مواد معدنی) را شامل می‌شود.

۱-۱۹. فرآیندهای مختلف آب پنیر

ریز دانه‌های کازئین همیشه در آب پنیر وجود دارند و تأثیر نامطلوبی بر جداسازی چربی دارند. و برای جداسازی آنها می‌توان از دستگاه‌های جداسازی مختلفی استفاده کرد (سیکلون‌ها، جداکننده‌های گریز از مرکز و یا فیلترهای چرخان). همچنین چربی در جداکننده‌های گریز از مرکز، بازیافت می‌شود و ریزدانه‌ها به روشی مشابه پنیر فشرده می‌شوند. پس می‌توان از آن‌ها در پنیر فرآوری‌شده، استفاده کرد و خامه آب پنیر (با محتوای چربی ۲۵ تا ۳۰ درصد) می‌تواند دوباره در پنیرسازی برای استانداردکردن شیر پنیر استفاده شود. آب پنیری که قبل از فرآوری ذخیره می‌شود باید به محض حذف چربی، سرد یا پاستوریزه شود.

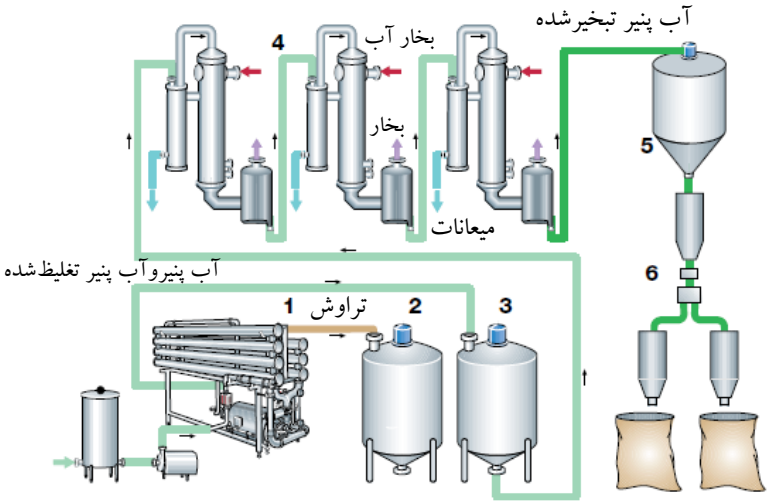
۲-۱۹. غلظت کل مواد جامد

غلظت آب پنیر تحت خلاء در یک تبخیرکننده در حال سقوط انجام می‌شود. دستگاه‌های RO (نفوذ معکوس) طراحی لوله‌ای برای پیش تغلیظ قبل از ارسال آب پنیر و قبل از تبخیر تا غلظت نهایی، نصب شده‌اند. پس از تبخیر با ۴۵ تا ۶۵ درصد کل جامدات، شیر تغلیظ‌شده تا حدود ۳۰ درجه سانتی‌گراد در یک مبدل حرارتی صفحه‌ای خنک می‌شود و برای خنک شدن بیشتر تا ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد همراه با هم‌زدن مداوم، به یک مخزن سه لایه منتقل می‌شود تا متبلور شود و یک محصول غیر رطوبت‌گیر، تولید شود. قبل از خشک‌کردن آب پنیر یک پرکننده با آب پنیر مخلوط می‌شود تا خراشیدن محصول خشک شده، آسان‌تر شود. آب پنیر اسیدی حاصل از تولید پنیر و کازئین به دلیل محتوای اسید لاکتیک بالا، به سختی خشک می‌شود.

۳-۱۹. تفکیک کل جامدات

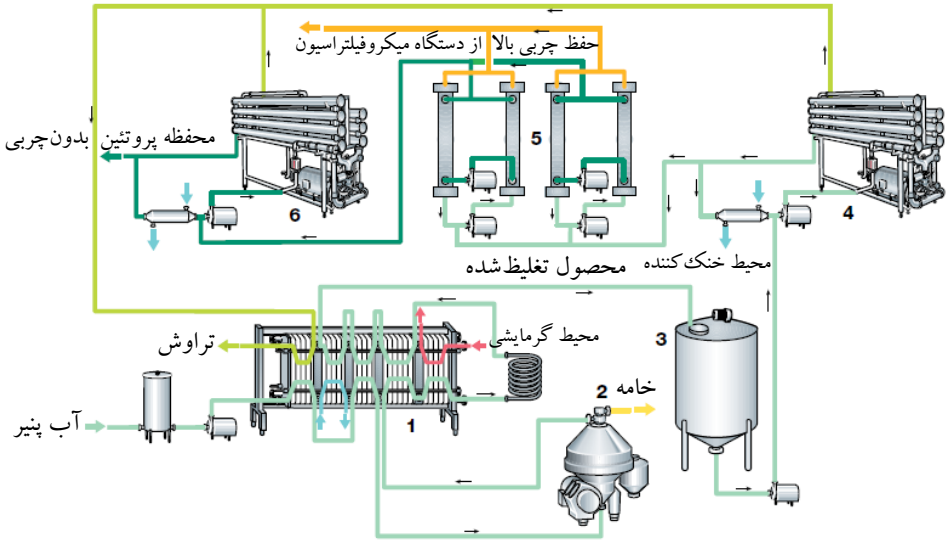
پروتئین‌های آب پنیر با استفاده از تکنیک‌های مختلف (جداسازی غشایی (جز به جز) ، کروماتوگرافی (رنگ‌نگاری) ، کمپلکس‌سازی (مجموعه‌سازی) و رسوب‌گذاری) جداسازی می‌شوند. فرآیندی که بیشترین استفاده را برای جداسازی پروتئین های آب پنیر از سرم آب پنیر داشته است، دناتوراسیون (تقلیب) حرارتی است. پروتئین رسوب‌شده توسط این فرآیند بسته به شرایط حاکم در دناتوراسیون، نامحلول یا کمی محلول است و رسوب حرارتی نامیده می‌شود. پروتئین‌های آب پنیر بومی که با جداسازی غشایی یا تبادل یونی به دست می‌آیند دارای خواص عملکردی خوبی از جمله حلالیت، کف کردن، تشکیل امولسیون و ژل‌شدن هستند و با تغلیظ به اسید آمینه مناسب با نسبت‌های بالایی از لیزین و سیستئین می‌رسند. پروتئین آب پنیر تغلیظ‌شده، پودرهایی هستند که از خشک‌کردن ذرات باقیمانده از فراپالایش آب پنیر ساخته می‌شوند. مطابق شکل ۱-۱۹، برای بدست آوردن تغلیظ پروتئین ۸۵ درصد، باید آب پنیر مایع توسط فراپالایش مستقیم، ۲۰ تا ۳۰ برابر با فراپالایش مستقیم تغلیظ شود تا به محتوای جامد آن ۲۵ درصد برسد. با استفاده از دیافیلتراسیون (روشی که در آن آب به خوراک اضافه می‌شود تا اجزای کم مولکولی که از غشاها عبور می‌کنند، شسته شود) می‌توان به تغلیظ

کمک کرد تا خاکستر و لاکتوز بیشتری حذف شود و غلظت پروتئین، افزایش یابد. ۹۵ درصد از آب پنیر به صورت تراوش جمع‌آوری می‌شود و غلظت پروتئین (۸۰ تا ۸۵ درصد) را می‌توان در محصول خشک بدست آورد.



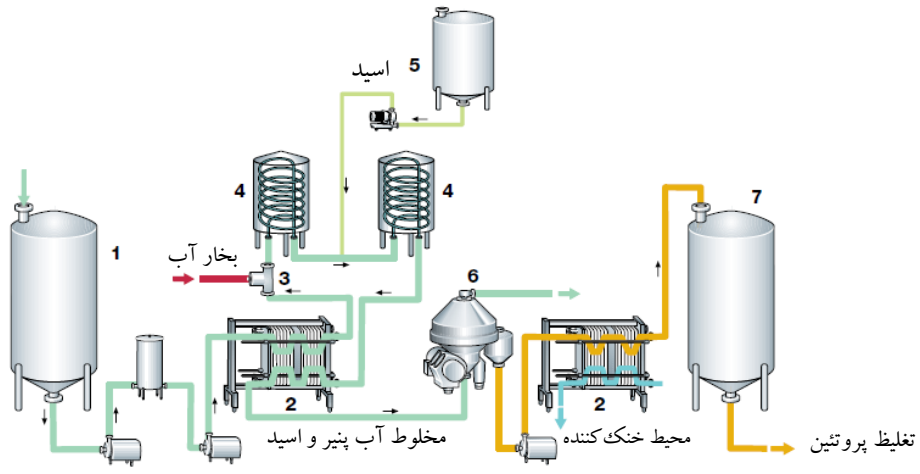
شکل ۱-۱۹. فرآیند بازیابی تغلیظ پروتئین خشک‌شده با استفاده از فراپالایش (۱.واحد فراپالایش ۲. مخزن جمع‌آوری تراوش ۳. مخزن تنظیم برای حفظ آب پنیر ۴. تبخیرکننده ۵. خشک‌کن ۶. کیسه‌گیری).

برای چربی‌زدایی پروتئین تغلیظ‌شده آب پنیر باید با استفاده از فراپالایش در یک دستگاه میکروفیلتراسیون، آب پنیر را تصفیه کرد. میکروفیلتراسیون غشاهای گلبول چربی و باکتری‌های موجود را تغلیظ می‌کند. مطابق شکل ۲-۱۹، تراوش میکروفیلتراسیون بدون چربی برای غلظت بیشتر به دستگاه دوم فراپالایش، هدایت می‌شود (این مرحله شامل دیافیلتراسیون نیز می‌باشد). آب پنیر از قبل گرم‌شده و برای بازیابی حداکثر چربی به شکل خامه ۲۵ تا ۳۰ درصد، جدا می‌شود. این خامه را می‌توان برای استانداردسازی چربی شیر پنیر مجددا استفاده کرد و مرحله جداسازی، دوغ‌ها را حذف می‌کند.



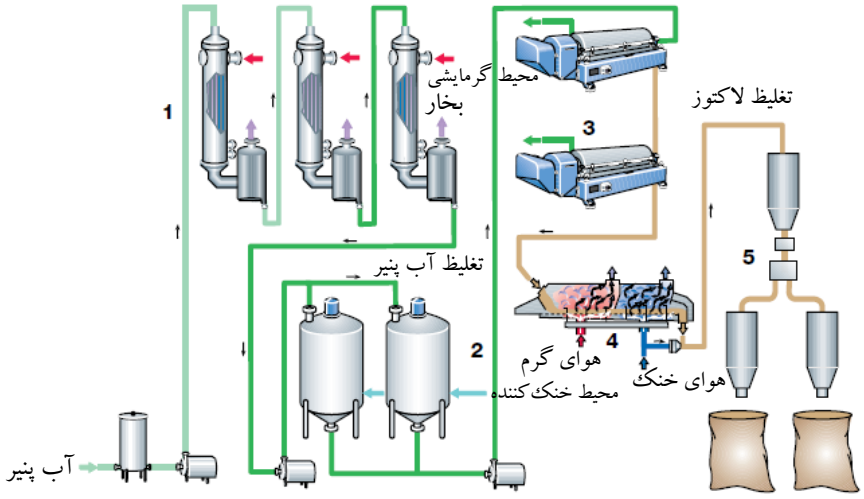
شکل ۲-۱۹. فرآیند چربی‌زدایی پروتئین آب پنیر تغلیظ‌شده (۱. پاستوریزه ۲. جداکننده خامه آب پنیر ۳. مخزن نگهدارنده ۴. اولین دستگاه فراپالایش ۵. دستگاه میکروفیلتراسیون ۶. دومین دستگاه فراپالایش).

سپس آب پنیر پاستوریزه شده و تا دمای ۵۵ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد خنک می‌شود و به یک مخزن نگهدارنده میانی منتقل می‌شود. آب پنیر به اولین دستگاه فراپالایش، پمپ می‌شود تا حدود سه برابر، تغلیظ شود. محصول تغلیظ‌شده به دستگاه میکروفیلتراسیون، پمپ می‌شود و تراوش پس از خنک سازی احیا کننده به مخزن جمع‌آوری می‌رود. محصول باقی‌مانده از تصفیه میکروفیلتراسیون که حاوی چربی و باکتری بیشتری است، جداگانه جمع آوری می‌شود و تراوش بدون چربی به فراپالایش بیشتر با دیافیلتراسیون، منتقل می‌شود. پروتئین تغلیظ‌شده حاصل با افشانه خشک می‌شود تا رطوبت آن تا حداکثر ۴ درصد، کاهش یابد. برای بازیابی پروتئین‌های آب پنیر نمی‌توان آنها را با مایه پنیر یا اسید، رسوب داد اما اگر پروتئین‌های آب پنیر توسط حرارت دناتوره شوند، می‌توان آن‌ها را با اسید رسوب داد. سپس با جداسازی گریز از مرکز، پروتئین‌ها تغلیظ می‌شوند و قبل از مایه پنیر با شیر پنیر مخلوط می‌شوند و در ادامه در ساختار شبکه‌ای که توسط مولکول‌های کازئین تشکیل شده است، باقی می‌مانند. این روش باعث بهینه‌سازی عملکرد و حفظ عطر و بافت خاص پنیر مورد نظر می‌شود. مطابق شکل ۳-۱۹، پس از تنظیم pH ، آب پنیر از طریق یک مخزن میانی به مبدل حرارتی صفحه‌ای (برای گرمایش احیاکننده) پمپ می‌شود. دمای آب پنیر قبل از عبور از یک بخش نگهدارنده لوله‌ای (با زمان نگهداری ۳ تا ۴ دقیقه) با تزریق مستقیم بخار به ۹۰ تا ۹۵ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. در این مرحله اسید (آلی یا معدنی) برای کاهش pH وارد می‌شود. آن دسته از پروتئین‌هایی که می‌توانند توسط گرما اصلاح شوند، در مدت ۶۰ ثانیه در یک بخش نگهدارنده لوله‌ای، رسوب می‌کنند. پس از خنک‌سازی احیا کننده تا دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد، پروتئین‌های رسوب شده از فاز مایع در یک زلال‌ساز خارج‌کننده جامدات، جدا می‌شوند و زلال‌ساز در فواصل زمانی ۳ دقیقه، پروتئین انباشته‌شده را تخلیه می‌کند تا پروتئین‌های قابل انعقاد، بازیابی شوند. لاکتوز جزء اصلی آب پنیر است و با توجه به ماده خام به دو روش (تبلور لاکتوز در آب پنیر تصفیه‌نشده اما غلیظ و تبلور لاکتوز در آب پنیری که پروتئین قبل از تغلیظ از آن خارج شده است) بازیابی می‌شود.



شکل ۳-۱۹. بازیابی پروتئین‌های آب پنیر دناتوره‌شده (۱. مخزن جمع‌آوری آب پنیر ۲. مبدل حرارتی صفحه‌ای ۳. انژکتور بخار ۴. لوله نگهدارنده ۵. مخزن اسید ۶. زلال‌ساز ۷. مخزن جمع‌آوری پروتئین آب پنیر دناتوره شده).

مطابق شکل ۴-۱۹ برای تولید لاکتوز، آب پنیر ابتدا تغلیظ می‌شود و سپس به مخازن تبلور منتقل می‌شود. پس از تبلور، دوغاب برای جداسازی تبلور به مخزن رسوب دستگاه گریز از مرکز، منتقل می‌شود و به صورت پودر خشک می‌شوند و پس از آسیاب و الک‌شدن، لاکتوز بسته‌بندی می‌شود.



شکل ۴-۱۹. خط فرآیند تولید لاکتوز (۱. تبخیرکننده ۲. مخازن تبلور ۳. مخزن رسوب دستگاه گریز از مرکز ۴. خشک‌کن بستر سیال ۵. بسته‌بندی).

همچنین آب پنیر دارای محتوای نمک بالایی است و مفید بودن آن به عنوان یک عنصر در غذاهای انسانی، محدود است. تغلیظ آب پنیر نیمه غیرمعدنی‌شده می‌تواند در ساخت بستنی و محصولات نانوایی یا حتی در کوارگ استفاده شود، در حالی‌که تغلیظ یا پودر آب پنیر بسیار املاح‌زدایی‌شده را می‌توان در شیرخشک‌های مخصوص نوزادان و در گروه بسیار وسیعی از محصولات دیگر استفاده کرد. حذف نمک‌های معدنی با دو روش الکترودیالیز و تبادل یونی انجام می‌شود. در اینجا باید نشت لاکتوز در فرآوری آب پنیر، کاهش یابد تا از نیاز به اکسیژن بیولوژیکی تراواش، جلوگیری شود.

فصل بیستم :

شیر تغلیظ‌شده

۱-۲۰. طرح کلی شیر تغلیظ‌شده

اگر دو نوع شیر تغلیظ‌شده شیرین و شیرین‌نشده را درنظر بگیریم. محصول تبخیرشده (شیر تغلیظ‌شده شیرین‌نشده) در قوطی‌هایی بسته‌بندی می‌شود که در اتوکلاوها یا استریل‌کننده‌های افقی، استریل می‌شوند و شیر تغلیظ‌شده شیرین، شیر غلیظی است که شکر به آن اضافه شده است. غلظت بالای قند در شیر تغلیظ‌شده شیرین، فشار تراوش را به حدی افزایش می‌دهد که بیشتر میکرو ارگانیسم‌ها از بین می‌روند. در سطح دوم محلول قند به نقطه اشباع خود می‌رسد و سپس مقداری شکر، متبلور می‌شود و رسوب تشکیل می‌دهد. شیر تغلیظ‌شده شیرین را می‌توان از شیر کامل یا شیر بدون چربی یا از شیر نوترکیب بر پایه پودر شیر بدون آب، چربی شیر بدون آب و آب تهیه کرد. شیر کامل تغلیظ‌شده شیرین حاوی ۸ درصد چربی، ۴۵ درصد شکر، ۲۰ درصد مواد جامد بدون چربی و ۲۷ درصد آب است. مرحله اول شامل استانداردسازی دقیق محتوای چربی شیر و محتوای ماده خشک است. در ادامه عملیات حرارتی انجام می‌شود که از آن برای از بین بردن میکرو ارگانیسم‌های موجود در شیر و تثبیت شیر (به طوری‌که در فرآیند استریل‌کردن بعدی منعقد نمی‌شود) استفاده می‌شود. در تولید شیر تغلیظ‌شده شیرین نشده، شیر عملیات حرارتی شده به تبخیرکننده پمپ می‌شود و در آنجا تغلیظ می‌شود. سپس شیر قبل از سرد شدن، همگن می‌شود. ثبات استریل‌بودن شیر قبل از بسته بندی بررسی می‌شود و در صورت لزوم یک تثبیت‌کننده به آن اضافه می‌شود. در تولید شیر تغلیظ‌شده شیرین‌شده، شیر حرارت‌دیده به تبخیرکننده پمپ می‌شود و در آنجا تغلیظ می‌شود. شکر در محلول قبل از تبخیر یا در حین تبخیر به تغلیظ‌کننده اضافه می‌شود. پس از تغلیظ، محصول به گونه‌ای خنک می‌شود که لاکتوز از بلورهای بسیار کوچکی در محلول تشکیل می‌شود. پس از سرد شدن و تبلور، شیر تغلیظ‌شده شیرین، بسته بندی می‌شود.

۲-۲۰. مواد اولیه برای شیر تغلیظ‌شده

کیفیت مواد اولیه شیر تغلیظ شده همان کیفیتی است که در تولید محصولات شیر معمولی استفاده می‌شود و دو نکته مهم در تولید آن وجود دارد : توانایی شیر برای تحمل عملیات حرارتی شدید بدون منعقد کردن (پایداری پروتئین) و تعداد هاگ‌ها و باکتری‌های مقاوم در برابر حرارت در شیر (جدول ۱-۲۰).

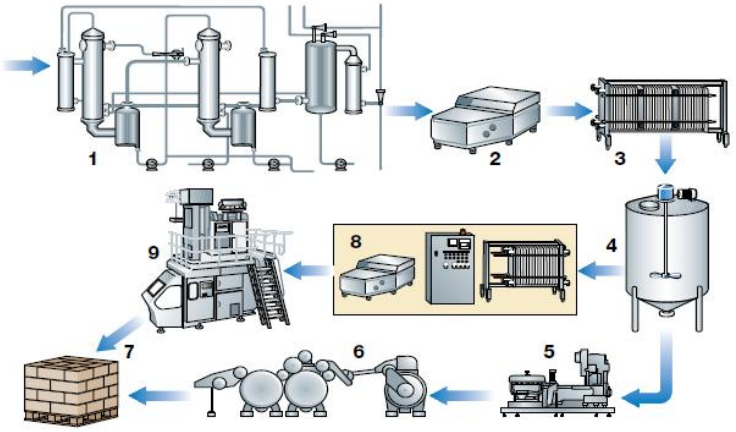
تیتر مورد بررسی	توضیحات
کیفیت باکتریولوژیکی مواد خام	تبخیر در خلاء در دمایی کمتر از ۶۵ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود چون هاگ‌ها و باکتری‌های مقاوم در برابر حرارت، شرایط رشد ایده‌آلی خواهند داشت و روند فرآیند تولید شیر به خوبی انجام می‌شود.
پایداری حرارتی مواد خام	توانایی شیر در تحمل عملیات حرارتی شدید تا حد زیادی به اسیدی‌شدن آن و تعادل نمک موجود در شیر، بستگی دارد.
پیش فرآوری	پیش تصفیه (که شامل استانداردسازی محتوای چربی و مواد جامد بدون چربی و عملیات حرارتی است) برای شیر تغلیظ‌شده شیرین و شیرین‌نشده، یکسان است.
استاندارد سازی	شیر تغلیظ‌شده با مقدار مشخصی از چربی (۸ درصد) و مواد جامد خشک و بدون چربی (۱۸ درصد) تولید می‌شود.

حرارت درمانی	شیر استاندارد شده قبل از استریل‌شدن تحت عملیات حرارتی شدید قرار می‌گیرد تا میکروارگانیسم‌ها را از بین ببرد و پایداری استریل‌شدن آن را بهبود بخشد. عملیات حرارتی در یک مبدل حرارتی در دمای ۱۰۰ تا ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱ تا ۳ دقیقه انجام می‌شود و سپس قبل از اینکه شیر وارد تبخیرکننده شود تا دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد سرد می‌شود. در طی عملیات حرارتی بخش بزرگی از پروتئین‌های آب پنیر، دناتوره می‌شود در حالی‌که نمک‌های کلسیم رسوب می‌کنند و پروتئین شیر تثبیت می‌شود تا بتواند بدون انعقاد در طول نگهداری، استریل‌سازی بعدی را تحمل کند. ماهیت عملیات حرارتی، چسبندگی محصول نهایی را تعیین می‌کند و برای کیفیت محصول بسیار مهم است.

جدول ۱-۲۰. الزامات تولید شیر تغلیظ شده با کیفیت.

۳-۲۰. شیر تغلیظ‌شده شیرین‌نشده

مطابق شکل ۱-۲۰، در تبخیرکننده، شیر از لوله‌های گرم شده با بخار در خلاء عبور می‌کند و جوشش در دمای ۶۵ تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود. مقدار ماده خشک شیر با جوشاندن آب افزایش می‌یابد. غلظت جامدات خشک هنگامی صحیح است که چگالی به مقدار ۱.۰۷ برسد. شیر تغلیظ‌شده از تبخیرکننده به همگن‌ساز (با فشار ۱۲.۵ تا ۲۵ مگاپاسکال) پمپ می‌شود. همگن‌ساز چربی را پراکنده می‌کند و از ادغام گلبول‌های چربی در طی استریل‌کردن بعدی، جلوگیری می‌کند. همگن‌سازی نباید خیلی شدید باشد چون پایداری پروتئین را با خطر انعقاد شیر در طول استریل‌کردن مختل می‌کند. پس باید فشار همگن دقیقی را پیدا کرد که به اندازه کافی بالا باشد تا پراکندگی چربی مورد نیاز را ایجاد کند و در عین حال به اندازه کافی پایین باشد تا خطر انعقاد را از بین ببرد. پس از همگن‌سازی، شیر تا دمای ۱۴ درجه سانتی‌گراد خنک می‌شود. قوطی‌های شیر پر شده و پلمپ‌شده از دستگاه پرکن به اتوکلاو منتقل می‌شوند و در حین استریل‌سازی در حرکت نگه داشته می‌شوند تا گرما سریع‌تر و یکنواخت‌تر در قوطی‌ها توزیع شود. هر پروتئینی که در طی عملیات حرارتی رسوب می‌کند به طور یکنواخت در سراسر شیر توزیع می‌شود. سپس با حرارت دادن، شیر به دمای ۱۱۰ تا ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد و بعد از ۱۵ تا ۲۰ دقیقه، شیر تا دمای نگهداری خنک می‌شود.

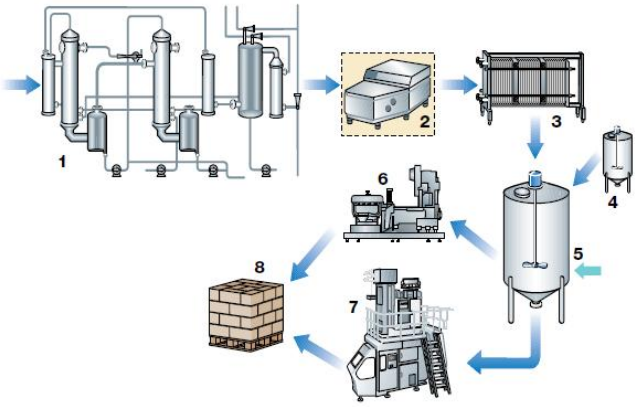


شکل ۱-۲۰. خط فرآیند برای شیر تغلیظ‌شده شیرین نشده (۱. تبخیر ۲. همگن‌سازی ۳. خنک‌کننده ۴. مخزن میانی ۵. کنسرو کردن ۶. استریل‌کردن ۷. ذخیره‌سازی پردازش جایگزین (به نقطه ۵ و۶) ۸. تصفیه UHT ۹. پر کن ضدعفونی‌کننده).

پس از استریل کردن نمونه و افزودن یک تثبیت‌کننده، شیر به دستگاه UHT ، پمپ می‌شود و در آنجا به مدت ۳ ثانیه تا دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد گرم می شود. شیر پس از سرد شدن در بسته‌های مقوایی آسپتیک بسته‌بندی‌شده و نگهداری می‌شود. اگر دمای نگهداری خیلی بالا باشد شیر قهوه‌ای می‌شود و اگر دمای نگهداری خیلی پایین باشد، پروتئین رسوب می کند (شیر تغلیظ‌شده باید رنگ روشن و ظاهر خامه‌ای داشته باشد).

۴-۲۰. شیر تغلیظ‌شده شیرین

مطابق شکل ۲-۲۰، قبل از تبخیر، مقادیر چربی و مواد جامد بدون چربی شیر تا سطوح از پیش تعیین‌شده به همان روش شیر تغلیظ‌نشده شیرین‌نشده، استاندارد می‌شود. شیر برای از بین بردن میکروارگانیسم‌ها و آنزیم‌ها و ایجاد چسبندگی در طول ذخیرسازی، تحت عملیات حرارتی قرار می گیرد. افزودن شکر بر چسبندگی محصول نهایی تأثیر می گذارد و یک مرحله کلیدی در تولید شیر تغلیظ‌شده شیرین است. افزودن شکر به دو روش (افزودن شکر خشک قبل از عملیات حرارتی و افزودن شربت شکر در تبخیرکننده) انجام می‌شود. تبخیر شیر تغلیظ‌شده شیرین به همان روش شیر تغلیظ‌نشده شیرین‌نشده، انجام می‌شود. هنگامی که شکر وارد تبخیرکننده می‌شود، شربت وارد تبخیرکننده می‌شود و با شیر مخلوط می‌شود. سپس تبخیر تا رسیدن به مقدار ماده خشک مورد نیاز، ادامه می‌یابد و محتوای ماده خشک به طور غیر مستقیم با تعیین چگالی تغلیظ بررسی می‌شود. شیر تغلیظ‌شده شیرین باید پس از تبخیر خنک شود و آب موجود در شیر تغلیظ‌شده فقط نیمی از مقدار لاکتوز را در محلول نگه می‌دارد. و نیمه باقی‌مانده به شکل بلور، رسوب می کند. اگر لاکتوز اضافی آزادانه رسوب کند، بلورهای شکر بزرگ می‌شوند و محصول برای بسیاری از کاربردها شن‌دار و نامناسب می‌شود. پس بلورها باید کوچک و کمتر از ۱۰ میلی‌متر باشند چون در دمای ذخیره‌سازی ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد در شیر پراکنده می‌شوند و روی زبان احساس نمی‌شوند. تبلور مورد نیاز با سرد کردن سریع مخلوط تحت هم‌زدن شدید انجام می‌شود. چسبندگی شیر تغلیظ‌شده شیرین زیاد است، پس باید از یک همزن بسیار قوی در مخزن تبلور استفاده کرد. شیر خنک‌شده به یک مخزن ذخیره می‌رود و تا روز بعد در آنجا نگهداری می‌شود تا فرآیند تبلور کامل شود.



شکل ۲-۲۰. خط فرآیند برای شیر تغلیظ‌شده شیرین (۱. تبخیر ۲. همگن‌سازی ۳. خنک‌کننده ۴. افزودن دوغاب لاکتوز ۵. مخزن تبلور ۶. کنسرو کردن ۷. بسته‌بندی مقوایی جایگزین ۸. ذخیره‌سازی).

فصل بیست و یکم :

پودر شیر

شیرخشک کامل حداکثر ۶ ماه ماندگاری دارد چون چربی موجود در پودر شیر در طول ذخیره‌سازی، اکسید می‌شود و در نتیجه طعم آن به تدریج کاهش می‌یابد.

۱-۲۱. خشک‌کردن

خشک‌کردن یعنی آب موجود در یک محصول مایع (شیر) حذف می‌شود تا محصول حالت جامد پیدا کند. خشک‌کردن باعث افزایش طول عمر شیر و کاهش وزن و حجم آن می‌شود و برای تولید پودر با کیفیت بالا از روش خشک‌کردن انجمادی استفاده می‌شود (آب از شیر در خلاء تبخیر می‌شود). آب تبخیر شده و به صورت بخار خارج می‌شود و باقیمانده محصول خشک می‌شود (پودر شیر). دو روش (خشک‌کردن غلتکی و خشک‌کردن پاششی) برای خشک کردن در صنایع لبنی استفاده می شود. در خشک کردن پاششی، شیر ابتدا با تبخیر، تغلیظ‌شده و سپس در برج پاشش (افشانک) ، خشک می‌شود. در مرحله اول خشک‌کردن، آب اضافی به صورت آزاد بین ذرات جامد خشک، تبخیر می‌شود و در مرحله آخر آب موجود در منافذ و مویرگ‌های ذرات جامد نیز تبخیر می‌شود. اگر در این خشک‌کردن، ذرات شیر با سطوح گرم انتقال حرارت در تماس باشند (مانند خشک‌کردن غلتکی) محصول تحت تأثیر گرما قرار می‌گیرد و پودر حاوی ذرات زغالی می‌شود که کیفیت آن را مختل می‌کند. همچنین پودر شیر بدون چربی رایج ترین‌نوع شیرخشک است. با توجه به عملیات حرارتی، شیر خشک به دسته‌های مربوط به ترکیبات دما/زمانی که شیر بدون چربی قبل از تبخیر و خشک‌شدن در معرض آن قرار گرفته است، طبقه‌بندی می‌شود. عملیات حرارتی، پروتئین‌های آب پنیر را دناتوره می کند و با شدت عملیات حرارتی، درصد دناتوره شدن افزایش می‌یابد. پودر شیر کامل خشک‌شده پاششی از شیر استانداردشده با چربی، تولید می‌شود و پس از استاندارد شدن، شیر نیازی به همگن‌شدن ندارد (به شرطی‌که قبل از تبخیر و همینطور بین تبخیر و خشک‌شدن پاششی، کاملاً هم‌زده شود، بدون اینکه هوا در آن قرار گیرد). البته شیر استاندارد شده با چربی برای تولید پودر خشک غلتکی، همگن می‌شود. شیرخشک کامل، بر خلاف پودر شیر بدون چربی، دسته بندی نمی‌شود و شیر در نظر گرفته شده برای پودر شیر کامل در دمای ۸۰ تا ۸۵ درجه سانتی‌گراد، پاستوریزه می‌شود تا از تجزیه چربی شیر در طول ذخیره‌سازی، جلوگیری کند. هنگامی که پودرشیر در فواصل طولانی حمل شود باید دارای چگالی ظاهری بالایی برای کاهش حجم باشند. دو عامل اصلی برای تعیین چگالی ظاهری وجود دارد :

_ چگالی ذرات بدست آمده توسط چگالی مواد پودری محتوای یا هوای مسدود شده در داخل ذرات

_ محتوای هوای میان بافتی، یعنی هوای بین ذرات.

چگالی مواد پودری با ترکیب پودر بدست می‌آید و به محتویات و چگالی اجزای جداگانه بستگی دارد :

$$\text{چگالی مواد پودری} = \frac{100}{\frac{\%A}{D_A}+\frac{\%B}{D_B}+\frac{\%C}{D_C}+\cdots+\%\text{درصد}} \qquad (۱۵)$$

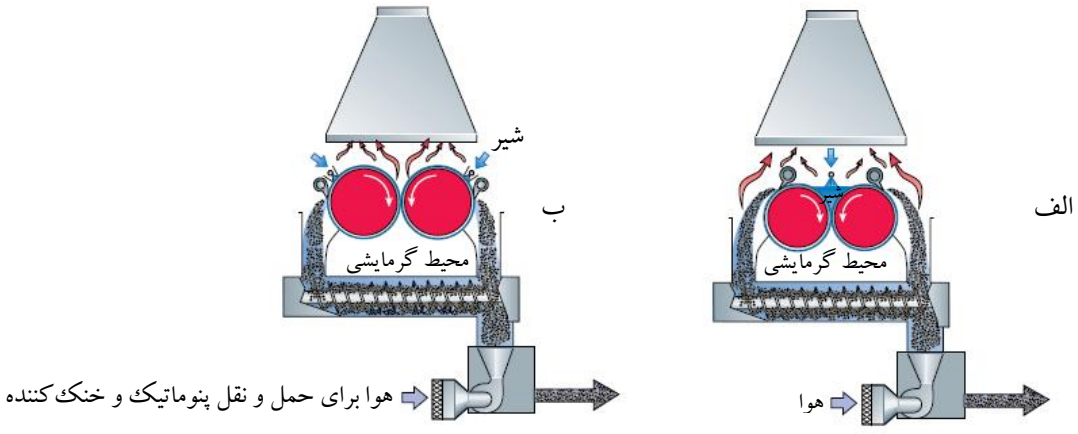
%A ، B % و C % معادل درصد اجزای دارای چگالی D_A، D_B و D_C هستند. پودر شیر بین ۱۰ تا ۳۰ میلی‌لیتر هوای محبوس در هر ۱۰۰ گرم پودر دارد و عوامل زیادی بر هوای مسدود شده در ذرات پودر تأثیر می‌گذارد.

۲-۲۱. تولید شیر خشک

در تولید پودر خشک غلتکی، شیر پیش‌تصفیه‌شده وارد خشک‌کن غلتکی می‌شود و کل فرآیند خشک‌کردن در یک مرحله انجام می‌شود اما در تولید پودر خشک‌شده پاششی، شیر ابتدا در خلاء تبخیر می‌شود و پودر شیر خشک‌شده در دو کیفیت اصلی تولید می‌شود (محصول معمولی و محصول همجوش‌شده (شیرخشک فوری) توسط سیستم‌های مختلف خشک‌کن پاششی). برای جلوگیری از تکثیر باکتری‌های مقاوم در برابر حرارت در تولید شیر تغلیظ‌شده و پودر شیر خشک، باید تصفیه باکتوفیوژ یا میکروفیلتراسیون انجام شود. در تولید پودر نباید شیر تحت عملیات حرارتی شدید قرار گیرد تا از انعقاد پروتئین آب پنیر و اختلال در حلالیت، عطر و طعم پودر شیر جلوگیری شود. همچنین در تولید پودر شیر بدون چربی، شیر در ارتباط با جداسازی چربی، شفاف می‌شود و شیر استانداردی که برای تولید پودر شیر کامل استفاده می‌شود، همگن نمی‌شود مگر اینکه به صورت غلتکی خشک شود. شیر بدون چربی باید تا قبل از تست فسفاتاز منفی، پاستوریزه شود و عملیات حرارتی باید به حدی باشد که لیپازها غیرفعال شوند.

۳-۲۱. خشک‌کردن غلتکی یا بشکه‌ای

در خشک کردن غلتکی، شیر بر روی بشکه‌های چرخان و گرم‌شده با بخار، توزیع می‌شود. آب موجود در شیر در تماس با سطح داغ بشکه، تبخیر می‌شود و توسط جریان هوا خارج می‌شود. دمای بالای سطوح حرارت‌دهنده، پروتئین را به شکلی تبدیل می‌کند که به راحتی قابل حل نیست و باعث تغییر رنگ محصول می‌شود. عملیات حرارتی شدید خاصیت اتصال به آب پودر را افزایش می‌دهد. تمایز بین خشک‌کن های غلتکی تغذیه‌شده و پاششی بر اساس روشی است که در آن، شیر به بشکه‌ها تغذیه می‌شود. مطابق شکل ۱-۲۱ الف، برای خشک‌کن غلتکی، شیر از پیش تصفیه‌شده به یک فرورفتگی (که توسط بشکه‌های چدنی و دیواره‌های انتهایی آنها تشکیل شده است) وارد می‌شود. یک لایه نازک شیر روی بشکه‌ها در تماس با سطح داغ به سرعت گرم می‌شود.



شکل ۱-۲۱. الف. خشک‌کن غلتکی تغذیه‌شده از طریق فرورفتگی. ب. خشک‌کن غلتکی تغذیه‌شده با پاشش.

آب تبخیرشده و لایه شیر روی بشکه، خشک می‌شوند و این لایه به طور مداوم توسط چاقوهایی که با اطراف هر بشکه تماس دارند، خراشیده می‌شود. شیر خشک‌شده در نوار نقاله پیچی می‌ریزد و در آن به صورت ورقه‌ای، آسیاب می‌شود.

سپس تکه‌ها به آسیاب منتقل می‌شوند و ذرات سخت و سوخته همزمان روی صفحه جدا می‌شوند. همچنین ضخامت لایه خشک را می‌توان با تنظیم فاصله بین بشکه‌ها تغییر داد. مطابق شکل ۱-۲۱ ب، برای خشک‌کن غلتکی تغذیه‌شده با پاشش، نازل‌های بالای بشکه‌ها یک لایه نازک از شیر پیش‌تصفیه‌شده را روی سطوح داغ بشکه می‌پاشند. ضخامت لایه توسط فشار تغذیه به نازل‌های پاشش تعیین می‌شود و زمان خشک‌شدن را می‌توان با تنظیم دما و سرعت بشکه‌ها کنترل کرد. هنگامی‌که لایه شیر از بشکه جدا می‌شود باید تقریباً خشک شود.

۴-۲۱. خشک‌کردن با پاشش

خشک‌کردن پاششی در دو مرحله انجام می‌شود. در مرحله اول، شیر از پیش تصفیه‌شده تبخیر می‌شود و در مرحله دوم تغلیظ برای خشک‌کردن نهایی به برج خشک‌کن پمپ می‌شود (جداسازی ذرات شیرخشک، پراکندگی و اختلاط تغلیظ برای تبخیر آب). بدون تغلیظ قبلی، ذرات پودر بسیار کوچک خواهند بود و دارای محتوای هوای بالا، ترشوندگی ضعیف و ماندگاری کوتاهی خواهند بود. همچنین تبخیرکننده‌های لایه سقوطی برای تغلیظ استفاده می‌شوند.

۵-۲۱. تاسیسات خشک‌کردن اولیه

خشک‌کردن تک مرحله‌ای : مطابق شکل ۲-۲۱ الف، ساده‌ترین نصب برای ساخت پودر دستگاه خشک‌کن پاششی با سیستم انتقال پنوماتیک است و این سیستم بر اساس اصل خشک‌کردن تک مرحله‌ای کار می‌کند، یعنی حذف رطوبت از تغلیظ تا رطوبت نهایی مورد نیاز در محفظه خشک‌کن پودر انجام می‌شود. سیستم انتقال پنوماتیک بعدی فقط برای جمع‌آوری پودر خروجی از مخروط محفظه همراه با کسر پودر جدا شده از هوای خروجی در سیکلون اصلی، برای خنک‌کردن پودر و تغذیه آن از طریق سیکلون نهایی به قیف کیسه‌ای عمل می‌کند.

خشک‌کردن دو مرحله‌ای : در یک سیستم خشک‌کن دو مرحله‌ای که همان نوع پودری را تولید می‌کند، سیستم انتقال پنوماتیک با یک خشک‌کن بستر سیال جایگزین می‌شود.

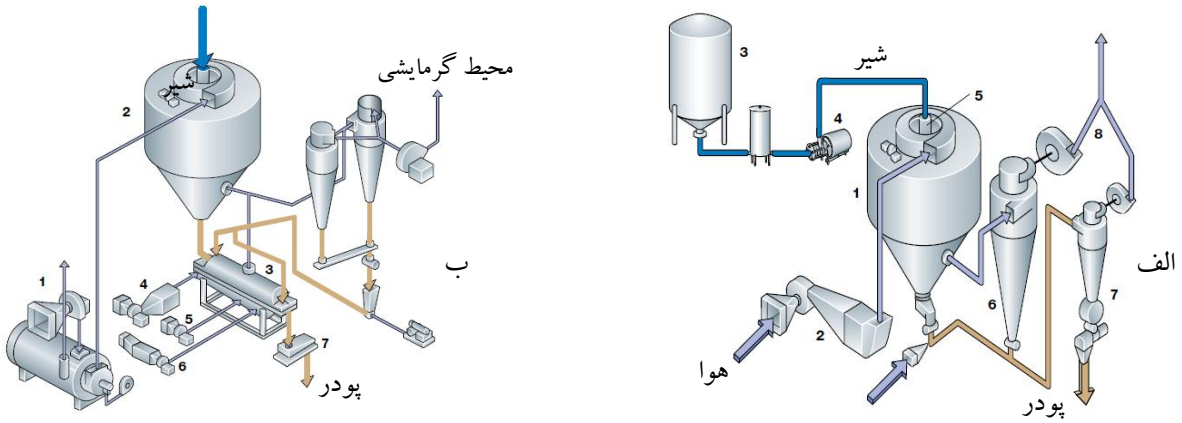
خشک‌کردن سه مرحله‌ای : خشک کردن سه مرحله ای توسعه مفهوم دو مرحله‌ای است که برای دستیابی به صرفه جویی بیشتر در هزینه‌های عملیاتی می‌باشد.

۶-۲۱. عملیات خشک‌کردن پاششی

خشک‌کردن تک مرحله‌ای : مطابق شکل۲-۲۱ الف، تغلیظ شیر توسط یک پمپ فشار بالا به محفظه خشک‌کردن وارد می‌شود و سپس در دستگاه ذره‌پاش ادامه می‌دهد. قطرات ریز شیر به داخل محفظه اختلاط، پاشش می‌شوند و در آنجا با هوای گرم مخلوط می‌شوند. هوا توسط یک فن از طریق یک فیلتر وارد می‌شود و به یک گرم‌کننده می‌رسد و تا دمای ۱۵۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد گرم می‌شود. هوای گرم از طریق یک توزیع‌کننده به یک محفظه اختلاط، جریان می‌یابد و شیر تجزیه‌شده با هوای گرم مخلوط می‌شود و آب موجود در شیر تبخیر می‌شود. در طول فرآیند خشک کردن، پودر شیر در محفظه خشک‌کردن، ته‌نشین می‌شود و در پایین تخلیه می‌شود. با هوای خنک‌کننده که توسط یک فن به داخل

مجرای نوار نقاله کشیده می‌شود، به صورت پنوماتیکی به قسمت بسته‌بندی منتقل می‌شود. پس از خنک‌شدن، مخلوط هوای خنک‌کننده و پودر به سمت واحد تخلیه جریان می‌یابد (جایی که پودر قبل از بسته‌بندی از هوا جدا می‌شود). برخی از ذرات کوچک و سبک ممکن است با هوایی که از محفظه خشک‌کردن خارج می‌شود، مخلوط شوند. این پودر در یک یا چند سیکلون جدا می‌شود و به جریان اصلی شیرخشک در مسیر بسته‌بندی برگردانده می‌شود. هوای خشک‌شده تمیز شده توسط یک فن از دستگاه خارج می‌شود. هرچه قطرات شیر به صورت ریزتر پراکنده شوند، ناحیه ویژه آنها بزرگتر خواهد بود و خشک‌شدن موثرتر خواهد بود. در فشارهای تغذیه بالا (تا ۳۰ مگاپاسکال) پودر بسیار ریز خواهد بود و چگالی بالایی دارد. در فشارهای پایین (۲۰ تا ۵ مگاپاسکال) اندازه ذرات بزرگتر خواهد بود و ذرات اندازه گرد و غبار وجود نخواهد داشت.

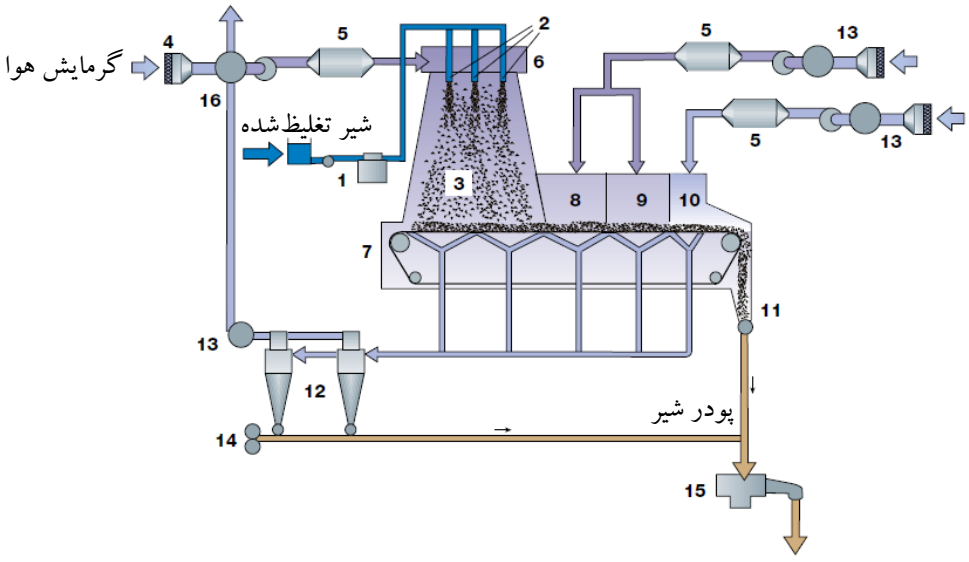
خشک‌کردن دو مرحله‌ای : حذف آخرین آثار رطوبت بسیار سخت است، مگر اینکه از دمای خشک‌کردن خروجی بالا برای ایجاد نیروی محرکه کافی استفاده شود. چون افزایش دمای خشک‌کردن خروجی تأثیر مضری بر کیفیت پودر دارد پس باید در دمای خروجی پایین‌تر با محصولات لبنی کار کنید. روش‌های خشک‌کردن دو مرحله‌ای برای تولید محصول شیرخشک، ترکیبی از خشک‌کردن پاششی و خشک‌کردن بستر سیال است. خشک‌کن بستر سیال باعث حذف رطوبت اضافی و خنک‌کردن پودر می‌شود. پودر خشک دو مرحله‌ای به دلیل ذرات اولیه بزرگتر و وجود برخی همجوش‌ها، درشت‌تر است از تک مرحله‌ای است. بزرگترین تفاوت بین این دو پودر در خواصی است که تحت تأثیر قرار گرفتن در معرض حرارت در هنگام خشک‌کردن، قرار می‌گیرند. دمای ذرات با حذف تدریجی آب به تدریج افزایش می‌یابد و در نهایت با توجه به رطوبت ذرات، دمایی کمتر از دمای هوای خروجی بدست می‌آید (شکل ۲-۲۱ ب).



شکل ۲-۲۱. الف. خشک‌کن پاششی معمولی (خشک‌کردن یک مرحله‌ای) با محفظه پایه مخروطی (۱. محفظه خشک‌کردن ۲. گرم‌کننده هوا ۳. مخزن تغلیظ شیر ۴. پمپ فشار بالا ۵. ذره‌پاش ۶. سیکلون اصلی ۷. سیکلون سیستم حمل و نقل ۸. فن مکش هوا و فیلترها). ب. خشک‌کن پاششی با اتصال بستر سیال (خشک‌کردن دو مرحله‌ای) (۱. گرم‌کننده غیر مستقیم ۲. محفظه خشک‌کردن ۳. بستر سیال ارتعاشی ۴. گرم‌کننده برای هوای بستر سیال ۵. هوای خنک‌کننده محیط برای بستر سیال ۶. هوای خنک‌کننده بدون رطوبت برای بستر سیال ۷ .الک).

خشک‌کردن سه مرحله‌ای : خشک‌کن سه مرحله‌ای شامل انتقال مرحله دوم خشک‌کردن به پایه محفظه خشک‌کن پاششی و انجام خشک‌کردن و خنک‌کردن نهایی در مرحله سوم (در خارج از محفظه خشک‌کردن) است. دو نوع خشک‌کن سه

مرحله‌ای وجود دارد (خشک‌کن پاششی با بستر سیال یکپارچه و خشک‌کن پاششی با تسمه یکپارچه). مطابق شکل ۳-۲۱ برای خشک‌کن پاششی با تسمه یکپارچه که شامل یک محفظه خشک‌کن اصلی و سه محفظه کوچکتر برای تبلور خشک‌کردن و خنک‌کردن نهایی است از نازل‌هایی در بالای محفظه اصلی خشک‌کن استفاده می‌شود که محصول را تجزیه می‌کنند. تغذیه توسط یک پمپ فشار قوی به نازل‌ها منتقل می‌شود و هوای خشک‌کردن (در دمای ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد) به محفظه خشک‌کن در اطراف نازل‌های جداگانه می‌رسد. خشک‌شدن اولیه قطرات هنگام سقوط از نازل‌ها به تسمه متحرک واقع در پایه محفظه صورت می‌گیرد و پودر در یک لایه نفوذپذیر همجوش روی تسمه، رسوب می‌کند. مرحله دوم خشک‌کردن هنگامی انجام می‌شود که هوای خشک‌کردن از طریق لایه پودر، مکیده شود و رطوبت کاهش یابد. سومین مرحله خشک‌کردن تغلیظ شیر بدون چربی و شیر کامل در دو محفظه انجام می‌شود که در آن هوای گرم با دمای ورودی ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد از لایه پودر و تسمه، مکیده شود. پودر در یک محفظه نهایی، خنک می‌شود و محفظه در مواردی که نیاز به تبلور لاکتوز است (پودر آب پنیر) استفاده می‌شود. بنابراین هوا به محفظه منتقل نمی‌شود و میزان رطوبت در سطح بالاتر می‌ماند. مرحله سوم خشک‌کردن در محفظه انجام می‌شود و هوای خنک‌کننده به محفظه عرضه می‌شود. مقدار کمی پودر ریز به همراه هوای خشک و خنک‌کننده از دستگاه خارج می‌شود. این پودر در یک باتری سیکلون از هوا جدا می‌شود و یا به محفظه اصلی یا در نقطه‌ای از فرآیند مناسب با نوع محصول و تراکم مورد نیاز، گردش می‌شود. پس از خروج از خشک‌کن، همجوش‌های پودری بسته به نوع محصول در یک الک یا آسیاب به اندازه مورد نیاز، خرد می‌شوند.



شکل ۳-۲۱. خشک‌کن پاششی با تسمه یکپارچه (خشک کردن سه مرحله‌ای) (۱. پمپ تغذیه با فشار بالا ۲. چیدمان نازل ۳. محفظه خشک‌کن اولیه ۴. فیلترهای هوا ۵. گرم‌کننده/کولر ۶. توزیع‌کننده هوا ۷. مجموعه تسمه ۸. محفظه نگهداری ۹. محفظه خشک‌کردن نهایی ۱۰. محفظه خنک‌کننده ۱۱. تخلیه پودر ۱۲. آرایش سیکلون ۱۳. فن‌ها ۱۴. سیستم بازیابی ریز دانه‌ها ۱۵. سیستم الک ۱۶. سیستم بازیابی گرما).

۷-۲۱. تولید پودر فوری

برای تولید پودر فوری، چرخش مجدد ذرات شیر خشک به محفظه اختلاط حاوی هوای خشک و ذرات شیر تجزیه‌شده است. به محض ورود ذرات خشک به محفظه، سطوح آنها توسط آب تبخیرشده، مرطوب می‌شود و ذرات متورم می‌شوند. مویرگ‌ها و منافذ بسته می‌شوند و ذرات چسبنده می‌شوند و سایر ذرات شیر به سطح می‌چسبند و همجوش‌ها تشکیل می‌شوند. برای خشک‌کردن بستر مایع، بستر سیال به پایین محفظه خشک‌کن متصل می‌شود و از یک پوشش با کف سوراخ تشکیل می‌شود. بدنه به صورت فنری نصب می‌شود و می‌توان آن را توسط یک موتور لرزاند. هنگامی‌که یک لایه پودر بر روی کف سوراخ‌شده توزیع می‌شود، ارتعاشات پودر را با سرعت یکنواخت در طول پوشش منتقل می‌کند. پودر حاصل از محفظه خشک‌کردن به بخش اول وارد می‌شود و در آنجا با بخار، مرطوب می‌شود. ارتعاشات پودر را از طریق بخش‌های خشک‌کن منتقل می‌کند، جایی که هوا با دمای کم از طریق بستر پودر وارد می‌شود. تجمع ذرات در مرحله اول خشک‌شدن زمانی انجام می‌شود که ذرات به یکدیگر بچسبند. آب در طول عبور توده‌ها از بخش‌های خشک‌کردن، تبخیر می‌شود. هر ذره بزرگتر در خروجی بستر خشک، غربال می‌شود و دوباره به سمت ورودی می‌رود. ذرات غربال‌شده و آماده‌شده توسط هوای خنک‌کننده به باتری سیکلون منتقل می‌شوند و در آنجا از هوا جدا شده و بسته‌بندی می‌شوند. سپس هوای خشک‌شده از بستر سیال همراه با هوای برج پاشش برای بازیابی ذرات شیر به سیکلون دمیده می‌شوند. مقدار زیادی گرما در فرآیند خشک‌کردن از دست می‌رود و برخی از آن‌ها را می‌توان در مبدل‌های حرارتی بازیابی کرد. مطابق شکل ۴-۲۱، در مبدل حرارتی با لوله‌های شیشه‌ای، سطح صاف شیشه‌ای تا حد زیادی از رسوب جلوگیری می‌کند. هوای گرم از پایین وارد می‌شود و از طریق لوله‌های شیشه‌ای عبور می‌کند و سپس هوای تازه‌ای که باید گرم شود در قسمت بیرونی لوله‌ها جریان دارد. با این بازیابی گرما، راندمان دستگاه خشک‌کن پاششی افزایش می‌یابد. یک راه دیگر بازیابی گرمای موجود در میعانات از دستگاه تبخیر است. این دستگاه به موازات دستگاه خشک‌کن پاششی کار می‌کند.

فصل بیست و دوم :

محصولات شیر نوترکیب

۱-۲۲. تعاریف

شیر بازسازی‌شده شیر مایعی است که با افزودن آب به پودر شیر بدون چربی یا پودر شیر کامل بدست می‌آید و شیر نوترکیب شیر مایعی است که با افزودن آب به پودر شیر بدون چربی و افزودن چربی شیر به طور جداگانه به مقداری‌که میزان چربی مورد نظر حاصل شود، بدست می‌آید. فرآورده‌های شیری بازسازی‌شده محصولاتی هستند که از افزودن آب به شکل خشک شده یا تغلیظ‌شده محصول در مقادیر لازم برای ایجاد مجدد نسبت آب به جامدات مشخص‌شده، حاصل می‌شود. محصولات شیر نوترکیب با مخلوط‌کردن چربی شیر و مواد جامد شیر بدون چربی با آب یا بدون آب تولید می‌شوند. این ترکیب باید به گونه ای ساخته‌شود که نسبت چربی به مواد جامد شیر بدون چربی مشخص‌شده و نسبت ماده خشک به آب را دوباره برقرار کند. شیر و فرآورده‌های شیر اصلاح‌شده، محصولاتی هستند که از ترکیبات لبنیات با ترکیباتی غیر از محصولات لبنی معمولی ساخته می‌شوند. شیرهای پر شده و فرآورده‌های شیری، محصولات نیمه لبنی هستند که در آنها چربی شیر با روغن‌های گیاهی جایگزین می‌شود. شیر غنی‌شده از شیر تازه، شیر بازسازی شده یا شیر نوترکیب با افزودن یک یا چند ماده از محصولات لبنی تهیه می‌شود. شیر پرچرب شیر تازه‌ای است که با شیر بدون چربی بازسازی‌شده یا ترکیب‌شده به منظور تهیه شیر با ترکیب معمولی یا شیر اصلاح‌شده از شیر پرچرب با تنظیم مواد جامد شیر بدون چربی مخلوط شده است. چربی شیر بدون آب یک محصول چربی خالص است که از شیر تازه، خامه یا کره بدست می‌آید که هیچ ماده خنثی کننده‌ای به آن اضافه نشده است.

۲-۲۲. جابجایی مواد اولیه

پودر شیر : مواد جامد بدون چربی برای شیر نوترکیب به صورت پودر شیر بدون چربی عرضه می‌شوند. این کار با جدا کردن چربی شیر کامل در جداکننده‌های گریز از مرکز و سپس خارج کردن آب از شیر بدون چربی با تبخیر و خشک‌کردن ایجاد می‌شود. بهترین روش طبقه‌بندی پودر شیر بدون چربی مراجعه به تکنیک فرآوری و عملیات حرارتی است که شیر بدون چربی قبل از تبخیر و خشک‌کردن پاششی در معرض آن قرار گرفته است. در طی عملیات حرارتی شیر، پروتئین‌های آب پنیر با توجه به رابطه دما/زمان، به درجات مختلفی دناتوره می‌شوند (درجه دناتوره‌شدن را می‌توان بر اساس شاخص نیتروژن پروتئین آب پنیر طبقه‌بندی کرد). محصولات مختلف شیر نوترکیب به پودر شیر بدون چربی با انواع طبقه‌بندی حرارتی نیاز دارند.

چربی‌ها و روغن‌ها : از کره بدون نمک می‌توان در تولید فرآورده‌های شیر نوترکیب استفاده کرد و رایج‌ترین منبع چربی شیر برای شیر نوترکیب، چربی شیر بدون آب است.

آب : آب یکی از مواد اولیه انواع فرآورده‌های شیری بازسازی‌شده و نوترکیب است و باید از کیفیت آشامیدنی خوب، عاری از میکروارگانیسم‌های مضر و سختی قابل قبول کم (که به صورت کربنات کلسیم بیان می‌شود) برخوردار باشد. آب مورد استفاده برای بازسازی یا ترکیب مجدد باید خالص باشد. محتوای بیش از حد مواد معدنی، تعادل نمک محصول

بازسازی‌شده یا ترکیب‌شده را به خطر می‌اندازد و باعث ایجاد مشکلاتی در پاستوریزاسیون می‌شود. همچنین مس یا آهن بیش از حد در آب ممکن است به دلیل اکسید شدن چربی، باعث بد طعم‌شدن آن شود.

مواد افزودنی : افزودنی‌های خشک مانند شکر، تثبیت‌کننده‌ها و امولسیون‌کننده‌ها را می‌توان با همان روش شیرخشک استفاده کرد.

۳-۲۲. حل‌کردن پودر شیر

عوامل موثر بر حل شدن شیرخشک عبارتند از: رطوب‌پذیری (ترشوندگی) ، توانایی غرق‌شدن، پراکندگی وانحلال‌پذیری.

ترشوندگی : درجه ترشوندگی تابعی از حجم ذرات و به خصوص مویینگی است. پودرهای همجوش، مویینگی را بهبود می‌بخشد و ترشوندگی را افزایش می‌دهند. افزایش اندازه ذرات منجر به بهبود ترشوندگی می شود.

توانایی غرق‌شدن : توانایی غرق‌شدن تابعی از حجم و اندازه ذرات خاص است. پودرهای همجوش‌شده بهترین قابلیت فرورفتن را دارند.

پراکندگی : پراکندگی خوب هنگامی حاصل می‌شود که پودرهای اضافه شده به آب به صورت ذرات منفرد توزیع شوند و هیچ توده‌ای باقی نماند. ساختار ذرات پودر و پیکربندی مولکول‌های پروتئین از اهمیت بالایی برخوردار است و پراکندگی پودری با محتوای بالایی از پروتئین‌های دناتوره‌شده بسیار دشوار است.

انحلال‌پذیری : این ویژگی نشان می‌دهد که چگونه پودرها به خوبی حل می‌شوند و یک سوسپانسیون (تعلیق) پایدار تشکیل می‌دهند. میزان حلالیت خوب بستگی زیادی به فناوری مورد استفاده برای تولید پودر دارد.

دمای نوترکیب و زمان هیدراتاسیون : هنگامی‌که دمای آب از ۱۰ به ۵۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد، ترشوندگی پودر افزایش می‌یابد و بین ۵۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد افزایشی وجود ندارد. پودر با حرارت کم، راحت‌تر از پودر با حرارت بالا، حل می‌شود. پودر تازه و با کیفیت به کمترین زمان هیدراتاسیون نیاز دارد و زمان هیدراتاسیون ناکافی ممکن است منجر به نقص گچی در محصول نهایی شود. به شیر نوترکیب برای تولید پنیر باید دو ساعت زمان هیدراتاسیون داده‌شود و محتوای هوای شیر بازسازی‌شده در دمای اختلاط پایین‌تر، افزایش می‌یابد. چربی باید در دمای بالاتر از نقطه ذوب آن اضافه شود و شیر نوترکیب به دلیل رشد باکتری‌ها نباید بیش از دو ساعت در دمای اختلاط بالا نگهداری شود.

افزودن چربی و امولسیون‌سازی : تا وقتی‌که دوره هیدراتاسیون کامل نشده‌است، نباید چربی را به شیر آماده اضافه کرد. از افزودن چربی همزمان یا قبل از افزودن پودر شیر باید اجتناب شود، چون منجر به مشکلات پردازش و کاهش کیفیت محصول می‌شود. یک امولسیون‌کنده برای تسهیل و بهبود امولسیون چربی شیر اضافه می‌شود و هنگامی‌که چربی در مخزن مخلوط‌کن به شیر اضافه می‌شود باید آن را کاملاً هم زد تا ترکیب محصول هنگام پمپاژ به پاستوریزه یکنواخت شود.

محتوای هوا : پودر شیر بدون چربی حاوی حدود ۴۰ درصد هوای حجمی است که از هوای بسته و بینابینی تشکیل‌شده است و تجهیزات اختلاط نیز اگر به درستی نگهداری نشود، باعث اضافه شدن هوا می‌شود. هوا در شیر بدون چربی بازسازی شده، مانند شیر بدون چربی معمولی است. هوای زیاد در شیر نوترکیب مضرات زیادی (کف کردن، سوختن در پاستوریزه، ایجاد حفره در همگن‌ساز، تشکیل آب پنیر در محصولات شیر کشت‌شده و افزایش خطر اکسیداسیون چربی) را به همراه دارد.

در دستگاه‌های بزرگ برای دستیابی به دقت لازم است از مخازن توزین برای دوز چربی استفاده می‌شود و در دستگاه‌های کوچکتر، مخزن توزین با یک پمپ متناسب جایگزین می‌شود. طراحی دستگاه تحت تأثیر ظرفیت آن و تأثیر روش عملیات حرارتی شیر نوترکیب است، پس می‌توان از سه روش جایگزین استفاده کرد :

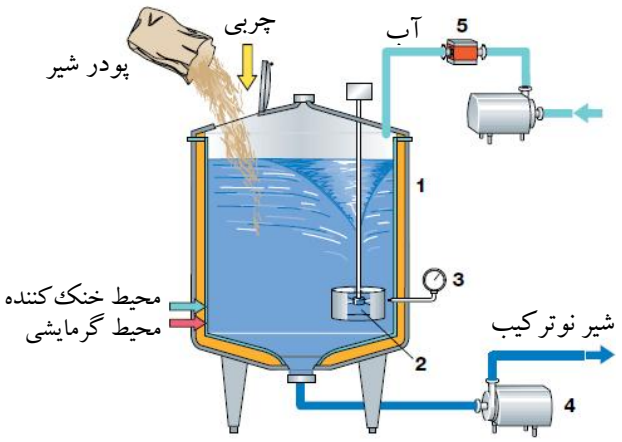
_ پاستوریزاسیون در دمای حداقل ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه و سپس خنک‌شدن تا دمای ۴ درجه سانتیگراد.

_ استریل‌کردن شیر در ظرف به مدت ۳۰ تا ۴۵ دقیقه در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد و سپس خنک شدن تا ۳۸ تا ۵۴ درجه سانتی‌گراد در دستگاه استریل‌کننده.

_ عملیات UHT با حرارت‌دادن مستقیم یا غیرمستقیم تا دمای ۱۳۲ تا ۱۴۹ درجه سانتی‌گراد برای چند ثانیه و به دنبال آن خنک‌سازی تا دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قبل از بسته‌بندی ضدعفونی‌کننده.

۴-۲۲. دستگاه با تامین چربی به مخازن اختلاط

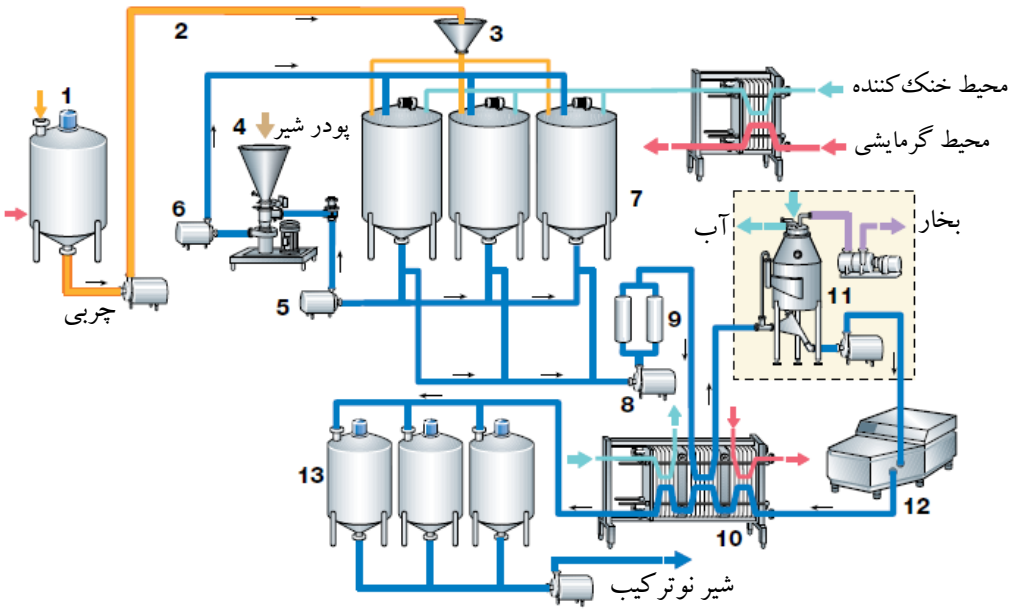
تولید در مقیاس کوچک : مطابق شکل ۱-۲۲، در یک عملیات در مقیاس کوچک (۱۰۰۰ - ۲۰۰۰ لیتر) اختلاط و فرآوری در یک مخزن اختلاط پوششی با یک همزن برشی دو سرعته و با امکانات گرمایش و سرمایش انجام می‌شود. پس از اندازه‌گیری حجم مناسب آب در مخزن و گرم شدن آن تا دمای ۴۳ تا ۴۹ درجه سانتی‌گراد، پودر به‌طور پیوسته اضافه می‌شود و تا زمانی که تمام پودر حل شود، هم زدن اعمال می‌شود.



شکل ۱-۲۲. دستگاه نوترکیب برای پردازش دسته‌ای (۱. مخزن مخلوط با ژاکت گرمایش / خنک‌کننده ۲. همزن دو سرعته با برش بالا ۳. دماسنج ۴. پمپ تخلیه ۵. فلومتر).

محلول حاصل باید به مدت ۲۰ دقیقه با همزن خاموش بماند تا همزن دوباره راه اندازی شود و چربی شیر (که قبلاً با نگهداری در یک اتاق گرم در دمای ۳۸ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد در طول شب به مایع تبدیل شده‌بود) اضافه می‌شود و سپس دما به ۵۴ تا ۶۵ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. اگر فرآیند در مخزن ادامه یابد، همزن برای چند دقیقه روی سرعت بالا قرار می‌گیرد تا چربی پراکنده شود. سپس همزن به موقعیت هم‌زدن تغییر می‌کند و فرآیند با پاستوریزاسیون و سپس خنک‌شدن تا دمای بسته بندی به پایان می‌رسد.

تولید در مقیاس بزرگ : مطابق شکل ۲-۲۲، در یک عملیات مداوم در یک دستگاه نوترکیب بزرگ، چربی به مخازن اختلاط تزریق می‌شود. آب در یکی از مخازن مخلوط‌کن اندازه‌گیری می‌شود و در یک مبدل حرارتی صفحه‌ای گرم می‌شود چون پودر شیر بدون چربی در آب گرم راحت‌تر حل می‌شود تا در سرد. پمپ گردش جریان هنگامی راه‌اندازی می‌شود که مخزن نیمه پر است و آب از طریق یک مسیر فرعی از مخزن اختلاط به یک سیستم اختلاط با سرعت بالا جریان می‌یابد.



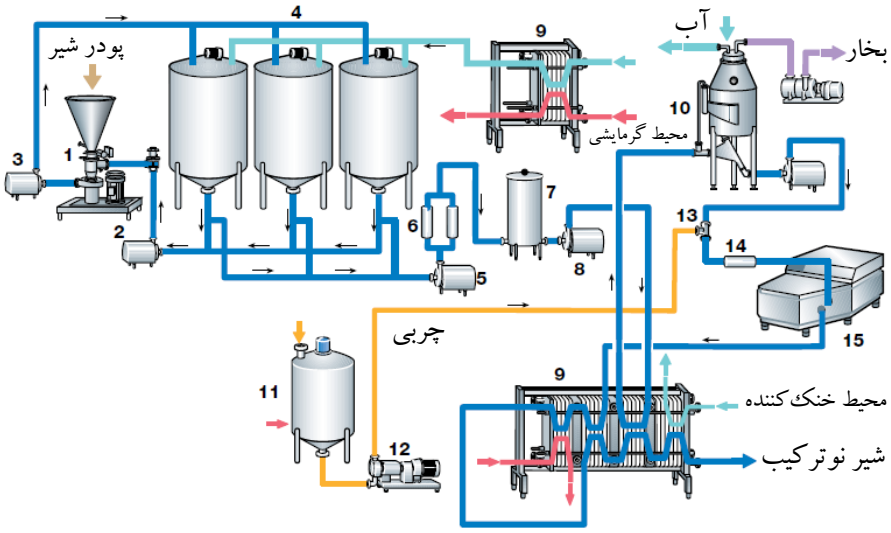
شکل ۲-۲۲. دستگاه نوترکیب با تامین چربی به مخازن اختلاط (۱. مخزن چربی ۲. لوله عایق برای چربی ۳. قیف توزین چربی ۴. قیف با مخلوط کن پر سرعت ۵. پمپ گردشی ۶. پمپ تقویتی (فشار افزا) ۷. مخزن اختلاط ۸. پمپ تخلیه ۹. فیلترها ۱۰. مبدل حرارتی صفحه‌ای ۱۱. هواگیر خلاء، گزینه ۱۲. همگن‌ساز ۱۳. مخازن ذخیره سازی).

در مخلوط‌کن با سرعت بالا، مواد خشک از طریق یک قیف با سرعت حداکثر ۴۵ کیلوگرم در دقیقه پخش می‌شوند. خلاء در اثر فعل و انفعال بین پمپ گردش جریان و ب پمپ فشار افزا، ایجاد می‌شود که باعث می‌شود مخلوط‌کن مواد را به داخل چشمی پروانه بکشد. یک لوله پخش‌کننده، مواد مایع و خشک را تا وقتی‌که به چشم پروانه برسند، جدا نگه می‌دارد. یک دریچه پروانه‌ای که به صورت دستی یا از راه دور فعال می‌شود، ورودی قیف را به عنوان آخرین مواد خشک وارد محفظه مخلوط می‌کند. همزن در مخزن مخلوط‌کن همزمان با پمپ گردش جریان، راه‌اندازی می‌شود. در حالی‌که اختلاط در حال انجام است تا مقدار مشخص‌شده تامین شود، آب به داخل مخزن جریان می‌یابد. وقتی تمام پودر اضافه

شد، همزن و حلقه گردش متوقف می‌شود و محتویات مخزن باقی می‌ماند تا پودر شیر بدون چربی کاملا حل شود. در دمای آب ۳۵ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد این کار حدود ۲۰ دقیقه طول می‌کشد و در پایان این دوره، همزن دوباره راه‌اندازی می‌شود. در این فاصله مخلوط‌کن به دسته بعدی متصل می‌شود تا دوباره ترکیب شود. اکنون چربی شیر بدون آب از مخزن ذخیره چربی اضافه می‌شود و مقدار آن در قیف توزین اندازه‌گیری می‌شود. همزن چربی را در شیر کم چرب، پخش می‌کند و لوله‌کشی بخش چربی گرم، عایق بندی می‌شود تا از افت دمای چربی به زیر نقطه ذوب جلوگیری کند. وقتی همه مواد با هم مخلوط شدند و به یک مخزن اضافه شدند، این کار در مخزن بعدی تکرار می‌شود. مخلوط شیر/چربی توسط پمپ از مخزن اختلاط، گرفته می‌شود و پس از گرم‌شدن در مبدل حرارتی، محصول به همگن‌ساز پمپ می‌شود (جایی که پراکندگی گلبول‌های چربی تکمیل می‌شود). در طول عملیات اختلاط پودر ممکن است محصول حجم زیادی از هوا را جذب کند که می‌تواند باعث سوختن در پاستوریزه و ایجاد مشکل در همگن‌ساز شود. برای رفع این مشکل می‌توان یک مخزن هواگیر خلاء قبل از همگن‌ساز نصب کرد. این محصول قبل از فلش زدن در هواگیر تا دمای ۷ تا ۸ درجه سانتی‌گراد بالاتر از دمای همگن‌سازی، گرم می‌شود. شیر همگن‌شده در مبدل حرارتی صفحه‌ای پاستوریزه و سرد می‌شود و سپس به مخازن ذخیره یا قسمت بسته‌بندی، پمپ می‌شود.

۵-۲۲. دستگاه با مخلوط‌کردن چربی در خط

تولید در مقیاس بزرگ : مطابق شکل ۳-۲۲، بازسازی فرآیند با با پر کردن همزمان مخزن در چرخش و مخلوط‌کردن پودر شیر بدون چربی در یک راه فرعی، انجام می‌شود. هنگامی‌که یک مخزن اختلاط پر شد و به محتویات آن برای هیدراتاسیون (ترکیب با آب) کامل پودر شیر بدون چربی، زمان داده‌شد، شیر بدون چربی دوباره از طریق فیلترهای دوتایی به مخزن تعادل پمپ می‌شود و یک نرخ جریان ثابت به فرآیند را تضمین می‌کند.



شکل ۳-۲۲. دستگاه نوترکیب با مخلوط چربی درون خطی (۱.قیف با مخلوط‌کن پرسرعت ۲.پمپ گردش جریان ۳.پمپ تقویت‌کننده ۴.مخزن اختلاط ۵.پمپ تخلیه ۶.فیلترها ۷.مخزن تعادل ۸.پمپ تغذیه ۹.مبدل حرارتی صفحه‌ای ۱۰. هواگیر خلاء ۱۱. مخزن چربی ۱۲. پمپ جابجایی مثبت ۱۳. انژکتور چربی ۱۴. مخلوط‌کن درون خطی ۱۵. همگن‌ساز).

یک پمپ گریز از مرکز، شیر بدون چربی را از طریق بخش پیش گرم‌کننده مبدل حرارتی صفحه‌ای، تغذیه می‌کند. مطابق شکل ۲-۲۲، چربی به مخازن مخلوط اضافه شد و چربی کف(حباب‌های ریز) را سرکوب می‌کند و کف ایجاد شده توسط هوا را محدود می‌کند. پس باید یک مخزن هواگیر خلاء در خط بعد از بخش پیش گرم‌کننده مبدل حرارتی نصب شود. شیر از قبل تا دمای ۸ درجه سانتی‌گراد بالاتر از دمای همگن گرم می‌شود، پس از آن هوادهی فلاش انجام می‌شود و شیر از طریق یک انژکتور درون خطی، جریان می‌یابد، یعنی چربی مایع از مخزن ذوب چربی به طور مداوم توسط یک پمپ تناسب جابجایی مثبت در جریان، اندازه‌گیری می‌شود و مخلوط‌کردن در خط پایین انژکتور، کامل می‌شود. بلافاصله پس از اختلاط، شیر نوترکیب به یک همگن‌ساز با ظرفیت بالا ادامه می‌دهد و چربی به صورت گلبول‌های ریز و یکنواخت، پراکنده می‌شود. سپس شیر همگن‌شده برای پاستوریزه‌شدن و سرد شدن به مبدل حرارتی باز می‌گردد و شیر خروجی از پاستوریزه آماده بسته‌بندی فوری می‌شود.

فصل بیست و سوم :

بستنی

۱-۲۳. دسته‌بندی بستنی

بستنی‌ها را می‌توان با توجه به مواد تشکیل‌دهنده به چهار دسته اصلی (بستنی ساخته‌شده از محصولات شیر، بستنی حاوی چربی گیاهی، بستنی شربت ساخته‌شده از آب میوه با افزودن چربی شیر و مواد جامد شیر بدون چربی و آب یخ ساخته شده از آب، شکر و تغلیظ میوه) تقسیم کرد. مواد مورد استفاده در تولید بستنی به دو بخش مواد خشک و مواد مایع تقسیم می‌شوند (چربی، مواد جامد شیر بدون چربی، شیرین‌کننده شکر/غیر شکر، امولسیون‌کننده‌ها/تثبیت‌کننده‌ها، طعم دهنده‌ها و عوامل رنگ‌آمیزی) (جدول ۱-۲۳).

مواد مورد استفاده در بستنی	توضیحات
چربی	چربی(شیر یا گیاهی) حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد وزنی از مخلوط بستنی لبنی را تشکیل می‌دهد. مقداری یا تمام چربی شیر در بستنی، ممکن است با چربی گیاهی (به شکل سخت‌شده روغن آفتابگردان، روغن نارگیل، روغن سویا و روغن کلزا) جایگزین‌شود. استفاده از چربی گیاهی باعث ایجاد تفاوت جزئی در رنگ و طعم نسبت به چربی شیر می‌شود و اگر از افزودنی‌های رنگی و طعم‌دهنده استفاده شود، تفاوت به سختی قابل توجه است.
مواد جامد شیر بدون چربی	مواد جامد شیر بدون چربی که از پروتئین، لاکتوز و نمک‌های معدنی تشکیل می‌شوند به شکل پودر شیر و بدون چربی تغلیظ‌شده اضافه می‌شوند. مواد جامد ۱۱ تا ۱۱.۵ درصد وزنی از مخلوط بستنی را تشکیل می‌دهند. مواد جامد ارزش غذایی بالایی دارد و توانایی زیادی در بهبود بافت بستنی با اتصال و جایگزینی آب دارد. جزء پروتئینی مواد جامد بر توزیع صحیح هوا در بستنی در طول فرآیند انجماد، تأثیر می‌گذارد.
شکر	شکر (قند نیشکر و چغندر، گلوکز، لاکتوز و شکر معکوس (مخلوطی از گلوکز و فروکتوز)) برای تنظیم مواد جامد در بستنی و شیرین‌شدن به آن اضافه می‌شود و بین ۱۰ تا ۱۸ درصد وزنی از مخلوط بستنی را تشکیل می‌دهد. گاهی اوقات از شیر تغلیظ‌شده شیرین استفاده می شود که هم به اثر شیرین‌کنندگی و هم به محتوای جامد بدون چربی کمک می‌کند. شکر معمولی گاهی در آب حل می‌شود و شکر مایع راحت‌تر از شکر خشک است. برای رضایت افراد رژیمی باید از شیرین‌کننده‌ها استفاده کرد. البته شیرین‌کننده‌ها ارزش غذایی ندارند اما طعم بسیار شیرینی دارند. نمی‌توان از شیرین‌کننده به عنوان نگهدارنده برای شیر تغلیظ‌شده شیرین استفاده کرد.
امولسیون‌کننده‌ها	امولسیون‌کننده‌ها موادی هستند که با کاهش کشش سطحی محصولات مایع به امولسیون‌سازی و تثبیت امولسیون کمک می‌کنند. زرده تخم مرغ و مشتقات غیریونی چربی‌های طبیعی، دو نوع از امولسیون‌کننده‌ها هستند. امولسیون‌کننده‌های مورد استفاده در ساخت بستنی به چهار گروه (استرهای گلیسیرین، استرهای سوربیتول، استرهای قند و استرهای با منشاء دیگر) تقسیم می‌شوند. امولسیون‌کننده‌ها ۰.۳ تا ۰.۵ درصد وزنی از مخلوط بستنی را تشکیل می‌دهند.
رنگ‌آمیزی	مواد رنگی به مخلوط اضافه می‌شوند تا ظاهری جذاب به بستنی بدهند و رنگ افزودنی‌های طعم‌دهنده میوه را بهبود بخشد. ماده رنگی معمولاً به شکل تغلیظ اضافه می‌شود.

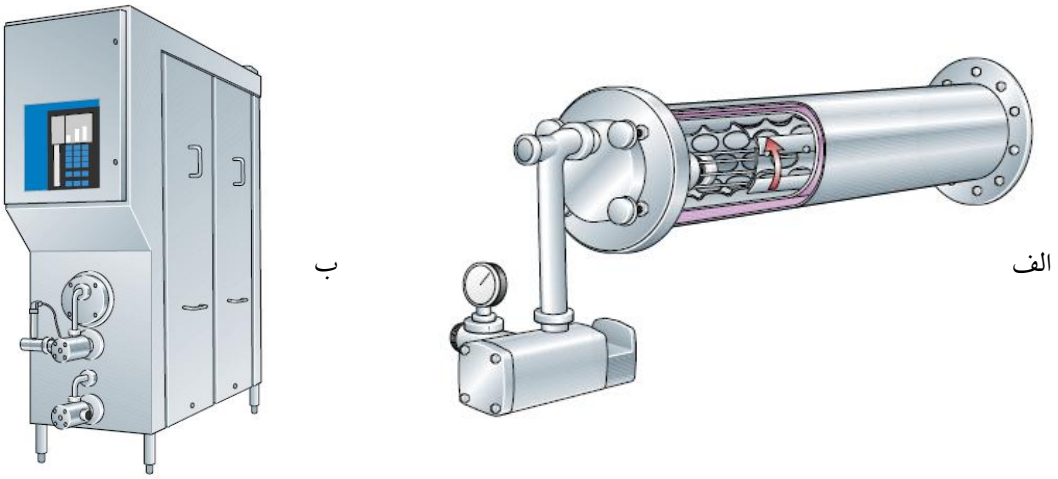
تثبیت‌کننده‌ها	تثبیت‌کننده ماده‌ای است که وقتی در فاز مایع (آب) پراکنده می‌شود، تعداد زیادی مولکول آب را به هم متصل می‌کند. این عمل هیدراتاسیون نامیده می‌شود و تثبیت‌کننده شبکه‌ای را تشکیل می‌دهد که از حرکت آزادانه مولکول‌های آب جلوگیری می‌کند. دو نوع تثبیت‌کننده (پروتئین و کربوهیدرات) وجود دارد. تثبیت‌کننده‌ها ۰.۲ تا ۰.۴ درصد وزنی از مخلوط بستنی را تشکیل می‌دهند.
طعم‌دهنده‌ها	رایج‌ترین طعم‌های مورد استفاده عبارتند ازوانیل، بادام، شکلات، توت فرنگی و آجیل. اینها را می‌توان در مرحله اختلاط اضافه کرد. اگر طعم‌دهنده به شکل قطعات بزرگتر (مانند بادام، آجیل، میوه یا مربا) باشد، هنگامی‌که مخلوط منجمد شد به آن اضافه می‌شود. همچنین کاکائو با چربی (چربی کاکائو) با بستنی مخلوط می‌شود تا به روکش شکلاتی چسبندگی، کشسانی و قوام صحیح بدهد.

جدول ۱-۲۳. مواد مورد استفاده در بستنی

۲-۲۳. توزین، اندازه‌گیری و اختلاط

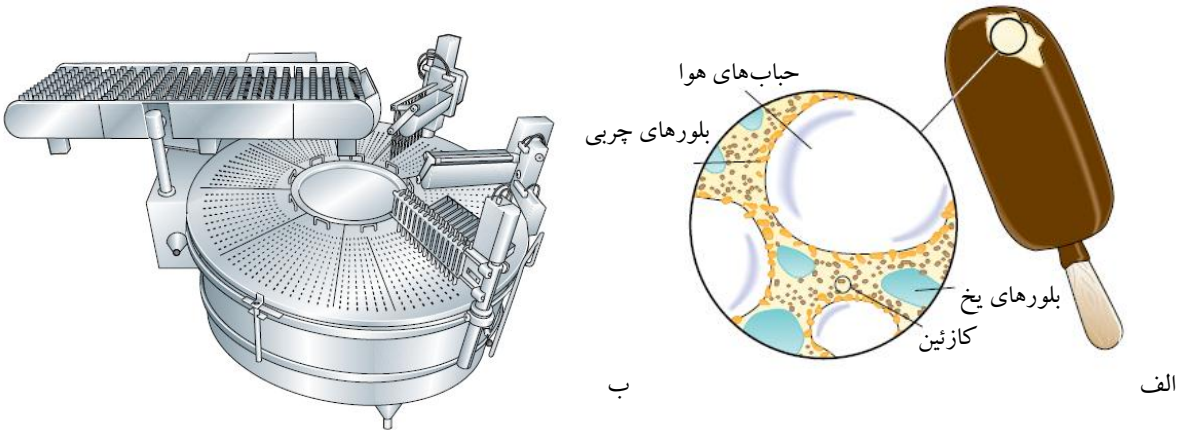
مواد خشک در مقیاس کوچک، توزین‌شده و با دست در مخازن مخلوط عرضه می‌شوند و این مخازن برای گرمایش غیرمستقیم و مجهز به همزن کارآمد طراحی شده‌اند. مواد خشک در مقیاس بزرگ با سیستم‌های بتچینگ (دسته‌کردن) خودکار عرضه می‌شوند مواد خام موجود در مخزن حرارت داده‌شده و به یک مخلوط همگن تبدیل می‌شوند که سپس پاستوریزه و همگن می‌شود. در مقیاس بزرگ، داشتن دو مخزن مخلوط با حجم متناسب با ظرفیت ساعتی پاستوریزه، برای حفظ جریان مداوم، معمول است. مواد خشک (به ویژه پودر شیر) در یک واحد اختلاط که آب از طریق آن به گردش در می‌آید، اضافه می‌شوند و یک اثر افشانک ایجاد می‌کنند که پودر را به داخل جریان می‌مکد. قبل از بازگشت به مخزن، مخلوط در دمای ۵۰ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد گرم می شود تا انحلال آسان شود و مواد مایع (شیر، خامه، شکر مایع و...) در مخزن مخلوط می‌شوند. در تولید (در مقیاس بزرگ) مخلوط بستنی از طریق یک فیلتر به یک مخزن تعادل، جریان می‌یابد و از آنجا به یک مبدل حرارتی صفحه‌ای پمپ می‌شود و در آنجا تا دمای ۷۳ تا ۷۵ درجه سانتی‌گراد از قبل گرم می‌شود. می‌توان چربی گیاهی را در یک مخلوط‌کننده خطی در مسیر همگن‌ساز با جریان مخلوط کرد. پس از همگن شدن در ۱۴ تا ۲۰ مگاپاسکال، مخلوط پاستوریزه می‌شود. در تولید دسته‌ای، مخلوط (مقدار اندازه‌گیری‌شده چربی) ابتدا در مخزن ترکیبی و فرآوری در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد با مدت نگهداری ۳۰ دقیقه، پاستوریزه می‌شود. سپس مخلوط از همگن‌ساز عبور می‌کند، در یک مبدل حرارتی صفحه‌ای تا دمای ۵ درجه سانتی‌گراد سرد می‌شود و به مخزن هوا رسانی منتقل می‌شود. مخلوط باید حداقل به مدت ۴ ساعت در دمای بین ۲ تا ۵ درجه سانتی‌گراد با هم‌زدن ملایم، مداوم بماند. هوا رسانی باعث می‌شود تا تثبیت‌کننده اثر کند و چربی متبلور شود. مطابق شکل ۱-۲۳، انجماد پیوسته برای منجمدکردن محتوای آب موجود در مخلوط به تعداد زیادی بلور یخ کوچک و برای هم۳زدن مقدار کنترل‌شده هوا در مخلوط، بکار می‌رود. مخلوط به یک سیلندر که توسط یک ژاکت (غلاف) آمونیاکی در یخچال قرار می‌گیرد، پمپ می‌شود. برای

تشکیل بلورهای یخ کوچک، فرآیند انجماد باید بسیار سریع انجام شود. لایه مخلوط یخ‌زده روی دیواره سیلندر به طور مداوم توسط یک جهش‌دهنده مجهز به چاقو چرخان در داخل سیلندر، خراشیده می‌شود.



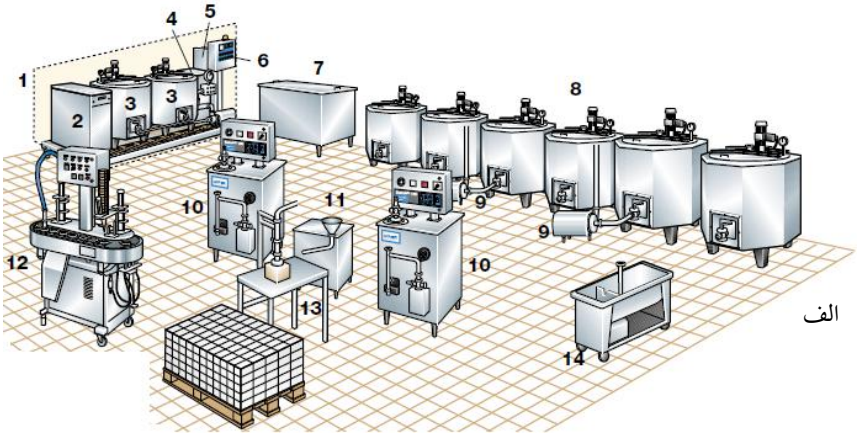
شکل ۱-۲۳. الف. فریزر بستنی پیوسته با کنترل خودکار. ب. فریزر بستنی پیوسته با کنترل دستی.

مطابق شکل ۲-۲۳، بستنی در دستگاه پرکن چرخشی یا درون خطی بسته‌بندی می‌شود و سپس از یک تونل سخت‌کننده عبور می‌کند تا انجماد نهایی (تا دمای منفی ۲۰ درجه سانتی‌گراد) انجام شود. بستنی توسط فریزرهای چوبی، قالب‌گیری می‌شود و از فریزر پیوسته در دمای منفی ۳ درجه سانتی‌گراد، عرضه می‌شود. قالب‌های پرشده به صورت مرحله‌ای از طریق محلول آب نمک با دمای منفی ۴۰ درجه سانتی‌گراد منتقل می‌شوند تا محلول بستنی را منجمد کنند و چوب‌ها قبل از یخ‌زدن کامل قالب‌ها وارد می شوند. محصولات یخ‌زده با عبور دادن آنها از محلول آب نمک گرم (که سطوح محصولات را ذوب می‌کند و به طور خودکار توسط یک واحد استخراج‌کننده؛ حذف می‌شوند) از قالب‌ها خارج می‌شوند و میله‌ها قبل از انتقال به دستگاه بسته‌بندی، آغشته به شکلات می‌شوند. ساخت بستنی هنگامی کامل می‌شود که در دمای منفی ۲۰ درجه سانتی‌گراد، کاملاً سفت شود.

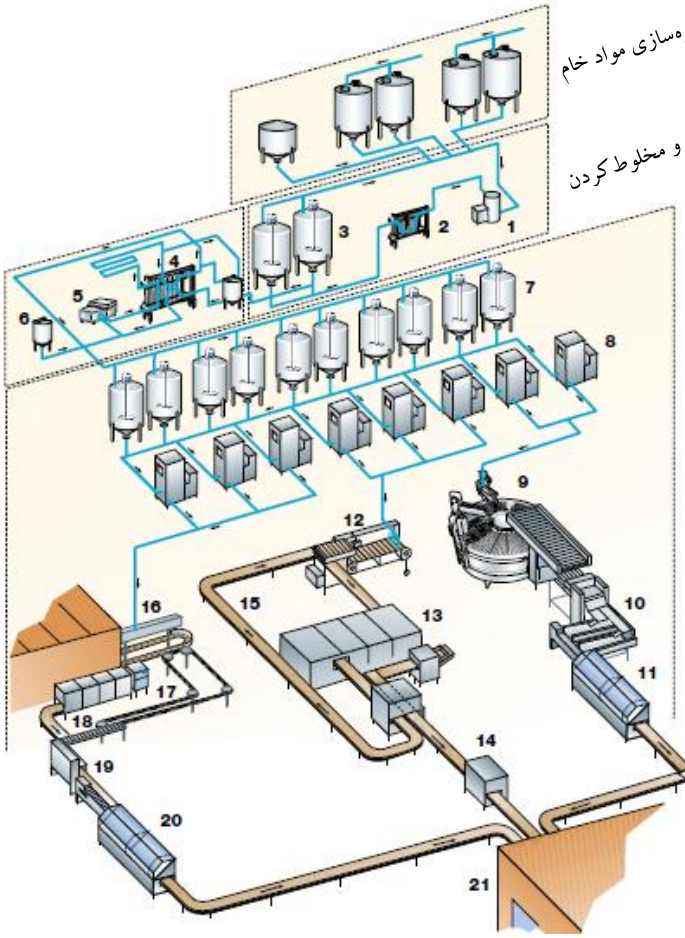


شکل ۲-۲۳. الف. بافت یک نوار بستنی. ب. فریزر چوبی برای تولید بستنی.

مطابق شکل ۳-۲۳، دو دستگاه برای جریان محصول در تولید بستنی مورد استفاده قرار می‌گیرند.



الف



ب

شکل ۳-۲۳. الف. دستگاه تولید ۵۰۰ لیتر در ساعت محصولات بستنی (۱. ماژول آماده‌سازی مخلوط بستنی ۲. گرم‌کننده آب ۳. مخزن اختلاط و پردازش ۴. همگن‌ساز ۵. مبدل حرارتی صفحه‌ای ۶. پنل کنترل ۷. واحد خنک‌کننده آب ۸. مخازن هوا رسانی ۹. پمپ‌های تخلیه ۱۰. فریزرهای پیوسته ۱۱. پمپ موج‌دار شدن ۱۲. پرکننده چرخان ۱۳. پرکننده قوطی دستی ۱۴. واحد CIP). ب. دستگاه تولید ۵۰۰۰-۱۰۰۰۰ لیتر در ساعت محصولات بستنی (۱.واحد مخلوط‌کردن ۲. مبدل حرارتی صفحه‌ای ۳. مخازن مخلوط‌کن ۴. مبدل حرارتی صفحه‌ای ۵. همگن‌ساز ۶. مخزن چربی گیاهی ۷. مخازن هوا سازی ۸. فریزرهای پیوسته ۹. فریزر میله‌ای ۱۰. واحد بسته‌بندی و انباشته‌شدن ۱۱. واحد کارتن‌سازی ۱۲. پرکننده فنجان/مخروط ۱۳. تونل سفت‌شدن ۱۴،۱۵.خط کارتن‌سازی مجدد سینی‌های خالی ۱۶. اکسترو (روزن‌ران) در تونل سینی ۱۷. واحد روکش شکلات ۱۸. تونل خنک‌کننده ۱۹. واحد بسته‌بندی ۲۰. واحد کارتن‌سازی ۲۱. انبار سرد).

فصل بیست و چهارم :

کازئین

کازئین پروتئین اصلی شیر است و حدود ۸۰ درصد از کل محتوای پروتئین را تشکیل می‌دهد. در فرآیند پنیرسازی، کازئین با اثر آنزیم مایه پنیر رسوب می‌کند و منعقدی متشکل از کازئین، پروتئین‌های آب پنیر، چربی، لاکتوز و مواد معدنی شیر تشکیل می‌شود. کازئین از شیر بدون چربی با دو روش رسوب با اسید یا انعقاد با مایه پنیر تهیه می‌شود. برای حفظ و افزایش کیفیت کازئین باید چربی، پروتئین آب پنیر، لاکتوز و مواد معدنی با شستشوی چند مرحله‌ای در آب حذف شوند.

۱-۲۴. انواع کازئین

کازئین به انواع زیر تقسیم می‌شود :

_ کازئین مایه پنیر که از طریق رسوب آنزیمی بدست می‌آید.

_ کازئین اسیدی که از اسیدی‌کردن شیر بدون چربی تا نقطه ایزوالکتریک بدست می‌آید.

_ رسوب همزمان با حرارت‌دادن شیر بدون چربی تا دمای بالا و سپس رسوب‌دادن مجتمع پروتئین کازئین/آب پنیر که با کلرید کلسیم، ایجاد می‌شود. رسوب همزمان حاوی پروتئین آب پنیر و کلسیم نیز می‌باشد.

_ کازئینات‌ها که از اسید کازئین حل شده در هیدروکسید سدیم بدست می‌آیند.

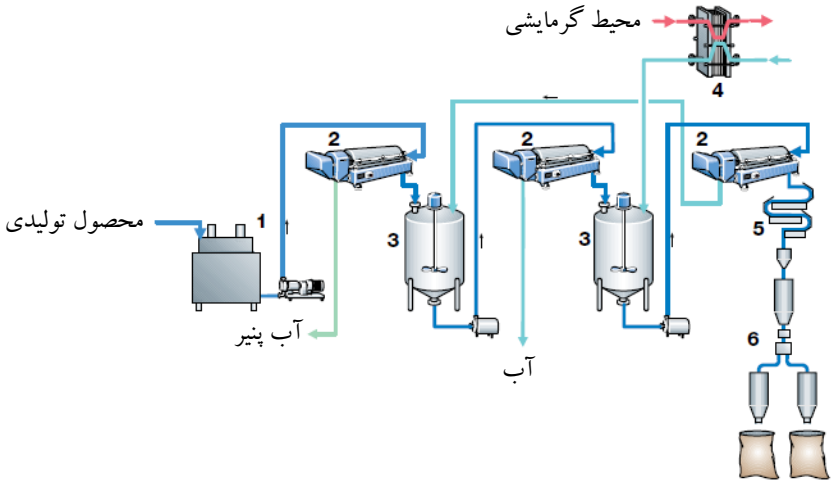
۱-۱-۲۴. تاثیر مواد خام

برای تولید کازئین باکیفیت، ماده اولیه شیر بدون چربی باید کیفیت خوبی داشته باشد. اگر باکتری‌ها در اثر تغییر اسیدیته، زمان لازم را داشته باشند تا روی پروتئین موجود در شیر تأثیر بگذارند، این روی رنگ و قوام کازئین تأثیر می‌گذارد (رنگ مایل به خاکستری و قوام نرم‌تری پیدا می‌کند). حرارت‌دادن بیش از حد شیر قبل از بارش نه تنها باعث ایجاد فعل و انفعالات مختلف بین ترکیبات لاکتوز، کازئین و پروتئین آب پنیر می‌شود، بلکه به کازئین، رنگ زرد یا قهوه‌ای می‌دهد. برای تولید کازئین با کیفیت باکتریولوژیک خوب و بدون عملیات حرارتی بالا شیر بدون چربی، باید یک دستگاه میکروفیلتراسیون به دستگاه پاستوریزاسیون اضافه کرد.

۲-۲۴. کازئین مایه پنیر

شیر بدون چربی که در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه پاستوریزه می‌شود، برای تولید کازئین مایه پنیر و سایر انواع کازئین استفاده می‌شود (مقادیر کم چربی برای کیفیت آن مضر است). مطابق شکل ۱-۲۴، مایه پنیر با کمک آنزیم کیموزین (منعقدکننده پروتئین شیر) موجود در مایه پنیر صورت می‌گیرد. شیر برای مدت کوتاهی حرارت داده می‌شود و سپس تا دمای ۳۰ درجه سانتی گراد خنک می‌شود. سپس مایه پنیر اضافه می‌شود و ژل بعد از مدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه تشکیل می‌شود. برش داده می شود و انعقاد در حالی‌که تا دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد گرم می‌شود، هم زده می‌شود. البته دمای بالا برای غیرفعال‌کردن آنزیم، ضروری است. آب پنیر پس از رسیدن به دمای نهایی تخلیه می‌شود و کازئین باقیمانده با آب شسته می‌شود تا پروتئین‌های آب پنیر، لاکتوز و نمک حذف شوند (شستشو در دو یا سه مرحله در دمای

بین ۴۵ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود). پس از تخلیه آب، کازئین بیشتر در غربال‌ها یا جداکننده‌ها، آبگیری می‌شود. سپس با هوای داغ خشک می‌شود تا محتوای آب آن به ۱۲ درصد برسد و در نهایت به پودر تبدیل می‌شود. در فرآیند خشک کردن دو مرحله‌ای، دما در مرحله اول ۵۰ تا ۵۵ درجه سانتی‌گراد و در مرحله دوم ۶۵ درجه سانتی‌گراد است. کازئین مایه پنیر باید سفید یا کمی زرد باشد. رنگ تیره‌تر نشانه کیفیت پایین‌تر است و ممکن است به دلیل محتوای بیش از حد لاکتوز باشد. در یک دستگاه تولید پیوسته کازئین مایه پنیر، تخلیه آب پنیر قبل از عبور کازئین از دو یا سه مخزن شستشو با همزن انجام می شود. آب پنیرگیری در دستگاه گریز از مرکز رسوب‌گیر برای کاهش مصرف آب شستشو، انجام می‌شود. کازئین در بین مراحل شستشو (بر روی صافی‌های استاتیک شیب‌دار یا در رسوب‌گیر) آب‌گیری می‌شود. پس از خروج از مراحل شستشو، مخلوط آب/کازئین از یک رسوب‌گیر دیگر عبور می کند تا قبل از خشک شدن نهایی، تا حد امکان آب تخلیه شود. البته در تولید در مقیاس بزرگ از دستگاه دسته‌ای تولید کازئین مایه پنیر استفاده می‌شود و تعداد محاسبه‌شده‌ای از مخزن‌های کازئین به ترتیب خالی می‌شوند تا دستگاه آب پنیرزدایی و شستشوی مداوم را تغذیه کند. شستشو با جریان متقابل انجام می‌شود چون نسبت به شستشوی همزمان بهتر است. پس از شستشو، کازئین در یک رسوب‌گیر، آبگیری می شود و پس از خشک‌شدن، آسیاب می‌شود ودر آخر بسته‌بندی می‌شود.

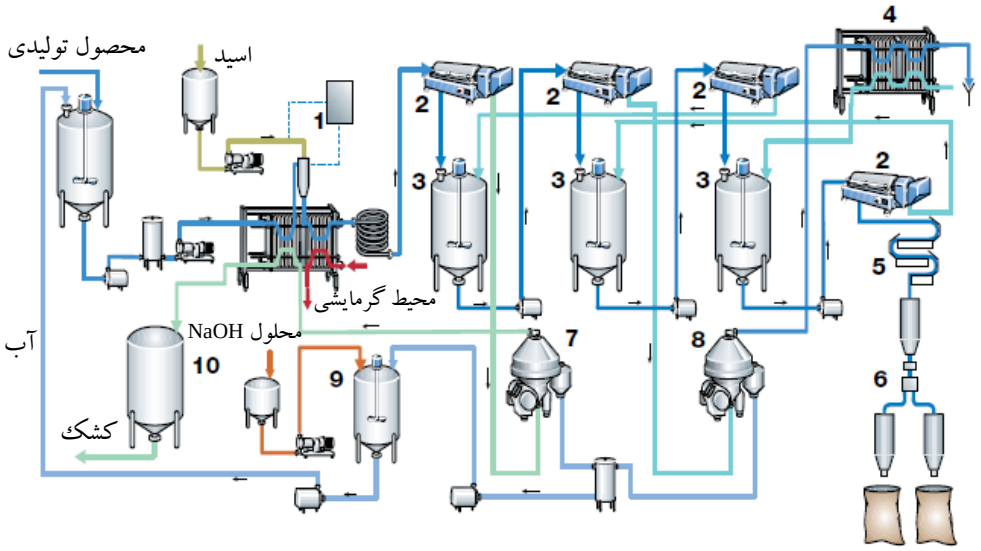


شکل ۱-۲۴. خط فرآیند با شستشوی جریان متقابل کازئین مایه پنیر (۱. خمره تولید کازئین ۲. رسوب‌گیر. ۳. مخزن شستشو ۴. گرم‌کننده ۵. خشک‌کن ۶. آسیاب، الک و بسته‌بندی)

۳-۲۴. اسید کازئین

شیر تا نقطه ایزوالکتریک کازئین، اسیدی می‌شود. نقطه ایزوالکتریک، مرحله‌ای است‌که غلظت یون هیدرونیوم ریزواره‌های کازئین با بار منفی را خنثی می‌کند و منجر به رسوب کمپلکس کازئین می‌شود. چنین اسیدی‌شدنی می‌تواند به صورت بیولوژیکی یا با افزودن یک اسید معدنی انجام شود. همچنین مطابق شکل ۲-۲۴، اگر شیر تا دمای لازم گرم شود و اسید معدنی اضافه شود تا pH شیر به ۴.۳- ۴.۶ برسد. پس از بررسی pH، شیر در یک مبدل حرارتی صفحه‌ای تا دمای ۴۰ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد گرم می‌شود و حدود دو دقیقه نگهداری می‌شود (هنگامی‌که دانه‌های صافی از کازئین تشکیل می‌شوند). برای از بین بردن آب پنیر قبل از شروع شستشو، مخلوط آب پنیر/ کازئین از داخل یک رسوب‌گیر عبور

داده می‌شود تا آب کمتری برای شستشو مورد نیاز باشد. قبل از خروج از دستگاه، آب پنیر و آب شستشو از هم جدا می‌شوند و کازئین با مخلوط‌شدن با محلول آب قلیایی، حل می‌شود و سپس با شیر بدون چربی که برای تولید کازئین در نظر گرفته شده است مخلوط می‌شود. پس از آب‌گیری، کازئین اسیدی آسیاب می‌شود و سپس بسته‌بندی می‌شود.



شکل ۲-۲۴. فرآیند تولید کازئین اسیدی (۱. کنترل pH ۲. دستگاه گریز از مرکز رسوب‌گیر ۳. مخزن شستشو ۴. مبدل حرارتی ۵. خشک‌کن ۶. آسیاب‌کردن، الک‌کردن و بسته‌بندی ۷. بازیابی ریز دانه‌ها از آب پنیر ۸. بازیابی ریز دانه‌ها از آب شستشو ۹. انحلال

رسوب همزمان حاوی تمام بخش‌های پروتئینی شیر است. پس از افزودن مقدار کمی کلرید کلسیم یا اسید به شیر کم‌چرب، مخلوط تا دمای ۸۵ تا ۹۵ درجه سانتی‌گراد، حرارت داده می‌شود و به مدت ۱ تا ۲۰ دقیقه در آن دما نگهداری می‌شود تا امکان تعامل بین کازئین‌ها و پروتئین‌های آب پنیر فراهم شود. رسوب پروتئین‌ها از شیر گرم‌شده با افزودن کنترل‌شده محلول کلرید کلسیم (برای تولید هم‌رسوب کلسیم بالا) یا اسید رقیق (برای تولید هم‌رسوب کلسیم متوسط یا کم انجام می‌شود). سپس پنیر، شسته و خشک می‌شود تا رسوبات دانه‌ای و نامحلول تولید کند یا در آب قلیایی حل شود.

۴-۲۴. کازئینات

کازئینات یک ترکیب شیمیایی از کازئین و فلزات سبک می‌باشد. می‌توان کازئینات‌ها را از کشک کازئین اسیدی تازه رسوب داده‌شده یا از کازئین اسیدی خشک با واکنش با هر یک از چندین محلول رقیق‌شده قلیایی، تولید کرد. چسبندگی زیاد محلول‌های کازئینات سدیم با غلظت متوسط، محتوای جامد آنها را برای خشک‌کردن پاششی به ۲۰ درصد محدود می‌کند. زمان انحلال با اندازه ذرات مرتبط است و کاهش اندازه ذرات قبل از افزودن هیدروکسید سدیم، واکنش سریع‌تری پس از افزودن آن دارد. پس پنیر با آب مخلوط می‌شود و قبل از افزودن قلیایی از یک آسیاب کلوئیدی عبور داده می‌شود. دمای دوغاب کمتر از ۴۵ درجه سانتی‌گراد است و در یک مخزن روکش‌دار با یک همزن موثر جمع‌آوری می‌شود تا در یک سیستم گردش جریان با یک پمپ با ظرفیت بالا، یکپارچه شود. با اضافه‌شدن قلیایی به دوغاب، دما به ۶۰ تا ۷۵ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد و تا چسبندگی کاهش می‌یابد. برای تجزیه کارآمد، هنگامی‌که محلول کازئینات سدیم به

خشک‌کن پاششی می‌رود باید چسبندگی ثابتی داشته باشد. همچنین تهیه کازئینات کلسیم با چند تفاوت کوچک از همان خطوط کلی برای کازئینات سدیم پیروی می‌کند. ممکن است محلول‌های کازئینات کلسیم با حرارت دادن، بی‌ثبات شوند. در طی فرآیند انحلال، واکنش بین پنیر کازئین اسید و هیدروکسید کلسیم با سرعت بسیار کمتری نسبت به پنیر کازئین سدیم و هیدروکسید سدیم انجام می‌شود و برای افزایش سرعت واکنش بین کازئین و هیدروکسید کلسیم، باید کازئین به طور کامل در آمونیاک حل شود. سپس هیدروکسید کلسیم در محلول ساکارز اضافه می‌شود و محلول کازئینات کلسیم روی غلتک‌ها خشک می‌شود. بیشتر آمونیاک در طی این فرآیند تبخیر می‌شود. تولید سدیم کازئینات از کازئین در حضور مقدار محدودی آب با استفاده از تکنیک‌های اکستروژن امکان پذیر است.

فصل بیست و پنجم :

نظافت تجهیزات لبنیات

۱-۲۵. اهداف پاکسازی

در سطوح گرم‌شده، هنگامی‌که شیر در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد گرم می‌شود، سنگ شیر (رسوبی از کلسیم (و منیزیم) فسفات‌ها، پروتئین‌ها، چربی و...) تشکیل می‌شود. نتیجه حرارتی پس از یک دوره تولید طولانی مدت، روی صفحات مبدل در بخش گرمایش و اولین قسمت از بخش احیاکننده مشاهده می‌شود. رسوبات به سطوح می‌چسبند و پس از اجرای بیش از هشت ساعت، تغییر رنگ از سفید به قهوه‌ای قابل مشاهده است. همچنین در سطوح سرد شده یک لایه از شیر به دیواره‌های خطوط لوله، پمپ‌ها، مخازن و... میچسبد. هنگامی‌که یک سیستم خالی می‌شود، بایدتمیزکردن در اسرع وقت انجام شود تا این لایه خشک نشود و برداشتن آن سخت‌تر نشود.

۲-۲۵. تمیزکردن با مواد شوینده

کثیفی روی سطوح گرم با شوینده‌های قلیایی و اسیدی و با شستشوی آب شسته می‌شود، اما سطوح سرد با مواد قلیایی و گاهی با محلول اسید تمیز می‌شوند. برای بدست آوردن تماس خوب بین محلول شوینده قلیایی باید یک عامل مرطوب‌کننده اضافه شود که کشش سطحی مایع را کاهش می‌دهد. پلی‌فسفات‌ها عوامل امولسیون‌کننده و پخش‌کننده موثری هستند که آب را نیز نرم می‌کنند. همچنین مدت زمان تمیزکردن به ضخامت رسوبات و دمای محلول شوینده، بستگی دارد. صفحات مبدل حرارتی پوشانده شده با پروتئین منعقد شده، باید ۲۰ دقیقه در معرض محلول اسید نیتریک در حال گردش قرار گیرند اما تصفیه ۱۰ دقیقه‌ای با محلول قلیایی برای حل‌کردن لایه روی دیواره‌های مخزن شیر کافی است. پس از تمیز کردن با مواد شوینده، سطوح باید به اندازه کافی با آب شسته شوند تا تمام آثار شوینده پاک شود. با اسیدی‌کردن آب شستشوی نهایی (تا pH کمتر از ۵) با افزودن اسید فسفریک یا سیتریک، می‌توان از رشد یک شبه باکتری در آب شستشوی باقیمانده در سیستم جلوگیری کرد. برای محصولات خاص (شیر UHT و شیر استریل) باید تجهیزات استریل شوند تا سطوح عاری از باکتری شوند. تجهیزات لبنی را می‌توان به دو روش حرارتی (آب جوش، آب گرم و بخار) و شیمیایی (کلر، اسیدها، یدوفورها، آب اکسیژنه و...) ، ضد عفونی کرد.

۳-۲۵. سیستم‌های تمیز کردن (CIP) در محل

تمیزکردن در محل یعنی آب شستشو و محلول‌های شوینده از طریق مخازن، لوله‌ها و خطوط فرآیند بدون نیاز به از بین بردن تجهیزات به گردش درآیند. عبور جریان با سرعت زیاد مایعات از روی سطوح تجهیزات، یک اثر شستشوی مکانیکی ایجاد می‌کند که رسوبات کثیفی را از جای خود خارج می‌کند. این فقط در مورد جریان در لوله‌ها، مبدل‌های حرارتی، پمپ‌ها، شیرها، جداکننده‌ها و... صدق می‌کند. همچنین مواد موجود در تجهیزات فرآیند (فولاد ضد زنگ، پلاستیک و لاستیک‌واره‌ها) باید از کیفیتی برخوردار باشند که هیچ بو و مزه‌ای را به محصول منتقل نکنند و در برابر تماس با مواد شوینده و ضدعفونی‌کننده در دمای تمیزکردن مقاومت کنند. اگر سیستمی با فولادهای درجات مختلف با مواد فعال کاتیونی تمیز شود، ممکن است خوردگی الکترولیتی نیز رخ دهد. همچنین انواع مختلف پلاستیک در تجهیزات فرآیند

ممکن است خطر آلودگی ایجاد کنند و یا با چربی موجود در شیر حل شوند، پس مواد پلاستیکی برای استفاده در لبنیات باید معیارهای خاصی را در مورد ترکیب و پایداری برآورده کنند.

۲۵-۴. برنامه‌های CIP

برنامه‌های CIP لبنیات بسته به اینکه مداری که باید تمیز شود دارای سطوح گرم است یا خیر، متفاوت است :

_ برنامه‌های CIP برای مدارهای دارای پاستوریزه و سایر تجهیزات با سطوح گرم‌شده (UHT و...).

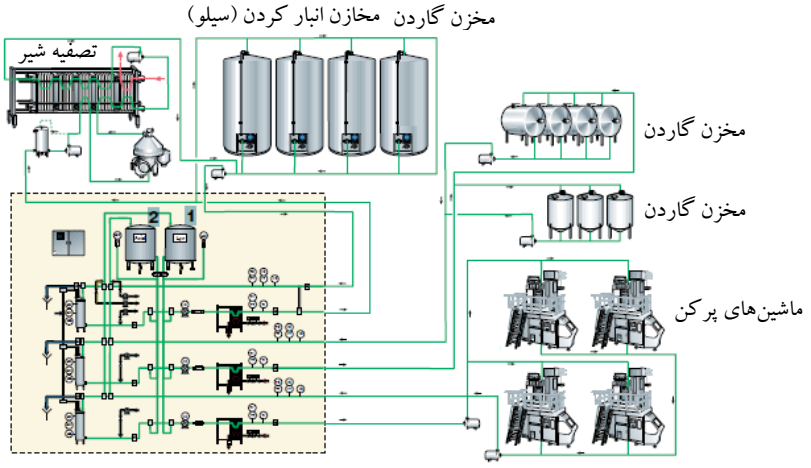
_ برنامه‌های CIP برای مدارهای دارای سیستم لوله، مخازن و سایر تجهیزات فرآیندی بدون سطوح گرم.

تفاوت اصلی بین این دو نوع این است که گردش اسید همیشه باید در نوع اول گنجانده شود تا پروتئین و نمک‌های پوشیده شده از سطوح تجهیزات عملیات حرارتی حذف شود.

در برخی موارد پس از شستشو با آب، سیستم CIP طوری برنامه‌ریزی شده است که ابتدا با شوینده اسیدی شروع به حذف نمک‌های رسوب می‌کند و برای تسهیل حل‌شدن پروتئین‌ها توسط شوینده قلیایی بعدی، لایه کثیفی را می‌شکند. هنگامی‌که با تمیز کردن قلیایی شروع می‌شود و پس از شستشوی میانی با آب، با تمیزکردن اسید خاتمه می‌یابد، قبل از شروع ضدعفونی با یک ماده شیمیایی کلر، دستگاه باید با یک محلول قلیایی ضعیف، شسته شود تا اسید خنثی شود.

۲۵-۶. CIP متمرکز

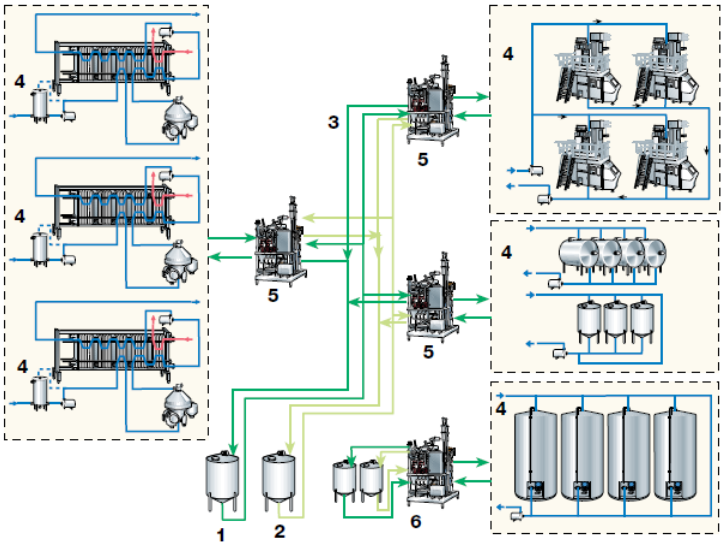
مطابق شکل ۱-۲۵، در سیستم‌های CIP متمرکز، محلول‌های آب و مواد شوینده از مخازن ذخیره‌سازی در ایستگاه مرکزی به مدارهای مختلف CIP پمپ می‌شوند. محلول‌های شوینده و آب داغ در مخازن عایق‌بندی‌شده، گرم نگه‌داشته می‌شوند و دمای مورد نیاز توسط مبدل‌های حرارتی حفظ می‌شود. آب شستشوی نهایی در مخزن آب شستشو جمع آوری می‌شود و در برنامه تمیزکردن بعدی به عنوان آب پیش‌شستشو استفاده می‌شود. تخلیه و تمیز کردن مخازن آب به ویژه مخزن آب شستشو در فواصل زمانی منظم برای جلوگیری از خطر آلوده‌شدن خط فرآیند تمیز، بسیار مهم است.



شکل ۱-۲۵. سیستم CIP متمرکز (۱.مخزن مواد شوینده قلیایی ۲.مخزن برای مواد شوینده اسیدی).

۲۵-۷. CIP غیرمتمرکز

در CIP غیرمتمرکز فاصله بین ایستگاه CIP در مرکز و مدارهای CIP محیطی بسیار طولانی است. ایستگاه بزرگ CIP با تعدادی واحد کوچکتر که نزدیک به گروه‌های مختلف تجهیزات فرآیندی قرار دارند، جایگزین می‌شود. مطابق شکل ۲-۲۵، سیستم CIP ماهواره ای یک ایستگاه مرکزی برای ذخیره‌سازی شوینده‌های قلیایی و اسیدی دارد که به‌صورت جداگانه در خطوط اصلی به واحدهای جداگانه CIP توزیع می‌شوند.تامین و گرمایش آب شستشو و مواد شوینده اسیدی به صورت موضعی در ایستگاه‌های ماهواره‌ای قرار داده شده است. این ایستگاه‌ها بر اساس این اصل کار می کنند که مراحل مختلف برنامه تمیزکردن با حداقل حجم مایع به دقت اندازه‌گیری‌شده انجام شود. از یک پمپ گردش قوی برای فشار دادن مواد شوینده در مدار با سرعت جریان بالا استفاده می‌شود. CIP غیرمتمرکز در مقایسه با CIP متمرکز بار سیستم‌های فاضلاب را کاهش می‌دهد.



شکل ۲-۲۵. سیستم CIP ماهواره‌ای (۱. مخزن ذخیره مواد شوینده قلیایی ۲. مخزن ذخیره مواد شوینده اسیدی ۳. خطوط حلقه برای مواد شوینده ۴. اشیاء قابل تمیز کردن ۵. واحد CIP ماهواره‌ای ۶. سیستم غیرمتمرکز CIP با مخازن مواد شوینده خود).

بررسی اثر تمیز کردن به دو روش بازرسی چشمی و باکتریولوژیکی انجام می‌شود. در روش باکتریولوژیکی، نتایج CIP با کشت باکتری‌های کلیفرم بررسی می‌شود. اگر تعداد باکتری کلی در هر ۱۰۰ سانتی‌متر مربع از سطح، بیشتر از یک باشد، نتیجه غیر قابل قبول است. برنامه کامل کنترل کیفیت علاوه بر آزمایش کلیفرم شامل تعیین تعداد کل میکرو ارگانیسم‌ها و کنترل ارگانولپتیک (چشیدن) نیز می‌باشد.

فصل بیست و ششم :

پساب‌های لبنیات

۱-۲۶. آلاینده‌های آلی

روش معمولی برای بیان غلظت یک آلاینده، تعیین مقدار کل در واحد حجم فاضلاب است و روش دیگر برای تجزیه و تحلیل وجود و مقادیر مواد آلی در پساب فاضلاب، استفاده از کروماتوگرافی است. مقدار مواد آلی به صورت تعیین می‌شود (جدول ۱-۲۶) :

_ نیاز بیولوژیکی اکسیژن (BOD)

_ اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)

_ از دست دادن خشک‌کردن (آهکی‌کردن)

_ کربن آلی کل (TOC)

آلاینده‌های آلی	توضیحات
نیاز بیولوژیکی اکسیژن (BOD)	BOD اندازه‌گیری محتوای مواد قابل تجزیه بیولوژیکی در فاضلاب است و توسط میکرو ارگانیسم‌ها در حضور (و با مصرف) اکسیژن تجزیه می‌شوند. اکسیژن مورد نیاز بر حسب مقدار اکسیژن مصرف شده توسط میکرو ارگانیسم‌ها در یک دوره پنج روزه یا هفت روزه در تجزیه آلاینده‌های آلی در فاضلاب در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری می‌شود.
اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)	COD مقدار آلاینده‌های موجود در فاضلاب را نشان می‌دهد که می‌توانند توسط یک اکسیدکننده شیمیایی، اکسید شوند. معرف‌های معمولی مورد استفاده برای این منظور محلول های اسیدی قوی (برای اطمینان از اکسیداسیون کامل) دی کرومات پتاسیم یا پرمنگنات پتاسیم در دمای بالا هستند. مصرف اکسیدان معیاری از محتوای ماده آلی را فراهم می‌کند و به مقدار متناظری از اکسیژن تبدیل می‌شود و نتیجه را به صورت میلی‌گرم اکسیژن در لیتر یا گرم اکسیژن در متر مکعب بیان می‌کند. نسبت COD/BOD نشان می‌دهد که پساب از نظر بیولوژیکی تا چه اندازه تجزیه پذیر است.
از دست دادن خشک‌کردن	اتلاف خشک‌کردن با تعیین مقدار مواد جامد خشک در نمونه و سپس خشک‌کردن آن به طوری که ماده آلی بسوزد حاصل می‌شود. تفاوت وزن قبل و بعد از خشک‌کردن نشان‌دهنده مقدار ماده آلی است.
کربن آلی کل (TOC)	TOC یکی از معیارهای کمیت مواد آلی است که با اندازه‌گیری مقدار دی‌اکسید کربن تولیدشده از احتراق یک نمونه تعیین می‌شود.

جذول ۱-۲۶. آلاینده‌های آلی.

۲-۲۶. آلاینده‌های غیر آلی

اجزای غیرآلی فاضلاب از نمک تشکیل می‌شود و توسط ترکیب یونی و غلظت نمک در آب اصلی تعیین می‌شود. وجود این نمک‌ها در فاضلاب بی اهمیت است. فرآیندهای تصفیه فاضلاب بر کاهش نیتروژن، نمک های فسفر و فلزات سنگین متمرکز است. ترکیبات نیتروژن و فسفر مهم هستند، زیرا مواد مغذی برای موجودات هستند (مانند جلبک در گیرنده). در نتیجه رشد جلبک‌ها، فرآیندهای ثانویه می‌توانند در گیرنده ادامه پیدا کنند و مواد آلی بیشتری را تشکیل دهند که وقتی تجزیه می‌شوند، می‌توانند به میزان قابل توجهی تقاضای اکسیژن بیشتری نسبت به آلاینده‌های آلی اولیه در پساب فاضلاب ایجاد کنند.

۳-۲۶. فاضلاب لبنیات

فاضلاب‌های لبنیات به سه دسته (آب خنک‌کننده، پساب بهداشتی و پساب صنعتی) تقسیم می‌شوند (جدول ۲-۲۶).

پساب لبنیات	توضیحات
آب خنک‌کننده	آب خنک‌کننده عاری از آلاینده‌ها است و به سیستم لوله‌کشی آب طوفان یعنی سیستم تخلیه آب از باران و ذوب برف و غیره تخلیه می‌شود.
پساب بهداشتی	پساب بهداشتی مستقیماً با یا بدون مخلوط‌شدن با پساب صنعتی مستقیماً به تصفیه‌خانه فاضلاب منتقل می‌شود.
پساب صنعتی	پساب‌های صنعتی از ریختن شیر و فرآورده‌های آن و از تمیزکردن تجهیزاتی که با فرآورده‌های شیری در تماس بوده‌اند سرچشمه می‌گیرد. غلظت و ترکیب زباله به برنامه تولید، روش‌های عملیاتی و طراحی کارخانه فرآوری بستگی دارد.

جدول ۲-۲۶. پساب لبنیات.

تصفیه‌خانه‌های فاضلاب طوری طراحی شده‌اند که مقدار معینی از مواد آلی را تصفیه کنند اما یک ماده آلی (چربی) مشکلات دشواری را ایجاد می‌کند. علاوه بر داشتن BOD بالا، چربی به دیواره‌های سیستم برق می‌چسبد و باعث ایجاد مشکلات ته‌نشینی در مخزن رسوب‌گذاری با بالا آمدن آن به سطح می‌شود. پس پسماند لبنیات باید از یک دستگاه شناورسازی عبور کند که در آن با آب پراکنده، هوادهی شود (با هوای محلول). حباب‌های هوا به چربی می‌چسبند و به سرعت آن را به سطحی می‌برند که در آنجا صاف می‌شود. پساب بدون چربی را می‌توان با فاضلاب بهداشتی که به تصفیه خانه فاضلاب می‌رود، مخلوط کرد. در نتیجه استفاده از شوینده‌های اسیدی و قلیایی برای تمیزکردن دستگاه، pH پساب لبنیات بین ۲ تا ۱۲ متغیر است. مقادیر pH پایین و بالا با فعالیت میکروارگانیسم‌هایی که آلاینده‌های آلی را در مرحله تصفیه بیولوژیکی تجزیه می‌کنند و آنها را به لجن بیولوژیکی (ریزه سلولی) تبدیل می‌کنند.

۴-۲۶. کاهش مقدار آلاینده‌ها در فاضلاب

_ در دریافت شیر (به ویژه هنگامی‌که تانکرها تخلیه می‌شوند) باید خروجی تانکرها حداقل ۰.۵ متر بالاتر از ظرف یا مخزن دریافت‌کننده باشد و شیلنگ اتصال به خوبی کشیده‌شده باشد تا از تخلیه کامل تانکرها اطمینان حاصل شود.

_ هنگامی که لوله‌ها نصب می‌شوند باید با شیب ملایم و محاسبه‌شده، قرار داده‌شوند تا خود تخلیه شوند و باید از لرزش لوله‌ها جلوگیری شود تا دچار نشتی نشوند.

_ همه مخازن باید مجهز به کنترل سطح برای جلوگیری از سرریز شوند. هنگامی که به بالاترین سطح مجاز رسید، یا پمپ تغذیه به طور خودکار متوقف می‌شود یا یک سیستم شیر اتوماتیک برای هدایت محصول به مخزن از پیش انتخاب‌شده دیگر، فعال می‌شود.

_ بوشن‌ها (اتصال‌ها) نباید هوادهی داشته باشند. اگر هوا به سیستم لوله کشی نشت کند باعث افزایش سوختن گرم‌کننده‌ها، مشکلات فرسایشی در همگن‌سازها و ایجاد کف در مخازن شیر و خامه می‌شود.

_ میعانات به عنوان آب خنک‌کننده پس از گردش در برج خنک‌کننده یا به عنوان آب تغذیه دیگ، استفاده می‌شود.

۵-۲۶. بررسی کلی تصفیه فاضلاب

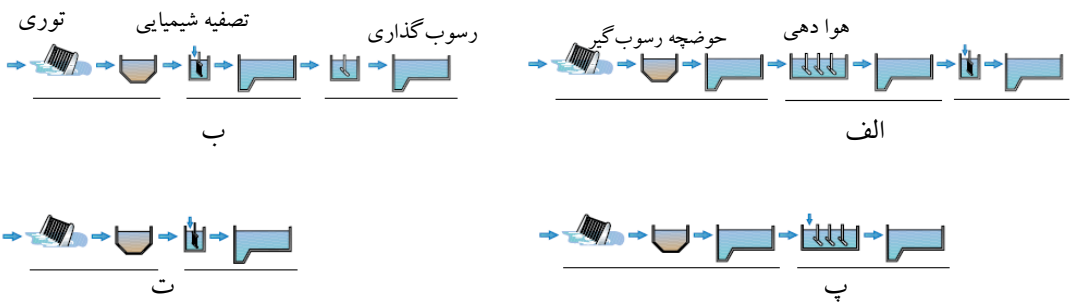
انتخاب تصفیه با درجه کاهش آلاینده مورد نیاز تعیین می‌شود :

_ پس از بارش : یک فرآیند سه مرحله‌ای که با عملیات مکانیکی بیولوژیکی(الف)، شیمیایی(ب) و تصفیه (پ) انجام می‌شود (شکل ۱-۲۶ الف).

_ پیش بارش : یک فرآیند دو مرحله‌ای که در مرحله اول تصفیه شیمیایی (پ) با رسوب مکانیکی (الف) ترکیب می‌شود که منجر به کاهش فسفر بالا و کاهش ۷۰ درصد از BOD می‌شود. این موضوع باعث کاهش بار روی مرحله بیولوژیکی (ب) می‌شود، یعنی به حجم آبریز و انرژی ورودی کمتری نسبت به پس از رسوب‌گذاری نیاز دارد (شکل ۱-۲۶ ب).

_ بارش مستقیم : یک فرآیند تک مرحله‌ای، با ترکیب مکانیکی (الف) و شیمیایی(پ) و مانند قبل از رسوب‌گذاری انجام می‌شود (شکل ۱-۲۶ پ).

_ بارش همزمان : یک فرآیند دو مرحله‌ای با عملیات مکانیکی(الف) و به دنبال آن یک مرحله ترکیبی بیولوژیکی-شیمیایی (ب/پ) (شکل ۱-۲۶ ت).



شکل ۱-۲۶. مراحل مختلف فرآیند فاضلاب

۱-۵-۲۶. تصفیه مکانیکی، شیمیایی و بیولوژیکی

_ تصفیه مکانیکی شامل شبکه صافی، حوضچه رسوب‌گیر و حوضچه‌های رسوب اولیه است. رسوب به دور پمپاژ می‌شود و کف شناور توسط خراش‌دهنده‌ها از بین می‌رود. همچنین از فرآیندهای پوسیدگی که باعث ایجاد بوی بد می‌شود، جلوگیری می‌کند.

_ هدف اصلی تصفیه فاضلاب شیمیایی، پاکسازی آب از فسفر است. رسوب شیمیایی می‌تواند تقریباً ۱۰۰ درصد از فسفر موجود در فاضلاب را حذف کند، در حالی‌که تصفیه بیولوژیکی فقط ۲۰ تا ۳۰ درصد میزان فسفر را کاهش می‌دهد. مرحله بارش با مخازن لخته‌سازی شروع می‌شود، تا لخته‌سازها اضافه شوند و توسط همزن‌ها در آب مخلوط شوند. لخته‌ها در حوضچه‌های پیش از رسوب‌گذاری مستقر می‌شوند و سپس پساب شفاف برای تصفیه بیولوژیکی به آب‌گیر سرریز می‌شود. پیش ته‌نشینی مرحله نهایی در عملیات ترکیبی مکانیکی و شیمیایی است.

_ ناخالصی‌های آلی باقی‌مانده در سرریز حاصل از عملیات شیمیایی با کمک میکرو ارگانیسم‌ها، تجزیه می‌شوند (مثل باکتری‌هایی که از مواد آلی موجود در آب تغذیه می‌کنند). میکرو ارگانیسم‌ها برای انجام عملکرد خود باید به اکسیژن دسترسی داشته باشند و به طور مداوم تکثیر می‌شوند و یک لجن فعال تشکیل می‌دهند. این لجن با ته‌نشین شدن در حوضچه‌های پس از ته‌نشینی از آب خارج می‌شود. بیشتر آن به حوضچه‌های هوادهی چرخش می‌شود تا روند تجزیه بیولوژیکی ادامه یابد. لجن اضافی برای تصفیه بیشتر از فرآیند خارج می‌شود و پساب شفاف‌شده در گیرنده تخلیه می‌شود. فیلتر بیولوژیکی است که یک ظرف پر از قطعات سنگ یا پلاستیک است، یک جایگزینی برای حوضچه هوادهی است. آب توسط یک توزیع‌کننده چرخان بر روی فیلتر پاشیده می‌شود، از طریق بستر فیلتر به پایین می‌ریزد و با گردش هوا به اکسیژن می‌رسد. یک پوست از میکرو ارگانیسم‌ها بر روی سطوح سنگ‌ها ایجاد می‌شود و ناخالصی‌های آلی موجود در آب را تجزیه می‌کند.

پایان