همه با هم
جهاد
سازندگی
۱۳۵۸

شرکت سهامی صنایع شیر ایران

صنعت شیر

جلد اول

ترجمه

فرهاد فرهنودی

شرکت سهامی صنایع شیر ایران

صنعت شیر

جلد اول

ترجمه

فرهاد فرهنودی

پاییز ۱۳۷۷

این کتاب ترجمه‌ای از کتاب - DAIRY PROCESSING HANDBOOK -
که توسط شرکت - TETRA PAK PROCESSING SYSTEMS AB -
گرد آوری و در سال ۱۹۹۵(م) منتشر شده است.

کلیه حقوق این اثر برای مترجم و شرکت سهامی صنایع شیر ایران محفوظ است و هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی صاحبان اثر ممنوع می‌باشد.

نام کتاب : صنعت شیر (جلد اول و دوم)
ترجمه : فرهاد فرهنودی
ویراستاران علمی: ۱ - مهندس مجید دیدری ۲- مهندس وحید مفید
ویراستار ادبی : شهرام توکلی
تایپ و پردازش متن: منصوره لطفی‌زاده
نوبت چاپ : اول
تاریخ چاپ: پاییز ۱۳۷۷
نظارت فنی : شاهین میمندی‌نژاد
لیتوگرافی : گرافیک گستر
چاپ : صنوبر
صحافی : ایرانمهر
تیراژ: ۲۰۰۰ نسخه
قیمت : یک دوره دوجلدی ۲۰۰۰۰ تومان
ناشر: انتشارات شرکت جهاد تحقیقات و آموزش تهران صندوق پستی ۱۴۷۸-۱۳۱۴۵ تلفن: ۶۴۹۵۵۷۴

شابک جلد اول: ۹۶۴-۹۱۹۰۰-۰-۷
شابک دوره دو جلدی: ۹۶۴-۹۱۹۰۰-۲-۳
ISBN 964-91900-0-7(vol.1)
ISBN 964-91900-2-3(2Vol.Set)

تشکر و قدر دانی

از هیئت مدیره محترم صنایع شیر ایران که امکان چاپ این مجموعه را فراهم آوردند کمال تشکر را دارم .

همچنین از مدیرعامل محترم صنایع شیر ایران برادر ارجمند جناب آقای مهندس حق شناس که در خصوص چاپ این کتاب مساعدت های وافری نموده اند ، تشکر وقدر دانی می نمایم .

فرهاد فرهنودی

تقدیم به :

جهاد گران راه حق

یادداشت

صنعت شیر ایران با بیش از چهار دهه فعالیت ، فراز و نشیب های مختلفی را پشت سر گذاشته است . اولین پایه های تولید در مقیاس صنعتی برای تهیه فراورده های لبنی پاستوریزه از یک خط اهدایی سازمان یونیسف در حدود چهل و اندی سال پیش شروع شد و هم اکنون این صنعت در ایران به یکی از پیشرفته ترین واحد های صنایع غذایی تبدیل گشته است .

این امر بدون تلاش جهادگران عرصه ایمان و علم با بهره گیری از توانایی های بالقوه میسر نمی گردید. زیرا صنعت شیر بدلیل ماهیت وابسته بودن فن آوری ماشین الات و دانش فنی آن به خارج از کشور همواره صنعتی وابسته بنظر می رسید .

اکنون صنایع شیر ایران مفتخراست که توانسته است در سایه نظام مقدس جمهوری اسلامی ایران و توجه مسئولین محترم به رشد وگسترش این صنعت بپردازد و همگام با دنیا ، پیشرفته ترین فن اوری موجود را برای تولید فراورده های لبنی - که بطور روزمره در ارتباط با زندگی آحاد مردم قرار دارد - بکار گیرد که از جمله می توان به بهره برداری از جدیدترین خط تولید پنیر ، در گرگان و گلپایگان ، بکار گیری تکنولوژی غشایی (اولترافیلتراسیون) بعنوان پیشرفته ترین سیستم در تولید فراورده های لبنی اشاره نمود که با نصب و راه اندازی ۵ خط تولید پنیر فتا و فراورده های جانبی آن درحال اتمام است و انشاا... در آینده نزدیک با دستیابی به خود کفایی کامل در این زمینه از تولید می توان انتظار داشت امکان صادرات محصولات لبنی نیز فراهم گردد .

به جرأت می توان اذعان داشت در دستیابی به فن آوری و ساخت ماشین الات نیزبه پیشرفتهای بزرگی دست یافته ایم و آنچه امروزه در زمینه ساخت ماشین آلات و کسب دانش فنی این صنعت در ایران انجام می پذیرد به همت مجموعه متخصصین و صنعتگران فعلی و قبلی شاغل بکار در شرکت سهامی شیر ایران بوده است و هم اکنون باتلاش و ابتکار آنان امکان ساخت تعداد زیادی از سیستم ها و دستگاههای مورد نیاز این صنعت در کشور نظیر : " دستگاههای پاستوریزاتور ، پمپ های بهداشتی ، دستگاه هموژن کننده ، خط تولید بستنی ، انواع مخازن و اتصالات ، دستگاههای بسته بندی و اخیرا واحد های تبخیر کننده تحت خلاء " فراهم شده است .

صنایع شیر ایران به عنوان پیشتاز صنعت لبنی در ایران همواره آمادگی دارد که تمامی تجارب و یافته های علمی خود را در اختیار کلیه دست اندرکاران و علاقمندان این صنعت قرار دهد . در این راستا و همچنین به منظور رفع خلاء علمی در منابع فارسی و توسعه دانش صنعت لبنی کتاب حاضر تحت عنوان " **صنعت شیر** "منتشر گردید که امید است مورد استفاده دست اندرکاران این صنعت قرار گیرد . انشاا... .

شرکت سهامی صنایع شیر ایران

و ان لكم في الانعام لعبرة نسقيكم مما في بطونه من بين فرث و دم لبنا خالصا سائغا للشاربين (نحل ٦٦)

والبته برای شما هوشمندان ملاحظه حال چهار پایان - از شتر و گاو و گوسفند - عبرت و حکمت است که ما از میان (دو جسم ناپاک) سرگین و خون شیر پاک شما را می نوشانیم که در طبع همه نوشندگان گوارا است .(سوره مبارک نحل آیه ۶۶)

مقدمه

بر اساس یافته محققان ، زمان پیدایش کشاورزی در حدود ۱۵-۱۰ هزار سال قبل از میلاد مسیح بوده و شروع به نگهداری دام را از حدود ۶۰۰۰ سال قبل حدس می زنند . این دو رویداد نقاط عطفی را در تاریخ زندگی بشر پدید آورده که منشا تحول در گسترش تمدن و پیدایش جوامع بزرگ بوده است .

همزمان با نگهداری دام استفاده از شیر آن برای مصارف خانوادگی مرسوم گردید و سپس با افزایش تولید شیر، مقداری از آن در بازارهای محلی بعنوان کالا مورد تبادل قرار می گرفت .

تحول و نوآوری در صنعت دامپروری از حدود ۲ قرن پیش ذکر گردیده است و از حدود ۱۵۰ سال قبل ، تولید صنعتی شیر به سبک تقریبا امروزی با ساختن ابزارهای فرایند کننده مانند خامه گیر شروع شد که از آن پس تاکنون پیشرفت های بزرگی در عرصه فرایند شیر پدید آمده است .

امروزه ، تولید شیر و محصولات تهیه شده از آن ، بعنوان ترکیبات غنی از پروتئین و مواد ضروری بدن ، یکی از مهمترین فعالیت ها در زمینه صنایع غذایی محسوب می گردد ، بگونه ای که در مواردی مصرف سرانه (مقدار کل مصرف به تعداد جمعیت کشور در طول

آسیا مخصوصا در هند و چین دیده می شود . در این کشورها با وجود راندمان پایین تولید به ازای هر راس گاو (گاهی تا ۱۰۰ کیلوگرم در سال برای هرگاو) با استفاده از ترویج و یکپارچگی ملی و تعداد بالای دام - بیشتر از ۱۰۰ میلیون راس گاو و گاومیش - از حد اکثر پتانسیل موجود در ارتقا تولید شیر بهره جسته و موفقیت های قابل توجهی حاصل گردیده است.

تولید شیر در امریکای لاتین در سالهای اخیر از رشد چشمگیری برخوردار بوده و در اقیانوسیه رشدی در این زمینه گزارش نشده است .

شیر گاومیش

تولید شیر گاومیش جهان در سال ۱۹۹۶ در حدود ۵۱/۹ میلیون تن تخمین زده می شود ، که در مقایسه با سال ۱۹۹۱ مقدار ۷/۸ میلیون تن افزایش یافته است . دو سوم کل تولید شیر گاومیش را هند بر عهده دارد . راندمان تولید شیر گاومیش هندی از گاو های هندی بالاتر است . نصف تولید شیر در هند به گاومیش تعلق دارد .

تولید شیر گاومیش در پاکستان وهند رویهم ۹۰ درصد تولید این ماده در دنیا را در بر دارد . بقیه آن در کشورهایی نظیر چین ، مصر ایتالیا تولید می گردد .

شیر گوسفند

بیشتر از نصف تولید شیر گوسفند و بز جهان در آسیا و هندوچین و پاکستان انجام می پذیرد ، اما کاربرد صنعتی آن اساسا در اروپای جنوبی رواج دارد . در یونان تولید شیر گوسفند از شیر گاو مهمتر می باشد . در قاره آمریکا مقدار کمی بوسیله مکزیک و برزیل تولید می گردد. شیر تولیدی از دیگر دام ها در جهان ، فقط ۰/۲ درصد کل تولید را شامل می شود . شیر شتر با ۱/۲ میلیون تن دو سوم تولیدشیر را در سومالی تشکیل می دهد .

عملیات صنعتی در فرایند شیر

تقریبا حدود ۵۸ درصد کل تولید شیر جهان در مقیاس صنعتی تحت فرایند قرار می گیرد . مقدار تحویل شیر به کارخانجات در نقاط مختلف دنیا بسیار متفاوت می باشد . در اروپای غربی ، امریکا و ژاپن بین ۹۸-۹۰ درصد و در بعضی از کشور ها آسیایی این مقدار ۲۵-۱۰ درصد را شامل می شود . در ایران این مقدار در محدوده ۳۰-۲۵ درصد قرار دارد .

اهداف اصلی از فراوری شیر، علاوه بر تولید و در دسترس قرار دادن محصول بهداشتی برای مصرف کننده ، تولید فراورده هایی نظیر: کره ، پنیر ، پودر شیر خشک و ... برای تبادلات تجاری است .

یک سال) آن را در کشورهای جهان بعنوان شاخصه پیشرفت وتوسعه منظور می دارند . در جدول زیر مصرف سرانه شیر در چند کشور نشان داده شده است.

نام کشور	مصرف سرانه Kg	نام کشور	مصرف سرانه Kg
ایرلند	۱۸۹/۸	ایسلند	۱۷۹/۶
سویس	۱۰۱/۳	امریکا	۹۲/۷
آلمان	۷۰	ایران*	۷۰

* مصرف سرانه در ایران بر اساس مواد لبنیاتی محاسبه شده است .

وضعیت تولید شیر و فراورده های آن در جهان

از اواخر نیمه اول قرن اخیر ، تولید صنعتی شیر در جهان ، روند توسعه سریعی را دارا بوده است . این پیشرفت در بر دارنده بهبود روش های تولید شیر، با انتخاب نژاد های شیر وار مانند " براون سوئیس " و دام های دو منظوره مانند " هلشتاین " رو به گسترش نهاد که همراه با فن آوری جدید در فرایندها ، به شرایط مطلوبی دست یافته است . امروزه فن آوری به کار رفته در یک کارخانه مدرن شیر را می توان به یک پالایشگاه بسیار بزرگ تشبیه نمود که از مواد اولیه، محصولات متفاوتی را فرایند و تولید می نماید . تنوع محصولات مختلف لبنی را حدود ۵۰۰ نوع ذکر کرده اند.

تولید شیر در جهان

معمولا، گاو را بعنوان اصلی ترین دام تولید کننده شیر در جهان می شناسند . گرچه ممکن است در بعضی نقاط دیگر جهان ، دام های دیگری بعنوان دام شیرده در اولویت قرار داشته باشند که از جمله آن می توان به گاومیش ، بز ، گوسفند و شتر اشاره نمود .

طبق گزارش (FAO) تولید شیر گاو در سال ۱۹۹۶ مقدار ۸۶/۸ درصد کل تولید شیر جهان را تشکیل می داده که در مقایسه با سال ۱۹۹۱ (مقدار تولید ۸۸/۲ درصد) ، مقداری کاهش را نشان می دهد . ولی شیر گاومیش سهم خود را در کل تولید شیر جهان از مقدار ۸/۲ درصد در سال ۱۹۹۱ به مقدار ۹/۷ درصد در سال ۱۹۹۶ بهبود بخشیده است. علت این امر را موفقیت هند و مصرو چین در بالا بردن تولید شیر دانسته اند ، حدود ۵۰ درصد تولیدات شیر این کشورها از گاومیش تامین می گردد . سهم تولید شیر بز و گوسفند در کل تولید شیر جهان رشدی را در چند سال اخیر نشان نداده و در سطح ثابتی باقی مانده است .

روند کاهش تولید شیر گاو را از مقدار ۴۷۳ میلیون تن در سال ۱۹۹۰ به مقدار ۴۶۶ میلیون تن در سال ۱۹۹۶ به افت تولید و وضعیت اقتصادی کشورهای مشترک المنافع (شوروی سابق) و اروپای شرقی نسبت می دهند . در همین زمان پیشرفت بزرگی در تولید شیر گاو در

یک سال) آن را در کشورهای جهان بعنوان شاخصه پیشرفت وتوسعه منظور می دارند . در جدول زیر مصرف سرانه شیر در چند کشور نشان داده شده است.

نام کشور	مصرف سرانه Kg	نام کشور	مصرف سرانه Kg
ایرلند	۱۸۹/۸	*ایسلند*	۱۷۹/۶
سوئیس	۱۰۱/۳	*امریکا*	۹۲/۷
آلمان	۷۰	*ایران**	۷۰

** مصرف سرانه در ایران بر اساس مواد لبنیاتی محاسبه شده است .*

وضعیت تولید شیر و فراورده های آن در جهان

از اواخر نیمه اول قرن اخیر ، تولید صنعتی شیر در جهـان ، رونـد توسعه سـریعی را دارا بوده است . این پیشرفت در بر دارنده بهبود روش های تولید شیر، با انتخـاب نژاد هـای شیر وار مانند ' براون سوئیس ' و دام های دو منظوره مانند' هلشتاین ' رو به گسترش نهاد که همراه بـا فن آوری جدید در فرایندها ، به شرایط مطلوبی دست یافته است . امروزه فن آوری به کـار رفتـه در یک کارخانه مدرن شیر را می توان به یک پالایشگاه بسیار بـزرگ تشبیه نمـود کـه از مـواد اولیه، محصولات متفاوتی را فرایند و تولید می نماید . تنوع محصــولات مختلـف لبنـی را حـدود ۵۰۰ نوع ذکر کرده اند.

تولید شیر در جهان

معمولا، گاو را بعنوان اصلی ترین دام تولید کننده شـیر در جهـان مـی شناسـند . گرچـه ممکن است در بعضی نقاط دیگر جهان ، دام هـای دیگـری بعنـوان دام شـیرده در اولویـت قـرار داشته باشند که از جمله آن می توان به گاومیش ، بز ، گوسفند و شتر اشاره نمود .

طبق گزارش (FAO) تولید شیر گاو در سال ۱۹۹۶ مقدار ۸۶/۸ درصـد کـل تولیـد شـیر جهان را تشکیل می داده که در مقایسه با سـال ۱۹۹۱ (مقـدار تولیـد ۸۸/۲ درصـد) ، مقـداری کاهش را نشان می دهد . ولی شیر گاومیش سهم خود را در کل تولید شیر جهـان از مقـدار ۸/۲ درصد در سال ۱۹۹۱ به مقدار ۹/۷ درصد در سال ۱۹۹۶ بهبود بخشیده اسـت. علـت ایـن امـر را موفقیت هند و مصرو چین در بالا بردن تولید شیر دانسته اند ، حدود ۵۰ درصد تولیدات شیر ایـن کشورها از گاومیش تامین می گردد . سهم تولید شـیر بـز و گوسـفند در کـل تولیـد شـیر جهـان رشدی را در چند سال اخیر نشان نداده و در سطح ثابتی باقی مانده است .

روند کاهش تولید شیر گاو را از مقـدار ۴۷۳ میلیـون تـن در سـال ۱۹۹۰ بـه مقـدار ۴۶۶ میلیون تن در سال ۱۹۹۶ به افت تولید و وضعیت اقتصادی کشورهای مشترک المنافع (شـوروی سابق) و اروپای شرقی نسبت می دهند . در همین زمان پیشرفت بزرگــی در تولیـد شـیر گـاو در آسیا مخصوصا در هند و چین دیده می شـود . در ایـن کشـورها بـا وجـود رانـدمـان پـایین تولیـد به ازای هـر راس گـاو (گـاهی تـا ۱۰۰ کیلوگرم در سـال بـرای هرگـاو) بـا اسـتفاده از ترویـج و یکپارچگی ملی و تعداد بالای دام - بیشتر از ۱۰۰ میلیون راس گـاو و گـاومیش - از حـد اکـثر پتانسیل موجود در ارتقا تولید شیر بهره جسته و موفقیت های قابل توجهی حاصل گردیده است.

تولید شیر در امریکای لاتین در سالهای اخـیر از رشـد چشـمگیری برخـوردار بـوده و در اقیانوسیه رشدی در این زمینه گزارش نشده است .

شیر گاومیش

تولیـد شـیر گـاومیش جهـان در سـال ۱۹۹۶ در حـــدود ۵۱/۹ میلیـــون تـــن تخمیـــن زده می شود ، که در مقایسه با سال ۱۹۹۱ مقدار ۷/۸ میلیون تن افزایش یافتـه اسـت . دو سـوم کل تولید شیر گاومیش را هند بر عهده دارد . راندمان تولید شیر گـاومیش هنـدی از گـاو هـای هندی بالاتر است . نصف تولید شیر در هند به گاومیش تعلق دارد .

تولید شیر گاومیش در پاکستان وهند رویهم ۹۰ درصد تولید ایـن مـاده در دنیـا را در بـر دارد . بقیه آن در کشورهایی نظیر چین ، مصر ایتالیا تولید می گردد .

شیر گوسفند

بیشتر از نصف تولید شیر گوسـفند و بـز جهـان در آسـیا و هندوچیـن و پاکسـتان انجـام می پذیرد ، اما کاربرد صنعتی آن اساسا در اروپای جنوبی رواج دارد . در یونان تولید شیر گوسفند از شیر گاو مهمتر می باشد . در قاره آمریکا مقدار کمی بوسیله مکزیک و برزیل تولید می گـردد. شیر تولیدی از دیگر دام ها در جهان ، فقط ۰/۲ درصد کل تولید را شامل می شود . شیر شتر بـا ۱/۲ میلیون تن دو سوم تولیدشیر را در سومالی تشکیل می دهد .

عملیات صنعتی در فرایند شیر

تقریبا حدود ۵۸ درصـد کـل تولیـد شـیر جهـان در مقیـاس صنعتـی تحـت فراینـد قـرار می گیرد . مقدار تحویل شیر به کارخانجات در نقاط مختلف دنیـا بسـیار متفـاوت مـی باشـد . در اروپای غربی ، امریکا و ژاپن بین ۹۸-۹۰ درصـــد و در بعضـی از کشـور هـا آسـیایی ایـن مقـدار ۲۵-۱۰ درصد را شامل می شود . در ایران این مقدار در محدوده ۳۰-۲۵ درصد قرار دارد .

اهداف اصلی از فراوری شیر، علاوه بر تولید و در دسترس قرار دادن محصـول بهداشـتی برای مصرف کننده ، تولید فراورده هایی نظیر: کره ، پنیر ، پودر شیر خشک و ... بـرای تبـادلات تجاری است .

تولید کره در جهان

کل تولید کره جهان در سال ۱۹۹۶ حدود ۴/۰۹ میلیون تن بوده که در مقایسه بـا تولیـد سال ۱۹۹۱ حدود ۱ میلیون تن کاهش را نشان می دهد .

تولید پنیر در جهان

برعکس تولید کره ، تولید پنیر در جهان افزایش یافته اسـت ودر مقایسه تولیـد درسـال ۱۹۹۱ به مقدار ۱۰/۸۴ میلیون تن و درسال ۱۹۹۶ تا ۱۲/۱۷ میلیون تن افزایش یافته است .

دیدگاه تجاری لبنیات در جهان

تجارت محصولات لبنی ، یکی از فعالیت های سودمند جهان محسـوب مـی گـردد . در تجارت جهانی کره ازسال ۱۹۹۱ افزایشی مشاهده نشده که علت آن را اختـلال در بـازار مصـرف کشورهای مشترک المنافع (پانزده جمهوری مستقل) پس از فروپاشی شوروی سابق مـی داننـد ، اما در همین شرایط تجارت جهانی پنیر رشد داشته است .

قیمت جهانی کره از سال ۱۹۹۱ افزایش یافتـه ولـی در سـال ۱۹۹۴ کـاهش شـدیدی را نشان داده که مجددا در اواخر سال ۱۹۹۵ به بالاترین حد خود رسیده و ثابت مـانده اسـت . ایـن وضعیت برای شیر خشک نیز بر قرار بوده است .

تولید شیر در ایران

قاره آسیا به واسطه شرایط اقلیمی خود بیشتر محل پرورش دام هایی چون گوسفند و بـز بوده و جالب اینکه در بررسی ها باستان شناسی مشخص گردیـده کـه از میـان دام هـای اهلـی گوسفند و بز جزء اولین حیواناتی بوده اند که توسط انسان اهلی شده و مورد بهره برداری گوشتی و لبنی قرار گرفته اند . همچنین این تحقیقات نشان داده که خواستگاه بسـیاری از محصـولات و فراورده های لبنی ، آسیا و خصوصا در فلات تبت ، ایران و مغولستان بوده است .

اولین نژاد دام های شیری در زمان جنگ جهـانی دوم در سـال ۱۳۱۹ (ه.ش) از فرانسـه خریـداری و تحویـل موسسـه حیـدر آبـاد گردیـد و حـدود ده سـال بعـد بـرای احـداث اولیـن دامداری های صنعتی اقداماتی انجام شد . در جدول ذیل تعداد راس دام هـای شـیری کشـور در سال ۱۳۷۴ (ه.ش) نشان داده شده است .

در سال ۱۳۳۳ (ه.ش) طرح تاسیس کارخانه شیر تهـران بـا همکـاری موسسـه یونیسـف آماده گردید و در سال ۱۳۳۶ (ه.ش) این کارخانه با ظرفیت ۴۵ تن در روز آماده بهره برداری شد در سالهای ۱۳۳۹ تا ۱۳۴۱ (ه.ش) سه واحد دیگر در تبریز رشت و آبـادان تاسـیس گردیـد و در سالهای ۱۳۴۲-۱۳۴۶ (ه.ش) شش واحد دیگر در شهر های اصفهان ، شیراز ، مشهد ، سـاری ، اهواز و کرمانشاه راه اندازی شد . در دیماه ۱۳۴۷ (ه.ش) بر اساس مصوبه مجلـس وقـت شـرکت سهامی صنایع شیر ایران تشکیل گردید. هم اکنون این شرکت با زیر پوشش داشتن ۱۴ کارخانـه در شهرهای مختلف مهمترین تشکیلات تولید کننده و فراوری شیر در ایران می باشد.

دام شیر ده	تعداد دام به راس	تولید شیر به لیتر	تولید شیر به درصد
گاو بومی	۶۷۸۳۰۰۰	۱۶۶۱۸۰۰۰۰۰	۳۶/۶
گاو اصیل	۶۲۵۰۰۰	۱۲۵۰۰۰۰۰۰۰	۲۷/۵۳
گاو دورگ	۹۳۱۰۰۰	۶۹۴۸۰۰۰۰۰	۱۵/۰۳
☑جمع	**۸۳۳۹۰۰۰**	**۳۶۰۶۶۰۰۰۰۰**	**۷۹/۱۶**
گاومیش	۴۴۷۰۰۰	۱۵۶۴۰۰۰۰۰	۳/۴۴
بز	۲۵۷۵۷۰۰۰	۳۸۱۲۰۰۰۰۰	۸/۴
میش	۵۰۸۸۹۰۰۰	۳۹۵۸۰۰۰۰۰	۸/۷۲
جمع کل		۴۵۴۰۰۰۰۰۰۰	۱۰۰

ماخذ وزرت جهاد سال ۱۹۹۵

☑ سهم تولید شیر گاو

بر اساس آخرین آمارها (۱۳۷۵ ه.ش) در ایران سالیانه حدود ۵/۵ میلیون تن شـیر تولیـد می گردد . از این مقدار حدود ۳ میلیون تـن بصـورت خـود مصرفـی و در خـارج از چرخـه تولیـد صنعتی قرار دارد . حدود ۲/۶ میلیون تن در چرخه تولیدات صنعتی قرار می گیرد . در جدول زیـر سهم واحد های تولید کننده صنعتی شیر نشان داده شده است .

واحد های تولید کننده	مقدار تولید
صنایع تبدیلی دولتی	۱ میلیون تن
صنایع تبدیلی بخش خصوصی	۱/۳ میلیون تن
صنایع روستایی	۰/۳ میلیون تن

شرکت سهامی صنایع شیر ایـران بـا ۱۴ کارخانـه و بخـش خصوصـی بـا ۴۶ کارخانـه و کارگاه های لبنیاتی با ۳۳۳ واحد کار تبدیل فراورده های شیر را به انجام می رسانند.
در جدول ذیل داده ایIDF در باره تولیدات لبنی ایران نشان داده شده است .

سال	۱۹۹۴	۱۹۹۵	۱۹۹۶
محصولات لبنی از شیر گاو	۳۴۲۸	۳۰۶۳	۳۲۷۷
محصولات لبنی از دیگر حیوانات شیرده	۱۰۲۰	۹۸۲	۱۰۸۵
تولید صنعتی			
شیر			۱۳۰۰
کره خوراکی		۳/۳	۵/۴
روغن کره	۱۰۴	۱۱۲	۱۱۹
پنیر	۲۰۷	۲۱۶	۲۲۰
واردات			
کره		۱۰	۵
پنیر	۲۰	۳۰	۱۰

بررسی ها نشان داده است که زمینه های مساعدی برای رشد و توسعه صنعت شیر در ایران وجود دارد ، اما این امر مستلزم سرمایه گذاری در تولید ، سرمایه گذاری در دریافت و بهبود کیفیت شیر همراه با توسعه در زمینه ترویج تولید شیر ، توسعه دامپروی صنعتی و غیره می باشد .

واردات عمده فراورده های لبنی ایران شامل : کره ، پنیر ، شیر خشک و بعضی محصولات جانبی لبنی نظیر پودر پنیر ، کازئین می باشد . در حال حاضر با افزایش ظرفیت تولید واحد های تولید کننده پنیر و افزودن خطوط تولید صنعتی، کشور از واردات این محصول بی نیاز شده است . لذا می توان اذعان داشت باسیاست گذاری صحیح در زمینه های توسعه و رشد دامپروری های صنعتی و نیمه صنعتی ، بهبود سیستم های جمع آوری شیر ، ایجاد سیستم های پیشرفته تولید در کارخانه های شیر می توان در طی سال های آینده به طور کامل کشور را از واردات کلیه فراورده های لبنی بی نیاز ساخت . انشاا...

منابع و ماخذ

تاریخ تمدن ویل درانت
کاتالگ نگاهی گذرا به صنعت شیر ایران
نشریات IDF
گزارش هیئت اعزامی فرانسه برای بررسی وضعیت شیر در ایران ۱۹۹۶
بازار جهانی کالا – لبنیات – شماره ۱۴
نشریات FAO
نشریات داخلی صنایع شیر ایران

فرهاد فرهنودی (پاییز ۱۳۷۶)

فهرست مطالب

فصل اول

مقدمه‌ای بر تولید شیر ۱
شیرگاو ۳
ترشح شیر ۳
چرخه شیردهی ۵
شیر دوشی ۵
شیر دوشی دستی ۷
شیر دوشی با ماشین شیر دوش ۷
خنک‌کردن شیر در مزرعه ۹
ملزومات سرمازا در مزرعه ۱۰
پاکیزگی و بهداشت ۱۱
تناوب تحویل شیر ۱۲
شیر گوسفند ۱۳
بازده و دوره شیر دهی ۱۳
اندازه گله ۱۴
تولید شیر در دام ۱۴
چربی شیر ۱۴
پروتئین ۱۵
بعضی خواص شیر گوسفند ۱۵
شیر بز ۲۰
بازدهی و دوره شیر دهی ۲۱

فصل دوم

شیمی شیر ۲۳
برخی مفاهیم شیمی‌پایه ۲۳
اتم‌ها ۲۳
یون‌ها ۲۴
مولکولها ۲۴
خصوصیت‌های فیزیکو شیمیایی شیر گاو ۲۶
امولسیون ۲۶
محلول کلوئیدی ۲۶
محلول‌های حقیقی ۲۷
محلول‌های غیر یونی ۲۷
محلول‌های یونی ۲۷
اسیدیته ۲۸
pH ۲۸
خنثی سازی ۲۹
انتشار ۲۹
اسمز ۳۰
اسمز معکوس ۳۰
دیالیز ۳۱
ترکیبات شیر گاو ۳۲
چربی شیر ۳۳
ساختمان شیمیایی چربی شیر ۳۴
نقطه ذوب چربی ۳۵
ارزش یدی ۳۶
ضریب شکست ۳۷
آزمایش نوسان مغناطیسی هسته ۳۷
تبلور چربی ۳۸
پروتئین شیر ۳۹
اسید آمینه ۴۰
وضعیت الکتریکی پروتئین‌های شیر ۴۲
دسته‌بندی پروتئین‌های شیر ۴۳
کازئین ۴۳
میسل‌های کازئین ۴۳
رسوب کازئین ۴۶
رسوب دهی به وسیله اسید ۴۷
رسوب دهی با آنزیم ۴۷
پروتئین‌های آب پنیر ۴۸

آلفالاکتالبومین ۴۹
بتالاکتوگلوبولین ۴۹
ایمونوگلوبولین‌هاو دیگر پروتئینهای -کمیاب و مرتبط به آنها ۵۰
پروتئین‌های غشایی ۵۰
پروتئین‌های تغییر ماهیت یافته ۵۱
شیر یک محلول بافر است ۵۱
آنزیم‌ها در شیر ۵۲
پراکسیداز ۵۳
کاتالاز ۵۳
فسفاتاز ۵۳
لیپاز ۵۴
لاکتوز ۵۵
ویتامین‌ها درشیر ۵۷
مواد معدنی و نمک‌ها در شیر ۵۷
دیگر ترکیبات موجود در شیر ۵۸
تغییرها در طی نگهداری ۵۸
اکسیداسیون چربی ۵۹
اکسیداسیون پروتئین ۶۰
لیپولیز ۶۱
اثرات عملیات حرارتی ۶۱
oooooooooo چربی ۶۱
oooooooooo پروتئین ۶۲
oooooooooo آنزیم‌ها ۶۳
oooooooooo لاکتوز ۶۴
خاصیت‌های فیزیکی شیر ۶۵
خصوصیت‌های ظاهری ۶۵
چگالی ۶۵
فشار اسمزی ۶۶
نقطه انجماد ۶۶
اسیدیته قابل تیتراسیون ۶۷
سوکسله هنکل ۶۸
ترنر ۶۸
دورنیک ۶۸
درصد اسید لاکتیک ۶۸
آغوز ۶۹

فصل سوم

رئولوژی ۷۱
تعاریف ۷۱
صفت‌های اختصاصی مواد ۷۲
نیروی برشی ۷۳
سیالات نیوتنی ۷۴
سیالات غیر نیوتنی ۷۴
رفتار جریان رقت برشی ۷۵
رفتار جریان غلظت برشی ۷۶
رفتار جریان پلاستیک ۷۶
رفتار جریان تیکسوتروپیک ۷۷
رفتار جریان رئوپکتیک ۷۸
رفتار جریان ضد تیکسوتروپیک ۷۸
الگوهای رفتار جریان ۷۸
معادله قانون نیرو (قدرت) ۷۸
داده‌های شاخص ۸۰
لوازم اندازه‌گیری ۸۱
روش‌های اندازه‌گیری ۸۲
محاسبه افت فشار ۸۲
مجاری مدور ۸۳
مجاری چهارگوش ۸۳

فصل چهارم

میکروب‌ها ۸۵
مراحل مهم در تاریخ میکروبیولوژی ۸۵
دسته‌بندی: آغازیان ۸۵
بیوتکنولوژی ۸۶
باکتری‌ها ۸۶
ریخت‌شناسی باکتریها ۸۷

شکل باکتری‌ها ۸۷
اندازه باکتری‌ها ۸۸
ساختمان سلولی باکتری‌ها ۸۸
توانایی تحرک باکتری‌ها ۸۹
تشکیل اسپوروکپسول ۸۹
شرایط رشد باکتری‌ها ۹۰
مواد غذایی ۹۰
فعالیت آبی ۹۰
عبور مواد از میان غشاء سیتوپلاسمی ۹۱
درجه حرارت ۹۲
دسته‌بندی باکتری‌ها بر اساس درجه حرارت مطلوب ۹۴
سرماگرا ۹۴
سرما دوست ۹۴
مزوفیل ۹۴
گرما دوست ۹۴
گرمازی ۹۴
رطوبت ۹۵
اکسیژن ۹۵
نور ۹۶
تولید مثل باکتری‌ها ۹۷
سرعت تکثیر ۹۷
منحنی رشد باکتری ۹۷
فعالیت بیوشیمیایی ۹۸
تجزیه کربوهیدرات‌ها ۹۹
تجزیه پروتئین‌ها ۱۰۰
تجزیه چربی‌ها ۱۰۰
تجزیه لسیتین ۱۰۱
تولید رنگ و رنگدانه ۱۰۱
تولید موکوس ۱۰۲
تولید بو و رایحه ۱۰۳
قدرت احیاکنندگی ۱۰۳
بیماری زایی (سموم) ۱۰۳
شمارش باکتری‌ها ۱۰۴
تشخیص ودسته‌بندی باکتری‌ها ۱۰۴
باکتری‌ها در شیر ۱۰۵
باکتری‌های لاکتیکی ۱۰۷
باکتری‌های کلیفرم ۱۰۹
باکتری‌های اسیدبوتریک ۱۱۰
باکتری‌های اسیدپروپیونیک ۱۱۲
باکتری‌های مولدگندیدگی ۱۱۲
قارچ‌ها ۱۱۳
مخمرها ۱۱۳
تولید مثل مخمر ۱۱۴
شرایط رشد مخمر ۱۱۴
مخمرهای مهم ۱۱۶
کپک‌ها ۱۱۶
اثر عوامل خارجی در روی رشدکپک ۱۱۷
کپک‌های مهم در صنایع لبنی ۱۱۸
باکتریوفاژها ۱۲۰
تولید مثل فاژها ۱۲۱

فصل پنجم

جمع‌آوری و دریافت شیر ۱۲۵
سرد نگه داشتن شیر ۱۲۵
مقدمه‌ای بر طراحی دامداری‌های تولیدکننده - شیر ۱۲۶
تحویل شیر به کارخانه ۱۲۷
جمع‌آوری شیر در بیدون ۱۲۷
جمع‌آوری شیر در مخزن ۱۲۸
آزمایش کیفی شیر ۱۲۹
بو و طعم ۱۲۹
امتحان پاکیزگی ۱۳۰
آزمایش رسوبی ۱۳۰
آزمایش بهداشتی یا آزمایش رزازرین ۱۳۰

شمارش سلول‌ها ۱۳۱
شمارش باکتری‌ها ۱۳۱
نقطه انجماد ۱۳۲
دریافت شیر ۱۳۲
دریافت شیر از بیدون ۱۳۲
دریافت از تانکر ۱۳۳
اندازه‌گیری بر اساس حجم ۱۳۳
اندازه‌گیری بر اساس وزن ۱۳۴
تمیزکردن مخازن ۱۳۵
سردکردن شیر دریافتی ۱۳۶
ذخیره سازی شیر خام ۱۳۶
همزدن محتویات مخازن ۱۳۶
نشانگر دمای مخازن ۱۳۷
نمایانگر ارتفاع مایع ۱۳۷
نشانگر خالی شدن مخزن ۱۳۸

فصل ششم (بخش ۱)

تبادل کننده‌های حرارتی ۱۳۹
هدف‌های عملیات حرارتی ۱۳۹
تجانس زمان و حرارت در پاستوریزاسیون ۱۴۰
محدودیت‌های عملیات حرارتی ۱۴۱
ترمیزاسیون ۱۴۱
پاستوریزاسیون با روش *LTLT* ۱۴۲
پاستوریزاسیون با روش *HTST* ۱۴۳
فراپاستوریزاسیون ۱۴۴
عملیات *UHT* ۱۴۴
استریلیزاسیون ۱۴۵
فرایند حرارتی پیشتاز (اولیه) ۱۴۵
فرایند انتقال حرارت در صنایع لبنی ۱۴۶
فرضیات تبادل حرارتی ۱۴۷
اصول انتقال حرارت ۱۴۸
حرارت مستقیم ۱۴۸
حرارت غیر مستقیم ۱۴۹
تبادل‌کننده‌های حرارتی ۱۵۰
داده‌های ابعادی برای تبادل‌کننده‌های حرارتی ۱۵۰
متوسط تغییرات دمای لگاریتمی ۱۵۲
جریان غیر همسو ۱۵۳
جریان همسو ۱۵۳
شکل و ضخامت دیواره ۱۵۵
قابلیت تمیزکردن ۱۵۸
ضرورت ساعات کارکرد دستگاه ۱۵۸
بازیافت انرژی با استفاده از تلاقی حرارتی ۱۵۹
نگهداری دما ۱۵۹
محاسبه زمان در لوله نگهداری دما ۱۶۰
انواع تبادل‌کننده‌های حرارتی ۱۶۱
تبادل‌کننده حرارتی صفحه‌ای ۱۶۲
نمای جریان در پاستوریزاتور ۱۶۴
تبادل کننده حرارتی لوله‌ای ۱۶۴
تبادل کننده حرارتی نوع پوسته‌ای - پوسته‌ای ۱۶۵
تبادل کننده حرارتی نوع پوسته‌ای - لوله‌ای ۱۶۶
تبادل کننده حرارتی نوع تیغه تراش ۱۶۷

فصل ششم (بخش ۲)

جدا کننده‌های گریز از مرکز و استاندارد کردن چربی ۱۷۱
تاریخچه ۱۷۱
ته نشین‌شدن بر اساس تاثیر جاذبه زمین ۱۷۲
شرایط ته نشینی مواد ۱۷۳
عامل‌های موثر در ته‌نشینی ۱۷۴
سرعت ته نشینی و تعلیق ۱۷۵
جداسازی بر اساس نیروی ثقل(غیرپیوسته) ۱۷۷
جداسازی بر اساس نیروی ثقل (پیوسته) ۱۷۷
سطوح افزایش دهنده ظرفیت ۱۷۸
جداسازی بوسیله نیروی گریز از مرکز ۱۸۰
سرعت بسطح آمدن گویچه چربی ۱۸۱
جداکردن ذرات جامد به طور پیوسته با استفاده از نیروی گریز از مرکز (صاف کردن) ۱۸۲

مجاری سپراتور ۱۸۲
محدوده اندازه ذرات ۱۸۳
صافی‌های گریز از مرکز(آشغال‌گیری) ۱۸۴
خامه‌گیر (سپراتور) ۱۸۵
بازده خامه‌گیری ۱۸۶
میزان چربی خامه ۱۸۷
(خامه‌گیر) - طرح نیمه باز ۱۸۹
دیسک‌های یقه‌ای ۱۸۹
(خامه‌گیر) - طرح بسته ۱۹۰
خامه‌گیرهای مجهز به دیسک‌یقه‌ای ۱۹۰
جریان سنج خامه ۱۹۲
تفاوت‌های سپراتورهای بسته
- و سپراتورهای نیمه بسته ۱۹۳
تولید و شستشو درجا ۱۹۴
استانداردکردن چربی در خامه و شیر ۱۹۶
روش‌های محاسباتی برای اختلاط فراورده‌ها ۱۹۶
اصول استانداردکردن ۱۹۷
استانداردکردن در ضمن تولید ۱۹۸
سیستم کنترل چربی خامه ۲۰۰
کنترل زنجیره‌ای ۲۰۱
کنترل چربی بوسیله چگالی سنج ۲۰۲
دریچه‌های کنترل جریان برای خامه و شیر پس چرخ ۲۰۳
جریان سنج ۲۰۳
چرخه کنترل برای اختلاط مجدد خامه ۲۰۴
خط کامل استانداردکردن مستقیم ۲۰۵
باکتوفوگ (باکتوفیوژ) ۲۰۷
سانتریفوژهای دکانتوری ۲۰۹

فصل ششم (بخش ۳)

هموژنیزاسیون ۲۱۳
مقدمات تکنولوژی شکستن گویچه چربی ۲۱۳
فرضیات هموژنیزاسیون ۲۱۵
هموژنیزاسیون یک مرحله‌ای دو مرحله‌ای ۲۱۵
اثر هموژن‌کردن ۲۱۶
هموژن‌کننده ۲۱۷
پمپ فشار بالا ۲۱۸
قطعه هموژن‌کننده ۲۱۸
کارایی هموژنیزاسیون ۲۱۹
مطالعه سرعت بالا آمدن چربی ۲۲۰
بررسی اندازه ذرات ۲۲۱
مصرف انرژی و تاثیر دما ۲۲۲
دستگاه هموژن‌کننده در خط فرایند شیر ۲۲۳
جریان هموژنیزاسیون کامل ۲۲۴
هموژنیزاسیون جزئی ۲۲۴
شیر هموژنیزه و تاثیر روی سلامتی
- مصرف‌کننده ۲۲۵

فصل ششم (بخش ۴)

صافی‌های غشایی ۲۲۷
تعاریف ۲۲۷
تکنولوژی غشایی ۲۲۸
اصول جداسازی غشایی ۲۳۱
محدوده‌های جدا سازی غشاها ۲۳۷
اصول طراحی کارخانه ۲۴۰
تولید غیر پیوسته ۲۴۲
تولید پیوسته ۲۴۲
دمای فرایند در فیلتراسیون غشایی ۲۴۴

فصل ششم (بخش ۵)

تبخیر کننده‌ها ۲۴۵
حذف آب ۲۴۵
طراحی تبخیرکننده ۲۴۶
تبخیرکننده‌های گردشی ۲۴۷
تبخیرکننده‌های لایه ساز ۲۴۸
تبخیرکننده‌های لوله‌ای ۲۴۹
تبخیرکننده‌های نوع صفحه‌ای ۲۵۰

تبخیرکننده‌های چند خانه‌ای ۲۵۱
کمپرسور حرارتی ۲۵۱
بازده تبخیر ۲۵۳
فشردن مکانیکی بخار ۲۵۴

فصل ششم (بخش ۶)

هوا و گازها در شیر ۲۵۷
افزایش هوا در شیر ۲۵۷
حذف هوا در زمان جمع‌آوری شیر ۲۵۹
دریافت شیر ۲۶۰
عملیات خلاسازی ۲۶۰
هواگیری در خط فرآوری شیر ۲۶۱

فصل ششم (بخش ۷)

پمپ‌ها ۲۶۵
کاربردهای پمپ ۲۶۵
کاویتاسیون ۲۶۷
نمودار پمپ ۲۶۸
ارتفاع (فشار) ۲۷۰
ارتفاع مکش مثبت خالص ۲۷۰
درزبندی (آب‌بندی)شافت ۲۷۱
درزبندی مکانیکی ۲۷۱
درزبندی فورانی ۲۷۱
مواد سازنده در درزبندی‌ها ۲۷۳
پمپ‌های سانتریفوژی ۲۷۳
کاربردی‌های پمپ‌سانتریفوژی ۲۷۳
پمپ‌های ۶۰ هرتز ۲۷۶
ارتفاع و فشار ۲۷۶
پمپ‌های حلقه مایع ۲۷۷
موارد کاربرد ۲۷۹
پمپ‌های جابه جایی مثبت ۲۷۹
پمپ‌های دندانه‌ای ۲۸۰
موارد کاربرد ۲۸۰
پمپ‌های مارپیچی ۲۸۰
پمپ‌های پیستونی ۲۸۱
پمپ‌های دیافراگمی ۲۸۲
پمپ‌های پریستالتیک ۲۸۳

فصل ششم (بخش ۸)

لوله‌کشی، دریچه‌ها،اتصالات ۲۸۵
سیستم لوله‌کشی ۲۸۵
اتصالات ۲۸۶
اتصالات ویژه ۲۸۷
دریچه نمونه برداری ۲۸۷
شیر فلکه‌ها ۲۸۸
سیستم‌های دریچه‌ای ضد اختلاط ۲۸۸
دریچه‌های مسدودکننده و تغییرمسیر دهنده ۲۸۹
دریچه‌های مسیر ساز ۲۸۹
دریچه‌های پروانه‌ای ۲۹۰
دریچه‌های ضد اختلاط ۲۹۳
تعیین و کنترل وضعیت ۲۹۵
دریچه‌های یک طرفه ۲۹۶
سیستم‌های دریچه‌ای (شیرفلکه) ۳۰۰
پایه‌ها و بست‌های لوله ۳۰۰

فصل ششم (بخش ۹)

مخازن ۳۰۱
مخازن ذخیره ۳۰۱
مخازن ذخیره موقت ۳۰۲
مخازن اختلاط ۳۰۳
مخازن فرایند ۳۰۴
مخازن تعادلی ۳۰۴

فصل ششم (بخش ۱۰)

کنترل فرایند ۳۰۷
اتوماسیون ۳۰۷
اتوماسیون چیست؟ ۳۰۸
پردازش ۳۰۹
ضرورت کنترل فرایند خودکار ۳۱۰

شرح وظایف کنترل ۳۱۱
کنترل دیجیتال ۳۱۲
کنترل آنالوگ ۳۱۲
مانیتورینگ ۳۱۳
پردازش اطلاعات ۳۱۴
سطح تصمیم‌گیری در اتوماسیون ۳۱۵
سیستم‌کنترل چگونه کار می‌کند ۳۱۷
قابلیت برنامه‌ریزی سیستم‌کنترل ۳۱۸
توانایی مورد انتظار از سیستم‌کنترل ۳۱۹
توسعه دادن سیستم‌کنترل ۳۱۹
زبان برنامه‌ریزی ۳۱۹
تدابیر الکترونیکی رفع مشکلات ۳۲۰
فرایند‌کنترل غیر متمرکز ۳۲۳
تکمیل طرح‌کنترل ۳۲۴

فصل ششم (بخش ۱۱)

سیستم‌های خدمات رسان ۳۲۷
تجهیزات تامین آب ۳۲۷
تصفیه آب ۳۲۹
طراحی سیستم لوله‌کشی آب ۳۳۰
تولید‌گرما ۳۳۲
تولید بخار ۳۳۳
دیگ بخار ۳۳۴
جمع آوری بخار مایع شده ۳۳۶
سیستم لوله‌کشی بخار ۳۳۶
سرمازایی ۳۳۷
اصول سرمازایی ۳۳۸
چگونگی عمل سرمازا ۳۳۹
تبخیرکننده ۳۴۰
کمپرسور ۳۴۱
کندانسور ۳۴۲
تولید هوای فشرده ۳۴۴
کاربردهای هوای فشرده ۳۴۴
تاسیسات هوای فشرده ۳۴۵
خشک‌کردن هوا ۳۴۶
نیروی الکتریکی ۳۴۸
کلید ولتاژ بالا ۳۴۹
مبدل‌های جریان ۳۴۹
کلید ولتاژ پایین ۳۵۰
ژنراتور ۳۵۱

فصل هفتم

طراحی خط تولید ۳۵۳
نکات مهم در طراحی فرایند ۳۵۳
الزامات قانونی ۳۵۴
تجهیزات مورد نیاز ۳۵۵
انتخاب لوازم ۳۵۶
مخازن سیلو ۳۵۶
تبادل‌کننده‌های حرارتی ۳۵۶
سیستم آب داغ ۳۵۷
کنترل دما ۳۵۸
هولدر ۳۵۹
کنترل پاستوریزاسیون ۳۵۹
سیستم خنک‌کننده پاستوریزاتور ۳۵۹
پمپ تقویت‌کننده برای جلوگیری از آلودگی
ثانویه ۳۶۰
پمپ تغذیه ۳۶۱
حرارت دهی مقدماتی با استفاده
- از بخش بازیافت حرارتی ۳۶۲
طراحی سیستم لوله‌کشی ۳۶۴
جریان‌های لایه‌ای و متلاطم ۳۶۵
مقاومت در جریان سیال ۳۶۶
افت فشار ۳۶۷
ملزومات‌کنترل فرایند ۳۶۹
انتقال دهنده‌ها ۳۷۰
وسیله تنظیم‌کننده ۳۷۳
کنترل خودکار دما ۳۷۴

فصل اول

مقدمه ای بر تولید شیر

تهیه شیر ازدام در حدود ۶۰۰۰ سال قبل ، به وسیله انسان شروع شده است. حیوانات شیر ده امروزی ، انواع تکامل یافته اجداد وحشی خود می باشند که در طی هزاران سال، در پستی و بلندیهای دشتها ، به طور طبیعی زندگی می کردند.

نگهداری دام برای بهره وری از شیر وگوشت آن ، منشا تحول عظیمی در تاریخ زندگی بشر بوده است . به طور طبیعی برای این کار حیوانات چند منظوره انتخاب شده اند . بدین معنی که بتوانند علاوه بر تهیه شیر، دیگر نیاز مندیهای انسان مانند: گوشت و تهیه لباس و استفاده از قدرت کار آنها و تهیه فراورده های دیگر حیوانی را نیز برآورده سازند. مشخصه مهم این انتخاب، گیاهخواری دام بوده است زیرا آنها در مقایسه با حیوانات گوشتخوار خطر کم تری را داشتند و نیز از نظر نوع تغذیه ، در رقابت با مواد غذایی مصرفی انسانها نبوده و می توانستند از گیاهانی که به طور معمول مورد استفاده انسان قرار نمی گرفت ، مصرف کرده و تولید شیر و گوشت نمایند.

حیوانات گیاهخوار ، جملگی بجز مادیان و الاغ جزء نشخوار کنندگان می باشند. این ویژگی باعث می شود که آنها بتوانند در زمان کوتاه به سرعت تعلیف شده و سپس در زمان استراحت ، مجددا غذا را به دهان آورده و نشخوار نمایند.

تابلو۱-۱ *مقایسه ترکیبات شیر چند پستاندار*

نوع پستاندار	پروتئین کل	کازئین	پروتئین سرمی	چربی	قند	خاکستر
	٪	٪	٪	٪	٪	٪
انسان	۱/۲	۰/۵	۰/۷	۳/۸	۷	۰/۲
اسب	۲/۲	۱/۳	۰/۹	۰/۷	۶/۲	۰/۵
گاو	۳/۵	۲/۸	۰/۷	۳/۷	۴/۸	۰/۷
گاومیش	۴	۳/۵	۰/۵	۷/۵	۴/۸	۰/۷
بز	۳/۶	۲/۷	۰/۹	۴/۱	۴/۷	۰/۸
گوسفند	۵/۸	۴/۹	۰/۹	۷/۹	۴/۵	۰/۸

امروزه همان حیواناتی که اجداد ما آنها رابرای تولید شیر به کار می گرفتند ، برای تولید این ماده مورد استفاده قرار می گیرند . شیر یکی از مهمترین ترکیبات غذایی مورد مصرف انسان بوده و مهمترین دام شیری جهان ، گاو می باشد که از آن در اغلب کشور ها برای تولید شیر استفاده می نمایند. البته نباید نقش حیوانات شیرده دیگر را در تولید شیر و گوشت ، در بعضی از نقاط دیگرجهان از یاد برد .

یکی از استثنایی ترین آنها ، خصوصا در کشور های مدیترانه ، آسیا و آفریقا ،گوسفند می باشد . تعداد گوسفندان در این نواحی از جهان ، متجاوز از یک بیلیون راس می باشد و نقش مهمی را در تولید شیر و گوشت برعهده دارند. معمولاگله های بزرگ گوسفندان را همراه بزها نگهداری می نمایند. بز در مقایسه با گوسفند، از راندمان شیر و گوشت کم تری برخوردار بوده ، اما هر دواز منابع مهم غذایی و پروتئینی نسبتا ارزان ، برای مردمان این نواحی از جهان محسوب می گردند که توانسته اند خود را باشرایط مختلف آب و هوایی ، پستی و بلندیها و شرایط خاص آن نواحی تطبیق دهند و نقش مهمی را در الگو های اقتصادی ، اجتماعی و تکنولوژیکی آن کشور ها بدست آورند. تابلو (۱-۱) ترکیبات شیر چند گونه از پستانداران را نشان می دهد. باید توجه داشت که متوسط ترکیبات شیر ، برای هر گونه(Species) از پستانداران مذکور، تحت تاثیر عواملی مثل : نژاد (Breed) ، تغذیه و شرایط اقلیمی قرار دارد .

گاو

- * تلیسه می توانند قبل از ۲سالگی به طور طبیعی یا با تلقیح مصنوعی بارور گردد .
- * دوره آبستنی گاو ۹ ماه است.
- * دوره شیردهی گاو از زمان زایمان تا۱۰ ماه پس از زایش می باشد.
- * گاو ۱ تا ۲ ماه پس از زایش آماده باروری مجدد می باشد.
- * دوره اقتصادی زایش گاو ، پنج دوره باروری بوده و پس از آن برای استفاده از گوشت ، به کشتارگاه فرستاده می شود.

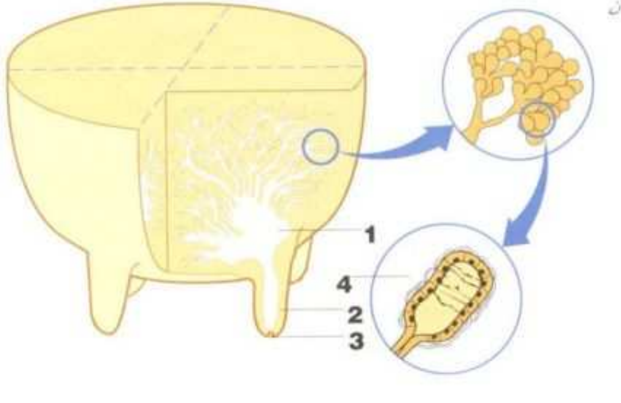
شیر گاو

شیر ، تنها غذای نوزاد پستانداران ، در ابتدای دوره زندگی می باشد و در آن مواد لازم برای تامین انرژی و رشد جانور وجود دارد. همچنین شیر حاوی مقداری مواد پادتن (Antibody) برای حفاظت حیوان شیر خوار در مقابل بیماریها است . یک گوساله برای رشد خود به حدود ۱۰۰۰ لیتر شیر نیاز دارد و این رقم برابر مقدار شیری است که گاو در هر دوره شیردهی ، برای تغذیه گوساله تولید می نماید . از زمانی که انسان ، گاو را برای مقاصد خود به خدمت در آورد ، تغییرهای زیادی در آن ایجاد شده است. اصلاح نژاد، منجر به تولید شیر بیش از ۶۰۰۰ لیتر درهر دوره شیر دهی گردیده است . این مقدار شیر ، شش برابر تولیدشیر اجداد اولیه گاو می باشد . حتی بعضی از این دام های اصلاح شده ، می توانند بیش تر از ۱۴۰۰۰ لیتر شیر در هر دوره شیر دهی تولید نمایند.

قبل از این که گاو برای تولید شیر مورد استفاده قرار گیرد ، باید از نظر فیزیولوژیکی به شرایط مناسب رسیده باشد . بلوغ جنسی در گوساله ماده درسن ۸-۷ ماهگی رخ می دهد . اما باید اولین باروری در سنین ۱۸-۱۵ ماهگی انجام پذیرد . زمان باروری گاو ۳۰۰-۲۶۵ روز است و این محدوده زمانی بر اساس نژاد گاو متغیر می باشد. تقریبا در سنین ۲ تا ۲/۵ سالگی اولین زایش گاو امکان پذیر است.

ترشح شیر

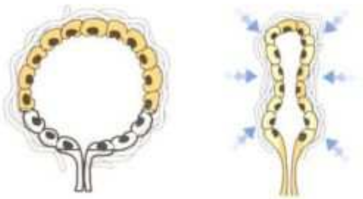
شیر در پستان گاو که یک اندام نیم کروی بوده ترشح می شود . پستان به وسیله یک چین عمودی به دو قسمت راست و چپ تقسیم شده است . هر نیمه نیزبه وسیله یک چین سطحی و اریب به دو ربع تقسیم می گردند . هر ربع از پستان حاوی دسته های بزرگ مجزایی از غدد پستانی می باشد که به نوک پستان (پستانک) ختم می گردند. با این فرض آنها می توانند چهارنوع شیر با کیفیت های متفاوت را تولید نمایند. در شکل (۱-۱) برش قسمتهای مختلف پستان گاو نشان داده شده است. پستان از بافت غده ای تشکیل شده که حاوی سلول های ترشح کننده شیر می باشند و در داخل بافت عضلانی خاصی محصور شده اند. کار این عضلات ، حفظ پیوستگی بین غدد شیری و جلوگیری از رسیدن آسیب های ناشی از ضربه به آنها می باشد. بافت ترشحی حاوی تعداد زیادی (تقریبا ۲ بیلیون) کیسه کوچک بنام آلوئول (Alveoli) است. سلول های تولید کننده شیر در دیواره داخلی آلوئول ها قراردارند، که به صورت گروههای ۸ تا ۱۲۰ تایی واقع شده اند. از این مجموعه ها، مجاری مویینه ای (Capillaries) به مجاری بزرگ تر شیر (Milk ducts) پیوسته و سرانجام به حفره نوک پستانی (Teat cavity) ختم می گردند. این حفره ها به نام مخزن پستانی(Cistern) شناخته شده و می توانند بیش تر از ۳۰ در صد کل شیر پستان را در خود جای دهند. مخزن پستانی با اتصالاتی به نوک پستان می رسد که بنام مخزن نوک پستانی موسوم است . در انتها، این مخزن به یک مجرای ۱/۵-۱ سانتی متری بنام مجرای نوک پستانی (Teat cistern) ختم می گردد. در فاصله بین دو شیر دوشی جهت جلوگیری از چکه کردن (Leaking) شیر به بیرون و جلوگیری از ورود میکروب به داخل پستان، این مجرا توسط عضلات اسفنگتری (Sphincter muscle) مسدود می شود . تمامی پستان با یک شبکه از عروق خونی و لنفی احاطه شده است. خون غنی از مواد مغذی از طریق این عروق از قلب به پستان آورده شده و به وسیله عروق مویینه به اطراف آلوئول ها فرستاده می شوند . بدین ترتیب سلول های سازنده شیر به مواد مغذی لازم جهت ساخت این ماده دسترسی پیدا می کنند. خونی که در آلوئول ها مواد مغذی خود را از دست داده ، به وسیله مویرگهای وریدی به قلب باز می گردد. بدین ترتیب روزانه حدود ۹۰۰۰۰ لیتر خون از میان پستان عبور می نماید. از عبور هر ۹۰۰-۸۰۰ لیتر خون ، یک لیتر شیر تولید می گردد. همزمان با ادامه تولید شیر درآلوئول ، فشار داخل آلوئول افزایش می یابد و هنگامی که فشار آن به حد خاصی برسد، ترشح شیر متوقف می گردد. با افزایش نیروی فشار ، مقدار کمی از شیر به داخل مجرای بزرگ و مخزن پستانی رانده می شود . بیش ترین مقدار شیر، تا زمان خروج ازپستان ، در آلوئول ها و مجاری مویینه نازک سطح آلوئول ها باقی می ماند . این عروق بسیار باریک بوده و شیر نمی تواند از میان آنها به دلخواه خود جریان یابد. بلکه باید آلوئول ها از بیرون فشرده شوند تا محتویات آنها به داخل مجاری بزرگ تر هدایت گردد. سلول های شبه ماهیچه ای (Muscle like) اطراف آلوئول ها، در هنگام خروج شیر این وظیفه را بر عهده دارند، شکل(۲-۱).



شکل ۱-۱ *نمای برش پستان*

۱	مخزن پستانی
۲	مخزن نوک پستانی
۳	مجرای نوک پستان
۴	آلوئول

۹۰۰۰۰ لیتر خون در روز از میان پستان عبور می نماید . و برای تشکیل یک لیتر شیر به مقدار تقریبی ۹۰۰-۸۰۰ لیتر خون نیاز می باشد.


شکل ۲-۱ نمای آلوئول تولید کننده شیر

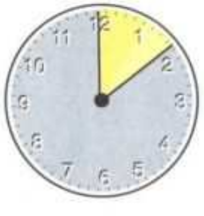
در دهکده ای در ناحیه بلاک واتر (Blak water) ایرلند، برتای بزرگ (Bertha) پیرترین گاو پرورشی ،در ۳۱ دسامبر ۱۹۹۳ مرد . این گاو احتمالا پیرترین گاو پرورشی قرن اخیر بوده و صاحب آن آقای لاری (Leary) ادعا می کرد که در ۱۵ مارس ۱۹۹٤ این حیوان ۵۰ ساله می شد.

چرخه شیر دهی

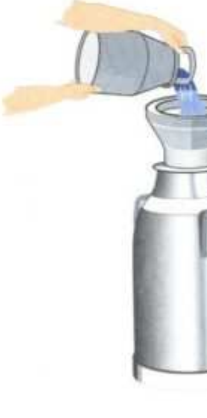
ترشح شیر در پستان گاو اندکی قبل از زایمان شروع می شود. بنابراین گوساله می تواند بلافاصله پس از تولد با شیر تغذیه گردد. گاو پس از زایش به طور پیوسته به مدت ۳۰۰ روز به تولید شیر خواهد پرداخت. این مدت به" دوره شیر دهی" (Lactation period) موسوم است. یک تا دو ماه پس از زایش ،گاو آماده آبستنی مجدد خواهد بود . در دوره شیر دهی حجم شیر تولیدی از یک سیر نزولی برخوردار است و پس از ۳۰۰ روز ممکن است تا ۲۵-۱۵ درصد از حداکثر مقدار شیر کاسته شود. در این مرحله باید شیر دوشی از گاو متوقف شود وگاو نباید تا ۲ ماه قبل از زایش مجدد شیر بدهد. با تولد گوساله جدید دوره شیر دهی مجددا شروع می گردد. اولین شیری را که گاو پس از زایش تولید می کند ، به آغوز(Colostrum) موسوم است . این شیر ازنظر خواص و ترکیبات ، با شیر معمولی بسیار متفاوت می باشد. در فصل ۲ به طور مفصل تر به این موضوع پرداخته خواهد شد. از دیدگاه اقتصادی تولید شیر به وسیله گاو تا ۵ سال (دوره) مقرون به صرفه می باشد. البته حجم تولید شیر از اولین دوره به بعد به تدریج کاسته می شود .

شیردوشی

برای دوشیدن و خروج شیر از داخل پستان دام باید در ابتدا هورمون(Hormone) اوکسی توسین(Oxitocin) مترشحه از غده هیپوفیز، به داخل جریان گردش خون گاو ترشح گردد تا پستان ها تحت تاثیر آن تحریک شده و شیر را به بیرون هدایت کنند. این هورمون در غده هیپوفیز(Pitutary gland) ساخته شده و در آن ذخیره می گردد . (در اصل در غده هیپوتالاموس ساخته شده و در هیپوفیز ذخیره می گردد . مترجم) وقتی گاو به وسیله محرک های صحیحی برای شیر دهی آماده می گردد یک پیام عصبی به این غده فرستاده می شود که نتیجه آن ، آزاد سازی هورمون اوکسی توسین ذخیره شده به داخل جریان خون دام می باشد. در حالت طبیعی، دام در اثر مکیدن پستان به وسیله گوساله تحریک می شود و این امر باعث ترشح هورمون اوکسی توسین به داخل جریان خون او می گردد. در شیردوشی های مدرن امروزی ،گوساله در کنار گاو قرار داده نمی شود. اما باید این شرایط تحریکی به نوعی دیگر برای دام مهیا گردد. به طور مثال با صدا، نوازش و تیمار دام در شیر دوشی این تحریک را ایجاد می نمایند. اوکسی توسین حدود یک دقیقه پس از ورود به داخل جریان خون اثر خود را بر روی سلول های ماهیچه ای اطراف آلوئول ها گذاشته و باعث ایجاد انقباض درآنها می گردد و در نتیجه آلوئول ها فشرده می شوند. این حالت، فشاری را در پستان تولید می نماید که حتی با انگشتان دست ، قابل حس می باشد.این حالت به عکس العمل خروجی (Letdown reflex) موسوم است . نیروی ناشی از فشارعضلانی ، شیر را به داخل مخزن نوک پستانی می راند و از آنجا به داخل فنجانک های ماشین شیر دوش مکیده می شود و یا در طی شیر دوشی دستی به وسیله فشار انگشتان فردشیر دوش به بیرون هدایت می گردد . اثرات عکس العمل خروجی که تحت تاثیر هورمون اوکسی توسین موجود در جریان خون می باشد ، به دلیل رقیق شدن هورمون از لحظه ریزش به داخل خون اثر آن رو به کاهش نهاده و پس از ۸-۵ دقیقه از بین می رود . در طول این مدت شیر دوشی باید کامل گردد. اگر شیردوشی بیش تر ازاین زمان به طول انجامد ، باعث ایجاد فشار مکشی نامناسب ، در داخل پستان شده و ممکن است باعث آزردگی دام و ایجاد مشکل در روند تولید شیر گردد.



شکل ۳-۱ زمان شیردوشی ۸-۵ دقیقه می باشد


شکل ۴-۱ شیر پس از عبور از صافی وجمع آوری در داخل بیدون باید سرد گردد

شیر دوشی دستی

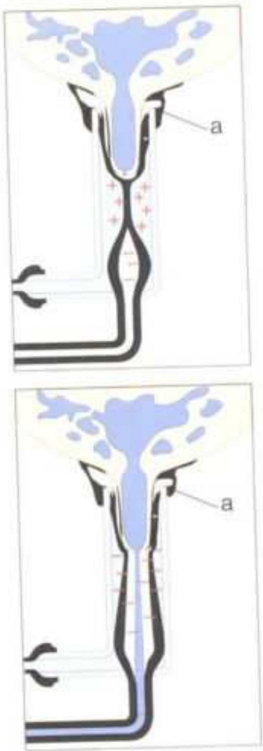
هنوز در بسیاری ازمزارع کوچک دنیا، گاو ها با دست و با روشی که صد ها سال قدمت دارد دوشیده می شوند. معمولا ،گاو ها هر روز به وسیله فرد مشخصی دوشیده شده و دام با شنیدن صدای او به سرعت تحریک شده و به مرحله عکس العمل خروجی شیر، رسیده و آماده شیر دوشی می گردد. شیر دوشی از مرحله پاسخ دام به "عکس العمل خروجی" شروع مـی شود. در اولین مرحله ، مقداری شیر از نوک پستان به بیرون فوران مـی کنـد و معمولا حاوی مقدار زیادی باکتری می باشد. یک شیر دوش با تجربه با دقـت در شیر ابتـدای دوشـش مـی توانـد از وضعیت سلامتی دام مطلع شود . برای دوشیدن دستی، دو نوک پستانی را که از دو ربع مخـالف هم می باشند با هم دوشیده می شوند . فشار ملایم ومناسب دسـت شـیر دوش مجـرب ، بـاعث خروج شیر از مخزن نوک پستانی ، به بیرون می گـردد و وقتـی فشـار کاسـته مـی شـود، اجـازه می دهد شیر از مخزن پستانی به مخزن نوک پسـتانی ریـزش نمـاید. در همـین زمـان دو نـوک پستان دیگر با فشار دست شیر دوش مورد دوشش قرار می گیرد . این عمل بـه طـور تنـاوبی تـا تخلیه کامل شیر از پستان به وسیله شیر دوش ادامه می یابد. شیر دوشیده شده در داخل سطل ، ابتدا به وسیله صافی از ذرات درشت جدا شده وسپس به داخل ظروف مخصوصی بنام بیـدون بـا ظرفیت ۵۰-۴۰ لیتر ، منتقل می شود. این ظروف باید با شیر داخل خـود خنـک شـده و تازمـان انتقال به کارخانه ، خنک نگهداری گردند . برای خنک نمودن آنهـا، غوطـه وری در داخـل مـواد سرمازا و یا پاشیدن مایعات سرد مثل آب نمک سرد بر روی آنها امری متداول می باشد.

شیردوشی با ماشین شیر دوش

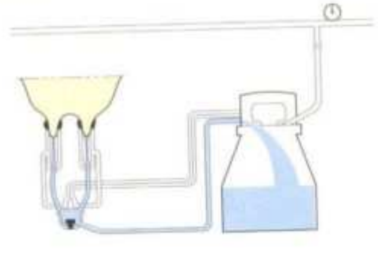
مزرعه های متوسط یا بزرگ ، از ماشین های شیردوش شبیه به آنچـه در شـکل (۵-۱) نشان داده شده است ، استفاده می کنند. ماشین های شیر دوش ، شیر را به وسیله خلاء از نـوک پستان مکش می نمایند. ملزومات شیردوشی عبارتند از : یک پمپ خـلاء(Vacuum pump) ، لوله های مخصوص مکش(Vacuum vessel) که کار اعمال خلاء و جمع آوری شـیر دوشـیده شده را تواما به انجام می رسـانند ، فنجـانک هـای (Teat cups) شـیر دوش ، کـه بـه وسـیله شیلنگ به لوله های مکش متصل می گردند و ضربان سـاز(Pulsator) کـه بـه تنـاوب خـلاء و فشار "جو" را در فنجانک های شیر دوش تامین می کند . یک واحد فنجـانک شـیردوش شـامل یک فنجانک شیردوش و یک حلقه لاستیکی داخلی ، که آسـتری فنجـانک نـامیده مـی شـود ، می باشد. داخل آستری ، نوک پستان دام را در بر می گیرد و خلاء ثابتی را به مقـدار تقریبـا ۰/۵ بار(Bar) [خلاء ٪۵۰] در زمان شیر دوشی اعمال می نماید. فشـار درون محفظـه ضربـان سـاز (بین آستری و فنجانک) متناوبا به وسیله ضربان ساز ، بین ۰/۵ بـار (در زمـان مکـش) و فشـار "جو" (در زمان استراحت) ، تنظیم می گردد. در نتیجه شیر در زمان مکش ، از داخل مخزن نـوک پستانی مکیده می شود. در مرحله استراحت ،آستری به طـرف دیـواره فنجـانک فشـرده شـده و مکش را متوقف می سازد. این مرحله اجازه می دهد که شیر تـازه از مخـزن پسـتانی بـه مخـزن نوک پستانی وارد گردد. این مرحله با مرحله بعدی مکش تکمیل و ادامه می یـابد. شـکل (۶-۱) این مراحل را نشان می دهد.

شکل ۶-۱ *مراحل کار ماشین شیر دوش*

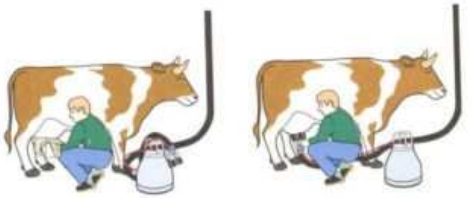
a = آستر فنجانک شیر دوش



شکل ۵-۱ *ملزومات ماشین شیردوش*



شکل ۷-۱ *آماده سازی گاو برای شیر دوشی بـا تمـیز کـردن و ماسـاژ دادن پسـتان، قبـل از اتصـال فنجـانک هـای ماشـین شیردوش.*



رهایی نـوک پسـتان در مرحلـه اسـتراحت ، بـرای جلوگـیری از تجمـع خـون و مایعـات بین بافتی ، ضروری می باشد. زیرا تجمع خون و مایعات ، باعث ایجاد درد در پستان دام شـده و ممکن است مانع خروج شیر گردد. ضربان ساز، (متناوبا بین مرحله مکش و استراحت) ۴۰ تـا ۶۰ بار در دقیقه ضربان می سازد . چهار فنجانک پستانی که به صـورت هـای مختلـف بـه چنگکـی متصلند ، نوک پستان گاو را در بر می گیرند . در زمان شیر دوشی ، مکـش بـه تنـاوب بـرای دو

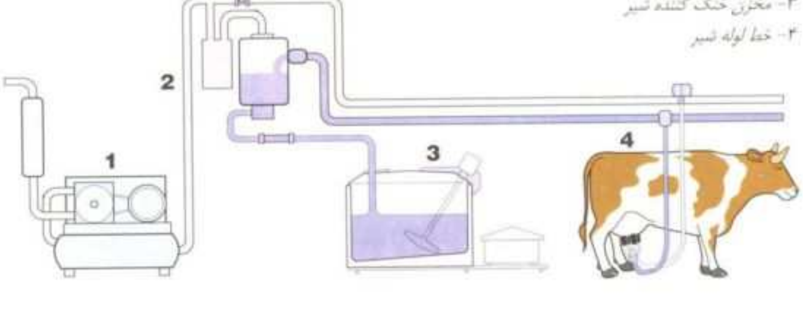
نوک پستان راست یا چپ و جلو یا عقب به طور همزمان به کار می رود. شیر از نوک پستان ها به داخل ظرف مکنده منتقل و یا به لوله های انتقال ، هدایت می گردد. یک دریچه خودکار، مسیر رادر زمانی که فنجانک ها از نوک پستان جدا می گردند برای جلوگیری از ورود آلودگی مسدود می نماید.

پس از دوشش ، ظرف حاوی شیر به داخل اتاق شیر منتقل و سپس داخل بیدون یا مخزن نگهداری شیر تخلیه گشته و بلافاصله برای خنک کردن آن اقدام لازم به عمل می آید. ممکن است برای حذف سختی کار و صرفه جویی در زمان ، شیر دوشیده شده به وسیله ماشین شیر دوش ، مستقیما با استفاده از یک سیستم لوله کشی مکشی ، به اتاق نگهداری شیر منتقل گردد ، شکل(۸-۱). این سیستم ، به طور گسترده ای در مزارع متوسط و بزرگ به کار برده می شود و باعث می گردد شیر در یک سیستم بسته ، مستقیما پس از دوشش از دام به داخل اتاق شیر و داخل مخزن نگهداری منتقل گردد. این عمل در راستای جلوگیری از رشد باکتری ها در شیر بسیار مفید می باشد. نکته مهمی که باید در طراحی این سیستم در نظر گرفته شود، جلوگیری از ورود و اختلاط هوا با شیر می باشد، ماشین های شیر دوش مجهز به سیستم شستشوی در محل – [CIP] Cleaning in place – از نظر سهولت عمل، برای استفاده ، ارجحیت دارند.

خنک کردن شیر در مزرعه

شیر در موقع خروج از پستان گاو، تقریبا ۳۷ درجه سانتیگرادحرارت دارد. شیر تازه دوشیده شده از یک دام سالم ، معمولا عاری از باکتری است ، بنابراین باید بلافاصله شیر پس از خروج از پستان در مقابل آلودگی و عفونت مورد حفاظت قرار گیرد. میکروارگانیزم ها قادرند شیر را از هر طریق ، مثلا ازطریق پستان ، دست های شیر دوش ،گرد و خاک هوا، قطرات ریز آب، ذرات کاه و پوشال ، مو های دام و خاک آلوده سازند. شیر هایی که بدین طرق آلوده شده اند باید با صافی تمیز گردند. باید توجه زیادی در نگهداری بهداشتی شیر از نظر آلودگی باکتریایی به عمل آید. با وجود به کار گیری تمام احتیاط ها ، ممکن است میکروارگانیزم ها به داخل شیر راه یابند. شیر در واقع یک محیط مناسب تغذیه و تکثیر برای تمام باکتری ها می باشد و تمام مواد مغذی مورد نیاز باکتری ها را به همراه دارد. بنابراین به محض ورود باکتری ها به داخل شیر به سرعت تکثیر نموده و رشد می نمایند. به خاطر این ویژگی گاهی اوقات در آزمایشگاه های سرم سازی از شیربرای کشت میکروارگانیزم های بیماری زا در مرحله تطابق با محیط کشت جدید ، به عنوان محیط کشت حد واسط استفاده می گردد . ازطرف دیگر شیر در ابتدای خروج از پستان دارای مواد ضد باکتریایی است که آنرا در مراحل ابتدایی در مقابل باکتری ها حفاظت می نماید. اگر شیر پس از دوشش سرد نگردد ، به سرعت توسط فعالیت میکروارگانیزم ها فاسد می گردد . زیرا بیش ترین رشد میکرو اورگانیزم های آلوده کننده شیر، در درجه حرارت ۳۷ درجه سانتیگراد می باشد. شیر باید پس از دوشش از دام به سرعت تا درجه حرارت ۴ درجه سانتیگراد خنک گردد. در این درجه حرارت، مقدار فعالیت میکرو اورگانیزم ها بسیار پایین می باشد. اما اگر درجه حرارت در زمان نگهداری بالا برود ، آنها به سرعت شروع به ازدیاد خواهند نمود. بنابراین این نکته که درجه حرارت شیر همواره در طول مدت زمان نگهداری باید پایین باقی بماند، بسیار مهم و اساسی می باشد. نمودارشکل (۹-۱) سرعت رشد باکتری ها را در درجه حرارت های مختلف نشان می دهد. با توجه به موردهای فوق اگر در شرایطی آب و نیروی الکتریسته در مزرعه در دسترس نباشد ، یا اینکه مقدارشیر تولیدی کم تر از حدی باشد که ضرورت چنین سرمایه گذاری را ایجاب نماید. باید برای حفظ کیفیت شیر تولیدی ، به ازای چند واحد موجود در یک ناحیه ، یک مرکز جمع آوری شیر مجهز به امکانات سرمازا تاسیس گردد.

شکل ۸-۱ طرح عمومی لوله کشی یک سیستم شیر دوش



۱- پمپ خلاء
۲- خط لوله خلاء
۳- مخزن خنک کننده شیر
۴- خط لوله شیر

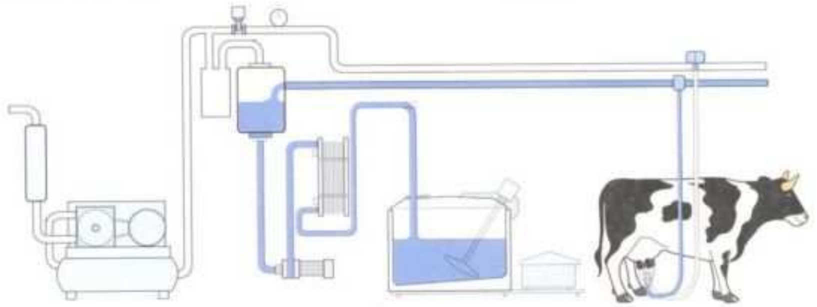
ملزومات سرما زا در مزرعه تولید شیر

انواع مختلفی از سرمازاهای افشانکی(Spray) وپاغوطه ور (Immersion) در اغلب دامداری ها برای خنک نگهداری شیر، تا زمان تحویل به کارخانه مورد استفاده قرار می گیرند . سرمازاهای نوع افشانکی آب سرد را به صورت ذرات ریز ، به جدار خارجی مخزن حاوی شیر پاشیده ، تا آن را خنک نگهدارند . در سردکن های غوطه ور ، لوله های مار پیچ حاوی مواد سرمازا(Coil) در داخل مخزن حاوی شیر تعبیه شده وآب سرد از میان این لوله ها دایما در جریان است و بدین وسیله باعث خنک نگهداشتن شیر در درجه حرارت لازم می گردد. شکل های (۱۹-۱) و (۲۱-۱) دو نمونه از این دستگاه های سرمازا را نشان می دهد .

تناوب تحویل شیر

معمولا، شیر دو بار در روز (صبح و عصر) از دامداری به کارخانه تحویل می گردد. اما احتمال دارد بعلت هایی نظیر: کمی مقدار حجم شیر تولیدی ویا بعد مسافت ویا... ، زمان نگهداری شیر در مزرعه افزایش یافته و متعاقبا تناوب تحویل کاهش یابد . در حال حاضر ، جمع آوری روزانه ، عمومی تر بوده و تناوب های ۴-۳ روزه هنوز جا نیفتاده است . ترجیحا، شیر باید در یک سیستم بسته با حداقل احتمال آلودگی جا به جا گردد. شیر باید پس از خارج شدن از پستان دام به سرعت تادمای ۴ درجه سانتیگراد خنک شده و تا هنگام انجام فرایند های لازم در این دما نگهداری گردد. تمامی وسیله ها و لوازمی که با شیر در تماس می باشند ، باید مرتبا تمیز و ضد عفونی گردند. مشکل در کیفیت شیر زمانی بروز می نماید که زمان جمع آوری آن بسیار طولانی شود . انواعی از میکروارگانیزم های سرمادوست (Psychrotrophic) که عموما در خاک و آب یافت می شوند ، می توانند در دمای پایین تر از ۷ درجه سانتیگراد رشد و تکثیر نمایند . بنابراین این نکته بسیار مهم می باشد که آب مصرفی برای تمیز کردن ملزومات باید از نظر بیولوژیکی از کیفیت بالایی برخوردار باشد.

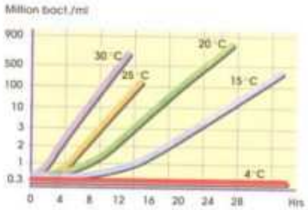
شکل ۱۲-۱ *ملزومات شیر دوشی در مزارع بزرگ ، همراه با مبدل های حرارتی ، برای کاهش سریع دما از ۳۷ به ۳ درجه سانتیگراد.*



باکتری های سرمادوست به آسانی در حرارت ۴ درجه سانتیگراد درشیر خام ذخیره شده رشد می نمایند. این میکروارگانیزم هاپس از ورود به داخل شیر بعد از یک وقفه زمانی ۷۲-۴۸ ساعته که معمولا برای سازش با محیط صورت می پذیرد، به صورت لگاریتمی شروع به رشد می نمایند، شکل (۱۳-۱) . فعالیت این میکروارگانیزم ها باعث ایجاد طعم بد (Off-flavours) می شوند که ناشی از تجزیه چربی و پروتئین های شیر می باشد ، و در نهایت می تواند کیفیت فراورده های تهیه شده از این شیر را به خطر اندازد. بر اساس مندرجات نمودار شکل (۱۳-۱) باید جمع آوری و نگهداری شیر خام ، در یک محدوده زمانی مشخص انجام پذیرد و اگر

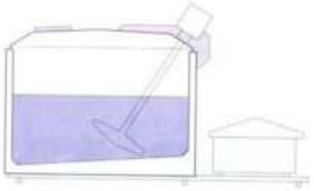
وقتی که ازماشین شیر دوش استفاده می شود ، شیر در داخل مخازن استوانه ای جمع می گردد شکل (۱۱-۱) ، این مخازن در ابعاد مختلف و متناسب با سیستم سرمازا طراحی وساخته می شوند ، به گونه ای که بتوانند دستیابی به درجه حرارت معینی را در حد اقل زمان ممکن و حفظ آن دما را در مدت زمان نگهداری شیر تضمین نمایند. این مخازن اغلب به یک سیستم خودکار شستشو دهنده برای حصول به سطح بالای استاندارد بهداشتی مجهز می باشند. در دامداری های خیلی بزرگ و مراکز جمع آوری شیر که با حجم های بالایی از شیر - بیش تر از ۵۰۰۰ لیتر - سروکار دارند و باید سرد سازی شیر را با سرعت بیش تری از ۳۷ تا ۴ درجه سانتیگراد به انجام برسانند ، ملزومات سرماساز مخزنی، ناکافی می باشد. در این موردها از مخازن برای نگهداری شیرکه قبلا سرد شده ، استفاده کرده و عملیات اصلی سرد سازی ، در مبدل های حرارتی (Heat exchangers) تعبیه شده در خطوط جمع آوری شیر انجام می پذیرد. شکل (۱۲-۱) یک نمونه از این سیستم ها را نشان می دهد.

شکل ۹-۱ *نقش حرارت در سرعت رشد میکروارگانیزم هادر شیر خام*



شکل ۱۰-۱ *شیر باید به سرعت تا ۳ درجه سانتیگراد سرد شود.*

شکل ۱۱-۱ *مخزن بزرگ برای سردکردن و نگهداری شیر.*



پاکیزگی و بهداشت

آلودگی های باکتریایی به طور عمده از طریق لوازم به کار گرفته در ضمن تولید، وارد شیر می گردند و به بیانی تمامی سطوح در تماس باشیر، می توانند منشاء بروز آلودگی ها باشند. بنابراین پاکیزگی و رعایت بهداشت در استفاده از این لوازم بسیار با اهمیت می باشد. وقتی شیر دوشی، دستی انجام می شود، تمام اسباب و لوازم مورد استفاده باید به طور دستی با موادشوینده (Detergents) و برس، تمیز گردند. ماشین های شیر دوش اغلب مجهزبه سیستم گردشی تمیز کننده (Circulation cleaning systems) هستند که همراه با آموزش و به کارگیری مواد تمیز کننده ویژه ، ارائه می گردند.

اندازه گله

بعضی معتقدند که هر ۱۰–۸ میش شیری، مساوی یک گاو شیری می باشد. بنابراین با همین نسبت تعداد میش را برای گله توصیه می نمایند . گله هایی با ۲۰۰–۱۵۰ راس میش شیری برای یک واحد دامپروری کوچک ، مناسب می باشد و تعداد ۴۰۰–۳۰۰ راس میش برای یک واحد با تولید اقتصادی توصیه شده است . باید درنظر داشت که نگهداری گله های بزرگ متجاوز از چند هزار میش ، امری بسیار خطیر می باشد. بنابراین هرگز نباید تعداد میش در گله های شیری از ۱۲۰۰ راس تجاوز نماید زیرا شیر دوشی از گله های بسیار بزرگ ، امری بسیار دشوار می باشد. کارایی شیر دوشی به مهیا بودن آبشخور مناسب در شیر دوشی ، کیفیت مدیریت و شرایط اقلیمی ارتباط تنگاتنگی دارد. یک میش معمولا، ۵–۴ سال در گله نگهداری می گردد. دوره آبستنی این دام تقریبا ۵ ماه بوده و در هر دو سال می تواند۳ بره و در شرایط نامناسب یک بره در سال بدنیا آورد. معمولا ، بره از سن ۱۳–۱۲ ماهگی آماده آبستنی و لقاح می باشد.

تولید شیر در دام

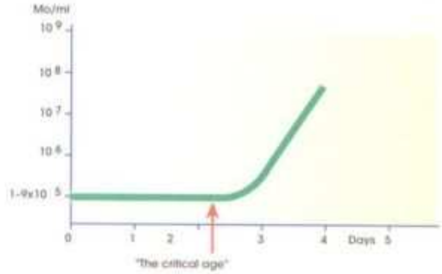
ترشح و تولید شیر در میش ، همانند دیگر دام های شیری می باشد. از نظر ترکیبات ، شیر گوسفند نیز مشابهت هایی با دام های دیگر دارد و تنها در صد ترکیبات مواد تشکیل دهنده تفاوت هایی رانشان می دهد. درشیر دهی میش نیزمانند دیگر دام های اهلی عامل هایی مانند: نژاد ، خصوصیت های فردی دام ، دوره شیر دهی در هر نژاد و... موثر می باشد . میش در چند روز اولیه پس از زایش ، آغوز تولید می نماید. آغوز بیش از ۴۰ درصد ماده خشک دارد و سرشار از پروتئین های آلفا– لاکتالبومین (α– Lactalbumin) و بتا – لاکتوگلبولین (β - Lactogiobulin) است و گاهی مقداراین مواد به بیش از ۱۶ در صد می رسد. دوره تولید آغوز حدود ۴–۳ روز پس از زایش است. در طول این دوره ، ترکیبات آغوز کم کم تغییر یافته و بیش تر شبیه به شیر معمولی می گردد.آغوز در صنایع شیر ارزشی ندارد و نباید با شیر معمولی مخلوط گردد. در تابلو (۱–۱) اجزا ء شیر گوسفند نشان داده شده است ، شیر گوسفند از نظر اجزاء اصلی ، از شیر گاو غنی تر بوده و تقریبا ۳۰ در صد مادّه خشک به همراه دارد.

چربی شیر

اندازه گویچه های چربی در شیر میش حدود ۰/۵ تا ۲۵ میکرون می باشد. اما بیش تر گویچه هابین ۳ تا ۸ میکرون قطر دارند . یعنی تقریبا دو برابر بزرگ تر از گویچه چربی شیر گاو می باشند. چربی شیر گوسفند ، در مقایسه با شیر گاو، حاوی مقداربیش تری اسید چرب کاپرلیک (Caprylic) و کاپریک (Capric) است که باعث ایجاد طعم و مزه ویژه آن می گردد.

محدوده زمانی نگهداری شیر ، بیش از زمان توصیه شده فوق بود باید درجه حرارت نگهداری به ۳–۲ درجه سانتیگراد کاهش یابد.

شکل ۱۳-۱ رشد باکتری ها در شیر خام ۴ درجه سانتیگراد



شیر گوسفند

نگهداری و پرورش تعداد زیادی گوسفند برای تولید شیر ، کار چندان آسانی نیست، جز آنکه با مقاصد دیگر ناشی از پرورش مانند تولید گوشت و استفاده از پشم و... ، توأم باشد. هدف اصلی بعضی دامپروری ها فقط استفاده از گوشت و پشم است . اما گاهی تولید شیر نیز مد نظر قرار می گیرد که در این صورت شرایط نگهداری خاصی را ایجاب می نماید . معمولاکل مقدار تولید شیر در هر دوره شیر دهی، از ۱۰۰ کیلوگرم تجاوز نمی نماید. در کنار تولید شیر حدود ۲۰۰–۱۵۰ کیلوگرم گوشت نیز تولید می گردد. در بعضی از نقاط دنیا با استفاده ازاصلاح نژاد ، انواعی راکه برای تولید شیر مناسب هستند ، جدا سازی نموده اند که از جمله می توان به نژاد لاکئون (Lacaune) در فرانسه ، ایست فریزین (East friesian) در آلمان ، آواسی (Awassi) در خاور نزدیک ، تسی گایا (Tsigaya) در رومانی ، مجارستان و بلغارستان اشاره نمود.

مقدار تولید شیر برای گوسفند نژاد ، ایست فریزین و آواسی را ۶۵۰–۵۰۰ کیلو گرم در هر دوره شیردهی ، گزارش کرده اند.

بازده و دوره شیردهی

اطلاعات گزارش شده به وسیله محققین در مورد بازده تولید شیر گوسفند، اختلافات زیادی را در بین نژادهای مختلف و حتی در بین یک نژاد نشان می دهد. بنابراین بیان ارقام ۰/۴ تا ۲/۳ کیلوگرم به ازای هر میش (گوسفند ماده) در روز به مدت ۱۰۰ تا ۲۶۰ روز، برای حداقل و حداکثر بازدهی و دوره شیر دهی قابل بحث و بررسی می باشد.

پروتئین

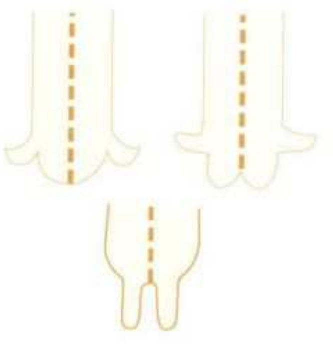
شیر گوسفند سرشار ازپروتئین کازئین(Casein) می باشد. این ویژگی از متوسط مقدار کازئین ۴/۵ درصد در مقابل ۱ درصد پروتئین سرمی (Whey) مشخص می شود. بنابراین نسبت بین کازئین به پروتئین سرمی (آب پنیر) در شیر گوسفند در مقایسه با شیر گاو ، تفاوت آشکاری را – ۸۲ به ۱۸ در شیر گوسفند و ۸۰ به ۲۰ در شیر گاو – نشان می دهد .

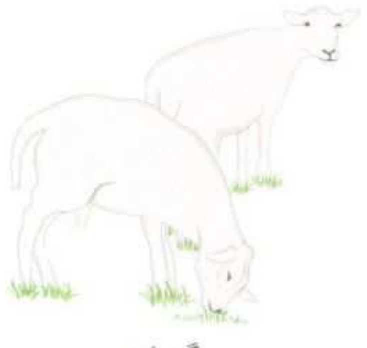
بعضی خواص شیر گوسفند

وزن مخصوص این شیر ۱/۰۴– ۱/۰۳۲ است و علت آن وجود مقدار زیادی ماده خشک بدون چربی (Solids - non - fat) می باشد. اسیدیته شیر گوسفند در زمانی که حداکثر درصد پروتئین را داراست ، بین ۱۲ تا ۹/۶ درجه سوکسله – هنکل([SH] Soxhlet - Henkel) قرار دارد. (اسیدیته شیر گاو ۷/۲ – ۶/۵ درجهSH است) . pH آن به طور طبیعی بین ۶/۸–۶/۵ است . (pH شیر گاو ۶/۷ – ۶/۵).

سوکسله - هنکل ([SH] Soxhlet - Henkel) یک نوع روش سنجش اسیدیته می باشد ، در این روش ۱۰۰ میلی لیتر سود نرمال به ۳۰۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه شده که هر میلی لیتر از این سود معادل یک درجه (SH) در ۱۰۰ میلی لیتر شیر است . هر درجه (SH) معادل ۲/۲۵ درجه بر اساس درنیک می باشد.

شکل ۱۴–۱ *نمای نوک پستان در گوسفند . وضعیت مناسب وقتی است که نوک پستان ها کاملا پایین و دو قسمت پستان از هم جدا بنظر رسند.*

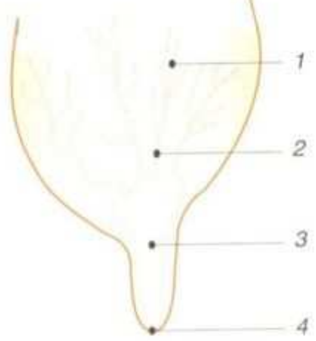




گوسفند

شیر دوشی

البته، باید توجه داشت یک تفاوت اساسی بین بازدهی گاو وگوسفند وجود دارد . پستان گاو از چهار ربع تشکیل شده است که هر کدام به یک نوک پستان ختم گشته و در حالت طبیعی به طور عمودی و مجزا از هم قرار دارند . گوسفند یک پستان دارد که به دو نیمه تقسیم شده و هر قسمت به یک نوک پستان ختم می گردد. شیر دوشی از گاو به طور طبیعی به هر دو صورت دستی و ماشینی ، آسان می باشد. اما شیر دوشی از گوسفند چندان آسان نمی باشد. زیرا شکل نوک پستان ها ، در هریک از نژاد ها ، به شکل خاصی بوده و معمولا به صورت افقی قرار دارند . شکل مطلوب پستان در دام باید در هر نیمه پستان منتهی به یک نوک در پایین ترین نقطه باشد. شکل (۱۴–۱) ، اشکال مختلف پستان گوسفند را نشان می دهد. بعضی از نژادها ، یک مخزن کوچک شیر در پستان دارند ، شکل (۱۵–۱) . در نتیجه شیر دوشی از آنها به عملکرد مناسب عکس العمل خروج شیر (.Let - down R) ، وابسته است . در این دام ها همانند گاو خروج شیر از پستان ، ابتدا با تاثیر هورمون اوکسی توسین بر روی سلول های شبه ماهیچه ای اطراف آلوئول و انقباض آنها، شروع می شود و در نتیجه باعث افزایش فشار در داخل پستان شده که آنهم به نوبه خود پدیده "عکس العمل خروجی "شیر را برقرار می سازد . مدت زمان شیردوشی درگوسفند بسیار کوتاه و در حدود ۲ دقیقه می باشد. – در مقایسه با زمان ۸ دقیقه ای در گاو– که آنهم تحت تاثیر نژاد و دوره شیر دهی قرار دارد . بنابراین ، زمان شیر دوشی در گوسفند بسیار کوتاه می باشد.



شکل ۱۵-۱ *مقطع عرضی یک نیمه از پستان گوسفند.*

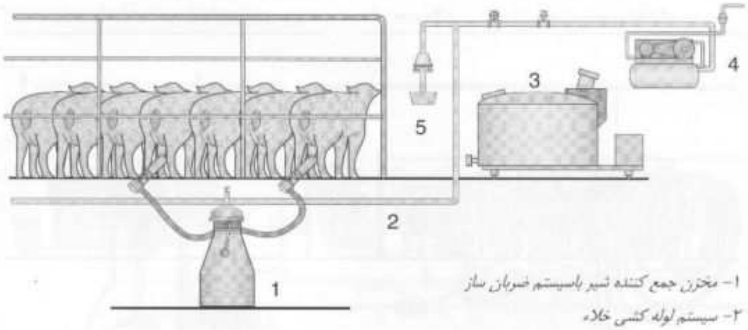
۱- بافت آلوئولی
۲- لوله های حمل کننده(Ducts) شیر
۳- مخزن (Cistern)نوک پستانی
۴- مجرای (Canal)نوک پستان

شیر دوشی دستی

روش هایی که در دامداری های کوچک ، برای شیر دوشی دستی به کار گرفته می شود ، بسیار شبیه به هم می باشند. کارایی آنها به طور اساسی ، وابسته به عکس العمل خروج شیر در دام می باشد. مثلا کارایی شیر دوشی را می توان بدین صورت بیان نمود که یک

شیر دوش ماهر باید قادر باشد ۲۰ تا ۴۰ میش را با عکس العمل خروج شیر آرام (مثلا نژاد لاکئون [Lacaune]) را در عرض یک ساعت با دست شیر دوشی نماید و یا همین شیر دوش باید بتواند ۴۰ تا ۱۰۰ راس میش را با عکس العمل خروج شیر سریع (مثل نژاد مانخ[Manech]) در یک ساعت به طور دستی ، شیر دوشی نماید.

شکل ۱۶-۱ سیستم شیردوشی و جمع آوری در مخزن



۱- مخزن جمع کننده شیر باسیستم ضربان ساز
۲- سیستم لوله کشی خلاء
۳- مخزن ذخیره شیر سرد
۴- پمپ خلاء
۵- واحد شستشوی فنجانک شیر دوش

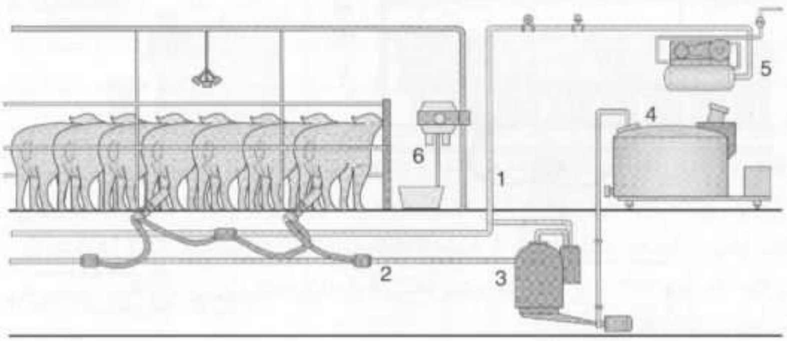
شیر دوشی ماشینی

دامداری های پرورش گوسفند شیری که بیش تر از ۱۵۰ راس میش دارند ، اغلب شیر دوشی ماشینی را جایگزین روش پر زحمت شیر دوشی دستی نموده اند، هرچند که هنوز ماشین های شیردوش فعلی برای دوشیدن میش کاملا دلخواه و مناسب نمی باشند. اصول کار ماشین های شیر دوش برای میش شبیه به ماشین های شیر دوش برای گاو می باشد. عموما، این ماشین ها همراه بایک مخزن جمع کننده و اتصالات لوله ای ، سواربر یک گاری حمل کننده متحرک قرار دارند. شکل های (۱۶-۱) و(۱۷-۱) و(۱۸-۱) .

یک مخزن مجهز به سیستم خلاء که در روی یک پایه متحرک نصب شده ، یک واحد ماشین شیر دوش را تشکیل می دهد. گنجایش مخزن ، حدود ۲۰-۱۵ لیتر می باشد که برای انتقال شیر به مخزن ذخیره اصلی مورد استفاده قرار می گیرد. ضربان ساز باید قابل نصب روی مخزن باشد. یک دریچه یک طرفه ، اجازه خروج هوای مکیده شده به داخل مخزن را به بیرون می دهد . طراحی این نوع ماشین ها به گونه ای است که یک نفر بتواند یک الی سه دستگاه را راه اندازی و استفاده نماید. به طور معمول ظرفیت شیر دوشی یک کاربر(Operator) ، با دو دستگاه شیر دوش، ۷۰ میش در ساعت می باشد. این نوع ماشین ها ، برای گله های کم تر از ۱۴۰ راس مناسب می باشند. در سیستم شیر دوش "سالنی" ، خط شیر دوشی می تواند در دو سطح بالا و پایین ، در آبشخور نصب گردد و ظرفیت آن تابعی از اندازه آبشخور می باشد.

شکل ۱۷-۱ اتصالات وخط لوله سیستم شیر دوش

۱- خط لوله شیر
۲- خط لوله خلاء
۳- قسمت انتهایی
۴- مخزن شیر برای ذخیره و سرد سازی شیر
۵- پمپ خلاء
۶- واحد شستشوی فنجانک

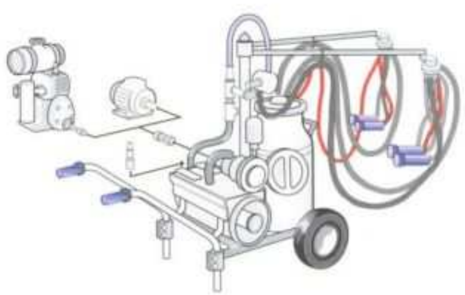


انواعی از شیر دوش نوع متحرک ، برای گله های کوچک مناسب بوده و قابل استفاده در فضای آزاد می باشند و در مواقعی که لازم است میش ها در جاهای متفاوتی در مزرعه دوشیده شوند ، مناسب است. از نظر ظرفیت انواع متحرک قابل مقایسه با شیر دوش سالنی می باشند. یک واحد از این نوع ، شامل : سیستم کامل خلاء ، دستگاه تولید برق (موتور برقی یا نوع سوختی) ، اتصالات ، مخزن با ظرفیت ۵۰-۲۰ لیتر و سیستم ضربان ساز، که بر روی یک گاری متحرک سوار شده اند. در زمان استفاده، دستگاه پشت سر ۸-۴ میش قرار داده می شود . وسپس از هر محور ، دو فنجانک از بین پاهای پشتی به نوک پستان دام متصل می گردد.

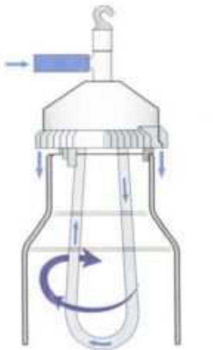
سرد کردن شیر

سرد کردن موثر شیر پس از دوشیدن بهترین راه برای جلوگیری از فعالیت میکروبی می باشد. روش های متفاوتی برای این کار وجود دارند که انتخاب آنها بر اساس حجم شیر تولیدی می باشد. لوازم کار همانند ملزومات به کار رفته برای سرد کردن شیر گاو می باشد . یک نوع خنک کننده داخل مخزنی (In - can cooller) که در شکل (۱۹-۱) نشان داده شده برای تولیدات کم مناسب است . این وسیله توجهات خاصی به لحاظ به کارگیری گردش آب سرد در

داخل خود و در زمان قرار گرفتن در داخل مخزن حاوی محصول لازم دارد. یک نوع سرد کننده غوطه ور (Immersion cooler) برای سرد کردن مستقیم شیر داخل مخزن با همان کارایی سردکننده های مخزنی بزرگ طراحی شده است . کندانسور این واحد در روی دیوار قابل نصب می باشد ، شکل (۲۰-۱) .



شکل ۱۸-۱ *واحد شیر دوش متحرک*

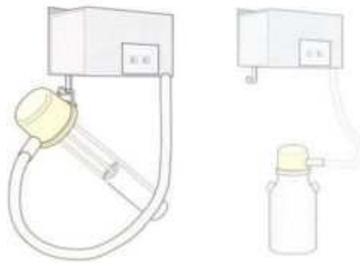


شکل ۱۹-۱ *یک واحد سرما ساز قابل نصب در روی دربوش مخزن کوچک جمع اوری شیریا بیدون(نوع شناور)*

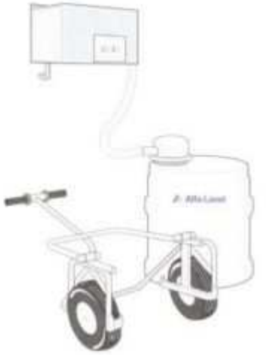
تبخیر کننده این سیستم در انتهای پایانی واحد غوطه ور، قرار می گیرد. از این نوع سرد کننده می توان برای سرد کردن غیر مستقیم نیز سود جست . به طور مثال می توان بااین وسیله آب سرد گردش کننده بدور مخازن دو جداره نگهداری شیررا سرد نمود. مخازن عایق دار مخصوص مزرعه (Insulated farm tanks) ، به هر دو صورت ثابت و متحرک در دسترس می باشند، شکل (۲۱-۱) . هنگامیکه به دلیل شرایط جاده ، امکان تردد تانکر های بزرگ حمل کننده شیر وجود ندارد ، مخازن متحرک حمل شیر می توانند ، برای رسانیدن شیر به مراکز جمع آوری به طور قابل ملاحظه ای مفید واقع شوند. این مخازن متحرک وسیله راحتی برای انتقال شیر به مراکز جمع آوری می باشند. مخازن بزرگ شیر شکل(۱۱-۱) برای جمع آوری ، سرد کردن و ذخیره سازی شیر برای انتقال ، مورد استفاده قرار می گیرند.

پاکیزگی و بهداشت

اصلی ترین عامل آلوده ساز شیر ، استفاده از ملزومات غیر پاکیزه می باشد. سطوح آلوده در تماس با شیر ، می توانند سرچشمه عفونت ها در شیر باشند. شستشو به وسیله دست و برس(Brush) ازعمومی ترین روش های پاک سازی است . در اغلب ماشین های شیر دوش ، یک سیستم شستشوی گردشی (Circulation cleaning) قرار داده شده است . محلول تمیز کننده به وسیله خلاء یا پمپ از میان ماشین عبور داده می شود . مواد شوینده و تمیز کننده با درجه حرارت معین ، بر اساس طرح از پیش تعیین شده ، در داخل قسمتهای ماشین ، برای زدودن آلودگی ها ، چرخش داده می شوند.



شکل ۲۰-۱ *سرماساز نوع "غوطه ور" که قابل جاگذاری بر روی بیدون می باشد.*



شکل ۲۱-۱ *یک نوع مخزن عایق دار مخصوص مزرعه که پس از سرد سازی شیر به آسانی قابل حمل و نقل می باشد.*

شیر بز

احتمالا بز ، اولین نشخوار کننده ای بوده که برای دامپروری ، مورد بهره برداری انسان قرار گرفته است . منشا اصلی زیستگاه این دام در آسیا می باشد . اما امروزه در همه نقاط جهان پراکندگی دارد. بز حیوان سر سختی بوده و در مکانهایی موفق به زندگی شده است که برای دیگر حیوانات زندگی در آن مکان ها ، بسیار مشکل می باشد. بز بر عکس گوسفند ، یک دام قابل نگهداری در گله نمی باشد. نژاد های زیادی از این دام وجود دارند و مشکل می توان نژاد شیری را در میان آنها تعیین نمود. نژاد های سوئیسی سانا (Saana) ، توگن برگ (Toggenburg) و شاموئیز (Chamois) به طور موفقی برای تولید شیر، اصلاح نژاد شده اند. این نژاد هارا برای بالا بردن تولید شیر به اغلب نقاط دنیا فرستاده اند. نژادهای غیر شیری مثل کاشمر(Cashmere) و آنقوره (Angora) را برای تولید پشم پرورش می دهند.

بازدهی و دوره شیردهی

در یک واحد تولید شیر بز، که بخوبی مدیریت شود ، می توان تولید بین ۹۰۰-۴۰۰ لیتر شیر را در هر دوره شیر دهی به ازای هر راس دام انتظار داشت . دوره شیردهی بز متفاوت و بین ۳۰۰-۲۰۰ روز می باشد. شیر دوشی دستی در این دام کار بسیار سختی است . بنابراین شیر دوشی با ماشین شیر دوش توصیه می گردد. اما به علت کمی مقدار تولید شیر ، باید توجیه اقتصادی لازم برای ماشینی کردن سیستم ، موجود باشد. برای یک گله با توجیه اقتصادی قابل قبول حداقل ۱۲۰-۴۰ بز در گله لازم است . نگهداری ۱۰۰۰تا۲۰۰ راس بز در یک گله و پرورش آن البته کاری شدنی است - اگر چه دشواری هایی دارد - اما نگهداری تعداد زیادتر بز ، فقط نیازمند ماشین شیر دوش نبوده بلکه ضرورت وجود یک مدیریت خیلی قوی ، تغذیه مناسب و برنامه دقیق پرورش را طلب می کند .

بز

شیر دهی

ترشح شیر در پستان بز همانند دیگر دام های شیر ده می باشد. ترکیبات شیر بز ، در اغلب گونه ها ، تحت تاثیر چندین عامل قرار دارد. تابلو(۱-۱) این ترکیبات را نشان می دهد. در ابتدا ممکن است ، این طور بنظر رسد که شیر بز شباهت زیادی به شیر گاو دارد. نسبت بین کازئین به پروتئین های سرمی (آب پنیر) در شیر بز، ۲۵:۷۵ در مقابل ۲۰:۸۰ در شیر گاو میباشد. نسبت بالای پروتئین های سرمی (آب پنیر) در شیر بز ، آن را به حرارت ، بسیار حساس ساخته است . pH شیر بز به طور عادی بین ۶/۷-۶/۵ قرار دارد.

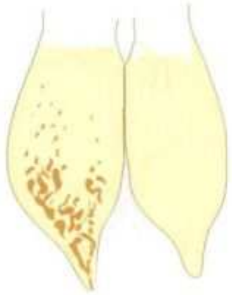
شیر دوشی

پستان بز ماده ، مثل میش از دو نیمه تشکیل شده و هرکدام به یک نوک پستان ختم می گردند، شکل (۲۲-۱) . در مقایسه با میش ، شکل نوک پستان بز وضعیت متعادل تری را دارا می باشد و اغلب به صورت عمودی و کشیده و در انتهای هر نیمه از پستان ، قرار گرفته اند. در نتیجه شیر دوشی ، چه با دست و چه با ماشین ، راحت تر از میش می باشد. عکس العمل خروجی شیر در بز، حدود ۴-۱ دقیقه به طول می انجامد و به مرحله شیر دهی و نژاد دام وابسته است.

شیر دوشی دستی

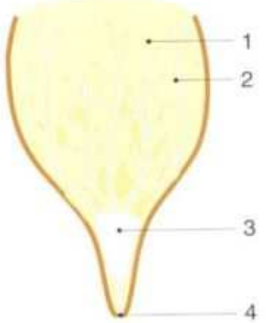
شیر دوشی دستی ، راه متداول دوشیدن بز می باشد.

شکل ۲۲-۱ *شکل پستان بز*



شکل ۲۳-۱ *برش مقطع طولی یک نیمه از پستان بز*

۱- بافت آلوئولی
۲- مجاری شیر
۳- مخزن
۴- مجرای نوک پستانی



شیر دوشی اتوماتیک ، سرد کردن و ذخیره سازی

استفاده از ماشین های شیر دوش در دامداری های بزرگ نگهداری این دام ، رایج است. تمامی مسائل عنوان شده قبلی در مورد میش ، مثل لوازم شیر دوشی ، سیستم های خنک کننده، شستشو ، ذخیره سازی و ... در مورد بز نیز صادق است .

شیمی شیر

ترکیبات عمده شیر را آب ، چربی ، پروتئین ها، لاکتوز (قند شیر) و مواد معدنی (نمک ها) تشکیل می دهند. شیر همچنین حاوی مقدار جزئی از مواد دیگر مثل رنگدانه ها ، آنزیم ها ، ویتامین ها ، فسفولیپید ها (موادی شبیه به چربی) و گاز ها می باشد.

وقتی آب و گازهارا از شیر حذف نماییم به آنچه که باقی می ماند " ماده خشک " (Dry matter [DM]) یا مواد جامد تام (Total Solids) اطلاق می گردد. شیر یک ماده بسیار پیچیده می باشد. شرح وتوضیح ترکیبات گوناگون شیر و اینکه هر کدام چه تغییرهایی را در اثر مراحل مختلف بهبود سازی (Treatment) متحمل می گردند، لزوم بازنگری به بعضی از مباحث مبانی شیمی (Terminology) را ایجاب می نماید. در این فصل ، شیمی شیر با یادآوری مختصری از مفاهیم شیمی همراه خواهد بود.

برخی مفاهیم شیمی پایه

اتم ها

اتم (Atom)کوچک ترین واحد ساختمانی ماده ، در طبیعت بوده و بطریقه شیمیایی قابلیت تقسیم شدن به واحد کوچک تر از خود را دارا نمی باشد. ماده ای که از یک نوع اتم ساخته شده باشد را عنصر(Element) می نامند . امروزه بیش تر از صد نوع عنصر شناخته شده است. به طور مثال می توان از عناصری مانند اکسیژن ، کربن ، هیدروژن و آهن نام برد. اکثر مواد در طبیعت ، از ترکیب چند عنصر مختلف ساخته شده اند. به طور مثال هوا از ترکیب اکسیژن ، نیتروژن ، دی اکسید کربن و مقداری گازهای دیگر ساخته شده است . آب نیز از نظر شیمیایی ترکیبی از عناصر هیدروژن و اکسیژن می باشد.

هسته اتم ها از دو ذره دیگر به نام های پروتون ونوترون تشکیل شده است شکل (۱-۲). پروتون حاوی بار مثبت بوده و نوترون از نظر بار الکتریکی خنثی می باشد. الکترون ها با ساختمان اوربیتالی ، دارای بار منفی و برابر با بارهای مثبت پروتون هسته ، می باشند. تعداد پروتون ها و الکترونها و در نتیجه تعداد بارهای مثبت و منفی ، درهر اتم با هم برابر می باشند ، با این فرض ، اتم ها از نظر الکتریکی خنثی هستند. اتم ذره بسیار ریزی می باشد، شکل (۲-۲). به طور مثال یک سکه کوچک مسی ، بیش تر از صد میلیون ، میلیون اتم دارد، با این وجود ، اتم ها دارای فضای خالی زیادی بین خود می باشند به طوری که اگر ما قطر هسته یک اتم را، ۱ فرض نماییم ، قطر کل اتم حدود ۱۰۰۰۰ خواهد بود.

یون ها

در واکنش های شیمیایی ، اتم ممکن است ، الکترون از دست داده و یا الکترون به دست آورد. درچنین وضعیتی اتم از حالت خنثی خارج شده و به آن یون (Ion) - اتم باردار- گفته می شود. در این حالت اگر تعداد الکترون ها از تعداد پروتون ها در یون بیش تر باشد ، یون دارای بار منفی خواهد بود. اما اگر اتم یک یا چند الکترون ازدست داده باشد ، دارای بار الکتریکی مثبت خواهد شد. معمولا یون های با بار مثبت و منفی با هم حضور دارند ، مثلا در یک محلول کاتیون ها(یون های بار مثبت) و آنیون ها (یون های بار منفی) به صورت برابر و در کنار هم قرار می گیرند و در شکل جامد به شکل نمک می باشند . نمک معمولی حاوی یون های سدیم (Na) و کلر (Cl) با فرمول شیمیایی (NaCl) بوده و کلرید سدیم نامیده می شود.

مولکول ها

چند اتم از یک نوع عنصر یا از عناصر مختلف ، می توانند با هم ترکیب شده و تشکیل واحد بزگتری را بنام مولکول (Molecule) بدهند . مولکول ها می توانند به شکل جامد نظیر: آهن (Fe_2) یا سنگ سیلیس (SiO_2) ، و مایع به صورت آب (H_2O) وگاز مانند هیدروژن (H_2) باشند .

نماد شیمیایی تعدادی از عناصر تشکیل دهنده مواد آلی:

(C) کربن
(Cl) کلر
(H) هیدروژن
(I) ید
(K) پتاسیم
(N) نیتروژن
(Na) سدیم
(O) اکسیژن
(P) فسفر
(S) گوگرد

ترکیبات آلی بیش ترحاوی:
کربن ، اکسیژن ، هیدروژن
ترکیبات غیر آلی بیش ترحاوی:
دیگر عناصر می باشند.

خصوصیت های فیزیکو شیمیایی شیر گاو

شیر گاو حاوی تقریبا ۸۷ درصد آب و۱۳ درصد "ماده خشک" می باشد. ماده خشک به صورت مواد معلق یا محلول در آب قراردارد . بسته به نوع مواد جامد سیستم های گوناگونی از توزیع آنها در فاز آبی شکل می گیرد .

تابلو ۱-۲ *خصوصیت های فیزیکو شیمیایی شیر*

	متوسط ترکیبات ٪	امولسیون نوع روغن درآب	محلول های کلوئیدی سوسپانسیون	محلول حقیقی
رطوبت	۸۷			
چربی	۴	*		
پروتئین	۳/۵		*	
لاکتوز	۴/۷			*
خاکستر	۰/۸			*

تعاریف

امولسیون (Emulsion) : تعلیق قطرات یک مایع در مایع دیگر را گویند . شیر یک امولسیون چربی در آب می باشد و کره یک امولسیون آب در چربی است . به طور دقیق تر حالت فوق را به دو فاز منتشر (Dispersed) و فاز پیوسته (Continuous) تقسیم بندی می نمایند.

محلول کلوئیدی (Colloidal solution) : در این حالت ، مواد در یک وضعیت حد واسط بین محلول حقیقی مثل شکر در آب و **سوسپانسیون** (suspension) مثل گچ در آب قرار می گیرند، این حالت از مخلوط را ، محلول کلوئیدی یا سوسپانسیون کلوئیدی (Colloidal suspension) می گویند. خصوصیت های عمومی کلوئید ها عبارتند از :

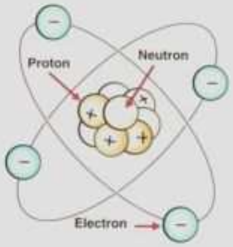
- اندازه ذرات ریز است .
- بار الکتریکی دارند.
- بین ذرات و مولکول های آب پیوستگی وجود دارد.

پروتئین های سرمی در شیر به صورت محلول کلوئیدی و کازئین به صورت سوسپانسیون کلوئیدی وجود دارد.

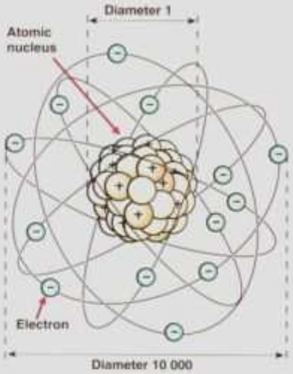
موادی مثل نمک ها ، به واسطه تغییرهایی که در اتصال های آبی پدید می آورند باعث عدم ثبات سیستم های کلوئیدی می گردند. این حالت باعث کاهش حلالیت پروتئین می گردد.

اگر مولکول حاوی اتم های کربن ، هیدروژن و نیتروژن باشند به این ترکیب ماده آلی (Organic) گفته می شود. یعنی فراورده هایی که از سلول های زنده تولید شده اند. بعنوان مثال می توان به اسید لاکتیک به فرمول عمومی ($C_3H_6O_3$) اشاره نمود . این فرمول بیان می دارد که مولکول اسید لاکتیک از سه اتم کربن ، شش اتم هیدروژن و سه اتم اکسیژن تشکیل شده است . تعداد اتم های یک مولکول می تواند بسیار زیاد باشد. مولکول ها می توانند از دوتا صدها اتم را دارا باشند .

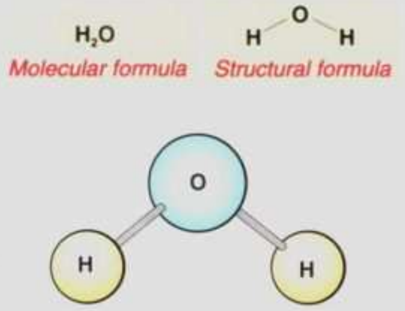
شکل ۱-۲ *هسته اتم متشکل از پروتون و نوترون و مدار اوربیتالی الکترون دور هسته.*



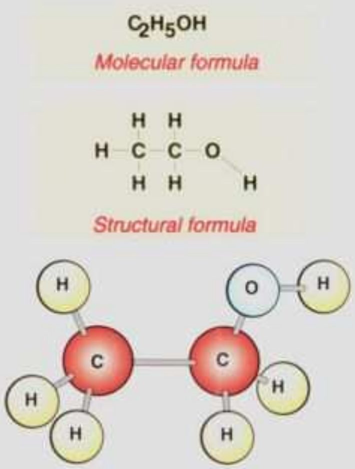
شکل ۲-۲ *هسته اتم نسبت به اتم بسیار کوچک است. اگر بزرگی هسته را به یک توپ تنیس تشبیه نماییم ، الکترون ها در فاصله ۳۲۵ متری قرار دارند.*



شکل ۳-۲ *سه فرم نشان دادن مولکول آب*



شکل ۴-۲ *سه شکل بیان مولکول الکل اتیلیک*



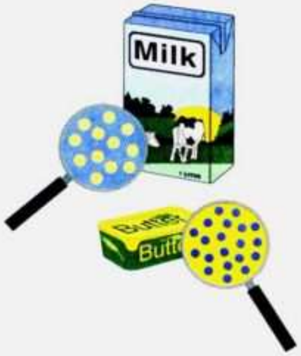
عامل هایی چون حرارت ، باعث باز شدن مولکول (Unfolding) پروتئین های سرمی (آب پنیر) شده و ممکن است اتصال های بین پروتئین ها افزایش یابد. الکل نیز باآبگیری از ذرات باعث بی ثباتی سیستم های کلوئیدی می گردد .

تابلو ۲-۲ *نسبت بین اندازه ذرات در شیر*

نوع ذرات	*اندازه به میلیمتر*
گویچه چربی	10^{-3} تا 10^{-2}
کازئین - فسفات کلسیم	10^{-5} تا 10^{-4}
پروتئین آب پنیر	10^{-6} تا 10^{-5}
لاکتوز ، نمک ها ، مواد دیگر موجود در محلول حقیقی	10^{-7} تا 10^{-6}

محلول های حقیقی : مواد وقتی باآب یا مایعات دیگر مخلوط می شوند، به شکل محلول های حقیقی (True solutions) در می آیند . این محلول ها را به شکل های زیر طبقه بندی می نمایند:

* **محلول های غیر یونی:** مانند حل شدن لاکتوز در آب که در این حالت تغییری در ساختمان مولکولی آن پدید نمی آید.



شکل ۵-۲ *وقتی که شیر و خامه به شکل کره درآورده می شوند ، فاز روغن در آب تبدیل به فازآب در روغن می گردد.*

شکل ۶-۲ *پروتئین های شیر در نمای میکروسکوپ الکترونی*

* **محلول های یونی :** از حل شدن نمک ها مانند نمک طعام در آب درست می شود . در این حالت ، کاتیون سدیم و آنیون کلر در آب پخش گشته و ایجاد یک محلول الکترولیت می نماید.

اسیدیته

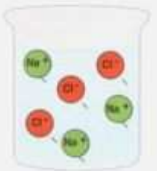
وقتیکه یک اسید (به طور مثال اسید کلریدریک HCl) با آب مخلوط شود، باعث رهاشدن یون های هیدروژن (پروتون) با بار الکتریکی مثبت (H^+) می گردد. آنها به سرعت به مولکول آب پیوسته و یون هیدرونیوم (H_3O^+)راتولید می نمایند.

زمانی که یک" باز "(یک اکسید فلزی یا هیدروکسید) به آب اضافه می شود ، تولید یک محلول" بازی "(Basic) یا قلیایی (Alkaline) را می نماید . با انحلال" باز" در آب یون هیدرواکسید (OH^-) در آن رها می گردد.

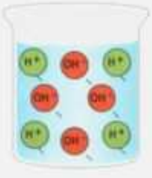
* محلولی که حاوی تعدادمساوی از یون های هیدرواکسید و هیدرونیوم باشد . خنثی است، شکل(۸-۲).

* محلولی که حاوی مقداربیش تری از یون هیدروکسید ، در مقایسه با تعداد یون هیدرونیوم باشد، قلیایی است، شکل(۹-۲) .

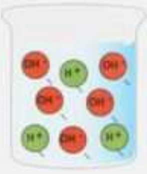
* محلولی که حاوی مقداربیش تری از یون هیدرونیوم ، در مقایسه با تعداد یون هیدروکسید باشد، اسیدی است، شکل (۱۰-۲) .



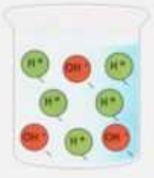
شکل ۷-۲ *محلول یونی*



شکل ۸-۲*محلول خنثی.* pH = 7



شکل ۹-۲ *محلول قلیایی.* pH>7



شکل ۱۰-۲*محلول اسیدی.* pH<7

pH

اسیدیته محلول ها ، غلظت یون هیدرونیوم را مشخص می نماید. این مقدار از یک محلول به محلول دیگر تغییر می نماید. نماد pH برای مشخص کردن غلظت یون هیدرونیوم به

کار می رود . بیان ریاضی pH عبارت است از منفی لگاریتم بر پایه ۱۰ غلظت یون هیدرونیوم بر حسب مولاریته . یعنی $pH = -\log[H^+]$ در ذیل تقسیم بندی انواع محلول ها را بر اساس pH در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتیگراد نشان می دهد.

محلول قلیایی	pH〉7.
محلول خنثی	pH = 7.
محلول اسیدی	pH〈7.

خنثی سازی

وقتی یک اسید بایک قلیا مخلوط می گردد، یون های هیدرونیوم و هیدروکسید باهم وارد واکنش شده و تولید آب می نمایند. اگر اسید و باز مخلوط شده به یک جزء (نسبت) باهم ترکیب شوند، نتیجه این عمل ، خنثی شدن می باشد که در این حالت ، هیچ یون هیدرونیوم و هیدروکسید در مخلوط وجود نخواهد داشت و pH=7 خواهد بود . این عمل را خنثی سازی می نامند. فرمول واکنش به شرح زیر است:

$$H_3O^+ + OH^- \Rightarrow H_2O + H_2O$$

محصول خنثی سازی ، نمک می باشد. هر گاه اسید کلریدریک (HCl) با هیدروکسید سدیم (NaOH) مخلوط شود ، دو محصول کلرید سدیم (NaCl) و آب (H_2O) تولید می گردد. نمک های هیدرو کلریک اسید را کلراید می نامند. سایر نمک ها نیز با روش مشابهی نامگذاری می گردند یعنی پس از نام اسید ، پسوند آورده می شود نظیر : اسید سیتریک ⇦ سیترات، اسید نیتریک ⇦ نیترات و ... .

انتشار

ذرات موجود در یک محلول یونی ، ملکولی و یا کلوئیدی همواره تحت تاثیر نیروهایی قرار می گیرند که باعث مهاجرت (انتشار [Diffuse]) آنها ازمحیط غلیظ به محیط رقیق تر می گردد. فرایند انتشار به طور پیوسته تا زمانی که تمام محلول به صورت یکنواخت در آید و به یک غلظت یکسان برسد ادامه می یابد . قند حل شده در یک فنجان قهوه ، نمونه ای از پدیده انتشار می باشد. قند به سرعت در یک نوشیدنی داغ حل شده و مولکول های آن به صورت یکنواخت در تمام حجم آن منتشر می گردند.

سرعت انتشار وابسته به سرعت ذرات می باشد که آن نیز به نوبه خود به درجه حرارت، اندازه ذرات و اختلاف غلظت بین دو محلول وابسته است.

شکل (۱۱-۲) ، اصول فرایند انتشار را توضیح می دهد. لولهU شکل به وسیله یک غشاء تراوا (Permeable) به دو قسمت تقسیم شده است . سمت چپ آن را با آب پر می نمایند و سمت راست را با یک محلول قندی که مولکول های آن بتوانند از غشاء عبور نمایند ، پر می سازند. پس از مدتی در اثر پدیده انتشار ، غلظت در دو طرف غشاء یکسان می گردد.

اسمز

اسمز(Osmosis) پدیده ای است که چگونگی جریان یافتن خود به خودی آب خالص از وراء غشاء مناسب ، به داخل محیط آبی (Aqueous) را بیان می دارد و یا حرکت آب را از محیط رقیق به محیط غلیظ ، توضیح می دهد. اثر اسمز به وسیله مثال هایی در شکل (۱۲-۲) توضیح و نشان داده شده است . لوله U شکل ، به وسیله یک غشاء نیمه تراوا (Semi - permeable) به دو قسمت تقسیم شده است . سمت چپ آن با آب پر شده و در سمت راست ، یک محلول قندی قرار گرفته است به طوری که مولکول های آن نمی توانند از غشاء عبور نمایند. در این حالت مولکول های آب از غشا ء عبور کرده و وارد محیط قندی گشته و در نتیجه آن رابه غلظت پایین تری رقیق می نماید. این فرایند را" اسمز" می نامند . حجم محلول قندی در اثر ترقیق ، افزایش می یابد و باعث صعود سطح مایع می گردد، شکل(۱۲-۲). در این حالت فشار هیدرواستاتیک (a) در روی غشاء بالاتر از فشار آب در طرف دیگر می گردد . در این مرحله بخاطر عدم تعادل فشار ، مولکول های آب از محلول قندی شروع به برگشت به سمت محلول آب می نمایند ، زمانی که انتشار آب در هر دو طرف مساوی گردد، سیستم به تعادل می رسد و جریان متوقف می گردد .

اگر فشار هیدرواستاتیک ، از ابتدا در محلول قندی اعمال گردد، ورود آب از وراء غشاء کاهش می یابد. فشار هیدرواستاتیکی لازم برای جلوگیری از ایجاد تعادل غلظت ، دراثر انتشار آب به داخل محلول قندی را "فشار اسمزی" محلول می نامند.

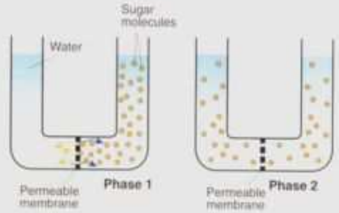
اسمز معکوس

اگر در مثال قبل فشاری بیش تر از فشار اسمزی در سمت محلول قندی اعمال گردد، مولکول های آب از مایع قندی بسوی آب انتشار می یابند ، در این حالت غلظت محلول قندی افزایش می یابد. این فرایند در شکل (۱۳-۲) توضیح داده شده است . امروزه به طور تجاری از این فرایند برای غلیظ سازی محلول ها استفاده می گردد و به اسمز معکوس (Reverse osmosis[RO]) موسوم است.

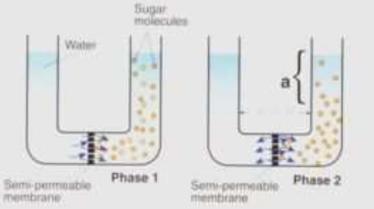
دیالیز

دیالیز(Dialysis) روشی است که با به کار گیری اختلاف غلظت و رانـش نیرو ، باعث جدا سازی ذرات درشت از ذرات ریز در محلول می گردد. مانند جدا سازی پروتئیـن هـا از نمـک، محلولی که قرار است در آن جدا سازی انجام پذیرد ، در یک طرف غشـاء قـرار داده مـی شـود و یک حلال (آب) در طرف دیگر قرار می گیرد . غشاء منافذی را داراست که فقط اجـازه عبـور بـه مولکول های کوچک نمک و مولکول های بسیار کوچک پروتئین را می دهد شکل (۱۴-۲) .

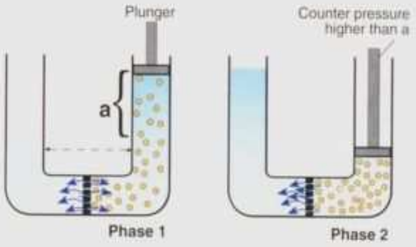
شکل ۱۱-۲ *مولکول های قند از میان غشـاء تـراوا به داخل اب انتشار یافتـه و متقابلا ، مولکـول هـای اب وارد محلـول قنـدی مـی گردنـد تـا سـر انجـام غلظت در دوطرف غشاء برابر گردد.*



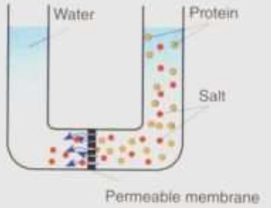
شکل ۱۲-۲ *مولکـول هـای قنـد نمـی تواننـد از وراء غشاء نیمه تراوا عبور نمایند. این غشاء فقط اجازه عبور به مولکول های کوچک اب را تا زمـان متعـادل شـدن غلظت می دهد،(a) فشار اسمزی مایع است.*



شکل ۱۳-۲ *اگرفشاری بالاتر از فشار اسمزی به سـطح مایع قندی وارد آید ، مولکول هـای اب بـه سـمت مقابل انتشـار یافتـه و بـاعث تغلیظ بیش تـر محلـول قنـدی می گردند.*



شکل ۱۴-۲ *رقیق نمودن محلول در یک طرف غشاءباعث تغلیظ مولکول هـای بـزرگ در سـمت دیگـر مـی گـردد، زیـرا مولکـول هـای کوچـک می توانند از میان غشاء عبور نمـایند و بـه سـمت رقیق تر وارد گردند.*



سرعت انتشار با اختلاف غلظت تغییر می یابد ، اگر حـلال در طـرف دیگـر غشـاء مرتبـا تعویض گردد ، به گونه ای که دائما اختلاف غلظت ، در حد اکثر باشـد ، در ایـن حـالت سـرعت دیالیز در حد اکثر مقدار خود خواهد بود .

ترکیبات شیر گاو

مقادیر اجزاء اصلی شیر گاو ، به طور شایان توجهی ، دربین نژاد های مختلـف وحتـی در بین افراد یک نژاد ، متغیر می باشد. بنابراین محدوده ای از اختلاف ، بین مقادیر، می توانـد پایـه اندازه گیری قرار گیرد. اعداد تابلو (۳-۲) نمونه ای از این داده هارا نشان می دهد .

مواد جامد تام (Total solids) و مواد جامد بدون چربی– Solids non fat [SNF]– برای بیان پاره ای از ترکیبات شیر به کار برده می شوند. SNF همان موادجامد تام بدون چربی می باشد. این بدان معنی است که مثلا در جدول ۳-۲ مواد جامد بدون چربی مساوی است با:

(۱۳-۳/۹=۹/۱)

pH شیر گاو ، بـه طـور طبیعـی بیـن ۶/۷-۶/۵ قـرار دارد وبـه طـور عمومـی ۶/۶ بیـان می گردد. این مقداردر حرارت ۲۵ درجه سانتیگراد ، محاسبه شده است.

چربی شیر

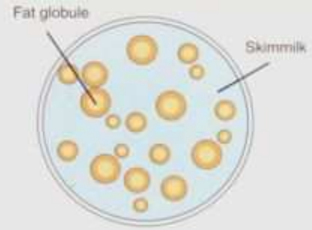
شیر و خامه نمونه هایی از امولسیون چربی در آب (یا روغـن در آب) مـی باشـند. چربـی شیر ، به صورت گویچه های کوچک یا قطرات ریز در سرم شیر منتشر می باشد، شکل (۱۵-۲). قطر آنها از۰/۱ تا۲۰ میکرو متر (µ m) نوسان دارد ($1\mu m = 0.001 mm$) .

اندازه متوسط آنها ۴-۳ میکـرو مـتر اسـت و حـدود پـانزده بیلیـون عـدد گویچـه در هـر میلی لیتر از شیر وجود دارد. امولسیون به وسیله غشاء نـازکی باضخـامت ۱۰-۵ نـانو مـتر (nm) ($10^{-9} m$ = نانومتر) که گویچه را محاط کـرده ، برقـرار مـی گـردد. ایـن غشـاء سـاختمان بسـیار پیچیده ای دارد.

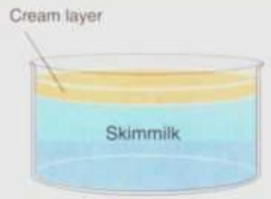
تابلو ۳-۲ *مقادیر ترکیبات شیر*

اجزاء اصلی	محدوده تغییرها	مقدار متوسط
آب	۸۹/۵ - ۸۵/۵	۸۷/۵
جامد تام	۱۴/۵ - ۱۰/۵	۱۳
چربی	۶ - ۲/۵	۳/۹
پروتئین	۵ - ۲/۹	۳/۴
لاکتوز	۵/۵ - ۳/۶	۴/۸
مواد معدنی	۰/۹ - ۰/۶	۰/۸

چربی شیر حاوی تری گلیسریدها (Triglycerides) (ترکیب غالب درچربی) ، دی و مونو گلیسرید ، اسید های چرب (Fatty acids) ، کارتنوئید (Carotenoids) (رنگ زرد چربی) ، ویتامین های (A,D,E,K) و مقداری عناصر کمیاب (Trace elements) می باشد. یک گویچه چربی در شکل (۱۷-۲) نشان داده شده است.



شکل ۱۵-۲ *نمایی از داخل شیر*

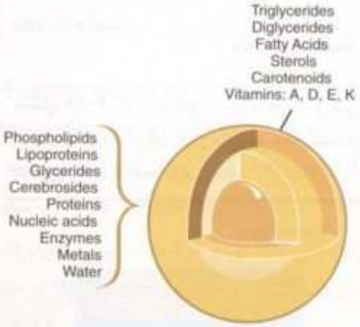


شکل ۱۶-۲ *اگر یک ظرف شیر خام مدتی بی حرکت رهاشود ، گویچه های چربی به سطح امده و تشکیل یک لایه خامه را می دهند.*

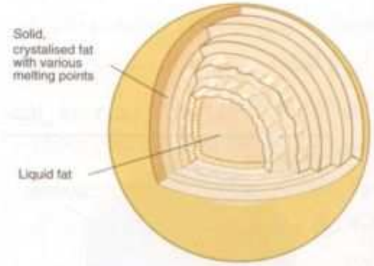
غشاء گویچه حاوی فسفو لیپید ها(Phospholipids) ، لیپو پروتئینها(Lipoproteins)، سربروزیدها (Cerebrosides) ، پروتئین ، اسید های نوکلئیک (Nucleic acids) ، آنزیم ها (Enzymes) ، عناصر کمیاب (فلزی) و آب پیونده شده ، می باشد. باید توجه داشت که ترکیبات و ضخامت غشاء ثابت نبوده زیرا مرتبا ، ترکیبات آن با سرم شیرمحاط کننده در حال تبادل می باشند. باوجودی که گویچه چربی بزرگ ترین ذره داخل شیر است ، اما سبک ترین ذره نیز می باشد(دانسیته در $15.5^\circ C = 0.93g / cm^3$) . اگر یک ظرف شیر، برای مدتی به حال خود رها شود، چربی به سوی سطح شیر حرکت می کند، شکل (۱۶-۲) .

سرعت بالا آمدن گویچه چربی با قانون استوک (Stokes ' law) محاسبه می گردد ، ولی ذرات کوچک گویچه چربی ، با فرایند کندی ، لایه ای از خامه را در سطح شیر ایجاد می نمایند. خامه بستن ، می تواند با به هم چسبیدن گویچه های چربی ، تحت نفوذ یک پروتئین بنام آگلوتنین (Agglutinin) تسریع گردد. این اجتماع حاصل از چسبیدن گویچه های چربی سریعتر از گویچه های منفرد، به سطح تمایل می یابند و سر شیر سریع تر تشکیل می گردد. این توده ها در اثر حرارت و عملیات مکانیکی، سریع تر شکسته می گردند. پروتئین آگلوتنین ، در ترکیبی از حرارت و زمان (۶۵ درجه سانتیگراد بمدت ۱۰ دقیقه یا در ۷۵ درجه سانتیگراد بمدت۲ دقیقه) دناتوره (Denaturat) می گردد .

شکل ۱۷-۲ *ترکیبات چربی شیر با اندازه (۲۰- ۰/۱میکرون) و متوسط ۳-۴ میکرون*



شکل ۱۸-۲ *نمای برشی گویچه چربی*



ساختمان شیمیایی چربی شیر

هنگامی که شیر از پستان دام با دمای ۳۷ درجه سانتیگراد خارج می شود ، چربی در داخل آن به صورت مایع می باشد . این بدان معنی است که گویچه چربی می تواند، به آسانی در اثر اعمال عملیات ملایم مکانیکی ، بدون اینکه غشاء آن تخریب گردد ، تغییر شکل دهد . (به طور نمونه پمپ کردن و رانش در داخل لوله ها، از این دسته از عملیات ها می باشند) . تمام چربی ها به گروهی از مواد شیمیایی به نام استر ها (Esters) تعلق دارند. استرها ترکیباتی از اسید الکل می باشند. چربی شیر ، مخلوطی از استرهای اسیدهای چرب بنام تری گلیسرید می باشد ، آنها ترکیبی از گلیسرول و انواع اسید های چرب هستند. اسید چرب تقریبا ۹۰ درصد چربی شیر را تشکیل می دهد. یک مولکول اسید چرب از یک زنجیره هیدروکربنی و گروه کربوکسیل متصل به آن به فرمول (RCOOH) تشکیل شده است . در اسید های چرب اشباع اتم کربن به وسیله باند های یگانه (اتصال های ساده) به هم متصلند. در حالیکه، اسید های چرب غیر اشباع یکی یا چند باند دو گانه در زنجیره هیدرو کربنی خود دارند. هر مولکول گلیسرول (Glycerol) می تواند با سه مولکول اسید چرب پیوند (Bind) نماید و لازم نیست که هر سه اسید از یک نوع باشند. تعداد بسیار زیادی ازانواع گلیسریدها در شیر یافت می شوند. تابلو (۴-۲)، فهرستی از مهم ترین اسیدهای چرب موجود در چربی تری گلیسرید شیر را نشان می دهد. مشخصه مهم چربی شیر در روش های آزمایشگاهی وجود مقادیر نسبتا زیاد اسید بوتیریک (Butyric) و اسید کاپروئیک (Caproic) می باشد .

تابلو ۴-۲ مهمترین اسید های چرب موجود در چربی شیر

اسید چرب	٪ کل اسید های چرب موجود	نقطه ذوب °C	تعداد اتم های H	C	O	
اشباع						
اسید بوتریک	۳ - ۴/۵	- ۹/۷	۸	۴	۲	•
اسید کاپروئیک	۲/۲ - ۱/۳	- ۱/۵	۱۲	۶	۲	•
اسید کاپریلیک	۲/۵ - ۰/۸	+ ۱۶/۵	۱۶	۸	۲	•
اسید کاپریک	۳/۸ - ۱/۸	+ ۳۱/۴	۲۰	۱۰	۲	••
اسید لوریک	۵ - ۲	+ ۴۳/۶	۲۴	۱۲	۲	••
اسید میریستیک	۱۱ - ۷	+ ۵۳/۸	۲۸	۱۴	۲	••
اسید پالمتیک	۲۹ - ۲۵	+ ۶۲/۶	۳۲	۱۶	۲	••
اسید استاریک	۷ - ۳	+ ۶۹/۳	۳۶	۱۸	۲	••
غیر اشباع						
اسید اولئیک	۴۰ - ۳۰	+ ۱۴	۳۴	۱۸	۲	•
اسید لینولئیک	۳ - ۲	- ۵	۳۲	۱۸	۲	•
اسید لینولئیک	بالای ۱	- ۵	۳۰	۱۸	۲	•
اسید آرشیدونیک	بالای ۱	- ۴۹/۵	۳۲	۲۰	۲	•

• ***به صورت مایع در حرات اتاق***

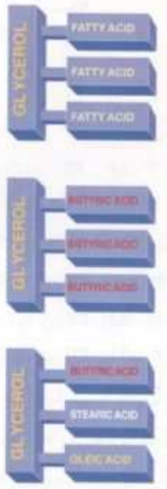
•• ***به صورت جامد در حرارت اتاق***

نقطه ذوب چربی

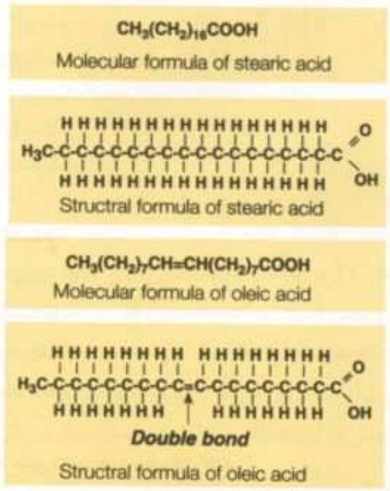
با توجه به تابلو (۴-۲) ، مشاهده می گرددکه بیش ترین فراوانی را چهار اسید چرب میرستیک ، پالمتیک ، استاریک و اولئیک دارا می باشند.

سه اسید اولی ، جامد بوده وآخری در حرارت اتاق ، مایع می باشد. با اقتباس از جدول فوق ، مشاهده می گردد که نسبت بین مقادیر اسید های چرب مختلف درچربی ، تفاوت زیادی وجود دارد . این اثر برروی سفتی (قوام) چربی موثر است . اگر چربی مقدار زیادی از اسید های چرب با نقطه ذوب بالا، مثل اسید پالمتیک را در خود داشته باشد ، بافت آن سفت خواهد بود و ازطرف دیگر چربی با مقدار زیادی از اسید چرب با نقطه ذوب پایین ، مثل اسید اولئیک ˚ کره ˚ نرمی را می سازد.

تعیین مقدار هر اسید چرب ، یک موضوع جالب علمی می باشد . برای مقاصد عملی تعیین یک یا چند ضریب ثابت که اطلاعات معینی را در ارتباط با ترکیب چربی به ما بدهد کافی می باشد.


GLYCEROL
FATTY ACID
FATTY ACID
FATTY ACID
GLYCEROL
BUTYRIC ACID
BUTYRIC ACID
BUTYRIC ACID
GLYCEROL
BUTYRIC ACID
STEARIC ACID
OLEIC ACID

شکل ۱۹-۲ *چربی شیر ،ترکیب مختلفی از اسید چرب با گلیسرول است.*


$CH_3(CH_2)_{16}COOH$
Molecular formula of stearic acid
Structral formula of stearic acid
$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$
Molecular formula of oleic acid
Double bond
Structral formula of oleic acid

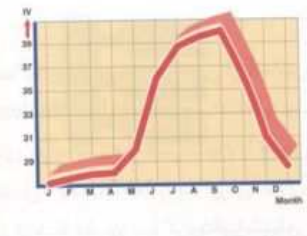
شکل ۲۰-۲ *شکل مولکولی وفرمول ساختمانی اسید استاریک و اسید اولئیک .*

ارزش یدی

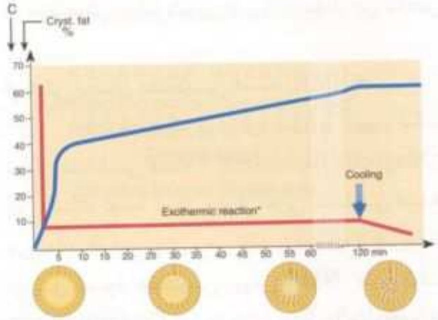
اسید های چرب ، با داشتن تعداد یکسان اتم کربن و هیدروژن ، ولی با تفاوت در تعداد باندهای تکی و دوگانه ، خصوصیت های متفاوتی را دارا می باشند. مهم ترین و متداول ترین روش آشکارسازی این خصوصیت های ویژه اندازه گیری ارزش ˚یدی˚– Iodine value [IV]– درچربی می باشد. ارزش˚ یدی ˚ عبارت است از درصد ید جذب شده به وسیله چربی . ید به وسیله باند های دوگانه اسید های چرب غیر اشباع موجود در چربی ، از محلول ید دار در آزمایشگاه جذب شده و سپس با اندازه گیری مقدار ید جذب شده ، می توان به معیاری برای وجود اتصال های دو گانه در چربی پی برد . اسید اولئیک فراوان ترین اسید چرب غیر اشباع است، که در دمای اتاق ، مایع می باشد ، ارزش یدی بعنوان میزان اسید اولئیک اندازه گیری می شود و با توجه به این مسئله می توان به میزان نرمی کره پی برد . ارزش˚ یدی˚ کره به طور

تبلور چربی

در حین فرایند تبلور ، گویچه چربی در مرحله بسیار حساسی قرار می گیرد و به آسانی حتی به وسیله عملیات ملایم مکانیکی می شکند (پاره می گردد) . مطالعات با میکروسکوپ الکترونی نشان داده است که بلور های چربی به صورت کره های تک مولکولی می باشند، شکل (۲۲-۲) . در زمان تبلور ، رخداد تجزیه جزئی (Fractionation) چربی ، باعث قرار گرفتن تری گلیسرید با نقطه ذوب بالا در لایه خارجی پوسته کره چربی می گردد . چون چربی متبلور "حجم مخصوص" کم تری را در مقایسه با مایع دارا است . بنابراین در زمان تبلور در داخل گویچه چربی تنش هایی بوقوع پیوسته که باعث بی ثباتی غشاء بعضی گویچه ها گشته و آنها را مستعد پاره شدن می نماید.



شکل ۲۱-۲/*ارزش یدی ، در ماههای مختلف سال تغییر می یابد . ارزش یدی روش مستقیم اندازه گیری مقدار اسید اولئیک در چربی می باشد*



شکل ۲۲-۲ متبلور شدن چربی ، یک پدیده گرماده (exothermic) می باشد. یعنی در اثر پیشرفت واکنش شیمیایی ، حرارت ایجاد می گرددمنحنی تبلور بر اساس تحلیل روش (NMR) قرار دارد.

در ادامه تعدادی از غشاء ها پاره شده وچربی مایع به داخل سرم شیر رها می گردد. در نهایت ، این امر باعث به هم چسبیدن وتشکیل توده ای از گویچه های شکسته نشده می گردد (شبیه همان رخدادی که در جریان کره سازی انجام می پذیرد) . تبلور چربی ، مقداری حرارت پیوندی ایجاد می نمایدکه باعث بالا رفتن مختصر حرارت می گردد. (خامه ۴۰ درصد سرد شده از حرارت ۶۰ درجه سانتیگراد به دمای ۸-۷ درجه سانتیگراد در زمان تبلور ۴-۳ درجه سانتیگراد

طبیعی بین ۱۲-۱۱ نوسان دارد. این اختلاف مشخص می سازد که دام با چه موادی تغذیه شده است . تعلیف دام باعلوفه سبز در تابستان ، محتوای اسید اولئیک را در چربی افزایش می دهد، بنابراین به این دلیل ، چربی شیر (کره) در فصل تابستان نرم است (ارزش یدی بالا) . تعلیف با کنسانتره آفتابگردان و تفاله بذرک (Linseed) نیز چربی نرم تولید می نماید. ولی هنگامی که تعلیف دام با تفاله کاکائو و یا تفاله پالم (Palm) و گیاهان ریشه ای انجام شود، چربی سفت تولید خواهد شد. موضوع فوق ، نشان دهنده تاثیر تغذیه دام بر روی قوام چربی شیر است. برای اینکه کره قوام مناسب داشته باشد ، باید ارزش "یدی" آن در محدوده ۳۷-۳۲ قرار گیرد. شکل (۲۱-۲) ، مثالی از تغییرهای ارزش "یدی" چربی شیر را در یک دوره از سال نشان می دهد(سوئد).

ضریب شکست

مقداراسید های چرب درون چربی ، روی شکست نور تاثیر گذار می باشد . این عمل اساس اندازه گیری ضریب شکست (Refractive index) یا انکسار نور می باشد. داده حاصل ازاین روش می تواند در محاسبه ارزش "یدی" به کار برده شود. اندازه گیری این شاخص روش سریع سنجش "سفتی چربی" می باشد. مقدار این شاخص به طور طبیعی بین ۴۶-۴۰ قرار دارد.

آزمایش نوسان مغناطیسی هسته (NMR)

بجای اندازه گیری ارزش "یدی" و "ضریب شکست" به روش معمول می توان از آزمایش نوسان مغناطیسی هسته - Nuclear Magnetic Resonance - یا (NMR) استفاده نمود. این دستگاه توسط ارسال ضربان هایی نسبت بین اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع را تعیین می نماید. در این روش ، می توان با استفاده از ضریب تبدیل ، داده NMR را به ارزش "یدی" تبدیل نمود. همچنین ، روش NMR می تواند درجه تبلور یا کریستالیزاسیون (Crystallisation) و زمان تبلور چربی را مشخص نماید. آزمایش هایی که در آزمایشگاه SMR در مالمو سوئد در سال ۱۹۷۹ تا ۱۹۸۱ صورت پذیرفت ، نشان داد که تبلور چربی با خامه ۴۰ درصد که از دمای ۶۰ درجه سانتیگراد تا ۵ درجه سانتیگراد ، خنک شده است ، زمان طولانی تری را می طلبد و حد اقل به ۲ ساعت زمان برای تبلور نیاز دارد ، در این حالت ۶۵ درصد کل چربی متبلور می شود . همچنین مشخص گردید که ۱۵ تا ۲۰ درصد چربی ، در مدت دودقیقه پس از رسیدن به دمای ۵ درجه سانتیگراد متبلور شده بودند . داده NMR چربی کره بین ۴۱-۳۰ قرار دارد.

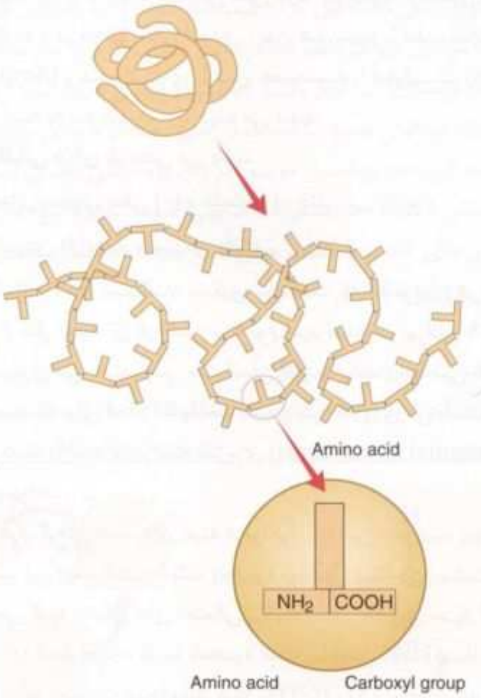
افزایش حرارت را نشان می دهد) . این نکته ، درتولید خامه و مصارف گوناگون چربی شیر، اهمیت دارد.

چربی حاوی مقدارفراوان اسید چرب با نقطه ذوب بالا ، سفت می باشد
چربی حاوی مقدارفراوان اسید چرب بانقطه ذوب پایین ، نرم می باشد

پروتئین شیر

پروتئین ها ، قسمت مهمی از رژیم غذایی انسان را تشکیل می دهند. پروتئینی که به وسیله انسان خورده می شود، در سیستم گوارشی و کبد به ترکیبات ساده تری شکسته می شود. سپس این مواد کوچک تر، به سلول های بدن تحویل شده و آنها این مواد را برای ساختن پروتئین های لازم بدن ، به کار می برند.

شکل ۲۳-۲ *مولکول پروتئین بازنجیره اسید های امینه ، اسید امینه و گروه کربوکسیل*



اکثر واکنش های بزرگ و پیچیده شیمیایی بدن به وسیله یک دسته از پروتئین های فعال بنام آنزیم ها ، کنترل و یا هدایت می شوند. پروتئین ها مولکول های غول آسایی هستند که از واحد های کوچک تری به نام اسید امینه (Amino acids) ساخته شده اند، شکل (۲۳-۲). یک مولکول پروتئینی شامل یک یا چند رشته از زنجیره به هم پیوسته اسیدهای امینه می باشد که بر اساس طرح ویژه ای ردیف شده اند. یک مولکول پروتئینی معمولا حاوی تقریبا۲۰۰-۱۰۰ اتصال اسید امینه است. به هرحال مولکول های کوچک یا خیلی بزرگ حاوی اسید امینه را به عنوان مولکول پروتئینی می شناسند .

اسید امینه

اسید های امینه نشان داده شده در شکل (۲۴-۲) ، واحد های سازنده ساختمان پروتئین می باشند. وجه تشابه آنها وجود یک گروه "آمین" (NH_2) ویک گروه کربوکسیل (COOH) در یک مولکول می باشد. پروتئین ها ، از اسید امینه های " الفا امینو اسید " ساخته می شوند . در آلفا آمینو اسید دو گروه امین و کربوکسیل ، متصل به یک اتم کربن بنام کربن آلفا می باشند. اسید های امینه به دسته ای از ترکیبات شیمیایی تعلق دارند که قادرند درمحلول های قلیایی ، یون هیدرونیوم آزاد کرده و در محلول های اسیدی ، یون هیدرونیوم را جذب نمایند. این خاصیت را آمفوتر (Amphotery) و مواد دارای این خصیصه را آمفولیت (Ampholytes) می نامند. اسید های امینه به سه صورت زیر دیده می شوند:

۱- در محلول های قلیایی دارای بار منفی می باشند .
۲- در محیطی با بارهای مساوی منفی (-) و مثبت (+) ، خنثی می باشند .
۳- در محلول های اسیدی دارای بار مثبت می باشند .

ساختمان پروتئین ها ، از ۲۰ نوع اسید امینه تشکیل شده است که ۱۸ نوع آن در پروتئین های شیر یافت می شوند. از نظر تغذیه ای در انسان ، ۸ نوع اسید امینه (در نوزادان ۹ نوع) از مجموع ۲۰ نوع اسید امینه ضروری می باشند. یعنی بدن انسان قادر به ساخت آنها نمی باشد . بنابراین باید این اسید های امینه که برای انجام متابولیسم طبیعی بدن ضروری می باشند، از طریق غذا وارد بدن گردند. این دسته را اسید های امینه ضروری (Essential amino acids) می نامند و تمامی آنها در شیر موجودند.

نوع و شکل قرار گرفتن اسید های امینه درمولکول پروتئین ، هویت پروتئین را آشکار می سازد. هر نوع تغییر در ردیف اسید امینه زنجیره مولکول پروتئین ، باعث بروز خواص متفاوتی در پروتئین می گردد . شکل های احتمالی ترکیب بندی ۱۸ نوع اسید امینه ، در یک زنجیره حاوی ۲۰۰-۱۰۰ اسید امینه ، تقریبا نامحدود است . با این دید ، تعداد پروتئین های موجود در جهان ، با خواص متفاوت نامحدودند. شکل (۲۴-۲) ، یک نمای اسید امینه را نشان

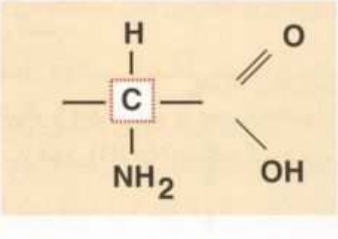
می دهد. سیمای عمومی اسید امینه حاوی یک جزء پایه گروه امین ($-NH_2$) و یک جـزء گـروه کربوکسیل اسید($-COOH$) می باشد. این گروهها از سمت های جانبی بـه زنجـیره اصلـی (R) متصلند.

اگر زنجیره اصلی (R) ، قطبی باشد ، قطبیت آن بعلاوه خـواص جـذب آب گـروه هـای امین و کربوکسیل موجب جذب آب به وسیله اسید امینه می گردد . چنین اسید امینه هایی را آب دوست (Hydrophilic) می نامند.

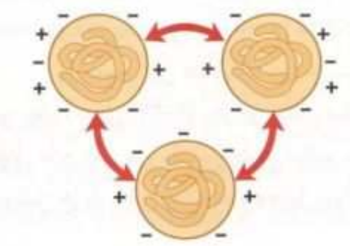
اگر زنجیره اصلی هیدروکربن ، فاقد رادیکال آب دوست باشد. زنجـیره هیدروکربـن، آب را پس زده وحلالیت اسید امینه کم یا غیر قابل حل در آب می گـردد. ایـن نـوع اسـید امینـه را آب گریز (Hydrophobic) می نامند.

اگر رادیکال هایی مثل هیدروکسیل ($-OH$) یـا گـروه امیـن ($-NH_2$) در زنجـیره اصلـی هیدروکربـن وجـود داشـته باشـند. خـواص آب گریـزی را تعدیـل نمـوده و آب دوسـتی افزایـش می دهند . اگر اسید امینه های آب گریز در یک قسمت از مولکول پروتئین غلبه داشته باشـد آن قسمت پروتئین خواص آب گریزی خواهـد داشـت . اجتمـاع اسـید هـای امینـه آب دوسـت ، در قسمت دیگر مولکول ، مثل حالت قبل به آن قسـمت خـواص آب دوسـتی خواهـد داد. بنـابراین ممکن است ، یک مولکول پروتئین، هم آب دوست و هم آب گریز یا حدواسط این دو ، یا اینکه به طور موضعی آب دوست یا آب گریز باشـد . بعضـی پروتئیـن هـای شـیر ، رفتـار هـای بسـیار متفاوتی را در ساختار مولکولی خـود بـا آب نشـان مـی دهنـد و خـواص پروتئیـن تـابعی از ایـن تفاوت ها می باشـد.گـروه هیدروکسـیل موجـود در زنجـیره اصلـی بعضـی اسـید امینـه پروتئیـن " کازئین " شیر، ممکن است با اسید فسفریک "صابونی" شوند . چنین گروه هایی کـازئین را قـادر می سازد که با یون های کلسیم یا کلسیم هیدروکسی فسفات کلوئیدی، متصل شده و پل هـای قوی بین مولکولی یا درون مولکولی ، تشکیل دهند .

شـکل ۲۴-۲ *ساختمان عمومـی اسـید امینـه .R درشکل محل اتصال مواد الی به اتم کربـن مرکـزی است .*



شکل ۲۵-۲ *مولکول پروتئین در pH= 6.6 دارای بار منفی غالب است.*



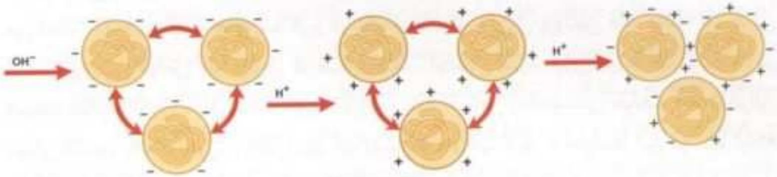
وضعیت الکتریکی پروتئین های شیر

زنجیره جانبی بعضی از اسید های امینه پروتئین های شیر، حاوی بار الکتریکی می باشد که نوع و مقدار بار به وسیله pH شیر مشخص می گردد . زمانی که pH شیر مثلا در اثر افزوده شدن یک اسید یا باز تغییر می یابد، بارهای الکتریکی تقسیم شـده بـر روی پروتئیـن نـیز تغیـیر می یابند. وضعیت بار الکتریکی پروتئین شیر و اجزاء آن در شکل های (۲۵-۲) تا(۲۸-۲) نشـان داده شده است.

شکل ۲۶-۲ *مولکول پروتئین در $pH \approx 4.7$ نقطه ایزوالکتریک.*

شکل ۲۷-۲ *مولکول پروتئین در $pH \approx 1$*

شکل ۲۸-۲ *مولکول پروتئین در $pH \approx 14$*



در حالت طبیعی pH شیرحدود ۶/۶ بوده و در این pH مولکول های پروتئینی دارای بـار منفی می باشند، شکل (۲۵-۲) . در این وضعیت مولکـول هـای پروتئیـن ، بدلیـل دفـع بارهـای هم نام ، جدا از یکدیگر باقی می مانند. حال اگر مقداری یون هیـدروژن (اسـید) بـه شـیر اضافـه گردد، شکل (۲۶-۲) ، مولکول پروتئینی آنها را جذب نموده و سرانجام در یک pH خاص ، تعداد بارهای مثبت و منفی با هـم مسـاوی میگردنـد ، یعنـی تعـداد گروههـای NH_3^+ و COO^- در اطـراف زنجیرهـا یکسـان گشـته وجمـع جـبری آنهـا صفـر مـی گـردد . چـون در ایـــن حــالت مولکول های پروتئین نمی توانند یکدیگر را دفع نمایند ، بـار هـای منفـی روی هـر مولکـول بـا بارهای مثبت مولکول همسایه پیوند ایجاد نموده و توده بزرگـی از پروتئیـن راشـکل مـی دهنـد. پروتئین ، در این وضعیت درون محلول (شیر) رسوب می نماید. مـیزان pH وقـوع ایـن حـالت را نقطه ایزو الکتریک پروتئین (Isoelectric point) می نامند .

در حضور یون هـای اضـافی هیـدروژن ، مولکـول پروتئیـن بارتعـادلی مثبـت را حـاصل می نماید، شکل (۲۷-۲) . در این حالت مولکول ها یکدیگر را دفع کرده و به صورت محلـول در داخل مایع باقی می مانند. از طرف دیگـر ، اگـر یـک بـاز قـوی (NaOH) اضافـه گـردد ، تمـام پروتئین ها بار منفی پیداکرده و محلول خواهند بود.

دسته بندی پروتئین های شیر

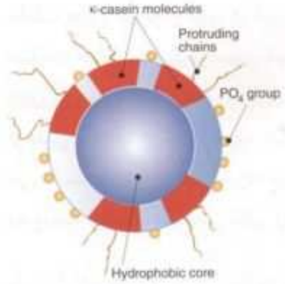
شیر حاوی صدها نوع پروتئین می باشد که مقدار اغلب آنها در شیر بسیار کم می باشد. پروتئین ها را می توان بر اساس خصوصیت های فیزیکوشیمیایی و یا رفتار بیولوژیکی(حیاتی) تقسیم بندی نمود. روش قدیمی دسته بندی پروتئین های شیر به صورت کازئین ، آلبومین (Albumin) و گلوبولین(Globulin) کافی بنظر نمی رسد. تابلو (۵-۲) ، فهرست مختصر پروتئین های شیر را بر اساس دسته بندی جدید نشان می دهد.گروههای کوچک پروتئینی به منظور سادگی موضوع ، در این فهرست درج نشده اند. پروتئین های "سرمی" (آب پنیرWhey) بعنوان معادل پروتئین های سرم شیر ، به کار رفته اند. اماباید آن را مختص پروتئین های موجود در آب پنیر حاصل از فرایند پنیر سازی دانست. پروتئین های آب پنیر ، علاوه بر پروتئین های سرمی بعضا حاوی ذراتی از مولکول کازئین نیز می باشند. بیش ترین پروتئین های سرم شیر، با غلظت هایی کم تر از شیر، در آب پنیر نیز وجود دارند که ناشی از دناتوره شدن آنها در ضمن عملیات حرارتی پاستوریزاسیون شیر، قبل از پنیر سازی می باشد. سه گروه اصلی پروتئین های شیر، به وسیله تفاوت های رفتاری وشکل موجودیت آنها ، تمیز داده می شوند. کازئین به آسانی از طرق مختلف در شیر رسوب می نماید. ولی پروتئین های سرم به صورت محلول باقی می مانند. پروتئین غشاء گویچه چربی به سطح گویچه چربی چسبیده است، به طوری که فقط به وسیله عملیات مکانیکی مثل "زدن" (Churning) خامه ، برای کره سازی آزاد می شوند.

کازئین

کازئین (Casein) نام دسته بزرگی ازپروتئین های اصلی شیر می باشدکه به آسانی توسط مولکول های یکسان یا متنوع تشکیل زنجیره (پلیمر) می دهند . به دلیل وفور گروه های یونی شونده ونقاط آب گریز یا آب دوست در مولکول کازئین ، پلیمر مولکولی متشکله به وسیله کازئین ها دارای خواص بسیار ویژه می باشد. پلیمر ها از صد ها و هزاران مولکول منفرد ساخته شده و به صورت محلول کلوئیدی در می آیند ورنگ خاص سفید ملایم شیر پس چرخ (اسکیم) را ایجاد می نمایند. این مجموعه ها را میسل کازئین (Casein micelles) می نامند. بعضی از این میسل ها به بزرگی ۰/۴ میکرون بوده و به وسیله میکروسکوپ الکترونی قابل مشاهده می باشند.

میسل های کازئین

سه زیر گروه کازئین ، شامل α_sکازئین ، κ کازئین و β کازئین همگی ناهمگن (Heterogeneous) و دارای ۸ -۲ نوع ژنتیکی می باشند. تفاوت های ژنتیکی پروتئین ممکن است با تغییر یک یا چند اسید امینه پدید آمده باشد . نقطه اشتراک این سه زیر گروه در برداشتن گروه هیدروکسی و اسید فسفریک استریفیه می باشند. اسید فسفریک ، باعث پیوند کلسیم و منیزیم و تعدادی نمک های ترکیبی به شکل اتصال با این مولکول ها می گردد. میسل کازئین در شکل (۳۰-۲) ، نشان داده شده است و شامل یک مجموعه از واحد های تحت میسلی (Sub micelles) ، بقطر ۱۵-۱۰ نانومتر ($10^{-9}m$ = نانومتر) می باشد، شکل (۲۹-۲) . کازئین های نوع آلفا، بتا و کاپا "K" به طور ناهمگون در میسل ها تقسیم شده اند.



شکل ۲۹-۲
ساختمان میسل کازئین

تابلو ۵-۲ غلظت پروتئین ها در شیر

	غلظت در شیر کیلوگرم/ گرم	درصد به کل پروتئین وزن/ وزن
کازئین		
α_{s1} کازئین *	۱۰	۳۰/۶
α_{s2} کازئین *	۲/۶	۸
β کازئین **	۱۰/۱	۳۰/۸
κکازئین	۳/۳	۱۰/۱
کازئین کل	۲۶	۷۹/۵
پروتئین "سرمی" (whey)		
α لاکتالبومین	۱/۲	۳/۷
β لاکتوگلوبولین	۳/۲	۹/۸
آلبومین سرم خون	۰/۴	۱/۲
ایمونوگلوبولین	۰/۷	۲/۱
میسل ها	۰/۸	۲/۴
کل پروتئین "سرمی"	۶/۳	۱۹/۳
پروتئین غشاء گویچه چربی	۰/۴	۱/۲
پرو تئین کل	۳۲/۷	۱۰۰

* از این پس α_s کازئین نامیده خواهند شد.

** γ کازئین را هم شامل می گردد.

نمک های کلسیم α_sکازئین و βکازئین ، تقریبا درآب نامحلول ولی نمک کلسیم (κ کازئین) محلول می باشند. حضور عمده κکازئین در سطح میسل و محلول بودن نمک کلسیم

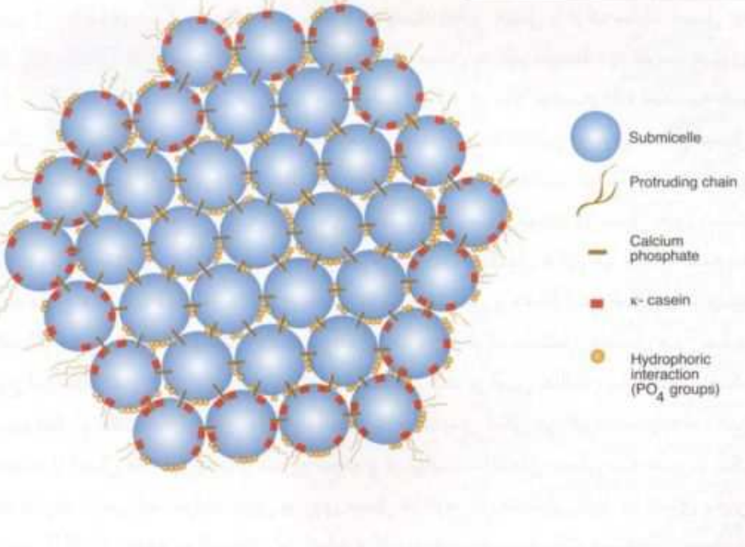
"κ" کازئینات ، به اثرات نامحلول بودن (در آب) دو نوع کازئین دیگر غالب می گردد و تمامی میسل را به صورت محلول کلوئیدی در می آورد.

بر اساس نظر "رولما" (Rollema) در سال ۱۹۹۲ ، ترکیب مدل های "اسلاتری" (Slattery) و "اوارد" (Evard) در ۱۹۷۳ ، "اشمیت" (Schmidt) در ۱۹۸۲ و "والسترا" (Walstra) در ۱۹۹۰ ، "گیوز" (Gives) در۱۹۹۳ ، بهترین توضیح قابل حصول را در مورد ساختمان کازئین و پایداری آن ارائه می دهد . اثرات متقابل فسفات کلسیم با خصوصیت های آب گریزی و "زیر میسل ها" باعث تمامیت و پایداری میسل های کازئین می گردد . قسمت آب دوست "ترمینال C" (قسمتی از ساختمان κکازئین) حاوی یک گروه کربوهیدرات بوده و در لایه قشری میسل قرار می گیرد و به صورت کرک های ریزی درسطح میسل به نظر می رسند. آنها نقش بسیار مهمی را در پایداری میسل ، دارا هستند. این ویژگی اساسا ، ناشی از بار قوی الکتریکی موجود در ساختمان کربوهیدرات می باشد. اندازه میسل ها ، به شدت وابسته به یون کلسیم (Ca^{++}) موجود است ، اگر کلسیم مثلا به وسیله دیالیز میسل را ترک نماید، میسل به شکل "واحد های تحت میسل" تقسیم می شود . یک میسل به طور متوسط ، به تقریب حاوی ۵۰۰-۴۰۰ واحد "تحت میسل" می باشد و به گونه ای که در بالا توضیح داده شد، به هم متصلند. اگر قسمت آب دوست "ترمینال C" واقع در انتهای κکازئین در روی سطح میسل مثلا به وسیله آنزیم مایه پنیر (Rennet) شکافته شود ، میسل ها حلالیت خود را از دست داده و شروع به تجمع کرده و لخته کازئین شکل می گیرد. بارهای منفی موجود در میسل های دست نخورده ، باقی مانده و باعث دفع میسل ها از هم می گردند. مولکول های آب جذب شده به وسیله مکان های آب دوست κکازئین، بخش مهمی از تشکیل و حفظ این تعادل را برعهده دارند. اگر مکان های آب دوست برداشته شوند، آب شروع به ترک ساختمان میسل می نماید. خروج آب مکان های تازه ای را برای واکنش ایجاد می کند. در این حالت ، با حضور نمک کلسیم فعال و حالت آب گریزی مولکول ، اتصال های جدیدی شکل می گیرد . سرانجام ، این مجموعه از اتصال ها، خروج آب را تسریع نموده و در نهایت، ساختمان میسلی به صورت یک لخته فشرده در می آید. حرارت پایین بر روی میسل ها اثرهای متفاوتی دارد. در دمای پایین زنجیره β کازئین شروع به گسیختن می نماید و کلسیم هیدروکسی فسفات ، ساختمان میسل را ترک و به صورت کلوئیدی وارد محلول می گردد . توضیح این رفتار چنین است که؛ بتاکازئین بسیار آب گریز بوده و این اثر در حرارت پایین ، تضعیف می شود ، چنین تغییرهایی باعث کاهش توانایی ساخت پنیر(لخته) شیر می گردد و در عملیات پنیر سازی زمان انعقاد طولانی شده و لخته نرم بدون قوام حاصل می شود .

β کازئین پس از ترک میسل ، به آسانی توسط انواع پروتئاز ها هیدرولیز می شود. هیدرولیز β کازئین به γ کازئین و پروتئوز پپتون ها(Proteose peptones) به معنی رسیدن به بازده پایین در فرایند پنیر سازی است ، زیرا پروتئوز پپتون در مراحل بعدی واردآب پنیرشده و به هدر می رود و نیز ممکن است شکسته شدن β کازئین باعث تشکیل پپتیدهای تلخ شده و در نتیجه این امر منجر به تولید طعم نامطلوب در پنیر می شود .

در نمودار شکل(۳۱-۲) ، مقادیر β کازئینی (به صورت درصد) که درمدت۲۰ ساعت نگهداری در دمای ۵ درجه سانتیگراد ساختمان میسل را ترک می کند ، نشان داده شده است. نکته قابل توجه این که چنانچه شیر خام یا پاستوریزه سرد شده مجددا در دمای ۶۵-۶۲ درجه سانتیگراد بمدت ۲۰ ثانیه تحت عملیات بهبود سازی قرار گیرد، این امر باعث برگشت β کازئین و کلسیم هیدروکسی فسفات به داخل میسل می گردد . در نتیجه بدین طریق قسمتی از اجزاء اصلی شیر به آن اعاده می شود.

شکل ۳۰-۲ *ساختمان میسل کازئین*



رسوب کازئین

یکی از خواص ویژه کازئین ، توانایی آن در رسوب دهی (Precipitate) می باشد و این ماهیت ناشی از ساختار پیچیده طبیعت مولکول کازئین سازنده میسل است . رسوب دهی می تواند به وسیله عامل های مختلفی انجام پذیرد. تفاوت های زیادی در بین رسوب کازئین میسلی در شرایط مناسب با رسوب در شکل غیر میسلی مثل سدیم کازئینات

همچنین وجود کربوهیدرات ، ویژگی آب دوستی را در این قسمت پدید می آورد. این قسمت از میسل k – کازئین را گلیکو ماکرو پپتید (Glycomacro peptide) می نامند و در زمان پنیر سازی به داخل آب پنیر وارد می گردد.

قسمت باقیمانده k – کازئین شامل اسید امینه ۱ تا ۱۰۵ نامحلول بوده و در داخل لخته همراه α_s و β کازئین باقی می ماند. این قسمت را پارا کازئین کاپا (Para casein) می نامند. سابقا به تمام لخته "پارا کازئین" اطلاق می شد.

علت تشکیل لخته ، نتیجه حذف ناگهانی "ماکرو پپتید آب دوست" واز دست رفتن تعادل نیروهای درون مولکولی می باشد . اتصال های بین محل های "آب گریز" که بوسیله کلسیم حمایت می شوند ، شروع به گسترش می نمایند ، دراثرپیشرفت این وضعیت مولکول های آب شروع به ترک ساختمان میسل می نمایند. معمولا این فرایند را فاز انعقاد و تراوش (Syneresis) می نامند . شکسته شدن اتصال بین اسید امینه ۱۰۶و ۱۰۵ در میسل k – کازئین اغلب به فاز اولیه فعالیت آنزیم مایه پنیر (رنت) موسوم است. به مرحله انعقاد و تراوش ، فاز دوم می گویند. فاز سوم که در آن آنزیم مایه پنیر به طور همه جانبه ای روی اجزاء کازئین تاثیر می گذارد در ضمن رسیدن پنیر رخ می دهد . pH و حرارت عامل های اصلی تعیین کننده سرعت و شکل گیری فاز ها می باشند. در فاز دوم غلظت یون کلسیم عامل بسیار مهمی بوده و شرایط ساختاری میسل کازئین یعنی حضور یا عدم حضور پروتئین های دناتوره شده سرم شیر درسطح میسل نیز از عامل های تعیین کننده در سرعت و کیفیت واکنش ها می باشند.

پروتئین های آب پنیر

پروتئین های آب پنیر (Whey) نام عمومی پروتئین های سرم شیر می باشند. اگر کازئین به وسیله روش های رسوبی مثل افزودن اسید های معدنی از شیر بدون چربی حذف گردد در بخش محلول، یک گروه از پروتئین ها بنام پروتئین های سرم شیر باقی می ماندکه حتی در اثر حرارت طولانی دناتوره نمی شوند. آنها همچنین در نقطه ایزو الکتریک رسوب نکرده، ولی می توان آنها را به وسیله پلی الکترولیت ها (Polyelectrolytes) مثل کربوکسی متیل سلولز (Carboxymethyl cellulose) رسوب داد. در فرایند های بازیابی پروتئین های آب پنیر، اغلب از این مواد(پلی الکترولیت ها) همراه با ترکیبی از دما و pH استفاده می گردد.

وقتی که شیر حرارت داده می شود ، مقداری از پروتئین های آب پنیر دناتوره شده و به شکل ترکیب با کازئین در می آیند. در نتیجه زمانی که به این شیر آنزیم مایه پنیر افزوده گردد آنزیم نمی تواند واکنش روی کازئین و همچنین اتصال با کلسیم را به خوبی حمایت نماید . بنابر این لخته حاصل از شیر حرارت دیده در دمای بالا (و البته در زمان طولانی) نمی تواند آب

(Sodium caseinate) مشاهده می گردد ، در ادامه بحث ، عامل های اصلی رسوب دهی در میسل کازئین شرح داده خواهد شد.

رسوب دهی به وسیله اسید

pH شیر در اثر اضافه کردن دستی اسید یا تولید اسید به وسیله باکتری هاتنزل می نماید. این تغییر pH محیط ، رفتار میسل کازئین را در دو مسیر متفاوت تغییر می دهد. این رخداد در شکل (۳۲-۲) ، نشان داده شده است . در ابتدا کلوئید کلسیم هیدروفسفات موجود در میسل کازئین به صورت محلول و به شکل کلسیم یونیزه در آمده و در ساختمان میسل رخنه نموده و باعث ایجاد اتصال های قوی داخلی کلسیم می گردد. در مرحله بعد pH به نقطه ایزوالکتریک کازئین نزدیک می شود . هر دو روش می توانند آغاز گر تغییرهایی در میسل شده و در این حالت میسل ها شروع به رشد نموده و در نهایت این فرایند به ایجاد یک لخته با تراکم زیاد یا کم منتهی می گردد. محصول این مرحله به مقدار pH نهایی شیر بستگی دارد. لخته حاصله ممکن است، حاوی کازئین به فرم نمک کازئین یا کازئین درنقطه ایزو الکتریک یا هر دو باشد. در نقطه ایزوالکتریک اجزاء متشکله کازئین ، وابسته به انواع دیگر یون های حاضر در محلول می باشد . به طور نظری ، نقاط ایزوالکتریک این اجزا در محلول های نمکی با pH برابر ۳ / ۵ تا pH=۵/۱ است که مشابه با شرایط حاکم در شیر می باشد . محدوده مناسب رسوب در pH برابر ۴/۹ تا ۴/۵ قرار دارد و به طور عملی pH =۴/۷ برای رسوب کازئین در شیر مناسب ترین است . اگر به لخته کازئینی (رسوب کرده در نقطه ایزو الکتریک) مقدار زیادی هیدروکسید سدیم اضافه شود ، کازئین با انحلال مجدد به شکل کازئینات سدیم درآمده و قسمتی نیز به صورت یون تجزیه می شود . در فراورده های تخمیری شیر pH معمولا در محدوده ۴/۵ -۳/۹ قرار دارد واین pH همان نقطه ایزو الکتریک کازئین است که باعث رسوب آن می گردد . تولید کازئین از شیر بدون چربی ، بااضافه کردن اسید سولفوریک یااسید کلریدریک درpH =۴/۶ انجام می پذیرد.

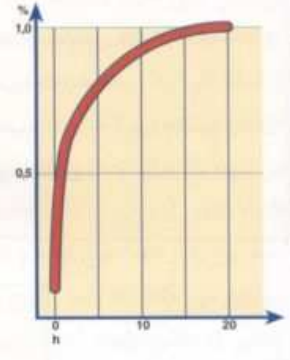
رسوب دهی با آنزیم

زنجیره مولکول k – کازئین از ۱۶۹ اسید امینه تشکیل شده است . در محل اتصال اسید امینه شماره (۱۰۵) فنیل آلانین (Phenylalanin) و اسید امینه شماره (۱۰۶) متیونین(Metionin) یک محل گیرنده آنزیمی (Enzymatic point) قرار داردکه به آسانی توسط اکثر آنزیم های پروتئولیتیک (Proteolytic) شکسته می شود. اکثر آنزیم های پروتئولیتیک این اتصال را مورد حمله قرار داده و از این نقطه زنجیره را می شکنند. محلول بودن اسید امینه های انتهایی از ۱۰۶ تا ۱۶۹ بعلت قطبی بودن (Polar) زنجیره اصلی آنها و

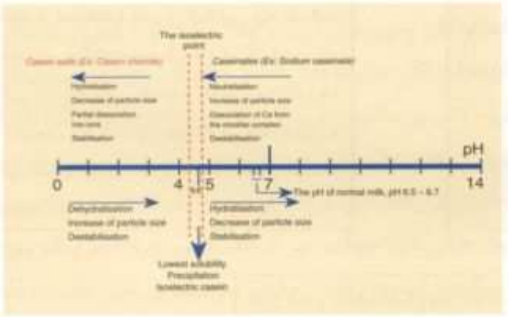
بین مولکولی در مولکول های کازئینی پدید می آید . پروتئین های آب پنیر به طـور کلـی و آلفـا لاکتالبومین به طور شاخص، از ارزش تغذیه ای بالایی برخوردارنـد . نـوع و ترکیـب اسـید هـای امینه آنها از نظر ارزش بیولوژیکی بسیار مطلوبند . مشتقات فرعی پروتئین های آب پنیر به طـور گسترده ای در صنایع غذایی کاربرد دارد.

آلفا لاکتالبومین

این پروتئین را بعنوان یکی از شاخص های پروتئین آب پنیر می شناسند و در شیر تمـام پستانداران موجود می باشد . آلفا لاکتالبومین نقش مهمی را در ساخته شدن لاکتوز (در پسـتان) دارا می باشد.



شـکل ۳۱-۲ β کـازئین در سـرم شـیر در $+5^{\circ}C$



شکل ۳۲-۲ سه مرحله ساده شده تاثیر اسـید و قلیا روی کازئین

بتا لاکتوگلوبولین

این پروتئین فقط در شیر پستانداران سم دار موجود بوده وعمده ترین بخش پروتئین آب پنیر در شیر گاو را تشکیل می دهد . اگر به شیر بیش تر از ۶۰ درجه سانتیگراد حرارت داده شود، دنـــاتوره شـــدن ایـــن پروتئیـــن بـــا غـــیر فعـــال شـــدن اســـید آمینـــه گوگـــرد دار (Sulphur - amino acid) شروع می گردد . پل های گوگردی (Sulphur bridges) بیـن مولکول های بتـا لاکتـو گلوبولیـن و بیـن یـک مولکـول بتـا لاکتـو گلوبولیـن و یـک مولکـول کاپا - کازئین و همچنیـن بیـن بتـالاکتو گلوبولیـن و آلفـا لاکتـالبومین تشـکیل مـی گـردد ، در حرارت های بالا ترکیبات گوگردی مانند سولفید هیدروژن بتدریج آزاد می شوند . ایـن ترکیبـات گوگردی مسئول ایجاد طعم پخته (Cooked flavour) در شیر حرارت دیده می باشند.

ایمونوگلوبولین ها و دیگر پروتئین های کمیاب و مرتبط به آنها

این گروه از پروتئین ها جزء پروتئیـن هـای* نـاجور* (Heterogeneous) دسـته بنـدی می گردند . ویژگی های تعداد کمی از آنها مورد بررسی قرار گرفته است . با بررسی هـای بیـش تر در آینده ممکن است ، مواد مهمی از لحاظ تجاری از سرم شیر و پروتئین هـای آب پنـیر جـدا گردنـد از آن جملـه مـی تـوان بـه لاکتـو فریـن(Lactoferrin) و لاکتوپراکسـیداز (Lactoperoxidase) که در دارو سازی و صنایع غذایی کاربرد دارند ، اشاره نمود . فرایند جـدا سازی این مواد به طریقه تجاری از آب پنیر توسط دکـتر اچ بـور لینـگ (H. Burling) محقـق بخش تحقیق و توسعه صنایع لبنی سوئد (Swedish Daries Associaton [SMR]) در مالمو (Malmo) معرفی و تکمیل گردیده است .

توجه: اگرمقدار زیادی اسـید بـرای ایجـاد لختـه اسـتفاده شـود. کـازئین بـه حـالت محلول برگشته وبه شـکل نمـک اسیددر می آید.اگراسید هیدروکلریک به کاررود محلول حاوی نمک هیدروکلرایدکازئین و مقـداری یـون تجزیـه شـده ایـن نمـک خواهد بود .

دو راه برای ساختن لخته کازئینـات و انعقاد آن وجود دارد :

۱- رسوب دادن به وسیله اسید

۲- رسوب دادن به وسیله آنزیم

پروتئین های آب پنیر عبارتند از:

الفا- لاکتالبومین

بتا - لاکتو گلوبولین

پروتئین های غشایی

این پروتئین ها، به صورت یک لایه محافظ در اطراف غشاء گویچه چربی قـرار دارنـد و در پایداری امولسیون چربی در شیر نقش مهمی دارند . محدوده قوام آنها ازحالت نرم و ژل مانند (Jelly - like) تا نسبتا سفت و محکم می باشد. تعدادی از این پروتئین ها، حاوی چربی بوده و لیپوپروتئین (Lipoprotein) نامیده می شوند. چربی ها و اسید های امینـه آب گریـز موجـود در پروتئین ها باعث هدایت گروههای آب گریز به سـمت سـطح چربـی شـده و قسـمت هـایی کـه کم تر آب گریزند به سمت آب جهت می گیرند .

غلظتی آب گریزی را از سطح چربی به سوی آب شکل می دهند . شیب آب گریز ، چنین غشایی آنرا به مکان مناسبی برای جذب مولکول هایی با درجات متفاوت "آب گریزی" بدل می سازد. بویژه فسفو لیپید ها (Phospholipids) و آنزیم های لیپولتیک (Lipolytic enzymes) به این ساختمان غشایی جذب سطحی می گردند. تا زمانی که ساختمان غشا به هم نخورده است هیچ واکنشی بین آنزیم ها و محیط (Substrate) حتی بمدت طولانی ، انجام نمی پذیرد . اما اگر ساختمان غشا آسیب ببیند ، آنزیم محیط مورد واکنش خود را یافته و بلافاصله شروع به واکنش می نماید. یک مثال در این مورد آزاد شدن آنزیم لیپولتیک از اسید چرب در جریان پمپ کردن شیر سرد به وسیله "پمپ معیوب" می باشد. این عمل پس از هموژناسیون سرد شیر بدون اینکه بلافاصله پس از آن شیر برای جلوگیری از فعالیت آنزیمی پاستوریزه گردد نیز روی می دهد . وجود اسید های چرب و سایر فراورده های حاصل از این عمل آنزیمی باعث ایجاد طعم تند (Rancid flavour) در محصول می گردند.

پروتئین های تغییر ماهیت یافته (دناتوره)

فعالیت حیاتی پروتئین ها با دما و pH وتغییرهای آنها در یک محدوده معین بستگی دارد. اما اگر آنها در معرض دمایی بیش از حداکثر حرارت قابل تحمل خود قرار گیرند، ساختمان آنها دچار تغییر می گردد. به این حالت ، تغییر ماهیت یا دناتوراسیون (Denatured) گفته می شود، شکل (۳۳-۲) و همچنین ، وقتی که پروتئین در معرض اسید ، باز ، تشعشع و اشعه ماوراء بنفش قرار گیرد ، تغییر ماهیت اتفاق می افتد. پروتئین های تغییر ماهیت یافته ، حلالیت اولیه خود را از دست می دهند و فعالیت حیاتی آنها متوقف می گردد. آنزیم ها، نیز یک نوع پروتئین می باشند که عمل آنها کاتالیز کردن (تسریع) واکنش های بیوشیمیایی می باشد ، اما زمانی که دناتوره شوند این توانایی را از دست می دهند. دلیل این امر شکسته شدن اتصال های بین مولکولی و تغییر ساختمان پروتئینی می باشد. گاهی اوقات پس از یک دناتوراسیون ضعیف ممکن است ، پروتئین بتواند به مرحله قبلی (حالت طبیعی) باز گشت نماید و فعالیت حیاتی خود را از سر گیرد. ولی در اکثر حالات تغییر ماهیت (دناتوراسیون) برنگشت ناپذیر است . برای مثال: پروتئین های تخم مرغ جوشانیده شده نمی توانند به مرحله قبل از جوشانیدن ، برگشت نمایند.

شیر یک محلول بافر است

شیر حاوی مقدار زیادی از موادی می باشد که می توانند مانند یک اسید ضعیف یا یک "باز" ضعیف عمل نمایند . مانند : اسید لاکتیک ، اسید سیتریک و اسید فسفریک و نمک های مربوطه مثل لاکتات ها، سیترات ها و فسفات ها . در شیمی به سیستم هایی که وقتی به آنها اسید یا باز اضافه گردد و آنها در یک محدوده معینی ، قادر به مقابله در برابر تغییرهای مقدار pH باشند و pH را ثابت نگهدارند ، سیستم های بافری(Buffer) می گویند . (مثلا خون یک محلول بافر است – مترجم) این اثر را می توان به وسیله ویژگیهای کیفی پروتئین توضیح داد .

وقتیکه شیر، اسیدی می شود . مقدارزیاد یون هیدروژن (H^+) به محلول اضافه می گردد. این یون ها ، اغلب به گروههای امینه، در کناره های زنجیره اسید امینه ها، متصل شده و تشکیل یون (NH_3^+) می دهند تا زمانی که مقدار اسید اضافه شده بسیار زیاد نباشد . این اثربه طور قابل ملاحظه ای از افزایش غلظت یون های هیدروژن آزاد در داخل شیر ، جلوگیری بعمل می آورد.

زمانی که یک "باز" به شیر اضافه می گردد ، یون های هیدروژن (H^+) در گروه COOH در کناره های زنجیره ، آزاد شده و به شکل گروه COO^- در می آیند و pH کم و بیش ثابت باقی می ماند. اگر بدنبال آن مقدار "باز" بیش تری ، اضافه شود ، مقدار زیادی یون هیدروژن ، برای مقابله با آن از طریق این سیستم ، آزاد می گردد. اجزای دیگری نیز در شیر وجود دارند که توانایی مقابله با تغییرات pH را دارا هستند ، آنها می توانند با اتصال یا آزادسازی یون ها ، باعث تغییر بسیار بطئی مقدار pH گردند. تقریبا تمام ظرفیت "بافری" شیر برای مقابله با تغییرهای pH با نگهداری شیر به مدت طولانی مصرف می گردد. در چنین حالتی اضافه شدن مقدار ناچیزی اسید می تواند مقدار pH را به طور وسیعی تغییر دهد.

آنزیم ها در شیر

آنزیم ها دسته ای از پروتئین ها می باشند که توسط موجودات زنده تولید می گردند آنها می توانند واکنش های بیو شیمیایی را شروع و هدایت کرده و در سرعت واکنش ها نیز تاثیر گذارند ، بدون اینکه خود مصرف شوند. بدین دلیل آنها را بعضی اوقات کاتالیزورهای حیاتی (Biocatalysts) هم می نامند. نحوه عمل آنزیم در شکل (۳۶-۲) ، نشان داده شده است. عمل آنزیم ها اختصاصی است ، یعنی هر نوع آنزیم ، فقط یک نوع واکنش را هدایت می کند. دو عامل موثر بر روی عملکرد آنزیم ها، دما وpH می باشند. آنزیم ها بیش ترین فعالیت رادر حرارت بین۵۰-۲۵ درجه سانتیگراد دارا می باشند. دراثر افزایش درجه حرارت فراتر از محدوده قابل قبول ، فعالیت آنهاکاهش می یابد. فعالیت تمام آنها در محدوده ۱۲۰-۵۰ درجه سانتیگراد متوقف می شود . در این درجات آنزیم ها کم و بیش دناتوره می گردند. دمای غیر فعال شدن آنزیم ها متفاوت است و از این پدیده برای تعیین کارایی حرارتی پاستوریزاسیون شیر استفاده می گردد . آنزیم ها برای خود یک محدوده مناسب pH ، را نیز دارا می باشند. بعضی از آنان بهترین عملکرد، را در محلول های اسیدی و بعضی در محیط های قلیایی دارا می باشند .

آنزیم های شیر ، از طریق پستان گاو یا باکتری ها وارد شیر می گردند. آنزیم هـای وارد شده توسط پستان را آنزیم های اصلی (Original enzymes) و آنزیم های وارد شده توسـط باکتری ها را آنزیم های باکتریایی (Bacterial enzymes) می نامند. تنوع و وفور آنزیـم هـای باکتریایی در شیر به نوع و اندازه جمعیت های میکروبی موجود بستگی دارد. اندازه گیری چندین آنزیم در شیر برای بررسی کیفیت وکنترل صحت عملیات انجام گرفته ، رایج مـی باشـد. کـه از آن جمله می توان به مهمـترین آنهـا مـانند : پراکسـیداز (Peroxidse) ، کاتـالاز (Catalase) ، فسفاتاز (Phosphatase) و لیپاز (Lipase) اشاره نمود.

پراکسیداز

پراکسیداز عمل انتقال اکسیژن از آب اکسیژنه (H_2O_2) به مواد اکسید شونده را برعهـده دارد. این آنزیم در اثر حرارت دیدن شیر در دمای ۸۰ درجه سـانتیگراد و بمـدت چنـد ثانیـه غیر فعال می گردد. حضور یا عدم حضور پراکسیداز در شیر این مفهوم را می رسـاند کـه آیـا شـیر در فرایند پاستوریزاسیون به دمای بالاتر از ۸۰ درجه سانتیگراد رسیده است یا خیر . ایـن آزمـایش را تست استورچ (Storch's peroxidase test) می نامند.

کاتالاز

کاتالاز، آب اکسیژنه (H_2O_2) ، را بـه آب و اکسـیژن آزاد تجزیـه مـی نمـاید. بـه وسـیله اندازه گیری مقدار اکسیژنی که آنزیم می تواند ، در شیر آزاد نماید ، می توان به کل مقدار آنزیـم در شیر پی برد که نشان دهنده وضعیت سلامتی پستان دام است . شیر دوشـیده شـده از پسـتان بیمار (دچار ورم پستان) دارای محتوای کاتالاز بالایی می باشد. در حالیکـه شیر تـازه حاصلـه از پستان دام سالم حاوی کاتالاز ناچیزی است. تعدادی از باکتری ها این آنزیم را ترشح می نمایند. این آنزیم در درجه حرارت ۷۵ درجه سانتیگراد به مدت ۶۰ ثانیه تخریب می گردد.

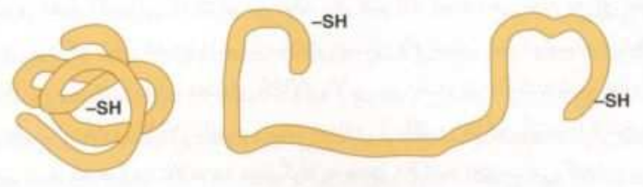
فسفاتاز

فسفاتاز ، خواصی را داراست که آن را قادر می سازد، اسـتر اسـید فسـفریک را بـه اسـید فسفریک و الکل مربوطه تجزیه نماید. حضور این آنزیم ، در شیر به وسـیله اضافـه نمـودن اسـتر اسید فسفریک و معرف که در مقابل عملکرد آنزیم ، تغییر رنگ می دهد و الکل آزاد مـی سـازد، مشخص می گردد. تغییر رنگ معرف ، نشانه حضور فسفاتاز در شیر می باشد. فسفاتاز بـه وسـیله حـرارت پاستوریزاسـیون معمولـی ($^{\circ}C$ ۷۲ بمـدت ۲۰-۱۵ ثانیـه) تخریـب مـی گـردد. بنـابراین می توان آزمایش فسفاتاز را برای آشکار سازی ، اینکه آیا فرایند پاستوریزاسیون بـه طـور واقعـی حاصل شده است یا نه، به کار برد. این آزمایش در صنایع لبنی به آزمایش فسـفاتاز (یـا آزمـایش شارر Scharer) موسوم است . آزمایش فسفاتاز ، باید ترجیحا بلافاصله پس از عملیات حرارتـی انجام پذیرد. در غیر این صورت شیر باید تا درجه $+5^{\circ}C$ سرد شود و تـا زمـان آزمـایش در ایـن درجه حرارت نگهداری گردد.آزمایش باید در همان روز انجام عملیات حرارتـی برقـرار گـردد ، در غیر این صورت ممکن است آنزیم مجددا فعال شـده و نتیجـه آزمـایش را مثبت بنمایـاند . ایـن حالت در خامه که مستعد فعالیت مجدد آنزیم ، می باشد بیش تر روی می دهد.

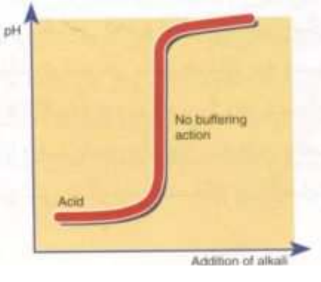
لیپاز

لیپاز ، چربی را به گلیسرول و اسید چرب تجزیه می کند. حضور اسید چرب آزاد در شـیر و فراورده های لبنی باعث ایجاد طعم تند (Rancid) در آنها مـی گـردد . عمـل آنزیـم در اغلـب اوقات بسیار ضعیف به نظر می رسد . هر چنـد در شـیر بعضـی گـاو هـا فعـالیت لیپـازی بـالایی مشاهده می شود . مقدار لیپاز شیر با نزدیکی به پایان دوره شیر دهی افزایش مـی یـابد. قسـمت اعظم لیپاز در طی فرایند پاستوریزاسیون غیر فعال می گردد ، برای غیر فعال کـردن کـامل ایـن آنزیم باید از حرارت های بالاتر استفاده شود . این آنزیم به وسیله بسـیاری از میکروارگـانیزم هـا ترشح می گردد. این آنزیم بدلیل داشتن مقاومت حرارتی خیلی بالا (مخصوصـا نـوع مترشـحه از میکروارگانیزم ها) می تواند مشکلات بسیار جدی را در عملیات ها و فرایند شیر به وجود آورد .

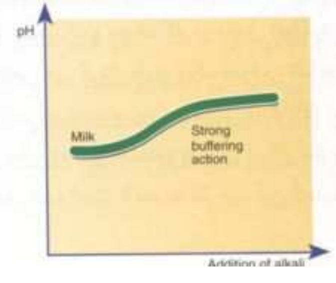
شکل ۳۳-۲ *قسمتی از پروتئین آب پنیر ، شکل زنده یا حیاتی (چپ) ، شکل دناتوره (راست)*



شکل ۳۴-۲ *اگر یک قلیا به اسید اضافـه گـردد در صورت عدم وجود سیستم بافر، pH محلـول سـریعا بالا می رود*



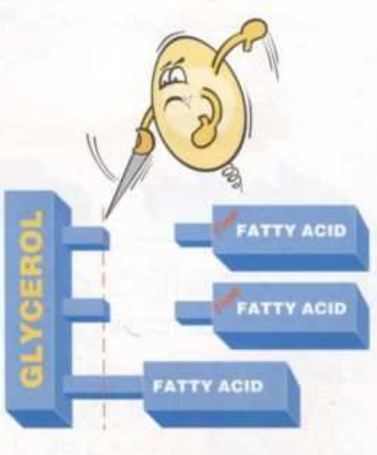
شکل ۳۵-۲ *اگـر یـک قلیـا بـه شـیر اضافـه گـردد بدلیـل فعـالیت سیسـتم بـافری تغییرهـای pH خیلی آرام خواهد بود.*



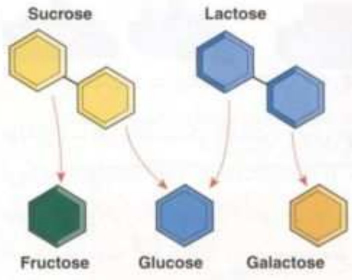
نموده و آنها را از طریق واکنش های واسطه ای پیچیده، به اسید لاکتیک تبدیل می کنند. آنزیم هایی که این عملیات راتسریع می نمایند همواره از یک الگوی خاصی پیروی می کنند . در هنگام ترش شدن شیر، لاکتوز تخمیر شده و به اسید لاکتیک تبدیل می گردد. سایر میکروارگانیزم های موجود در شیر، مواد را به فراورده های دیگری تجزیه کرده و ترکیبات جدیدی را تولید می نمایند.

اگر شیر در معرض حرارت بالا قرار داده شود و مدتی نیز در آن حرارت نگهداری شود ، رنگ آن قهوه ای شده و طعم کارامل (Caramel) را کسب می نماید. این فرایند را کاراملیزاسیون (Caramelisation) می نامند که در نتیجه واکنش شیمیایی بین لاکتوز و پروتئین ها بوده و بنام واکنش میلارد (Maillard) نامیده می شود . لاکتوز ، محلول در آب بوده بنابراین در شیر به صور ت محلول قرار می گیرد . در ساخت پنیر ، اغلب لاکتوز ، به صورت محلول در آب پنیر از لخته خارج می گردد . تغلیظ آب پنیر ، در فرایند ساخت "پنیر حاصله از آب پنیر" (Whey cheese) باعث افزایش ، غلظت لاکتوز در محلول تغلیظ شده ، می گردد. لاکتوز مثل دیگر قندها شیرین نمی باشد و تقریبا ۳۰ برابر کم تر از شکر معمولی (حاصل از نیشکر) شیرینی دارد .

شکل ۲-۳۷ نمای شماتیک شکستن چربی به وسیله آنزیم لیپاز



شکل ۲-۳۸ لاکتوز و ساکارز به گالاکتوز ، گلوکز و فروکتوز تجزیه می گردند .



لاکتوز

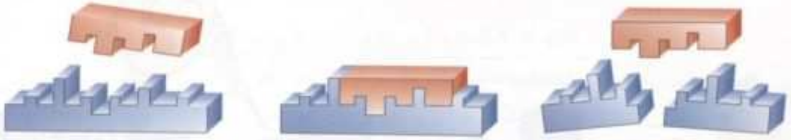
لاکتوز (Lactose) ، قند اختصاصی شیر است و به گروهی از مواد آلی شیمیایی بنام کربوهیدرات ها تعلق دارد. کربوهیدرات ها منبع مهم انرژی در غذای انسان می باشند. برای مثال نان و سیب زمینی غنی از کربوهیدرات بوده و بعنوان منابع غذایی محسوب می گردند. کربوهیدرات ها در اثر شکسته شدن به وسیله واکنش های بیو شیمیایی به مواد پر انرژی تبدیل شده و انرژی لازم را تولید می نمایند.کربو هیدرات ها همچنین موادی را برای سنتز بعضی ترکیبات مهم شیمیایی در بدن فراهم می آورند.آنها در ماهیچه ها به صورت گلیکوژن (Glycogen) ماهیچه ای و در کبد به صورت گلیکوژن کبدی قرار دارند. گلیکوژن یک کربوهیدرات با وزن مولکولی بالا می باشد. از دیگر کربوهیدرات های مشابه می توان به نشاسته و سلولز اشاره نمود . چنین مجموعه هایی از کربوهیدرات ها را پلی ساکارید (Polysaccharide) می نامند. این مولکول های غول پیکر از تعداد زیادی مولکول گلوکز ساخته شده اند. مولکول های نشاسته و گلیکوژن اغلب دارای شاخه های منشعب بوده ، در حالیکه سلولز بدون انشعاب به صورت زنجیره طویل می باشد. شکل (۲-۳۸) تعدادی دو قندی (Disaccharide) را نشان می دهد. این ترکیبات از دو مولکول قند تشکیل شده اند.

شکل ۲-۳۶

انزیم می تواند فقط روی یک نوع مولکول معین ویک اتصال معین را شکاف دهد.

انزیم ابتدا روی یک نقطه مخصوص در روی زنجیره مولکول قرار می گیرد.که اتصال آن ضعیف می باشد.

مولکول شکسته و انزیم ازاد می گرددو به همین شکل روی مولکول دیگری تاثیر می گذارد.



مولکول ساکارز (قندنیشکر یاچغندر) حاوی دو قند ساده [تک قندی] (Monosaccharidse) فروکتوز (Fructose) و گلوکز(Glucose) می باشد. لاکتوز یا قند شیر، یک دو قندی است و حاوی دو مولکول گلوکز و گالاکتوز می باشد . تابلو (۲-۳) ، نشان می دهد که مقدارلاکتوز در شیر در محدوده ۳/۶ تا ۵/۵ درصد متغیر می باشد. شکل (۲-۳۹) تغییرهای لاکتوز را در اثر عملکرد باکتری های لاکتیکی مشخص می نماید، این باکتری ها حاوی آنزیمی بنام لاکتاز می باشند که قادر است ، بر روی لاکتوز اثر نموده و آنرا به گلوکز و گالاکتوز (Galactose) تجزیه نماید . سپس آنزیم های دیگری ازدسته باکتری های لاکتیکی روی گلوکز و گالاکتوز اثر

ویتامین ها در شیر

ویتامین ها، دسته ای از مواد آلی می باشند که باغلظت بسیار کم در گیاهـان و جـانوران وجود دارند. آنها برای انجام فرایند های طبیعـی حیـاتی ، بسیار ضـروری مـی باشـند. ترکیبات شیمیایی ویتامین ها ، معمولا بسیار پیچیده است ، اما امروزه ، اغلب آنها شناخته شده انـد. انـواع ویتامین ها را با حروف بزرگ اول اسمشان می شناسند و گـاهی اوقـات بدنبـال حـروف بـزرگ ، شماره ای را نیز در گروه های مشترک ذکر می نمایند ، مثـل A,B_1,B_2 و غیره . شیر ، حـاوی مقداری زیادی از انواع ویتامین ها می باشد که از جمله می توان به A,B_1,B_2,C,D اشاره نمود. ویتامین های A و D محلول در چربی و بقیـه محلـول در آب هسـتند . تـابلو (۶-۲) فهرسـتی از مقادیر مختلف ویتامین ها را در داخل یک لیتر شیر و مقدار ویتامینی که روزانه یک انسـان بـالغ به آن نیاز دارد نشان می دهد. این تابلو همچنین ، مشخص می سازد که شیر منبع خوبی از انواع ویتامین ها می باشد . کمبود ویتامین هـا ، مـی توانـد بیمـاری هـای ناشـی از فقـدان آنهـا را در موجودات زنده ایجاد نماید، تابلو (۷-۲).

تابلو ۶-۲ *مقدارویتامین ها در شیر و مقادیر مورد نیاز روزانه*

ویتامین	*مقدار در یک لیتر شیر ،میلی گرم*	*نیاز روزانه بالغین ، میلی گرم*
A	۰/۳-۲	۱-۲
B_1	۰/۴	۱-۲
B_2	۱/۷	۲-۳
C	۵-۲۰	۳۰-۱۰۰
D	۰/۰۰۲	۰/۰۱

تابلو ۷-۲ *کمبود ویتامین ها و بیماری های مرتبط با آنها*

کمبودویتامین A	*شبکوری،کاهش مقاومت در مقابل عفونت ها*
کمبودویتامین B_1	*توقف رشد*
کمبودویتامین B_2	*کاهش اشتها، سوء هاضمه*
کمبودویتامین C	*بیحالی ، عفونت لثه ، مستعد عفونت*
کمبودویتامین D	*اختلالات استخوانی و اسکلتی*

مواد معدنی و نمک ها در شیر

شیر ، حاوی مقداری مواد معدنی می باشد که مجموع غلظت آنها ، کم تر از یک درصـد است . نمک های معدنی ، به صورت محلول در سرم شیر یا درون ترکیبات کازئینی قرار دارند. از مهمترین نمک های شیر ، می توان به کلسیم ، سدیم ، پتاسیم و منیزیم ، اشاره نمـود. آنهـا بـه صورت ترکیباتی مانند فسفات ها ، کلرید ها ، سیترات ها و کازئینـات هـا در داخـل شـیر قـرار دارند. نمک های سدیم ، پتاسیم و کلسیم ، فراوان ترین نسبت را به دیگر انواع نمک هـا درشـیر طبیعی دارا می باشند. مقادیر نمک های موجود در شیر ثابت نبوده و در مراحل انتهایی شـیردهی و همچنین در عفونت های پستانی ، مقدار سدیم کلراید افزایـش مـی یـابد و بـه شـیرطعم شـور (Salty test) می دهد و در مقابل از مقدار دیگر نمک ها کاسته می شود .

دیگر ترکیبات موجود در شیر

معمولا شیرحاوی سلول های بافتی (Somatic cells) مثل گویچه های سفید خـون و لکوسیت ها می باشد. به طور طبیعی مقدارآنها در شیر دوشیده شده از پسـتان سـالم بسـیار کـم بوده، اما مقدار آنها در پستان دچار عفونت ، افزایش یافتـه و معمـولا متناسـب بـا شـدت عفونـت می باشند. سلول های بـافتی در شـیر دام سـالم ، کـم تـر از ۲۰۰۰۰۰سـلول در هـر میلـی لیـتر می باشد. اما تا تعداد ۴۰۰۰۰۰ سلول در هر میلی لیتر را مـی تـوان قبـول نمـود. شیر همچنیـن حاوی مقداری گاز می باشد . مقدار آن در شیر تازه حدود ۶-۵ در صد حجمی است ، امـا ممکـن است این مقـدار تـا۱۰ درصـد نـیز افزایـش یـابد. بیـش تـر گـاز هـای موجـود در داخـل شـیر را دی اکسیدکربن، نیتروژن و اکسیژن تشکیل می دهند . این گاز ها به صورت های ذیـل در شیر قرار دارند :

۱- به صورت محلول،

۲- به صورت اتصال غیر قابل تفکیک ،

۳- به صورت منتشر ،

شکل محلول و منتشر گاز ها در شیر، می توانند مشکلات جـدی را در فراینـد محصـول، ایجـاد نمایند. همچنین ، وجود مقدار زیاد گاز، باعث بروز سوختگی شیر در تماس بـا سـطوح صفحـات تبادل کننده حرارتی ، در ضمن عملیات پاستوریزاسیون می گردد .

تغییرها در شیر و اجزای آن

تغییرها در طی نگهداری

چربی و پروتئین در شیر، ممکن است در مدت زمان نگهداری دچار تغییرهـای شـیمیایی گردند. این تغییرها را می توان به دو دسته تقسیم نمود : اکسیداسیون و لیپولیز .

مواد تولید شده در اثر این واکنش ها ، ممکن است به طور عمده ، سبب تغییرهای طعـم در شیر و کره و دیگر فراورده های تهیه شده از شیر گردند.

حرارت های پایین ، بیش تر رخ می دهد زیرا باکتری ها در این دما ازفعالیت کم تری برخوردار بوده و قادر به برداشت و مصرف اکسیژن از محیط خود نمی باشند . در ضمن انحلال اکسیژن در شیر در حرارت پایین ، بیش تر است . رخداد اکسیداسیون ، با ایجاد طعم فلزی در فصل زمستان بیش تر از فصل تابستان است . این بدلیل پایین بودن دمای محیط (افزایش حلالیت اکسیژن) و نوع تعلیف دام می باشد. در تابستان ، غذای دام سرشار از ویتامین A وC بوده که باعث افزایش مواد کاهنده در شیر می گردد . در معرض نور و یون های فلزات سنگین ، اسیدهای چرب به مواد آلدئیدی (Aldehydes) و ستنی (Ketones) می شکنند و این مواد باعث بروز تغییر طعم مثل "تندی" در فراورده های لبنی خواهند شد. برای بررسی دقیق تر حوادثی که در اکسیداسیون و اکسیداسیون خود به خودی دراسید های چرب غیر اشباع رخ می دهد ، می توانید به کتاب شیمی و فیزیک شیر (Dairy chemistry and physics) نوشته والسترا (P. Walstra) و جنیز (R.jennis) مراجعه نمایید.

اکسیداسیون پروتئین

زمانی که ، اسید امینه متیونین (Methionine) در معرض نور قرار گیرد ، به وسیله یک فرایند بسیار پیچیده با همراهی ریبو فلاوین (Riboflavin) [یا ویتامینB_2] و اسید اسکوربیک [یا ویتامین C] به متیونال (Methional) بدل می شود. متیو نال یا ۳- مرکاپتو - متیل پروپیون الدئید (3- mercapto- methylpropionaldehyde) به طور عمده در ایجاد طعم بخصوصی بنام طعم "آفتاب" (Sunlight flavour) شرکت می نمایند. پس ، متیونین که یکی از اجرای پروتئین های شیر ، محسوب می گردد ، در چنین شرایطی از بین می رود . عامل هایی که در پیدایش "طعم آفتاب" نقش موثری دارند، عبارتند از :

- شدت نور (نور خورشید یا نور لامپ فلوروسنت)،
- استمرار تابش نور ،
- ویژگی اجزای شیر (شیر هموژنیزه از شیر غیر هموژنیزه حساس تراست)،
- ماهیت ماده بسته بندی (انواع بسته بندی غیر شفاف مثل پلاستیک با کاغذ، حفاظ مناسبی در شرایط عادی می باشند .) ،

در فصل ۸ ، در ارتباط باحفظ کیفیت شیر پاستوریزه ، توضیحات مفصل تری در این باره داده شده است.

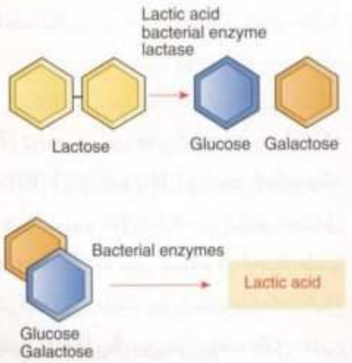
اکسیداسیون چربی

یکی از تغییرهای ناخواسته چربی در زمان نگهداری به صورت خالص و یا مخلوط با مواد دیگر ، بروز اکسیداسیون یعنی ترکیب با اکسیژن می باشد که در این حالت ، از کیفیت فراورده ها کاسته شده و باعث فساد وکاهش عمر نگهداری آنها می گردد. از اثرات اکسیداسیون ایجاد طعم فلزی (Metallic flavour) در محصول و یا بروز مزه "پیه مانند"(Tallowy taste) در طی فرایند تبدیل کره به روغن ، می باشد .

مولکول اکسیژن در حالت یگانه($^1O_2$) می تواند یک گروه (CH-) را مستقیما اکسیده نماید و باجا به جا یی باند دوگانه تشکیل یک هیدروپراکسید به فرمول زیر را می نماید.

$^1O_2 + -CH=CH-CH_2 \rightarrow -CHOOCH-CH=CH-$

شکل ۳۹-۲ *تجزیه لاکتوز به وسیله آنزیم و ایجاد اسید لاکتیک.*



از عامل های مستعد ساز اکسیداسیون ، می توان به وجود باند های دوگانه (Double bonds) در اسید های چرب غیر اشباع مثل لسیتین ، حضور اکسیژن محلول ، قرارگرفتن در معرض نور ، به خصوص نور خورشید و نور لامپ فلوروسنت ، اشاره نمود . حضور نمک های آهن و مس ، نیز علاوه بر زمینه سازی برای بروز اکسیداسیون ، خود باعث تسریع عمل اکسیداسیون خود به خودی (Auto oxidation) و ایجاد طعم فلزی می گردند . مقابله با اکسیداسیون ، به وسیله افزودن آنتی اکسیدان ها (مواد کاهنده) مثل DGA و دودسیل گالات (Dodecyl gallate) ، امکان پذیر است. حداکثر مقدار مصرفی DGA ، به میزان۰/۰۰۰۵ درصد می باشد.گاهی عمل اکسیداسیون ، به وسیله فعالیت بعضی از میکروارگانیزم ها مثل باکتری اسید لاکتیک که اکسیژن را به مصرف می رسانند و اثرات کاهندگی (احیاکنندگی) دارند، مهار می گردد. پاستوریزاسیون بالا تر از ۸۰ درجه سانتیگراد نیز بعلت کاهش حلالیت اکسیژن و حذف آن در پیشگیری از اکسیداسیون موثر است همچنین باعث تولیدترکیبات گوگرددار (SH^-) می گردد که خود موادی احیا کننده می باشند . بهرحال تغییر طعم ناشی از اکسیداسیون در

لیپولیز

شکسته شدن چربی ، به گلیسرول و اسید چرب آزاد را لیپولیز (Lipolysis) می نامند. در نتیجه این عمل ، مزه و بوی تندی ایجاد می گردد که در اثر حضور "اسید چرب آزاد" با زنجیره کوتاه ، مثل اسید بوتریک و کاپروئیک می باشد. لیپولیز ، در اثر عمل لیپاز و با کمک حرارت بالای محل نگهداری چربی، روی می دهد. لیپاز نمی تواند به گویچه های چربی سالم ، حمله نماید. معمولادر فرایند شیر، عامل هایی مانند : پمپ کردن ، هم زدن شدید و یا ایجاد تلاطم شدید باعث آسیب گویچه های چربی می گردد . فقط پس از آسیب دیدن گویچه چربی ، لیپاز می تواند عمل نموده و مولکول چربی را هیدرولیز نماید. بنابراین باید از به هم زدن شدید شیر پاستوریزه نشده خود داری گردد ، زیرا خطر پخش آنزیم را در شیر افزایش داده و باعث ایجاد طعم تند در شیر می گردد . برای جلو گیری از فعالیت این آنزیم بر روی چربی، باید از فرایند پاستوریزاسیون با حرارت بالا استفاده شود . معمولا این عمل ، تمام آنزیمی را که با منشاء طبیعی در شیر وجود دارند نابود می سازد . اما آنزیم های لیپازی که توسط میکروارگانیزم ها تولید می شوند ، از مقاومت حرارتی بالایی برخوردار بوده و حتی فرایند حرارتی UHT ، نیز نمی تواند تمامی آنزیم ها را از بین ببرد. فرایند حرارتی - (UHT) Ultra High Temperature - روشی برای اعمال عملیات حرارتی بر روی شیر با استفاده حرارت ۱۵۰-۱۳۵ درجه سانتیگراد بمدت چند ثانیه می باشد .

اثرات عملیات حرارتی

در صنایع لبنی ، برای نابودی میکروارگانیزم های بیماریزا ، شیر را تحت فرایند های حرارتی قرار می دهند. معمولا ، عملیات حرارتی تغییرهایی را در اجزای شیر پدید می آورد . هرچه از درجه حرارت بالاتر و بمدت طولانی استفاده شود این تغییرها بیش تر خواهد بود . بنابراین ، باید با تلفیق مناسبی از زمان و درجه حرارت ، فرایند حرارتی مناسبی را برعلیه میکروارگانیزم ها به کار برد. عملا بکار گیری روش "زمان کوتاه و حرارت بالا" همان اثر روش "زمان طولانی و حرارت پایین" را خواهد داشت ، بنابراین ، باید رفتار هر دو عامل زمان و درجه حرارت در فرایند حرارتی دقیقا مد نظر قرار گیرد.

چربی

دومه (Thome) و همکاران درسال ۱۹۵۸ ، نشان دادند ، وقتی که شیر در دمای ۷۰-۸۰ °C بمدت ۱۵ ثانیه پاستوریزه گردد ، در درجه حرارت ۷۴ درجه سانتیگراد پدیده رویه بستن خامه (Cream plug) مشاهده می شود ، شکل (۴۰-۲) . فرضیه های متفاوتی برای توضیح این پدیده بیان شده است . از جمله ، علت را جدا شدن گویچه ها از توده چربی و تصادم آنها باهم ، بیان داشته اند. انجام هموژنیزاسیون ، برای جلوگیری از این پدیده توصیه شده است. فینک(Fink) و کسلر(Kessler) در سال ۱۹۸۵ نشان دادند : هنگامی که خامه هموژن شده یا نشده با ۳۰ درصد چربی در دمای ۱۳۵- ۱۰۵ درجه سانتیگراد متحمل فرایند حرارتی گردد ، چربی آزاد از گویچه های چربی به بیرون تراوش می کند . این باور وجود دارد که علت این بی ثباتی درغشاء گویچه چربی ، در نتیجه افزایش پدیده تراوایی (Permability) در غشاء می باشد. به طوری که ، در ادامه چربی های تراوش شده مانند سیمان گویچه ها را به هم می چسبانند و توده خوشه ای با دوامی را به وجود می آورند . دمای بالاتر از ۱۳۵ °C ، پروتئین ها را بر روی غشاء گویچه چربی رسوب می دهد و یک شبکه توری ، شکل می گیرد که باعث تراکم بیش تر غشاء شده و کاهش تروایی آن می گردد . بنابراین توصیه می شود برای فراورده هایی با درصد چربی بالا پس از عملیات UHT عمل هموژنیزاسیون انجام پذیرد.

پروتئین

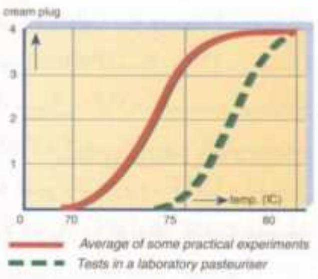
کازئین به عنوان اصلی ترین پروتئین شیر ، در حالت عادی و در شرایطی که pH ، نمک و میزان پروتئین ها درحد طبیعی باشند، در اثرحرارت دناتوره نمی شود. از طرف دیگر، پروتئین های آب پنیر بویژه بتالاکتوگلوبولین که تقریبا ۵۰ درصد پروتئین آب پنیر را تشکیل می دهند، به حرارت بسیار حساس هستند . تغییر ماهیت پروتئین های آب پنیر در ۶۵ درجه سانتیگراد شروع می شود و تقریبا در حرارت ۹۰ درجه سانتیگراد و مدت زمان ۵ دقیقه ، تمامی آنها دناتوره می گردند. تغییر ماهیت پروتئین های آب پنیر، یک واکنش برگشت ناپذیر می باشد. تصادم بین شکل "باز شده" پروتئین های مارپیچی و بتالاکتوگلوبولین با بخش کاپا- کازئین اتصال های ویژه ای را توسط پل های گوگردی، ایجاد می نماید ، یکی از نماد های متداول این انتقال در شکل (۴۲-۲) نشان داده شده است. از خواص اصلی کاپا-کازئین ، تاثیر پذیری آن از مایه پنیر (رنین) در جریان عملیات پنیر سازی می باشد ، زیرا مایه پنیر، میسل کازئین را در موقعیت کاپا-کازئین می شکند. استفاده از فرایند پاستوریزاسیون با حرارت بالا، برای شیر پنیرسازی ، باعث ایجاد لخته نرم پس از مایه زنی خواهد شد . بروز این پدیده در جریان ساخت پنیرهای نیمه سخت و سخت نامطلوب می باشد. شیری که قرار است برای پنیر سازی به کار برده شود ، نباید تحت فرایند پاستوریزاسیونی بالاتر از ۷۲ درجه سانتیگراد ، به مدت ۲۰-۱۵ ثانیه قرار گیرد. و بر عکس درجریان تولید فراورده های کشت دادنی (مثل ماست) برای دستیابی به تغییر ماهیت پروتئین های سرمی (آب پنیر) و واکنش آنها با کازئین باید شیر تحت عملیات حرارتی، در دمای ۹۵-۹۰ درجه سانتیگراد ، بمدت ۵-۳ دقیقه قرار داده شود. این عمل ، باعث ارتقاء کیفیت و جلوگیری ازآب انداختن (Synerесis) و افزایش ویسکوزیته (Viscosity) خواهد شد. حرارت دادن شیر در ۷۵ درجه سانتیگراد، به مدت ۶۰-۲۰ ثانیه باعث می شود طعم

پختگی (Cooked taste) در آن ایجاد شود. این پدیده بخاطر آزاد سازی ترکیبات گوگردی ، از بتا- لاکتوگلبولین ودیگر پروتئین های گوگرد دار می باشد.

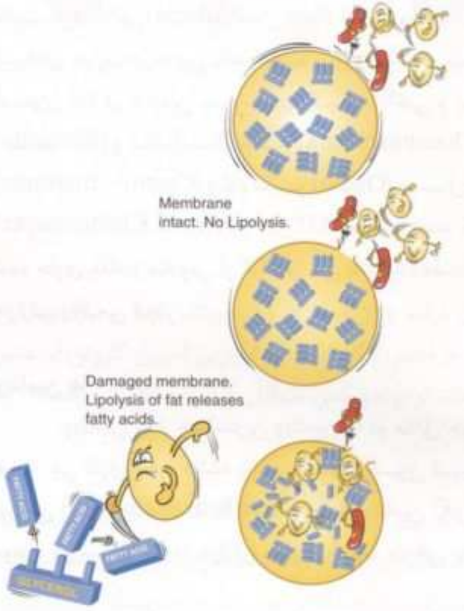
شکل ۴۰-۲ *تشکیل "سر شیر" یا رویه که به درجه حرارت پاستوریزاسیون مرتبط است. مقیاس صفر (بدون اثر) تا ۳ (رویه خامه جامد) زمان پاستوریزاسیون: کوتاه مدت (۱۵ ثانیه)*

ـــــ شرایط آزمایشگاهی معمولی

- - - آزمایش در پاستوریزاتور آزمایشگاهی



شکل ۴۱-۲ *وقتی که غشاء گویچه چربی آسیب می بیند لیپولیز باعث رها سازی اسید چرب می شود.*


Membrane intact. No Lipolysis.
Damaged membrane. Lipolysis of fat releases fatty acids.

آنزیم ها

اغلب آنزیم ها را می توان به وسیله حرارت دادن غیر فعال نمود . دمای غیر فعال شدن بر حسب نوع آنزیم متفاوت می باشد . بعضی از انواع باکتری ها مثل گونه های سودوموناس ها (Pseudomonas .spp) که در اصل یک نوع باکتری بیماری زا برای گیاهان می باشند ، از طریق علوفه وارد شیر شده و درشیر خام ذخیره شده و حتی در شیری که عملیات حرارتی برروی آن انجام پذیرفته ، نیز دیده می شوند . این باکتری دارای آنزیم های پروتئولتیک و لیپولتیک بسیار مقاوم به حرارت بوده و فقط یک قسمت از فعالیت آنها با فرایند حرارتی پاستوریزاسیون و یا عملیات UHT مهار می گردد .

لاکتوز

در مراحل خشک کردن شیر، لاکتوز متحمل تغییرهای فراوانی می گردد. در حرارت بالاتر از ۱۰۰ درجه سانتیگراد ، واکنشی بین لاکتوز و پروتئین ، انجام می پذیرد که نتیجه آن ایجاد رنگ قهوه ای می باشد. این واکنش که بین عامل امین، اسید امینه و عامل آلدئید قند شیر(لاکتوز) رخ می دهد ، بنام واکنش میلارد (Maillard) یا قهوه ای شدن غیر آنزیمی معروف می باشد. در نتیجه این واکنش ، رنگ محصول قهوه ای شده و از ارزش تغذیه ای آن کاسته می گردد. بویژه اسید امینه ضروری لیزین ، دراثر این واکنش از بین می رود.

به توجه به این مطلب مقدار لاکتوز در شیر پاستوریزه ، UHT و استریل شده باهم تفاوت دارد .آداچی(Adachi) سال ۱۹۸۵ ادعا نمود که لاکتولوز(Lactulose) اپی مر لاکتوز در شیرهای حرارت دیده می باشد. عقیده بر این است که تشکیل لاکتولوز، به وسیله گروه های آمینوی آزاد در کازئین صورت می گیرد . آداچی و پاتون(Patton)سال ۱۹۶۱ ، ریچارد (Richarde) و شاندراسک هارا(Chandrasekhara) سال ۱۹۶۰ ، کاسترو مارتینز (Castro martinez) و اولانو (Olano) سال ۱۹۸۲ ، گی یر و کلوسترمیر (Geier & Klostermeyer) سال۱۹۸۳ ، نشان دادند که شیر پاستوریزه ، UHT و استریل شده حاوی مقادیر متفاوتی از لاکتولوز می باشند . مقدار لاکتولوز با افزایش شدت عملیات حرارتی زیاد می شود.

ویتامین ها

ویتامین C از حساسترین ویتامین ها در مقابل حرارت می باشد. خصوصا ، اگر در محیط هوا و یون فلزی وجود داشته باشد. پاستوریزاسیون شیر با استفاده از صفحات تبادل کننده حرارتی (Plate heat exchanger) مقدار ویتامین C را کاهش نمی دهد . دیگر ویتامین های موجود در شیر در فرایند حرارتی معمولی آسیب چندانی نمی بینند.

مواد معدنی

از بین مواد معدنی مهم در شیر ، تنها هیدروکسی فسفات کلسیم موجود در میسل کازئین ، تحت تاثیر حرارت قرار می گیرد. زمانی که حرارت به بالاتر از ۷۵ درجه سانتیگراد برسد این ماده آب خود را از دست داده و به شکل ارتو فسفات کلسیم (Calcium Orthophosphate) در می آید این حالت توانایی پنیر سازی (تشکیل لخته) را در شیر خراب می نماید. بنابراین ، دمای عملیات حرارتی برای شیر ، باید با دقت فراوان انتخاب گردد.

مثال : چگالی شیر با چربی ۳/۲ در صد چربی و ماده خشک بدون چربی ۸/۵ در صد چقدر می باشد ؟

$$d15.5^{\circ}C = \frac{100}{\frac{3.2}{0.93} + \frac{8.5}{1.608} + (100 - 3.2 - 8.5)} = 1.0306\, g/cm^3$$

فشار اسمزی

فشار اسمزی به تعداد مولکول های ذرات حل شده ارتباط داشته و به اندازه مواد حل شده وابستگی ندارد . پس ۱۰۰ مولکول با اندازه ۱۰ ، ده برابر ، بیش تر از ۱۰مولکول با اندازه ۱۰۰ ، فشار اسمزی ایجاد خواهند نمود . بنابراین در وزن های ثابت مولکول های کوچک ، فشار اسمزی بالاتری را ایجاد می کنند.

شکل ۸-۲ *فشار اسمزی در شیر*

ترکیبات	وزن مولکولی	غلظت ٪	فشار اسمزی (اتمی)	D * ($^{\circ}C$)	فشار اسمزی کل ٪
لاکتوز	۳۴۲	۴/۷	۳/۰۳	۰/۲۵	۴۶
کلرید ها	۵۸/۵	۰/۱	۱/۳۳	۰/۱۱	۱۹
دیگر نمک ها	–	–	۲/۴۳	۰/۲	۳۵
جمع			۶/۷۸	۰/۵۶	۱۰۰

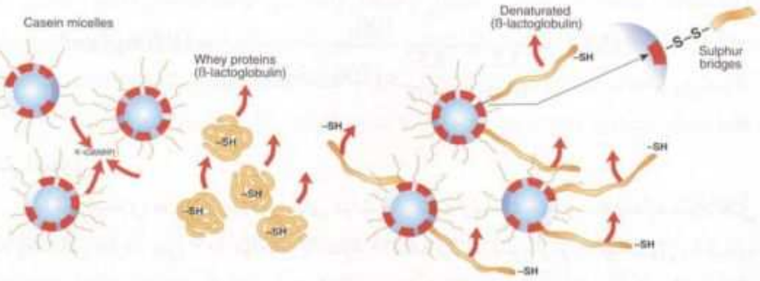
* نزول نقطه انجماد

شیر ، از خون سرچشمه می گیرد ، آن دو به وسیله غشا تراوایی (عروق و غشاء داخل آلوئول ها) ، از هم جدا شده اند ، از این رو هر دو فشاراسمزی یکسانی را دارا هستند ، یا بعبارت دیگر شیر با خون ، هم کشش (Isotonic) می باشد. ترکیبات داخل خون مانند پروتئین ها و رنگدانه ها ، دائما تغییر می یابند اما فشار اسمزی خون به طور قابل توجهی پایدار باقی می ماند. این شرایط بر شیر نیز حکمفرماست ، فشار اسمزی کل و عامل های سازنده آن درشیر ، در تابلو (۸-۲) نشان داده شده است.

نقطه انجماد

اندازه گیری نقطه انجماد شیر ، برای کنترل تقلب آب اضافه شده به شیر به کار می رود. نقطه انجماد شیر در انواع گاوها ، ممکن است اندکی تفاوت نماید و بین(۰/۵۹-) تا (۰/۵۴-) درجه سانتیگراد قرار دارد. در این زمینه، باید یاد آوری شود ، وقتی که شیر در معرض

شکل ۴۲-۲ *در ضمن دناتوراسیون کاپا-کازئین به بتا لاکتو گلوبولین می چسبد.*



خاصیت های فیزیکی شیر

خصوصیت های ظاهری

کدربودن ظاهری شیر ، به میزان ذرات چربی معلق در آن ، پروتئین ها و مواد معدنی بستگی دارد . رنگ شیر ، از سفید تا زرد بر اساس رنگ زایی ذرات چربی (میزان کاروتن)، تغییر می نماید. شیر بدون چربی (Skim) شفاف تر بوده و کمی متمایل به آبی به نظر می رسد.

چگالی

چگالی (Density) طبیعی شیر گاو بین $1/028 - 1/038\ g/\ cm^3$ قرار دارد و به ترکیبات داخل آن وابسته می باشد. چگالی شیر در ۱۵/۵ درجه سانتیگراد را می توان با استفاده از فرمول زیر محاسبه نمود:

$$d15.5^{\circ}C = \frac{100}{\frac{F}{0.93} + \frac{SNF}{1.608} + \text{ب}}\, g/cm^3$$

در این فرمول:

F = درصد چربی
SNF = درصد ماده جامد بدون چربی
آب(درصد) = $100 - F - SNF$

عملیات حرارتی بالا (عملیات UHT و استریل کردن) قرار داده شود ، رسوب فسفات ها باعث بالا رفتن نقطه انجماد خواهد شد. فشار اسمزی می تواند معیاری برای تعیین نقطه انجماد باشد زیرا اختلاف نقطه انجماد بین محلول و حلال (آب) می تواند نشانگر فشار اسمزی باشد -D در تابلو(۸-۲) - . تغییر ترکیبات شیر ، به دلیل عامل های طبیعی (اواخر دوره شیر دهی) یا بیماری (التهاب پستان) در روی فشار اسمزی و نقطه انجماد تغییری نخواهد داشت . تغییرها فقط ممکن است به صورت افت در مقدار لاکتوز و افزایش کلریدها مشاهده شوند.

اسیدیته

اسیدیته یک محلول ، وابسته به غلظت یون هیدرونیوم $[H^+]$ در آن می باشد. وقتیکه غلظت یون $[H^+]$ و $[OH^-]$ یا هیدروکسیل باهم دریک محلول مساوی باشند ، محلول ، خنثی نامیده می شود. در یک محلول خنثی ، تعداد $[H^+]$ در هر لیتربه اندازه (۱۰۰۰۰۰۰۰ : ۱) یا (10^{-7}) می باشد. pH نشان دهنده غلظت یون هیدرونیوم در یک محلول است که به طور ریاضی با لگاریتم منفی غلظت یون هیدرونیوم $[H^+]$ معین می گردد.

$$pH = -\log[H^+]$$

در مثال بالا ، می توان با توجه به بیان ریاضی فوق نوشت :

$$pH = -\log 10^{-7} = 7$$

این عدد وضعیت محلول خنثی را بیان می دارد . مثال دیگر : زمانی که مقدار یون هیدرونیوم یک محلول برابر (۱۰۰۰۰۰۰ : ۱)گرم در لیتر یا (10^{-6}) باشد ، pH=6 است و محلول، یک اسید می باشد . هرچه این مقدار pH پایین تر باشد ، محلول، اسیدی تر است. مقدار pH در یک محلول یا محصول ، حضور یا عدم حضور واقعی اسید را نشان می دهد. شیر طبیعی یک محلول اسیدی بسیار ضعیف می باشد (با مقدار ۶/۵ تا۶/۷ = pH در دمای۲۵ درجه سانتیگراد) . pH به وسیله دستگاه "pH متر" اندازه گیری می شود.

اسیدیته قابل تیتراسیون

اسیدیته (Acidity) را می توان به وسیله مقدار اسید قابل تیتراسیون با یک قلیا بیان نمود. اسیدیته قابل تیتراسیون شیر ، مقدار یون هیدروکسیلی $[OH^-]$ را که شیر لازم دارد، تا با افزایش pH آنرا به مقدار pH= ۸/۴ برساند ، نشان می دهد. برای این کار از معرف فنل فتالئین (Phenolphthalein) که رنگ آن در این محدوده از pH صورتی می گردد، استفاده می شود. این آزمایش مشخص می نمایدکه چه مقدار قلیا لازم است تا pHرا از ۶/۶ به ۸/۴ افزایش دهد. اگر شیر بر اثر فعالیت باکتری ها ترش گردد ، قلیای بیش تری در تیتراسیون لازم می گردد. اسیدیته قابل تیتراسیون را می توان به صورت های گوناگون بیان نمود. که اساس همه آنها بیان مقدار سود (NaOH) مصرفی در تیتراسیون می باشد.

- $^\circ SH$ = **سوکسله هنکل** (Soxhlet Henkel) در این روش ۱۰۰ میلی لیتر شیر با سود یک چهارم نرمال تیتر می گردد. معرف به کار رفته فنل فتالئین بوده و شیر طبیعی در این روش مقدار تقریبا ۷ را نشان می دهد . این روش اغلب در اروپای مرکزی کاربرد دارد.
- $^\circ Th$ = **ترنر**(Thorner) در این روش ۱۰۰ میلی لیتر شیر با دوحجم آب مقطررقیق می گردد و سپس با سود یک دهم نرمال تیتر می شود . معرف به کار رفته فنل فتالئین است ، شیرطبیعی در این روش مقدار ۱۷ را نشان می دهد. این روش اغلب در سوئد کاربرد دارد.
- $^\circ D$ = **دورنیک** (Dornic) در این روش، ۱۰۰ میلی لیتر شیر رابا سود یک نهم نرمال تیتر می نمایند . معرف به کار رفته فنل فتالئین است . در این روش ، شیر طبیعی مقدار ۱۵ را نشان می دهد . این روش در کشورهای فرانسه و هلند کاربرد دارد.
- $\%l.a$ = "**درصد اسید لاکتیک**" ، این روش از تقسیم درجه دورنیک به ۱۰۰ حاصل می گردد. این روش به طور وسیعی در امریکا ، انگلیس ، کانادا ، استرالیا و نیوزلند کاربرد دارد.

در تابلو (۹-۲) بیان انواع گوناگون تیتراسیون اسیدیته ، به صورت معادل هم نشان داده شده است . اندازه گیری اسیدیته به روش "ترنر" در شکل (۴۳-۲) ، دیده می شود .

در حرارت بالاتر از ۱۰۰ درجه سانتیگراد بین لاکتوز و پروتئین واکنشی انجام می شود که منجر به بروز رنگ قهوه ای می گردد .

مثال :

۱/۷ میلی لیتر سود یک دهم نرمال ، برای تیتراسیون ۱۰ میلی لیتر نمونه شیر، به کار رفته است. ۱۷= ۱/۷ × ۱۰ میلی لیتر برای ۱۰۰ میلی لیتر شیر لازم است و در نتیجه اسیدیته شیر بر اساس درجه ترنر ۱۷ می باشد.

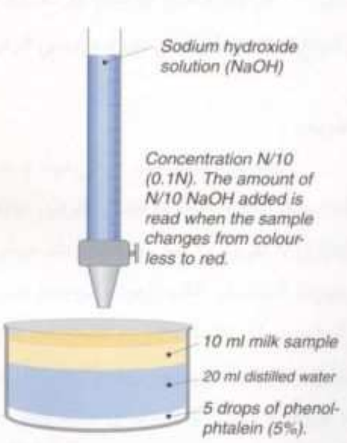
تابلو ۹-۲/*اسیدیته معمولا بر اساس یکی از این روش ها بیان می گردد*

$^\circ SH$	$^\circ Th$	$^\circ D$	$\%l.a$
۱	۲/۵	۲/۲۵	۰/۰۲۲۵
۰/۴	۱	۰/۹	۰/۰۰۹
$\frac{4}{9}$	$\frac{10}{9}$	۱	۰/۰۱

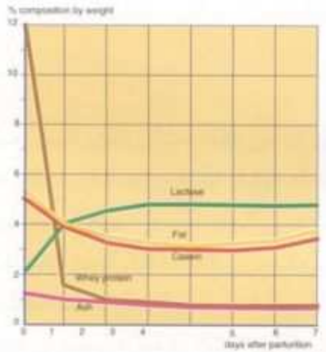
آغوز

اولین شیری را که گاو پس از زایش تولید می نماید ، آغوز (Colostrum) می نامند. این شیر به طور اساسی از نظر اجزای و ترکیبات با شیر معمولی تفاوت دارد . یکی از مشخصه های بارز آن ، محتوای بالای پروتئین های سرمی (آب پنیر) ، به مقدار تقریبی ۱۱ درصد ، در مقایسه با مقدار ۰/۶۵ درصد در شیر معمولی می باشد، شکل (۴۴-۲) . در نتیجه ، آغوز در اثر حرارت به سرعت منعقد می گردد . به طور متوسط قسمت بزرگی از پروتئین های سرمی (آب پنیر) را ایمونوگلوبولین ها مثل Ig G تشکیل می دهند . این ویژگی باعث ارتقا سطح ایمنی گوساله برعلیه بیماری ها - تا زمانی که سیستم ایمنی خودش به حد کفایت برسد- می گردد. رنگ آغوز زرد قهوه‌ای با طعم مخصوص و مزه نسبتا شور می باشد . در این شیر مقدار زیادی کاتالاز و پراکسیداز وجود دارد. چهار تا پنج روز پس از زایش، گاو شروع به تولید شیر معمولی می نماید.

شکل ۴۳-۲ *تعیین اسیدیته با روش ترنر*


Sodium hydroxide solution (NaOH)
Concentration N/10 (0.1N). The amount of N/10 NaOH added is read when the sample changes from colourless to red.
10 ml milk sample
20 ml distilled water
5 drops of phenolphtalein (5%).

شکل ۴۴-۲ *تغییرهای ترکیبات شیر پس از زایش*



فصل سوم

رئولوژی

در طراحی کارخانه های فرآوری غذایی ، عامل های متعددی باید در نظر گرفته شودتا با اطمینان بتوان کیفیت محصول را در انتهای فرایند تضمین نمود . یکی از این موارد، بررسی رئولوژی (Rheology) یا علم جریان مواد می باشد. در صنایع لبنی ، بویژه در کارخانه هایی که خامه و فراورده های کشت دادنی (تخمیری) ، تولید می نمایند، اگر رفتار رئولوژیکی مواد، در نظر گرفته نشود، این امر در نهایت می تواند منجر به فساد قسمتی یاکل فراورده های تولیدی گردد. در این فصل به اختصار و اجمال ، رفتار مواد در بعضی از انواع فراوردهای لبنی مورد بررسی قرارمی گیرد .

تعاریف

رئولوژی ، علم تغییر شکل مواد و جریان یافتن آن می باشد. منشای اصلی این لغت از کلمه یونانی (Rheos) به معنی "جریان" بوده و برای تمام مواد از گاز تا جامد کاربرد دارد. علم رئولوژی با تقریبا ۷۰ سال قدمت ، علم جوانی محسوب می گردد . اما از تاریخ بسیار کهنی برخوردار است. در کتاب "یهود ، در عهد عتیق" ، "دبوره مقدس" (Deborah) اظهار داشته که " کوهها *جریان یافتند* ، قبل از اینکه خدا ..... " به جریان مواد اشاره شده است . ترجمه اصطلاح رئولوژی به وسیله پرفسور راینر (Reiner) متداول گشت . این عبارت به معنای جریان داشتن هر چیزی - حتی اگر باید برای مدت زمان طولانی منتظر به جریان افتادن آن بود- می باشد. به یک بیان ، هر حالتی قابل تعمیم در رئولوژی می باشد. همچنین آن به وسیله فیلسوف یونانی هراکلیتوس (Heraclitus) به صورت (panta rei) یا جریان داشتن هر چیزی، توصیف شده است . پرفسور راینر با پرفسور بینگ هام (Bingham) علم رئولوژی را در نیمه قرن بیستم ، بنیانگذاری کردند. رئولوژی درعلوم مواد غذایی ، برای تعریف درجه غلظت (consistency) یاقوام فرآورده های مختلف به کارمی رود . بیان رئولوژیکی "قوام" به وسیله ترکیب دو خصوصیت ویسکوزیته (Viscosity) { چسبندگی یا کاهش روانی (Lack of slipperiness)} و قابلیت ارتجاعیت (Elasticity) { انعطاف پذیری(Stickiness) } شرح

داده شده است. در عمل رئولوژی نمایانگر ویسکوزیته اندازه گیری شده ، توصیف و شناسایی رفتار جریان یافتن مواد و بیان ساختمان مواد می باشد . رئولوژی بعنوان علم پایه ، در طراحی فرایندها و تضمین کیفیت تولید مطرح می باشد.

صفت های اختصاصی مواد

یکی از موضوع های اصلی رئولوژی ، تعیین و دسته بندی مواد می باشد. برای مثال، معمولا شیشه معمولی ، بعنوان جامد می شناسند ، اما اگر ضخامت شیشه پنجره های کلیساهای قدیمی را در لبه افقی ، بالا و پایین اندازه گیری نمایید ، اختلافاتی را نشان خواهد داد (لبه پایینی ضخیم تر است) . در واقع ، شیشه مثل یک سیال در طول زمان - اگرچه بسیار آرام در اثر جاذبه - به طرف پایین جریان یافته است. یکی از ویژگی های مواد بررسی زمان رهایی (Relaxation time) است ، یعنی مدت زمانی که لازم است ، مواد باکاهش تنش (Stress) جریان یابند. نمونه هایی از مقیاس زمان رهایی مواد ، عبارتند از :

گازها	کم تراز 10^{-6}	ثانیه
مایع	بین $10^{-6}-10^{2}$	ثانیه
جامد	بیش تر از 10^{2}	ثانیه

راه دیگرتعیین خصوصیت های رئولوژیکی مواد ، بررسی ویژگی های ویسکو الاستیک (Viscoelastic) می باشد. گاز ها و مایعات را به طور عمومی ، مواد ویسکوز می شناسند. یک سیال ویسکوز ایده آل نمی تواند هیچ مقدار از انرژی تغییر شکل (Deformation energy)را در خود ذخیره نماید . از این رو آن سیال نمی تواند ، درمقابل انرژی تغییر شکل، هیچ مقاومتی را از خود نشان دهد و وقتیکه در معرض تنش قرار می گیرد ، به آرامی جاری شده و انرژی تغییر شکل دهنده به صورت گرما در سیال پراکنده می شود و در نتیجه دما افزایش می یابد. از طرف دیگر جامدات بعنوان مواد الاستیک (Elastic) تعریف شده اند. یک ماده الاستیک ایده آل تمام انرژی تغییر شکل اعمال شده را ذخیره نموده و متعاقباآن را تماما بسوی عامل تنش بر می گرداند. یک سیال ویسکوز را می توان، به صورت مایعی که در مقابل تغییرشکل نسبتا مقاوم است ، در نظر گرفت. در حالیکه یک ماده الاستیک بخوبی در برابرتغییر وضعیت مقاومت می کند. یک سری از مواد، خصوصیت های ویسکوز را به همان خوبی مواد الاستیک از خود نشان می دهند، یعنی آنها مقداری از انرژی تغییر شکل دهنده را در ساختمان خود ذخیره نموده و مقداری ازآن را باجریان یافتن از دست می دهند. این مواد را ویسکوالاستیک (Viscoelastic) می نامند. مثال های زیادی از این حالت در موادغذایی وجود داردشکل(۱-۳).

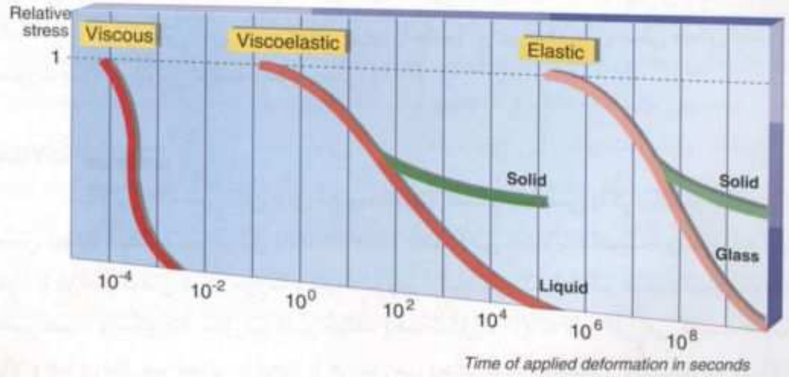
نیروی برشی

در رئولوژی ، نیروی برشی (Shearing) به عنوان کلید شناسایی رفتار جریان یافتن و ساختمان مواد محسوب می گردد. یک جریان برشی، به شکل های گوناگون زیر دیده می شود:

- به صورت جریان های لایه ای موازی و جریان چرخشی بین استوانه های هم محور، به صورتی که یکی از استوانه ها ثابت بوده و دیگری درحول محور میانی می چرخد.
- جریان تلسکوپیک (Telescopic) - به شکل لوله تلسکوپ یا تودرتو - که از میان لوله های مویینه جریان می یابند .
- جریان های پیچشی بین سطوح موازی.

برای مطالعه ویسکوزیته مواد ، نیروی برشی باید به صورت جریان ساکن در آید. زیرا در غیر این صورت به دلیل بروز بی نظمی و تغییر شکل ذرات (در اثر شکستن اتصال ها) مرتبا تغییرهایی در ساختمان آنها رخ می دهد. برای مطالعه الاستیسیته ساختار مواد، نیروی برشی باید خیلی ملایم باشد ، تا نتواند ساختار را به هم ریزد. یک راه حصول به این وضعیت ، به کاربردن یک نوسان کننده برشی با دامنه پایین می باشد تا امکان مطالعه را بدون تخریب ساختار مواد فراهم آورد. معمولا نیروی برشی بین سطوح موازی برای شناخت مقدار تنش نیروی برشی (Shear stress) و شدت نیروی برشی (Shear rate) بکار می رود و اختلاف رفتار مواد در مواجهه با این عامل ها مورد بررسی قرار می گیرد .شکل (۲-۳) و (۳-۳)

رئولوژی بعنوان علم تغییر شکل و جریان مواد تعریف می گردد.



شکل ۱-۳ *منحنی اختلاف بین مواد ویسکوز، ویسکوالاستیک و الاستیک زمانی که ترکیب آنها دچار تغییر می گردد .*

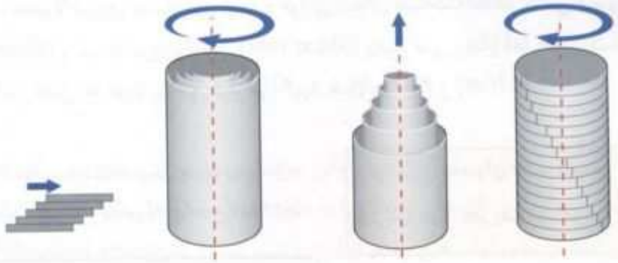
سیالات نیوتنی

سیالات نیوتنی (Newtonian fluids) ، سیالاتی با ویسکوزیته ثابت و وابسته بـه دما وغیر وابسته به شدت نیروی برشی – گرادیان سرعت – مـی باشـند. شکل (۴-۳) همچنیـن ، می توان گفت که در سیالات نیوتنـی ، بیـن تـنش نـیروی برشـی و شـدت نـیروی برشـی ، در جریان های لایه ای رابطه مستقیم وجود دارد .

$$\sigma_{yx} = \eta . \frac{dV}{dY} = \eta . \dot{\gamma}$$

ثابت رابطه فوق ، نسبی و برابر ویسکوزیته مواد است . منحنی جریان این نـوع سـیالات کـه بـر اساس تنش نیروی برشی در مقابل شدت نیروی برشی ، رسم شده ، به شکل یک خط مسـتقیم با شیب η می باشد. بنابراین سیالات نیوتنی در یک درجه حرارت خاص دارای ویسکوزیته ثابت و معین می باشند .

شکل ۲-۳ *صورتهای مختلف نیروی های برشی*

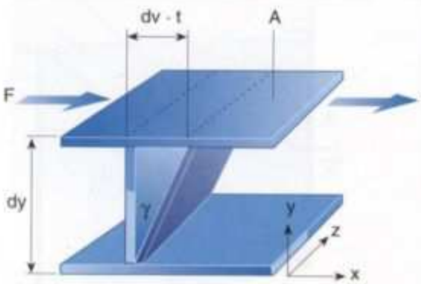


آب ، روغن های نباتی و معدنی و محلول های خالص ساکارز سیالات نیوتنی می باشد. مایعات کم غلظت ، مثل شیر کامل و شیر بدون چربی (اسکیم) برای هدف های عملی ممکن است بـه صورت سیالات نیوتنی توصیف شوند .شکل (۴-۳)

سیالات غیر نیوتنی

سیالاتی راکه نمی توان برای آن ویسکوزیته ثابت و مشخصی را در یـک درجـه حـرارت معین نمود ، سیالات غیر نیوتنی (Non- newtonian) می نامند. باید همیشه، ویسکوزیته ایـن مواد با در نظر گرفتن درجه حرارت و شدت نیروی برشی بیان گـردد. اگـر شـدت نـیروی برشـی تغییر نماید، ویسکوزیته سیال نیز تغییر خواهد یافت شکل(۵-۳). به طور کلی می گوینـد غلظـت بالا و دما ، رفتار غیر نیوتنی را ایجاد یا افزایش می دهند. جدا از وابستگی ویسـکوزیته سـیالات غیر نیوتنی، به شدت نیروی برشی، نوعی وابستگی زمانی نیز(Time dependent) وجـود دارد. در اغلب اوقات ویسکوزیته ، نه فقط به بزرگی شـدت نـیروی برشـی، بلکـه همچنیـن تنـاوب و استمرار شدت اثر نیرو نیز بستگی دارد. سیالات غیر نیوتنی مستقل از زمان به صورت های رقت برشی (shear thinning) ، غلظـت برشـی (shear thickening) ، یـا پلاسـتیک (Plastic) بیـان مـی گردنـد و سـیالات غـیر نیوتنـی وابسـته بـه زمـان بـه صـورت تیکسـو تروپیـک (Thixotropic) یـا محلـول گـرا، رئوپکتیـک (Rheopectic) ، و ضـد تیکسـو تروپیـک (Anti-thixotropic) طبقه بندی می شوند . شکل های (۶-۳) و(۷-۳)

شکل ۳-۳ *تعریف تنش نیروی برشی و شدت نیروی برشی ، بر پایه نـیروی برشـی کـه بیـن صفحـه هـای موازی قرار دارد.*



تعریف تنش نیروی برشی

$$\sigma_{yx} = \frac{F}{A} \qquad (\text{Pa})$$

F = نیرو ، N (نیوتن)

A = سطح ، m^2

شدت نیروی برشی

$$\dot{\gamma} = \frac{d\gamma}{dt} = \frac{dV}{dY} \qquad (1/\text{s})$$

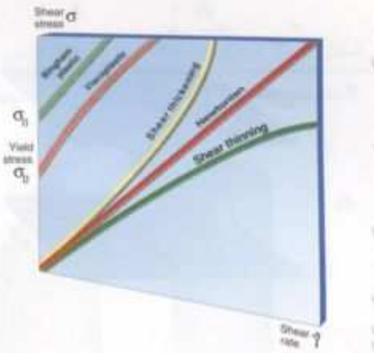
ویسکوزیته

$$\eta_a = \sigma / \dot{\gamma} \qquad (\text{Pas})$$

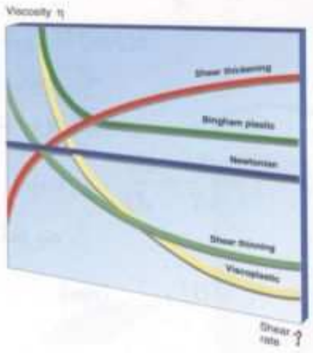
رفتار جریان رقت برشی

ویسـکوزیته سـیال رقـت برشـی – بعضـی اوقـات بـه نـام سـیال شـبه پلاسـتیک Pseudoplastic نامیده می شود – با افزایش شدت نیروی برشی ،کاهش می یابد .تعدادی از مایعات غذایی ، به این طبقه بندی تعلق می گیرند . شدت نیروی برشی وابسته به ویسـکوزیته ، ممکن است بین تولیدات مختلف و همچنین برای یک مایع معین، بسته به دما و غلظـت تفـاوت داشته باشد . رفتار رقت برشی این گونه سیالات به این دلیل است که با افزایـش شـدت نـیروی برشی ، ذرات تغییر شکل یافته ، دوباره مرتـب مـی شـوند و در نتیجـه گـاهی مقـاومت در برابـر جریان متعاقبا با کاهش ویسکوزیته همراه است . مثال بارز این گونه سیالات می توان از خامـه ، آب میوه تغلیظ شده ، شامپو و سس های سالاد نام برد. باید توجـه داشـت کـه محلـول سـاکارز مستقل از غلظت، دارای رفتار نیوتنی می باشد. ولی آب میوه جات غلیظ شده ، همیشه به شـکل سیالات غیر نیوتنی هستند . شکل (۸-۳)

ویسکوزیته سیالات غلظت برشی ، با افزایش شدت نیروی برشی افزایش می یـابد. ایـن نوع رفتار به طور عمومی در سوسپانسیون های خیلی غلیـظ دیـده مـی شـود . سیـال بـا غلظـت برشی، رفتار جریان منبسط شونده (Dilatant) را نشان می دهد ، یعنی حـلال یـا فـاز غـالب در شـدت نـیروی برشـی پـایین، مـانند یـک روان کننـده (Lubricant) بیـن ذرات معلـق ، عمـل می نماید ولی در شدت نیروی برشی بالا، مایع به سمت بیرون فشـرده شـده و در نتیجـه تراکـم ذرات بیش تر می شود. مثال این نوع از سیستم های غلظت برشی را می تـوان در شـکل ماسـه مرطوب و سوسپانسون غلیظ شده نشاسته ملاحظه نمود.



شکل ۴-۳ منحنی جریـان سـیالات نیوتنـی و غـیر نیوتنی



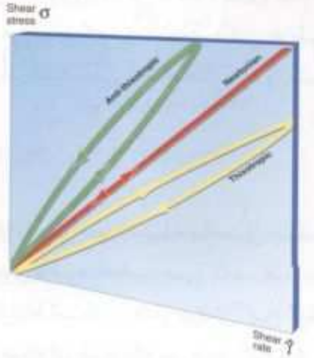
شکل ۵-۳ منحنی ویسکوزیته برای سیالات نیوتنی و غیر نیوتنی

رفتار جریان پلاستیک

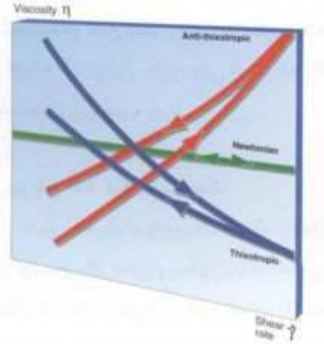
سیال همراه با بازده تنش (Yield stress) را سـیال پلاسـتیک مـی نـامند. بـه جریـان افتادن در این نوع از سیالات نیاز مند اعمال یک نیروی مشـخص مـی باشـد – اغلـب مثـل اثـر سس کچاپ [Ketchup] تعبیر می گردد– اگر نیروی به کار برده شده کـم تـر از نـیروی بـازده تنش باشد. این سیال ، انرژی تغییر شکل دهنده را ذخیره می نماید ، یعنی خـواص الاسـتیکی را از خود نشان می دهد و از این رو ، مثل یک جامد عمل می کند . اگرنیروی اعمال شده از بـازده تنش بیش تر باشد ممکن است مایع مثل یک سیال نیوتنی ، جریان یابد که در ایـن صـورت بـه آن سیال پلاستیک بینگهام (Bingham plastic) می گویند. یا ممکن است در بعضی مواقـع ، مثل سـیالات رقت برشـی ، جریـان یـابد کـه در ایـن حـالت بـه آن سـیال ویسـکو پلاسـتیک (Viscoplastic) اطلاق می گـردد . بـرای نمونـه، از ایـن دسـته سـیالات ، مـی تـوان بـه رب گوجه فرنگی ، خمیر دندان ، کرم دست ، کچاپ و روغن حیوانی اشاره نمود.

رفتار جریان تیکسو تروپیک

سیال تیکسوتروپیک (Thixotropic) ، همانند سیال رقت برشـی اسـت . ولـی در ایـن سیستم ، ویسکوزیته سیال نه فقـط بـا افزایـش شـدت نـیروی برشـی کـاهش مـی یـابد ، بلکـه همچنین با گذشت زمان نیز کاهش می یابد . بـه طـور معمـول ، رفتارجریـان تیکسـوتروپیک در یک معیار چرخه ای (Loop test) مطالعه می شود .

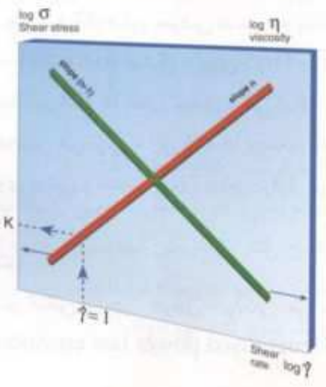


شکل ۶-۳ منحنی جریان بـرای وابسـتگی زمـانی سیالات غیر نیوتنی



شکل ۷-۳ منحنی ویسکوزیته بـرای سـیالات غـیر نیوتنی وابسته به زمان

شکل ۸-۳ منحنی های جریـان ویسـکوزیته بـرای یک سیال بر اساس معادله قانون نیروی رقت برشی



در این معیار ، مواد را در معرض سرعت های افزایش یابنده نیروی برشی قرار می دهند و سپس به همان منوال شدت نیروی برشی را کاهش می دهند . وابستگی زمانی رفتار جریان تیکسوتروپیک ، در تفاوت بین منحنی صعود کننده و پایین رونده ویسکوزیته و تنش نیروی برشی ارزیابی می شود . این نوع سیالات را برای بازیافت ساختار اولیه باید مدتی به حالت ساکن نگهداشت . این نوع از "رفتار جریانی" در تمام مواد ژل مانند دیده می شود. برای مثال از این دسته از مواد می توان به ماست ، مایونز، مارگارین ، بستنی و رنگ نقاشی اشاره نمود .

رفتار جریان رئوپکتیک

سیال رئو پکتیک (Rheopectic) ، مثل سیال تیکسوتروپیک می باشد ، بااین تفاوت مهم که ساختار مایع فقط زمانی به حالت اولیه برگشت می نماید که شدت نیروی برشی به طور کامل احیا ء گردد. این بدان معنی است که یک سیال رئو پکتیک نمی تواند ساختار خود را حتی در حالت سکون بدست آورد.

رفتار جریان ضد تیکسوتروپیک

سیال ضد تیکسوتروپیک (Anti thixotropic) را می توان مشابه با سیال غلظت برشی، توضیح داد. یعنی ویسکوزیته با کاهش شدت نیروی برشی ، افزایش می یابد ، اما این نوع سیال در شدت نیروی برشی ثابت ، با زمان نیز در ارتباط است . "رفتار جریان" این گونه سیالات ، مثل سیال تیکسوتروپیک به وسیله آزمایش چرخه ای شرح داده می شود . این نوع از رفتار جریانی در سیستم مواد غذایی نادر است.

الگو های رفتار جریان

چندین الگو (Model) ، برای توضیح ریاضی رفتار جریان غیر نیوتنی در دسترس می باشد. به طور مثال می توان به الگوهای معرفی شده به وسیله استوالد (Ostwald) ، هرشل- بولکلی (Herschel - Bulkley) استیگر- اوری (Steiger - Ory) ، الیس (Ellis) و ارینگ (Eyring) اشاره نمود. این الگو ها تنش نیروی برشی یک سیال را به شدت نیروی برشی ، مرتبط می سازند، همچنین می توان با این داده ها ویسکوزیته را نیز محاسبه نمود. چون همیشه نسبتی بین تنش نیروی برشی و شدت نیروی برشی برقرار می باشد.

معادله قانون نیرو (قدرت)

الگوی رایج محاسبه بر اساس الگوی " هرشل- بولکلی" می باشد . همچنین به این الگو معادله قانون عمومی نیرو (Generalised power law equation) ، نیز می گویند که در حقیقت شکل گسترده الگوی " استوالد" می باشد. فایده اصلی معادله قانون عمومی نیرو کاربرد آن برای برآورد رفتار سیالات غیر نیوتنی در محدوده وسیعی از شدت نیروی برشی می باشد. بعلاوه معادله قانون عمومی نیرو ، سهولت محاسبه ریاضی را برای نمونه ها درمحاسبه افت فشار و انتقال حرارت نیز فراهم می آورد. معادله قانون عمومی نیرو برای سیالات پلاستیک ، رقت برشی و غلظت برشی به شکل زیر به کارمی رود:

$$(\sigma-\sigma_0)=K.\dot{\gamma}^n$$

که در این فرمول:

σ = تنش نیروی برشی، Pa

σ_0 = بار تنش، Pa

K = ضریب قوام یا غلظت ، Pas^n

$\dot{\gamma}$ = شدت نیروی برشی، s^{-1}

n = شاخص رفتار جریانی ، بدون بعد

با تغییرهای مناسب می توان معادله " قانون عمومی نیرو" را برای هر نوع "رفتار جریان" به کار برد. برای سیالات نیوتنی معادله " قانون عمومی نیرو" به شکل زیر می باشد.

$n=1$ و $K=\eta$

$$\sigma=k.\dot{\gamma}^n=\eta.\dot{\gamma}$$

برای سیالات پلاستیک معادله " قانون عمومی نیرو" به شکل کاملا عمومی به کار می رود با مقادیر پیش فرض $n<1$ برای ویسکو پلاستیک و $n=1$ برای بینگهام پلاستیک .

در سیالات رقت برشی یاغلظت برشی، " معادله قانون عمومی نیرو" به شکل زیر اصلاح می گردد.

$$\sigma=k.\dot{\gamma}^n$$

با پیش فرض $n<1$ و $n>1$ به ترتیب بکاربرده می شود.

برای سیالات وابسته به زمان، که در عمل به معنی سیالات تیکسوتروپیک می باشند. الگوی ریاضی لازم برای توضیح رفتار رئولوژیکی آنها بسیار پیچیده تر از الگوی عمومی بحث شده قبلی می باشد . این سیالات اغلب به وسیله فرایندهای ویسکوزیته وابسته به زمان ، که با قانون موازنه نیرو مطابقت دارند، شرح داده می شوند.

هر واحد ویسکوزیته پاسکال (پاسکال ثانیه) Pas ، مساوی ۱۰۰۰ mPas یا ۱۰۰۰ سانتی پوآز (Centipoise) cP است . ارقام داده شده تقریبی و در دمای اتاق اندازه گیری شده و نباید در محاسبات بکاربرده شود .

لوازم اندازه گیری

برای اندازه گیری ویسکوزیته از ویسکو متر(Viscometers) استفاده می گردد. ویسکومترها، در دو نوع دورانی (Rotational) و مویینه(Capillary) ساخته شده اند. ویسکومترهای دورانی ، به صورت دوکی مخروطی ، صفحه ای صفحه ای ، صفحه ای استوانه ای هم مرکز می باشند. این نوع آخر به نام های سیرل (Searle)، – لوله چرخان – یا کوئت (Couette) – فنجانک دورانی – نیز ممکن است معروف باشد . ویسکومترهای مویینه ، ممکن است از نوع اتمسفری یا تحت فشار ساخته شوند. به طور کلی گفته شده است که ویسکومتر های دورانی برای کار آسان تر می باشند و قابلیت انعطاف بیش تری را نسبت به نوع مویینه دارا هستند. از طرف دیگر ویسکومترهای مویینه در ویسکوزیته پایین و شدت نیروی برشی بالا، دقیق تر می باشند. اندازه گیری سیالات غیر نیوتنی در مواردی که شدت نیروی برشی بکاربرده شده ، باید به طور دقیقی تعیین شود، نیازمند لوازمی است که بتواند برای مثال دریک شکاف یا یک گرادیان شدت نیروی برشی کوچک عمل نماید . این ویژگی که ویسکومتر بتواند شکاف خیلی بزرگ یا نامعلوم را دارا باشد در انواع ویسکومتر دوکی ، نهفته است. قویا تاکید می گردد که اندازه گیری ویسکوزیته سیالات غیر نیوتنی ، در فاصله نا معین ، یا خارج از محدوده شدت نیروی برشی نمی تواند بعنوان مبنی برای محاسبات به کاررود. ویسکومتر نوع دورانی به صورت قابل حمل در دسترس می باشند. و بخوبی نوع ثابت عمل می نمایند. معمولا انواع قابل حمل در جعبه ضد ضربه (Shock - proof) و مجهز به تمام لوازم جانبی موجود است. بیش ترآنها به طور دستی عمل می نمایند ، اما بعضی انواع ، قابلیت اتصال به رایانه شخصی را دارند. امروزه استفاده از رایانه برای اندازه گیری خودکار و متوالی و ارزیابی داده ها متداول است ، نرم افزارهای خاصی برای رسم نمودارها و منحنی ها و غیره وجود دارد.

ویسکومتر دورانی برای اندازه گیری تمام آزمایشات رئولوژیکی – برای مثال تشخیص شکستگی ساختمان "ماست" – نا کافی می باشد. این نوع از تجزیه، لوازم کامل تری را نیاز دارد، که به طور عمومی به آن رئومتر (Rheometer) می گویند. یک رئومتر با ابزار لرزاننده پیچشی (Torsional vibration) یا نوسان کننده (Oscillation) عمل می نماید و بهتر از ویسکومترهای دورانی به تجزیه رئولوژیکی مواد بدون تخریب ساختمان آنها می پردازد. از دیگرکاربردهای این ابزار استفاده از آنها در اندازه گیری ویسکوزیته سیالات ویسکوالاستیک می باشد. رئومترها را می توان برای شناسایی رفتارهای ویسکوز و الاستیک ، سیالات به کاربرد.

داده های شاخص

تعدادی از داده های شاخص، در تنش نیروی برشی ، ویسکوزیته ، ثابت های قانون نیرو (مقادیر n و k) مقادیر بازده تنشی ، در دمای اتاق – به استثناء پلیمر های مذاب و شیشه مذاب– به شرح زیر می باشند :

تنش نیروی برشی	*ته نشینی*	$10^{-6} \Leftrightarrow 10^{-4} s^{-1}$
	جویدن	$10^{1} \Leftrightarrow 10^{2} s^{-1}$
	تکان دادن	$10^{1} \Leftrightarrow 10^{3} s^{-1}$
	پمپ کردن	$10^{2} \Leftrightarrow 10^{3} s^{-1}$
	اسپری کردن	$10^{3} \Leftrightarrow 10^{4} s^{-1}$
	مالیدن	$10^{4} \Leftrightarrow 10^{5} s^{-1}$
ویسکوزیته	*هوا*	10^{-5} Pas
	آب	10^{-3} Pas
	روغن زیتون	10^{-1} Pas
	گلیسرول	10^{0} Pas
	شربت	10^{2} Pas
	پلیمر مذاب	10^{3} Pas
	شیشه مذاب	10^{12} Pas
	شیشه	10^{40} Pas
مقادیر n و k	*آب میوه غلیظ شده*	$n = 0.7$ $k = 2$ Pas^{n}
	شکلات مذاب	$n = 0.5$ $k = 50$ Pas^{n}
	شیر ترشیده	$n = 0.3$ $k = 3$ Pas^{n}
	گورگ(Quorg)	$n = 0.3$ $k = 4$ Pas^{n}
	پوره سیب	$n = 0.3$ $k = 10$ Pas^{n}
	رب گوجه فرنگی	$n = 0.2$ $k = 70$ Pas^{n}
	روغن حیوانی	$n = 0.1$ $k = 1000$ Pas^{n}
بار تنش	*کچاپ*	۱۴ Pa
	خردل	۳۸ Pa
	مایونز	۸۵ Pa

شکل (۹-۳) . ویسکو متر های معمولی و رئو متر ها را نباید برای اندازه گیری مواد با ویسکوزیته خیلی بالا مثل کره ، پنیر ، چربی های گیاهی و غیره به کار برد. یک نوع ویژه از تجهیزات بنام پنترومتر(Penetrometers) برای این کار در دسترس قرار دارد. اما نمی توان آنها را برای حصول نتایج رئولوژیکی علمی استفاده نمود . پنترومترها داده های کلی را در اختیار می گذارند.

روش های اندازه گیری

همیشه ، اندازه گیری ویسکوزیته در یک محدوده از شدت نیروی برشی و دما گزارش گردیده و مطالعه می شود. بنابراین داده های مورد نظر ، مثلا برای طراحی یک سردکننده عمقی (Deep cooler) یا واحد گرمادهی یک دستگاه استریل کننده ، باید قبل از اجرا با دقت مورد بررسی قرار گیرند . نکته مهم ثابت نگهداشتن دما در طول زمان آزمایش می باشد . تغییرهای دما به مقدار ۳ درجه سانتیگراد ، می تواند باعث بروز تغییرهای بزرگی در ویسکوزیته به مقدار تقریبا ۱۰ سانتی پوآز گردد. افزایش دقت در ارزیابی داده ها و اندازه گیری ها باید در سرعت تنشی و دما های مختلف تا حد ممکن تکرار گردد. بعلاوه ، باید به اثرات حرارتی نیز توجه شود . برای مثال ، در موادی که حاوی نشاسته متورم گرم می باشند تعیین ویسکوزیته باید در قبل و بعد از حرارت دادن و همچنین در درجه ای که باعث متورم شدن ذرات نشاسته می گردد، انجام پذیرد . بعلاوه ، شرایط نگهداری و عامل زمان نیز باید مورد رسیدگی قرار گیرد. در مشخصات رئولوژیکی اکثر فرآورده ها ، تغییرهایی در طول زمان پیش می آید و اگر هدف از اندازه گیری ویسکوزیته برای به کاربردن در طراحی فرایند می باشد ، ترجیحا اندازه گیری ها باید در شرایط بسته و تا حد ممکن مثل مراحل واقعی فرایند انجام پذیرد ، شکل (۱۰-۳) .

محاسبه افت فشار

معادلات مفید ذیل ، برای محاسبه ساده افت فشار و شدت نیروی برشی ، برای جریان های لایه ای در مسیر های دایره ای وچهارگوش ، مناسب می باشند. تمام این موازنه ها بر پایه قانون عمومی نیرو که قبلا شرح داده شده ، استوار می باشند. شرایط فرایند اغلب سیستم های غذایی را می توان با این معادلات بررسی نمود . معادلات ، قابل اجرا برای سیالات نیوتنی و غیر نیوتنی و وابسته به مقدار n به کار رفته در محاسبات می باشد: n<1 برای سیال رقت برشی (شبه پلاستیک) ، n=1 برای سیالات نیوتنی و n>1 برای سیالات غلظت برشی (منبسط شونده) .

مجاری مدور

تناسب بین سرعت جریان و افت فشار ، بین سرعت جریان و شدت نیروی برشی دیواره در مجاری مدور به شرح زیر می باشد :

$$Q=\left(\frac{n}{3.n+1}\right).\pi.r^{3}.\left(\frac{r.\Delta P}{2.L.K}\right)^{\frac{1}{n}}$$

یا

$$\Delta P=\left(\frac{3.n+1}{n}\right)^{n}.\left(\frac{Q}{\pi.r^{3}}\right)^{n}.\frac{2.L.K}{r}$$

و

$$\dot{\gamma}_{w}=\left(\frac{3.n+1}{n}\right).\left(\frac{Q}{\pi.r^{3}}\right)$$

که در فرمول های فوق :

Q = سرعت جریان m^3/s
r = شعاع مجرا m
ΔP = افت فشار Pa
L = درازا لوله m

$\dot{\gamma}$ = شدت نیروی برشی دیواره s^{-1}
n = ایندکس جریان
k = ضریب چسبندگی Pas^{n}

مجاری چهار گوش

معادلات برای مجاری چهار گوش عبارتند از:

$$Q=\left(\frac{n}{4.n+2}\right).w.h^{2}.\left(\frac{h.\Delta P}{2.L.K}\right)^{\frac{1}{n}}$$

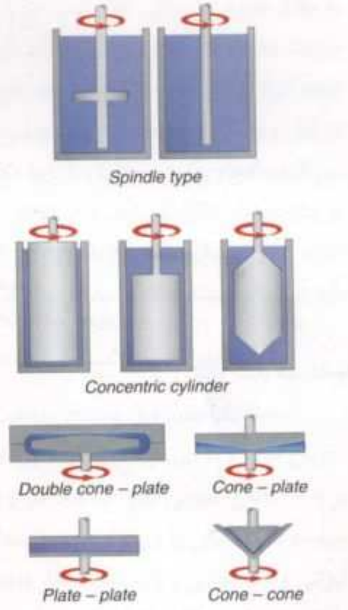
$$\Delta P=\left(\frac{4.n+2}{n}\right)^{n}.\left(\frac{Q}{w.h^{2}}\right)^{n}.\frac{2.L.K}{h}$$

$$\dot{\gamma}_{w}=\left(\frac{2.n+1}{n}\right).\left(\frac{Q}{w.h^{2}}\right)$$

که در فرمول های فوق، داده های جدید ، عبارتند از:

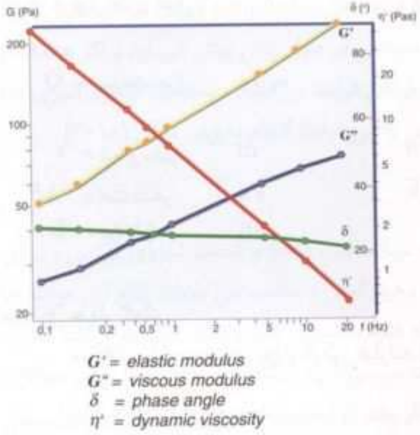
w = *پهنای مجرا* m
h = *ارتفاع مجرا* m

شکل ۹-۳ *اصول کار در انواع ویسکومترها*



شکل ۱۰-۳ *نتایج حاصله از یک تجزیه رئولوژیکی*

G' = *رفتار الاستیک*
G'' = *رفتار ویسکوز*
δ = *زاویه فاز*
η' = *ویسکوزیته دینامیک*



فصل چهارم

میکروب ها

علم مربوط به مطالعه میکرو ارگانیزم ها را میکروبیولوژی(Microbiology) می نامند. که به معنای مطالعه ویژگی های حیات موجودات کوچک می باشد.

مراحل مهم در تاریخ میکرو بیولوژی

وان لئو ون هوک (A. van leeuwenhoek) ، ۱۷۲۳-۱۶۳۶ (میلادی)، یک فرد علاقه مند هلندی، میکروسکوپ را ساخت و توانست باکتری ها را مشاهده نماید.˚ لئو ون هوک ˚ را پدر میکروسکوپ لقب داده اند.

پاستور (L. Pasteur) ، ۱۸۹۵-۱۸۲۲ (م) ، شیمی دان فرانسوی ، روش عملیات حرارتی (Heat treatment) که امروزه پاستوریزاسیون (Pasteurisation) نامیده می شود را ابداع کرد.

کخ (R.Koch) ، ۱۹۱۰-۱۸۴۳ (م)، فیزیولوژیست آلمانی و برنده جایزه نوبل پزشکی سال ۱۹۰۵ ، کاشف باکتری های بیماری زا مثل باسیل سل و باکتری وبا بود، او همچنین یک روش هوشمندانه را برای مطالعه ایمن این موجودات راکشف نمود.

فلمینگ (A. Fleming) ، ۱۹۵۵ - ۱۸۸۱ (م)، میکروبیولوژیست انگلیسی ، برنده جایزه نوبل پزشکی ۱۹۴۵ ، کاشف پنی سیلین ، دارویی که بر روی تعداد زیادی از باکتری ها بجز باسیل مولد سل موثر است.

واکسمن (S.Waksman)، ۱۹۷۳-۱۸۸۸ (م)، قارچ شناس امریکایی ، میکروبیولوژیست و برنده جایزه نوبل در پزشکی ۱۹۵۲ ، کاشف استرپتو مایسین (Streptomycin) ، که روی تعدادی از باکتری ها از جمله سل موثر است .

دسته بندی : آغازیان

بسیاری از دانشمندان حیات را به دو دسته جانوری و گیاهی، تقسیم کرده اند . اما میکروارگانیزم ها در این دسته بندی نمی گنجند و آن ها را در سه قلمرو مجزا بنام جلبک ها

(Algae) ، پروتوزوا (Protozoa) و ویروس ها (Viruses) تقسیم بندی می نمایند و مجموعا به نام پروتیستا (Protista) می نامند.

مطالعه میکروبیولوژی در بر گیرنده شاخه های متعددی از انواع میکروارگانیزم می باشد. مطالعه اختصاصی باکتری ها را باکتریو لوژی (Bacteriology) ، و مطالعه قارچ ها را مایکولوژی (Mycology) ، و مطالعه ویروس ها را ویرولوژی (Virology) می نامند. میکروارگانیزم ها را می توان در هر جایی مثل هوا ، آب ، گیاهان ، حیوانات و خاک یافت . آن ها مواد آلی را تجزیه نموده و نقش مهمی را در چرخه مواد در طبیعت بر عهده دارند. بعضی از میکروارگانیزم ها مثل باکتری ها و قارچ ها در فرایند تولید برخی از فراورده ها به کار برده می شوند. برای مثال می توان به پنیر ، ماست ، سرکه و ماالشعیر اشاره نمود.

بیوتکنولوژی

اصطلاح بیو تکنولوژی (Biotechnology) اخیرا برای تکنیک به کار گرفته شده در فرایندهای بیولوژیکی ابداع شده است . بیوتکنولوژی تاریخی چند هزار ساله داشته و بسیار قدیمی تر از علوم فعلی مثل میکروبیولوژی و بیوشیمی می باشد. تا پایان قرن نوزدهم فرایندهای بیوتکنولوژی را – که معمولا فرایند های تخمیری را شامل می شد – همراه باغذا و بعنوان عامل حفاظت کننده ، محسوب می نمودند . فرایندهای میکروبی هنوز دارای نقش مهمی در صنایع غذایی هستند . بیوتکنولوژی ، در بینش جدید با به کار گیری سلول های زنده میکروبی یا ترکیبی از انواع سلول ها در مقیاس صنعتی ، به طور چشمگیری موفق به تولید انبوه فراورده های مختلف خصوصا در زمینه تولید داروهای هورمونی و واکسن های مخصوص گردیده است . انجام این امور نیازمند به کارگیری دانش علوم حیاتی ، بیوشیمی ، میکروبیولوژی، بیولوژی سلولی ، بیولوژی مولکولی و ایمونولوژی و همچنین امکانات تکنولوژیکی مانند : مهندسی فرایند، روش های جداسازی ، روش های تجزیه ای و غیره می باشد . در این فصل به طور کلی به شرح میکروارگانیزم های مرتبط با شیر و فرایند های لبنی و ویروس های ویژه ای بنام باکتریوفاژها (Bacteriophages) پرداخته خواهد شد. میکروارگانیزم ها می توانند مسبب بروز مشکلات بسیار جدی درتولید فراورده های لبنی گردند. اما وجود بعضی از آن ها برای ایجاد طعم ، بافت و دیگر ویژگی های مطلوب، ضروری می باشند.

باکتری

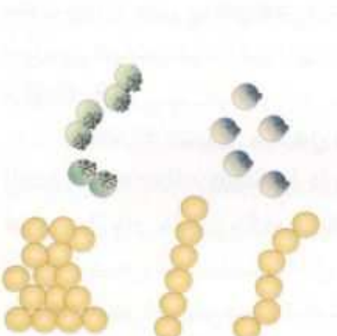
باکتری ها (Bacteria) موجوداتی تک سلولی می باشند ،که معمولا باروش تقسیم شدن سلول به دو نیمه ، تکثیر می یابند. ساده ترین روش دسته بندی باکتری ها ، براساس شکل ظاهری آن ها است . برای مشاهده باکتری ها ، باید ابتدا آن ها را رنگ آمیزی نموده و سپس درزیر میکروسکوپ با بزرگنمایی X ۱۰۰۰ مشاهده کرد. روشی که بیش ترین کار برد را برای رنگ آمیزی باکتری ها دارد ، به وسیله باکتریولوژیست دانمارکی بنام دکتر گرم (Gram) ابداع گردیده و به نام خود او به رنگ آمیزی "گرم" مشهور است . با این روش رنگ آمیزی باکتری ها را به دو دسته گرم منفی (در رنگ آمیزی "گرم" قرمز می شوند) و گرم مثبت (در رنگ آمیزی "گرم" آبی می شوند) دسته بندی می نمایند.

ریخت شناسی باکتری ها

کلمه مورفولوژی (Morphology) یا ریخت شناسی از دو کلمه "مورف" به معنی شکل و "لوژی" به معنی دانش تشکیل شده که در اینجا به معنی مطالعه و بررسی شکل باکتری ها به کار گرفته شده است. ویژگی های ریخت شناسی عبارتند از : شکل ، اندازه ، ساختمان سلولی ، قابلیت تحرک و توانایی تشکیل اسپور (Spore) یا داشتن کپسول (Capsule) .

شکل ۱-۴ *میکروارگانیزم ها در همه مکان ها می باشند مثل : هوا ، خاک و آب*

شکل ۲-۴ *باکتری های کروی شکل یا کوکسی (Cocci) در اشکال مختلف*



شکل باکتری ها

سه شکل کروی (Spherical) ، میله ای (Rod) و مارپیچ (Spiral) را برای تمیز دادن شکل باکتری ها مشخص نموده اند. طرز قرار گرفتن باکتری ها ، نسبت به همدیگر نیز یکی از ویژگی های شناسایی آن ها می باشد. باکتری هایی که به صورت دوتایی به هم چسبیده اند

دیپلوکوک (Diplococci) ، باکتری هایی که به صورت خوشه به هم چسبیده اند. استافیلوکوک (Staphylococci) و باکتری هایی راکه به صورت زنجیر به هم چسبیده اند استرپتوکوک (Streptococci) می نامند، شکل (۲-۴) . باکتری های میله ای یا باسیل (Bacilli) تفاوت های زیادی در طول و ضخامت دارند.آن ها به شکل زنجیره نیز دیده می شوند.باکتری های مارپیچ نیز از نظر درازا، ضخامت و شکل پیچش متفاوتند شکل (۳-۴) .

اندازه باکتری ها

کوکسی ها در اندازه های مختلف بین ۰/۴ تا ۱/۵ "میکرون" (1 μm = 0.001 mm) دیده می شوند. طول باسیل ها نیز متفاوت و بین ۱ تا ۰/۱ میکرون می باشد. گرچه بعضی گونه ها بزرگ تر یا کوچک تر از ارقام فوق می باشند.

ساختمان سلولی باکتری ها

ساختمان سلول باکتریایی مثل دیگر سلول ها شامل اجزای زیر می باشد:
سیتوپلاسم (Cytoplasm) ، یک مایع غلیظ و غنی از مواد پروتئینی است که اجزای دیگر سلول در آن شناور می باشند. ریبوزوم ها (Ribosomes) ، در داخل سیتوپلاسم قرار گرفته و در ساخت و جا به جایی پروتئین نقش دارند و آنزیم های موثر در سوخت و ساز سلول را درخود ذخیره می نمایند . مواد ذخیره ای ، مانند چربی و گلیکوژن نیز در سیتوپلاسم قرار دارند شکل (۴-۴).

اطلاعات ژنتیکی هرسلول در داخل مواد هسته ای به صورت مولکول DNA (deoxyribonucleic acid) قرار دارد که کار کنترل حیات و تولید مثل را برعهده دارند . هسته سلول های جانوران و گیاهان عالی، بر عکس هسته باکتری ها ، به وسیله غشایی پوشیده شده اند . هسته و مواد اساسی داخل سلول ، با هم پرتوپلاسم (Protoplasm) را تشکیل می دهند. سیتو پلاسم به وسیله غشاء نیمه تراوایی بنام غشاء سیتوپلاسمی محاط شده است ، این غشا زنده و دارای اعمال حیاتی بوده و کار تنظیم و تبادل نمک ها ، تبادل مواد مغذی و محصولات متابولیسمی بین سلول و محیط اطراف آن را بر عهده دارد. غشا سیتوپلاسمی حصاری را دراطرف سلول ایجاد می نماید که به آن دیواره سلولی می گویند. این دیواره مثل یک اسکلت ساختمانی به سلول باکتری شکل می دهد. ممکن است ماده لزجی بنام" اسلیم" (Slimy) از این دیواره به سطوح بیرونی سلول، ترشح شده و آنرا به صورت یک لایه لزج پوشش دهد.گاهی اوقات مقدار آن بسیار زیاد می باشد. اگر ضخامت دیواره لزج خارجی سلول زیاد باشد آنرا کپسول می نامند.

ترکیب این ماده لزج بسیار پیچیده بوده و شامل پلی ساکاریدهای حاوی گروه های استیل و آمین یا از پلی پپتیدها یا پروتئین ها می باشد .

پیلی (Pili) زوایدی متصل به سطح سلول ها هستند. تعدادی از باکتری ها قادر به تولید اسپور می باشند .

توانایی تحرک باکتری

بعضی کوکسی ها و باسیل ها ، توانایی حرکت در محیط مایع کشت را دارا هستند. آنها خود را به کمک تاژک ها (Flagella) به جلو می برند . این اندام ها ، ضمایم خارج شده از غشا سیتوپلاسمی، می باشند شکل (۵-۴) . طول و تعداد تاژک ها در گونه های مختلف باکتری متفاوت می باشد. سرعت حرکت باکتری ها ، ۱۰- ۱ برابر طول شان در ثانیه است . باکتری وبا به صورت یک استثنا می تواند ۳۰ برابر طول خودش را در ثانیه بپیماید و احتمالا سریع ترین باکتری می باشد.

تشکیل اسپور و کپسول

شکل حفاظتی باکتری ، در شرایط نامناسب محیط ، مثل گرما یا سرمای شدید، حضور مواد باکتری کش ، کاهش رطوبت یا فقدان مواد غذایی، اسپور(Spore) می باشد. شکل های انواعی از اسپور ها در شکل (۶-۴) نشان داده شده است. تعداد کمی از باکتری ها ، توانایی تشکیل اسپور را دارا می باشند. از معروف ترین آن ها می توان به باسیلوس (Bacillus) و کلستریدیوم (Clostridium) اشاره نمود . این ارگانیزم ها در شرایط نامساعد برای حفاظت مواد هسته ای ، آن ها را به همراه مقداری مواد غذایی در یک بخش از سلول قرار داده و پوشش سختی را در اطراف آن ایجاد می نمایند. وقتی که سلول والد ، به شکل اسپور در می آید، بسته به این که اسپور داخلی (Endospore) ، در کجای سلول قرار گرفته باشد، ممکن است سلول شکل اصلی خودرا حفظ نماید ویا به صورت متورم درآمده و یا اسپور در وسط یا در انتهای سلول قرار گیرد. در زمانی که اسپور شکل می گیرد ، قسمتهای رویشی سلول می میرند . سرانجام ، سلول تحلیل رفته و اسپور آزاد می گردد. در شرایط مناسب ، دوباره اسپور به شکل سلول رویشی در آمده و شروع به تولید مثل مجدد می نماید. اسپور سوخت وسازی را در بر ندارد و می تواند سالها در شرایط خشک محیط زنده بماند ، همچنین ، آن ها در فرایند استریلیزاسیون تجارتی ، مقابله باآنتی بیوتیک ها ، تحمل خشکی و نور ماوراء بنفش مقاومت بیشتری را ازخود نشان می دهند. حرارت ۱۲۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰ دقیقه ۱۰۰ درصد آن ها را نابود می سازد . شکل رویشی اسپور در حرارت آب جوش (۱۰۰ درجه سانتیگراد) در عرض چند دقیقه از بین می روند.

بعضی باسیل ها و کوکسی ها ، به وسیله لایه موکوسی سختی بـه نـام کپسـول احاطـه می گردند . این لایه نمی تواند مثل اسپور آن هـا را مقـاوم نمـاید. امـا تـاحدودی ، از آن هـا در مقابل خشکی حفاظت می نماید. تکثیر این نوع از باکتری ها در شـیر (بـه صـورت تصـادفی یـا کشت عمدی) باعث افزایش ویسکوزیته شیر و لزجت (Slimy) آن می گردد، در هـر دو صـورت این حالت را کشدار شدن (Ropy) شیر می گویند.

ساپروفیت ها(Saprophytes) : (گندروی)
میکروارگانیزم هـایی را گوینـد کـه در روی مواد آلی غیر زنده زندگی می نمایند.
پارازیت (Parasites) : (انگل)
میکرو ارگانیزم هـایی را گوینـد کـه در روی حیوانات و گیاهان زنده زندگی می نمایند.

همزیستی (Symbiosis) :
اتحاد دایمی بین دو موجود که زندگی هریـک وابسته به دیگری است.
ضد حیاتی (Antibiosis) :
همزیستی دو موجود کـه یکـی مـاده ای تولیـد می نماید که مانع رشد دیگری می گردد.

شرایط رشد باکتری ها

مواد غذایی

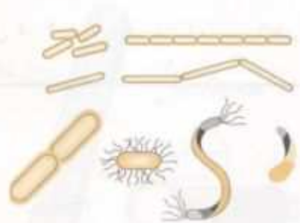
باکتری ها به مواد معینی برای رشد و ادامه حیات نیازمندند . احتیاجات غذایی، بین انواع میکروارگانیزم ها بسیار متفاوت می باشد. منابع اصلی غذایی میکروارگانیزم ها ، مـواد آلـی مـانند پروتئین ها ، چربی ها و قند ها می باشند. بعلاوه مقـدار بسـیار کمـی ترکیبـات فـلزی کمیـاب و ویتامین ها را نیز برای رشد لازم دارند.

میکروارگـانیزم هـایی کـه در روی مـواد آلـی غـیر زنـده زندگـی مـی کننـد سـاپروفیت (Saprophytes) یا " گند روی" می نامند وآن هایی را که در روی مواد زنده (مثـل بـافت هـای گیاهی یا جانوری) زندگی می نمایند پارازیت (Parasite) یا انگـل مـی نـامند . ضـروری تریـن مواد، برای ادامه حیات سلول ، مواد آلی و انرژی می باشند. مواد غذایی باید به صورت محلول در آب ، با وزن مولکولی پایین در دسترس باکتری باشند تا بتوانند از غشا سیتوپلاسمی عبور نمایند، در غیر این صورت باید مولکول های بزرگ به مولکول های کوچک تر شکسته شوند ، تا جـذب آنها به وسیله باکتری ممکن گردد. به تبع نیاز باکتری ها به آب ضروری می باشد. در اینجا لازم است ، مختصری راجع به فعالیت آبی(Water activity $=a_w$) شرح داده شود .

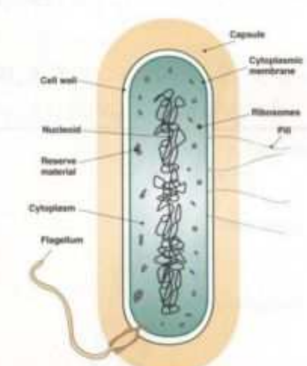
فعالیت آبی به معنی نسبت بین فشار بخار آب یک فراورده به فشار بخار آب خـالص در همان درجه حرارت در فشار جو می باشد. فشار بخار آب به عامل های مختلـف مـانند مقـدار آب در ماده غذایی ، نوع غذا ، مقدار آب آزاد و آب متصل بستگی دارد. بـاکتری هـا بـه طـور عـادی نمی توانند در فعالیت آبی کم تر از ۰/۹ ، مخمر ها در کم تر از ۰/۸۸ و کپک ها در کم تر از ۰/۸ رشد نمایند. "فعالیت آبی" پایین ، نمی تواند آنزیم ها را غیر فعـال نمـاید. در فراینـد تولیـد پـودر شیر، باید حداکثر "آب همراه" محصول بـا دقـت تنظیـم گـردد کـه تـا حـد ممکـن مـانع فعـالیت میکروارگانیزم ها و آنزیم ها گردد. زیرا معمولا ، این فراورده باید بتواند مدت طولانی انبارمانی را بدون زوال تحمل نماید . این بدان معنی است که فعـالیت آبـی ، بـاید کـم تـر از ۰/۸ (بـه طـور معمول زیر ۰/۳-۰/۲) باشد.

میکروارگانیزم ها در محیط اطراف خود مقداری آنزیم ترشح می نمـایند . هـدف آنـان از این کار ، شکستن مواد پیچیده غـیر محلـول بـه مـواد سـاده تـر ، بـرای عبـور از دیـواره سـلولی می باشد. تعداد و انواع این آنزیم ها بسیار زیاد است . بعضـی میکروارگانیزم ها توانایی رهاسـازی آنزیم را در محیط بیرونی دارا نمی باشند. معمولا ، آن ها از مواد شکسته شـده بـه وسـیله دیگـر میکرو اوگانیزم ها استفاده می نمایند. این چنین ارتبـاطی را کـه هـردو موجـود از آن بهـره منـد می گردند ، همزیسـتی (Symbiosis) مـی نـامند. وقتـی کـه یـک ارگـانیزم مـاده ای را تولیـد می نماید که اثرات جلوگـیری کننـده روی دیگـر ارگـانیزم هـا را دارا مـی باشـد، ایـن فراینـد را ضدحیاتی (Antibiosis) می نامند.

شکل ۳-۴ *باکتری های میله ای و مارپیچ*



شکل ۴-۴ *ساختمان سلول باکتری*



عبور مواد از میان غشاء سیتوپلاسمی

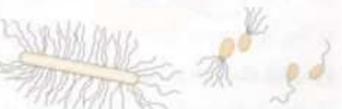
یک سلول باکتریایی می تواند غلظت ثابتی در محیط داخلـی خـود بـه وسـیله تنظیـم و تعادل بین آب ، مواد غیر آلی و موادآلی برقرار سازد. مواد آلی و غیر آلی در غلظت های مختلـف در خارج سلول وجود دارند. سلول بـرای ادامـه حیـات خـود بـه مـواد آلـی وغـیر آلـی نیـاز دارد. همچنین باید فضولات ناشی از سوخت وساز را از خود خارج سازد. بنابراین همیشـه یـک مبادلـه دایمی ، برای تنظیم تعادل محیط داخلی سلول با بیرون ، برقرار است. این مبادلـه ازطریـق غشـا

سیتوپلاسمی انجام می شود . غشا سیتوپلاسمی ، پرده نیمه تراوایی می باشد. یعنی نمی تواند ، تمام مواد رابه طور مساوی از خود عبور دهد. همچنین، غشاء توانایی تراوایی انتخابی را دارا است . یعنی غشا مثل یک سد در مقابل عبور بعضی مواد ، از هر دو طرف پرده به طرف دیگر مقاومت می نماید. عبورمواد از میان غشاء سیتوپلاسمی ، ممکن است به صورت فعال (Active) یا غیر فعال (Passive) انجام شود. در فرایندغیر فعال ، مواد به وسیله نیروهای موجود در محیط، مثل فشار اسمزی به داخل سلول راه می یابند . در فرایند فعال از انرژی متابولیسمی سلول برای عبور دادن مواد لازم به داخل سلول استفاده می گردد .

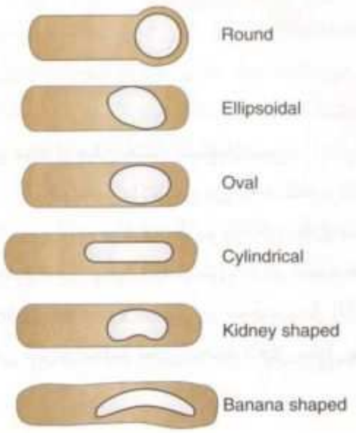
درجه حرارت

یکی از مهم ترین عوامل موثر بر روی رشد و تکثیر میکروارگانیزم ها و فساد مواد غذایی درجه حرارت می باشد . باکتری ها فقط در یک محدوده حرارتی خاصی از دما قادر به فعالیت می باشند . این محدوده در انواع مختلف باکتری ها متغیر است. به بیانی دیگر باکتری ها در دمای بین نقطه انجماد آب و دمایی که در آن دما پرتوپلاسم منعقد می گردد رشد و تکثیر می نمایند. در حد فاصل حد اکثر و حداقل دمای زیست باکتری ها ، درجه حرارت بهینه باکتری قرار می گیرد ، در این درجه حرارت باکتری بیشترین گستره رشد و فعالیت را داراست . درجه حرارت زیر منطقه "حد اقل" باعث توقف رشد باکتری می گردد. اما باعث مرگ باکتری نمی شود .

شکل ۵-۴ *تاژک ها ممکن است ، در سرتاسر باکتری یا در یک انتها یا هردو انتها قرار گیرند.*

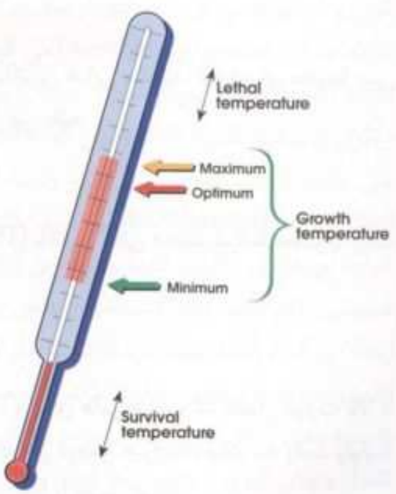


شکل ۶-۴ *شکل های مختلف اسپور داخلی در باکتری*

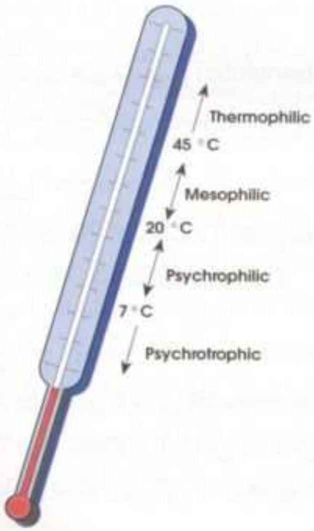


باکتری ها می توانند در دمای (-۲۵۰) درجه سانتیگراد به مدت ۱۰ ساعت زنده بمانند. آن ها در اثر انجماد و ذوب مکرر یخ ، مواد غذایی منجمد آسیب می بینند. فعالیت حیاتی باکتری ها ، تقریبابه طور کامل در دمای انجماد آب متوقف می گردد. زیرا سلول باکتری محتوی مقدار زیادی آب می باشد که منجمد می گردد. زمانی که این اتفاق روی می دهد، باکتری نمی تواند مواد مغذی را از طریق دیواره سلولی جذب نماید . اگر درجه حرارت از حداکثر قابل تحمل باکتری تجاوز نماید . باعث مرگ باکتری می شود . بیش تر سلول ها در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد کشته می شوند. اما بعضی باکتری ها ، حرارت ۸۰ درجه سانتیگراد را به مدت ۵ دقیقه تحمل می نمایند. در حالیکه به شکل اسپور هم نمی باشند، کشتن اسپور باکتری دمای بیشتری را نیاز دارد. حرارت خشک از حرارت مرطوب ، کم اثرتر است . عملیات حرارتی با بخار در ۱۲۰ درجه سانتیگراد ، به مدت ۳۰ دقیقه تمام اسپور ها را از بین می برد. اما حرارت خشک ، برای کشتن همه اسپور ها در دمای ۱۶۰ درجه سانتیگراد به ۲ ساعت زمان نیاز دارد.

شکل ۷-۴ *شرایط مختلف دما برای رشد باکتری*



شکل ۸-۴ *دسته بندی باکتری ها از دیدگاه دمای مطلوب برای رشد.*



فعالیت آبی(a_w) را می توان بر اساس موازنه زیر محاسبه نمود.

$$a_w = P / P_0$$

P = فشار بخار ماده غذایی در دما t درجه سانتیگراد

P_0 = فشار بخار آب خالص در دما t درجه سانتیگراد

دسته بندی باکتری ها بر اساس درجه حرارت مطلوب

باکتری ها را می توان براساس درجه حرارت مناسب رشد و تکثیر به دسته های زیر تقسیم بندی نمود.

سرما گرا

باکتری های سرما گرا (Psychrotrophic) یا مزوفیل (Mesophilic) باکتری هایی هستند که می توانند در حرارت ۷ درجه سانتیگراد و کم تر از آن بدون این که این درجات دمای مطلوب رشد باکتری باشد ، به رشد وتکثیر بپردازند.

سرمادوست

باکتری های سرما دوست (Psychrophilic) باکتری هایی هستند که شرایط مطلوب رشد آنان در دمای زیر ۲۰ درجه سانتیگراد می باشد.

مزوفیل

باکتری های مزوفیل (Mesophilic) باکتری هایی هستند که دمای محیط بین ۴۴-۲۰ درجه سانتیگراد ، مناسب رشد وتکثیر آنان می باشد.

گرمادوست

باکتری های گرمادوست (Thermophilic) باکتری هایی هستند شرایط مطلوب رشد آنان بین ۶۰-۴۵ درجه سانتیگراد قرار دارد.

گرما زی

باکتری های گرمازی (Thermoduric) ، باکتری هایی هستند که تحمل حرارت بالا تا بالای ۷۰ درجه سانتیگراد را دارا می باشند.آن ها در این درجه حرارت ، قادر به رشد وتولید نبوده ، اما می توانند بدون این که کشته شوند ، این دما را تحمل نمایند.

در صنایع لبنی به باکتری های سرما گرا ، توجه خاصی معطوف می گردد. زیرا معمولا، شیر مزرعه و شیر فروشگاهی ، در درجات ۷ درجه سانتیگراد و کم تر نگهداری می شوند، اکثر فعالیت میکروبیولوژیکی در این درجه حرارت ، به وسیله این دسته از باکتری ها رخ می دهد.

رطوبت

باکتری ها، بدون حضور آب قادر به رشد نبوده و همان طوری که قبلاگفته شد ، رشد آن ها در "فعالیت آبی" کم تر از ۰/۹ متوقف می گردد. خشکی ، تعدادی از باکتری ها را به سرعت نابود می سازد و بعضی دیگر می توانند خشکی را تا چند ماه تحمل نمایند. اسپور باکتری ها توانایی تحمل خشکی را تا چند سال دارا می باشد . میکروارگانیزم ها ، آب را به شکل قابل دسترس لازم دارند . از این امر می توان برای کنترل رشد آنان سود جست . خشک کردن در حقیقت خارج نمودن آب از دسترس میکروارگانیزم ها می باشد. میکرو ارگانیزم ها در رطوبت ۲۰ درصد بخوبی رشد می نمایند. کاهش رطوبت به ۱۰ درصد رشد را محدود نموده ودر رطوبت ۵ درصد رشد آن ها متوقف می گردد (به استثنا کپک ها).

اکسیژن

دسته ای از میکروارگانیزم ها، برای اکسیداسیون مواد غذایی و تولید انرژی و دیگر فرایندهای حیاتی به اکسیژن آزاد نیاز دارند. در اثر اکسیداسیون کامل ترکیبات آلی ، دی اکسید کربن و آب تولید می گردد. تعدادی از میکروارگانیزم ها می توانند اکسیژن لازم را از هوا جذب نمایند. به این دسته هوازی (Aerobic) می گویند. دسته ای دیگر انرژی لازمه را از غذا بدون نیاز به اکسیژن بدست می آورند. این دسته را بی هوازی (Anaerobic) می نامند. دسته ای دیگری از میکروارگانیزم ها، در زمانی که به اکسیژن دسترسی دارند، از آن استفاده می نمایند اما می توانند در غیاب اکسیژن نیز رشد نمایند. این دسته را بی هوازی اختیاری (Facultatively anaerobic) می نامند. باکتری های بی هوازی و بی هوازی اختیاری در شرایط بی هوازی ، انرژی لازمه را از طریق فرایند تخمیر مواد آلی کسب می کنند . از دیدگاه شیمیایی ، این فرایند یک اکسیداسیون ناقص می باشد که به وسیله آن ، ترکیبات آلی خاصی ایجاد می گردد (مانند تولید اسید لاکتیک از لاکتوز). چون بیش تر ارگانیزم های هوازی، اکسیژن لازمه را از طریق هوا بدست می آورند، حذف اکسیژن هوا (به وسیله بسته بندی خلاء یا بسته بندی با گاز های بی اثر) و یا به کار گیری موادی که هوا را حذف می نمایند ، به معنی کنترل و پیش گیری از رشد آن ها است. باکتری بی هوازی اگر به مدت طولانی ، در معرض اکسیژن هوا قرار گیرد نابود می گردد.

نور

به طور کلی نور، مورد نیاز باکتری ها نمی باشد ، زیرا آن ها فاقد کلروفیل بوده و مواد غذایی را مثل گیاهان از طریق سنتز به وسیله کلروفیل نمی سازند. در عوض قرار گرفتن در معرض نور ماوراء بنفش (Ultraviolet) باعث انهدام میکروارگانیزم ها می گردد که علت آن ایجاد تغییرهای شیمیایی در ساختمان DNA و پروتئین سلولها می باشد. تعدادی از میکروارگانیزم ها وقتی در معرض نور خورشید قرار می گیرند، نابود می گردند و اغلب از نور ماوراء بنفش برای استریل کردن هوای اتاق کشت استفاده می شود . از اشعه ماوراء بنفش برای استریل کردن مواد غذایی استفاده نمی گردد ، زیرا ممکن است ، باعث تغییرهای شیمیایی در بافت غذا شود.

باکتری های هوازی برای رشد، نیازمند به اکسیژن موجود در هوا می باشند

فشار اسمزی

باکتری ها ، نمی توانند محلول های غلیظ قندی و نمکی (یعنی موادی با فشار اسمزی بالا) را تحمل نمایند. قرار گرفتن سلول در چنین محلول هایی ، باعث خروج آب از سلول گشته و عارضه کم آبی (Dehydrating) را ایجاد می نماید. فشار اسمزی برای نگهداری غذا ، کاربرد دارد. برای نمونه در مربا (مقدار بالای قند) در ماهی "نمک سود" (مقدار بالای نمک) و در شیر تغلیظ شده شیرین (وجود قند) از این خاصیت استفاده شده است.

فرمول محاسبه سرعت رشد باکتری

$$N = N_0.2^{\frac{t}{g}}$$

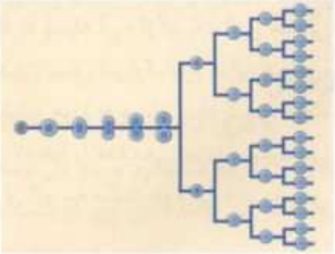
N = تعداد باکتری در هر ml در زمان t

No = تعداد باکتری در هر ml در زمان 0

t = مدت زمان رشد (ساعت)

g = مدت زمان هرتکثیر بر حسب ساعت

شکل ۹-۴ *باکتری ها معمولا به وسیله تقسیم دوتایی ازدیاد می گردند.*



pH - اسیدیته / قلیائیت

میکروارگانیزم ها ، قابلیت تحمل اسیدیته و قلیائیت قوی را ندارند و pH نزدیک به خنثی (یعنی ۷/۴-۶/۸) را ترجیح می دهند. pH مناسب قارچ ها ۴/۵ یا پایین تر می باشد. pH شیر تازه در محدوده بین ۶/۷ - ۶/۵ قرار دارد . pH شیر ترش ۴/۶ و کم تر می باشد.

تولید مثل باکتری ها

معمولا ، باکتری ها به طریقه غیر جنسی (دو نیمه شدن) ، تکثیر می گردند، شکل (۹-۴) . در این روش ، ابتدا اندازه باکتری افزایش یافته و سپس مواد هسته ای در یک قسمت از سلول تجمع می نمایند و سپس به دو قسمت مشخص تقسیم می گردند، هر قسمت به یک انتها حرکت نموده و دیواره سلولی بین آن ها به طرف داخل تورفتگی پیدا می کند . سرانجام ، با پیشرفت زواید دیواره و به هم رسیدن آن ها ، دیواره بین دو سلول تکمیل می گردد. در نتیجه دو موجود که از نظر ماهیت به هم شبیه هستند ، به وجودمی آیند. ارگانیزم های جدید ممکن است ، از هم جدا شده یا نزد هم باقی بمانند. شکل انواع باکتری ها ثابت بوده و مبنای تفاوت گونه هارا تشکیل می دهد.

سرعت تکثیر

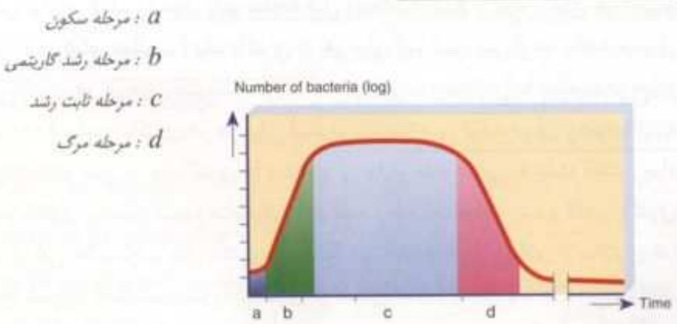
باکتری ها در شرایط مناسب می توانند در هر۳۰-۲۰ دقیقه یک بار تقسیم شوند. سرعت تولید مثل را می توان بر اساس فرمول تابلو صفحه قبل ، محاسبه نمود. با فرض زمان هر تولید مثل ۰/۵ ساعت (در دمای مطلوب) یک باکتری در هر میلی لیتر شیر، پس از ده ساعت تبدیل به یک میلیون باکتری در هر میلی لیتر شیر خواهد شد، در صورت وجود شرایط مطلوب در ماده غذایی ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ میلیون باکتری در هر میلی لیتردر ساعت می توانند در آن وجود داشته باشند. در صورت تکثیر بیش از حد باکتری ها و تجمع آن ها در ماده غذایی به علت کاهش مواد مغذی مورد نیاز باکتری و تجمع سموم متابولیکی دفع شده ، موجبات توقف رشد و تکثیر باکتری فراهم می آید. در این حالت تولید مثل باکتری ها متوقف شده و تعداد زیادی از باکتری ها می میرند. وجود شرایط نامناسب مثل نگهداری در دمای بسیار پایین و pH پایین، باعث محدودیت یا تاخیر رشد باکتری در غذا می گردد.

منحنی رشد باکتری

در شکل (۱۰-۴) ، منحنی رشد باکتری تلقیح شده به محیط کشت نشان داده شده است. معمولا، در ابتدای منحنی رشد، یک مرحله تاخیری (a) دیده می شود که به مرحله سکون (Lag phase) معروف می باشد . علت این تاخیر ، زمان لازم برای خو گرفتن باکتری با محیط کشت جدید و به تعادل رسیدن محیط کشت است (مثلا ممکن است محیط کشت قبل از تلقیح

در حرارت پایین قرار داشته و هنوز حرارت آن به حد مطلوب نرسیده باشد) . طول مرحله سکون بر اساس این که چقدر عامل های جلوگیری کننده در محیط کشت در مقابله با رشد باکتری وجود داشته باشد ، متفاوت است . اگر باکتری فعال و در حال رشد به محیط کشت وارد شود مرحله سکون دیده نمی شود و تکثیر فورا آغاز می گردد. پس از مرحله سکون باکتری ها به سرعت شروع به تکثیر می نمایند. این مرحله (b) را رشد لگاریتمی (Log phase) می نامند. ازدیاد باکتری ها باعث کاهش مواد غذایی و تجمع مواد سمی متابولیکی دفعی باکتری ها می گردد، این عامل ها بعنوان باز دارنده ، باعث کندی سرعت رشد و در نهایت منجر به مرگ جمعیت باکتریایی می گردند و باکتری ها در این مرحله ، باسرعت ثابتی از بین می روند. به بیانی در این مرحله تعادلی بین باکتری های تکثیر شده و باکتری های نابود شده ایجاد می گردد. این مرحله (c)را ثابت (Stationary phase) می نامند. در مرحله بعدی (d) با نامساعد شدن شرایط ، سلول های جدیدی به وجود نمی آیند و دیگر سلولهای زنده محیط کشت نیز می میرند و سرانجام کل باکتری های کشت نابود می گردند . این مرحله را مرحله مرگ (Mortality phase) می نامند. شکل منحنی رشد باکتری (طول منحنی) ، در مرحله های مختلف و همچنین شیب آن بر اساس درجه حرارت و تداوم ورود مواد مغذی به محیط کشت و دیگر عامل ها تغییر می یابد.

شکل ۱۰-۴ منحنی رشد باکتری



فعالیت بیوشیمیایی

در بعضی اذهان فعالیت بیو شیمیایی (Biochemical activity) میکرو ارگانیزم ها ، به صورت فساد مواد غذایی و یا بروز بیماری در دام وگیاه متصور شده است . در حقیقت ، فعالیت بیوشیمیایی میکروارگانیزم ها، چگونگی به کار گیری آن ها را در فرایند مواد غذایی مثل ساخت پنیر ، ماست ، کره و غیره تعیین می کند. فعالیت میکروارگانیزم ها به وسیله آنزیم های فرایند کننده که مرتبا موادی را شکسته یاآن ها را برای تولید مواد دیگر به کار می برند، انجام می گیرد. تعداد زیادی از سیستم های بیوشیمیایی و آنزیمی در میکروبیولوژی شیر وجود دارند که پرداختن به همه آن هادر این فصل مقدور نمی باشد بنابراین در ادامه به تعدادی از مهم ترین فعالیت ها که باید در صنایع لبنی به آن ها توجه شود، اشاره می گردد . این فعالیت ها را می توان در دو بحث تجزیه مواد و اثرات آن ها مطرح نمود.

تجزیه کربو هیدراتها

کربو هیدراتها، دارای عناصرکربن ، هیدروژن واکسیژن درزنجیره های طولانی می باشند. آن ها شامل سلولز (Cellulose) ، نشاسته (Starch) ، چند قندی ها (Polysaccharides) و قندها (Sugars) می باشند. تجزیه آن ها مرحله به مرحله صورت گرفته و در هر مرحله یک مولکول آب آزاد می گردد. آنزیم های موجود در میکروارگانیزم ها، مشخص می نمایند که باکتری کدام کربوهیدرات را تا چه مرحله ای می توانند تجزیه نمایند. هیدرولیز لاکتوز (دو قندی) در شیر ، منجر به تولید دو جزء گلوکز و گالاکتوز می گردد که آن ها در نهایت می توانند به آب و گاز کربنیک تجزیه گردند (در متابولیسم هوازی). اما معمولا ادامه این فرایند، تخمیر می باشد (بی هوازی) . نتیجه تخمیر ، تولید محصولات متفاوتی مانند اسید های آلی (اسید لاکتیک ، اسید بویتریک وغیره) ، الکل ها (الکل اتیلیک ، الکل بوتیلیک و غیره) و گاز ها (هیدروژن ، دی اکسید کربن ، و۰۰۰) می باشند. مهم ترین شکل تخمیر در شیر عبارتند از :

- ***تخمیر الکلی*** *(Alcoholic fermentation)* ، این تخمیر لاکتوز را به الکل و گاز تبدیل می کند ، برای مثال لاکتوز به اتیل الکل و دی اکسید کربن تجزیه می شود . معمولا، تخمیر الکلی در شرایط بی هوازی و به وسیله مخمرها و کپک ها انجام می پذیرد.
- ***تخمیر لاکتیکی*** *(Lactic acid fermentation)* لاکتوز را به اسید لاکتیک تبدیل می نماید. این واکنش در تولید پنیر ، ماست ، دیگر فراورده های اسیدی شیر به کار می رود.
- ***تخمیر کلیفرمی*** *(Coliform fermentation)* { مخلوط اسید و بوتان دی اول } لاکتوز ، در نتیجه این نوع تخمیر، فراورده های مختلفی مانند : اسید لاکتیک ، اسید سوکسنیک ، اسید فرمیک ، بوتان دی اول (Butanediol) ، اتیل الکل ، دی اکسید کربن و هیدروژن تولید می نماید.
- ***تخمیر بویتریکی*** *(Butyric acid fermentation)* این تخمیرتحت شرایط بی هوازی شدید ، به وسیله باکتری های کلستریدیوم بر روی لاکتوز انجام می گیرد. در این حالت لاکتوز به اسید بوتریک، دی اکسید کربن ، هیدروژن و در بعضی حالات الکل بوتیل

(Butyl alcohol) تبدیل می گردد. به طور کلی تخمیر قند شیر ، منجر به تولید اسید (ترشی) و گاهی گاز (بسته به نوع میکروارگانیزم) می شود.

تجزیه پروتئین ها

تجزیه پروتئین ها را پروتئولیز (Proteolysis) می گویند که "پرو" بـه معنـی پروتئیـن و " لیز" به معنی تجزیه می باشد . از مهم ترین آنزیم های تجزیه کننده پروتئین می توان به رنیـن (Rennin) ، پپسین (pepsin) ، تریپسین (Trypsin) اشاره نمود. این آنزیم هـا پروتئیـن را بـه پپتیدها (Peptides) تجزیـه مـی نمـایند. ممکـن اسـت تجزیـه بـا کمـک انـواع آنزیـم پپتیـداز (Peptidases) ، به تولید پپتیدهای کوچک تر و اسید های امینه ختم گـردد. اسید هـای امینـه برای ساختن پروتئین به وسیله سلول به کار گرفته می شوند. همچنین ممکـن اسـت آن هـا بـه صورت اکسیداسیون و یا تخمیری تجزیه گردند. پروتئین ها و اسـید امینـه هـای سـازنده آن هـا ترکیبات گسترده ای از عناصر مختلف بوده که شامل : کربـن ، هیـدروژن ، اکسـیژن ، گوگـرد ، نیتروژن و فسفر می باشند. در اثرتجزیه پروتئین ها مقدار زیادی اسید، الکل، گازهـا (هیـدروژن ، دی اکسیدکربن ، سـولفید هیـدروژن وآمونیـاک) و ترکیبـات دیگـری تولیـد مـی گـردد. تجزیـه پروتئین ها تقریبا همیشه منجر به تولید آمونیاک (یک قلیای قوی با بوی بسیار تند) می گـردد. سه اسید امینه سیستین ، سیستئین و میتیونین در ساختمان خـود گوگـرد را بـه صـورت سـولفید هیدروژن همراه دارند که در اثر تجزیه بوی بسیار تندی را ایجاد می نمایند . تجزیه پروتئیـن هـا در شیر در دو مرحله بنام پپتونیزاسیون (Peptonisation) به شرح زیرانجام می پذیرد:

- ***لخته شدن*** (لخته شیرین) ، یا انعقاد شیر به وسیله آنزیم های شبه رنیـن (Rennin like) . این تبدیل را در شیر ، لخته شیرین می نامند و در شیر پاستوریزه ای که در دمای بالا نگهـداری شود ایجاد می شود .
- ***پروتئولیز پروتئین ها*** ، که در نتیجه آن امونیاک (قلیا) تولید می گـردد. درجـه هـای حضـور اسید امینه های آزاد و آمونیاک در پنیر ، نشان دهنده سن و نحوه رسـیدن و پیشـرفت پروتئولـیز می باشد. پنیر های آبی رنگ (Blue) و یا قارچی رسیده، پروتئولیز سریعی را داشـته و در نتیجـه این پروتئولیز مقدار زیادی آمونیاک تولید می گردد.

تجزیه چربی ها

فرایند تجزیه چربی ها به وسیله آنزیم را، لیپولـیز(Lipolysis) مـی نـامند کـه از ریشـه یونانی" لیپو" به معنی چربی و "لیز " به معنی تجزیه گرفته شده است . از مهم ترین این آنزیم هـا مـی تـوان بـه لیپـاز (Lipase) اشـاره نمـود. در اثـر هیدرولـیز چربـی یـک مولکـول گلیسـرول (Glycerol) و سه "اسید چرب آزاد" تولید می گردد. بعضی از اسید های چرب فرار بـوده و بـوی

را ایجاد می نمایند یکی از این موارد تولید اسید بوتیریک می باشد که باعث ایجاد مزه تندی (Rancid) در چربی می گردد. چربی خالص به تجزیه میکروبیولوژیکـی نسـبتا مقـاوم است ، اما چربی شیرکه به شکل کره و خامه وجود دارد ، حاوی پروتئیـن ، قنـد ، مـواد معدنـی و غیره می باشد و برای رشد میکروبی زمینه مستعدی را فراهم می آورد . تعدادی از بـاکتری هـا و کپک ها که قادر به تجزیه پروتئین می باشند می توانند چربـی را بـا روش اکسیداسـیون تجزیـه نمایند.

تجزیه لسیتین

لسیتین (Lecithin) ، یک فسفولپید موجود در غشـا اطـراف گویچـه چربـی مـی باشـد. ترکیب شیمیایی آن به صورت گلیسرول و دو اسید چرب ، اسید فسفریک و یک قلیـای آلـی بـه نام کولین (Choline) می باشد. آنزیـم قـوی لسـیتیناز (Lecithinases) مترشـحه از بـاکتری باسیلوس سرئوس(Bacillus cereus) می تواند لسیتین را به دی گلیسـرید و فسـفریل کولیـن تجزیه نماید. در این حالت غشاگویچه چربی شکسته شده و در نتیجه امولسـیون چربـی ناپـایدار می گردد و ذرات چربی به شکل توده یا کلوخه در سطح شیر یا خامه بـه صـورت شـناور نمایـان مـی گردنـد. ایـن عیـب را در شـیر یـا خامـه ، " خامـه تلـخ "(Bitty cream) یـا خامـه بریـده (Broken cream) می نامند. همچنین ممکن است دراثرتجزیه بیشـتر، کولیـن بـه تـری متیـل آمین (Trimethyl amine) تبدیل شده و در نتیجه مزه "ماهی" در شیر ایجاد گردد.

تولید رنگ و رنگدانه

فرایند تولید رنگ ، را رنگ زایی (Chromogenesis) ، می نامند و بـه ارگـانیزم هـای تولید کننده رنگ ، "رنگ زا" (Chromogenic) اتلاق می گردد . این لغت (کروموژنز) از ریشـه یونانی " کرومو" به معنی رنگ و "ژنز" به معنی تولید یا منشا ء گرفته شده است . این فرایند ناشی از فعالیت دسـته بخصوصـی از میکروارگـانیزم هـا اسـت. تعـدادآن هـا در مـواد غذایـی از دیگـر ارگانیزم ها بیش تر بوده و در دمای پایین عمل می نمـایند. ارگـانیزم هـای "رنـگ زا" بـه وجـود شرایط هوازی نیازمندند. آن ها دو دسته رنگ دانه تولید می نمایند.

- رنگدانه داخلی ، در این حالت رنگدانه در داخل سلول قرار می گیرد.
- رنگدانه خارجی، در این حالت رنگدانه پس از تولید به محیط خارج از سلول وارد می گردد کـه از سه گروه تشکیل شده اند.

❖ کاروتنوئید ها (Carotenoids)، که به رنگ های زرد ، سبز ، کرم یا طلایی می باشند .
❖ آنترو سینین ها (Anthrocynins) ، به رنگ قرمز می باشند .
❖ ملانین ها (Melanins) ، به رنگ های قهوه ای یا سیاه می باشند.

تولید بو و رایحه

بعضی از باکتری ها بو های تند و یا رایحه قوی در محیط کشت خود تولید مـی نمـایند. مانند:

- ❖ کپک ها ، بوی نا (کپک زدگی) ایجاد می نمایند.
- ❖ اکتینومیست ها ، بوی خاک ایجاد می نمایند.
- ❖ مخمر ها ، بوی میوه ای ایجاد می کنند.
- ❖ سودوموناس ها ، بوی میوه یا ماهی ایجاد می کنند.
- ❖ کلی فرم ها ، بوی اصطبل یا بوی کود ایجاد می نمایند.
- ❖ لاکتوکوکوس (Lactococcus lactis var. maltigenes)، بوی مـالت (تخمـیری) ایجـاد می کنند.

قدرت احیا کنندگی

تمام میکرو ارگانیزم ها به درجاتی دارای قدرت احیا کنندگی می باشند. یعنی می تواننـد اکسیژن را برداشت نمایند. نیرومند ترین باکتری های احیا کننده در شیر لاکتوکوکوس ، کلیفـرم و باسیلوس می باشند. مقدار کـاهندگی اکسـیژن در اثـر فعـالیت میکروارگـانیزم هـای موجـود ، بـه وسـیله آزمـایش کیفـی ' احیـا رنـگ ' مـانند رزازریـن (Resazurin) و متیلـن بلـو (Methylene blue) مشخص می گردد.

بیماری زایی (سموم)

میکـروب هـایی را کـه تولیـد بیمـاری مـی نمـایند ، بیمـاریزا (پـاتوژنز Pathogenic) می نامند که از ریشه یونانی 'پاتوز' به معنی رنج بردن و ' ژنز' به معنی منشاء ، پدید آمده است. این موجودات، باحمله به انسان و حیوانات و گیاهان ، با تجزیه سـلول هـای زنـده و تولیـد مـواد سمی (Toxins) علائم بیماری را ایجاد می نمایند. ممکن است ، باکتری های تولید کننده سـم نابود گردند ، اما سموم مترشحه از آن ها در محیط باقی مـانده و بـاعث بیمـاری گردنـد. از ایـن دسته می توان ، بـه استافیلوکوکوس ، سـالمونلا و کلسـتریدیوم کـه عـامل مسـمومیت غذایـی (Food poisoning) مـی باشـند ، اشاره نمـود . انـواع دیگـر ایـن میکروارگـانیزم هـا مسـبب بیمـاری هـای مختلـف در انسـان مـی باشـند ، از جملـه مـی تـوان بـه سـالمونلا تیفـی (Salmonella typhosa) عامل بیماری حصبه ،کلسـتریدیوم تـانی (Clostridium tetani) عامل بیماری کـزاز ، کورینـه بـاکتریوم دیفتریـا (Corynebacterium diphtheriae) عـامل بیماری دیفتری اشاره نمود.

نام گذاری میکروارگانیزمی که رنگ تولید می نماید بدین صورت است کـه پـس از نـام میکروارگـانیزم نـام رنـگ آورده مـی شـود مثـل اسـتافیلوکوکوس اثورئـوس (Staphylococcus aureus) یعنی استافیلوکوکوس که رنگ طلایی دارد.

مهم ترین اثـرات سیسـتم هـای باکتریـایی و آنزیمی در محصولات لبنی عبارتند از:

- **تجزیه کربو هیدرات ها**
- **تجزیه پروتئین**
- **تجزیه چربی ها**
- **تجزیه لسیتین**
- **تولید رنگ**
- **تولید موکوس و ایجاد لزجی**
- **تولید بو و رایحه**
- **احیاء اکسیژن**
- **ایجاد بیماری**

شکل های مختلف تجزیه کربو هیدرات ها

- *** هیدرولیز**
- *** تخمیر الکلی**
- *** تخمیر کلیفرمی**
- *** تخمیر بوتیریکی**

تولید موکوس

تعدادی از باکتری هـا بـه محیـط کشـت اطـراف خـود مـواد لـزج و چسـبنده ای ترشـح مـی نمـایند. کـه موکـوس نـامیده مـی شـود . از ایـن دسـته میکرواورگـانیزم هـا بـرای تولیـد فراورده هایی چون ماست و' لانگ فیل' – (Langfil) [یـک نـوع شـیر تخمـیری سـوئدی] – استفاده می گردد.

بعضی از میکرو ارگانیزم ها براساس رنگدانـه موجـود نـام گـذاری میگردند. پسوند های زیر برای بعضی رنگدانه ها به کار می رود.

آلبئوس	Albus	**سفید**
لوتئوس	Luteus	**زرد**
سترئوس	Ctreus	**زرد لیمویی**
رزئوس	Roseus	**صورتی یا قرمز**
اورئوس	Aureus	**طلایی**
ویولاکئوم	Violaceum	**بنفش**
نیگرا	Nigra	**مشکی یا قهوه ای**

پروتئولیز= شکستن پروتئین

لیپولیز = شکستن چربی

کروموژنزیز = تولید رنگ به وسیله باکتری های رنگ زا

باکتری پاتوژن = باکتری عامل بیماری در انسان، حیوانات و گیاهان

شمارش باکتری ها

برای مطالعه و تشخیص باکتری ها ، ابتدا باید آن ها را کشت داد. برای این کار می توان باکتری ها را به یک محیط آبگوشت مغذی ، که تعادل لازم را از نظر غلظت نمک ، pH و غیره را دارا باشد منتقل و در یک دمای مطلوب قرار داد . آن ها در این شرایط شروع به رشد و تکثیر می نمایند. معمولا ، برای ایجاد شرایط مطلوب تر ، باکتری ها را در روی محیط جامد به نام آگار(Agar) که یک ماده ژل مانند و نیمه سخت می باشد ، کشت می دهند . در این حالت ، مواد غذایی لازم به آگار اضافه شده و باکتری را در روی سطح محیط کشت - در داخل پلیت ، یا لوله آزمایش - پراکنده می سازند. باکتری با مصرف مواد غذایی شروع به رشد وتکثیر می نماید. هر باکتری در سطح آگار تکثیر شده و به صورت یک توده از باکتری ها در آمده که تماما زاده یک باکتری می باشند. این توده را بنام کلنی (Colony) که - می تواند حاوی چندین میلیون باکتری باشد - می شناسند.کلنی هایی که حاوی صد ها هزار باکتری هستند، حتی با چشم غیر مسلح دیده می شوند. با رقیق سازی نمونه اصلی باکتری و کشت آن در پلیت آگار ، شمارش کلنی ها با استفاده از دستور العمل خاص آزمایشگاهی امکانپذیر می گردد. شکل کلنی باکتری ها بر اساس نوع باکتری ، قدرت باکتری ، نوع آگار و نوع ماده مغذی متفاوت می باشد. با به کارگیری محیط آگار انتخابی که فقط اجازه رشد به گروه مخصوصی از باکتری ها را می دهد می توان ، حضور انواع گوناگون باکتری های ناخواسته را متوقف نمود.

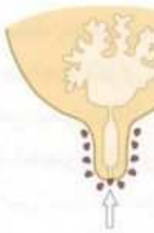
تشخیص و دسته بندی باکتری ها

یک روش برای دسته بندی انواع مختلف باکتری ها بر اساس ویژگی های زیستی است که در سابق به کار برده می شد. در این طبقه بندی آن ها به خانواده ، جنس و گونه به همان شکلی که در مورد گیاهان و حیوانات به کار می رفت، دسته بندی می شدند. در جانور شناسی و گیاه شناسی این دسته بندی بر اساس مشخصات ظاهری و ویژگی های فردی (نمایان) انجام می گیرد.

در قدیم این اصول ، منشا دسته بندی باکتری ها قرار می گرفت اما بزودی ملاحظه شد که این روش یعنی اندازه ، شکل ، مشخصات ظاهری و حرکت، جوابگوی ویژگی های مختلف باکتری ها مثل سوخت وساز (وابستگی آن ها به انواع قند ها وپروتئین ها و چربی ها و غیره) و چگونگی قرار گرفتن آن ها در نزد هم نمی باشد. با به کاربردن این اطلاعات در طبقه بندی باکتری یک دسته بندی بنام تاکسونومی(Taxonomy) پدید آمد . در این سیستم برای نامگذاری باکتری ها ، اسم لاتین "باکتری "به طور بین المللی به کار می رود. نام باکتری از دو جز تشکیل می گردد که اولین جز ء نشان دهنده جنس(Genus) و دومین جزء نشان دهنده گونه (Species) ، می باشد . گاهی اوقات برای نامگذاری باکتری در خارج از این دسته بندی یک مشخصه یا منشاء زیستی باکتری ، مثل ویژگی داشتن رنگدانه و" رنگ زایی " بیش تر مورد توجه و استفاده قرار می گیرد. شناسایی جنس باکتری ها بیش تر به وسیله ترکیب ویژگی های ظاهری "ریخت شناسی" و آزمایش های بیوشیمیایی انجام می پذیرد.

سیستم دسته بندی باکتری ها:
۱۰ راسته
۴۷ خانواده
۱۹۰ جنس
بیش تراز ۱۸۰۰ گونه

شکل ۱۱-۴ *باکتری ها از طریق مجرای نوک پستانی وارد پستان می گردند.*



باکتری ها در شیر

وقتی که شیر در پستان دام تولید می گردد ، استریل می باشد. اما قبل از خارج شدن از پستان به وسیله باکتری هایی که از طریق مجرای نوک پستانی نفوذ می نمایند آلوده می گردد. معمولا این باکتری ها بی آزار و به تعداد ده یاچند صد عدد در هر میلی لیتر موجودند. اگر التهاب باکتریایی در پستان (Mastitis) وجود داشته باشد ، شیر در هنگام خروج به شدت به باکتری ها آلوده شده وحتی ممکن است آن را غیر قابل مصرف سازد. در مجرای نوک پستانی باکتری همیشه حضور دارد، اما بیش تر آن ها در موقع شیر دوشی با فوران شیر به بیرون رانده می شوند. به این دلیل توصیه می شود ، شیر ابتدای دوشش از نوک هر پستان که سرشار از باکتری می باشد، به طور دستی به داخل ظرف جداگانه ای با بدنه مشکی دوشیده شود. زیرا وجود لخته های ریز در شیر دام بیمار در پس زمینه سیاه رنگ بدنه ظرف بهتر دیده می شود و بدین طریق می توان شیر آلوده را قبل از دوشیدن بقیه شیرها جدا نمود.

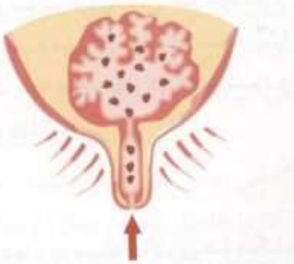
آلودگی در مزرعه

شیر به وسیله میکروارگانیزم های مختلف و به طور عمده به وسیله باکتری ها هنگام جمع آوری در دامداری آلوده می گردد. درجه آلودگی و ترکیب جمعیت باکتریایی وابسته به پاکیزگی محیط نگهداری دام ، تمیزی سطوح در تماس باشیر یعنی سطل یا ماشین شیردوش ، صافی ، بیدون حمل کننده شیر یا مخزن و همزن مخزن شیر می باشد. معمولا، سطوح خیس شده با شیر بزرگ ترین منبع آلودگی را پس از پستان ، تشکیل می دهند. زمانی که شیر دوشی

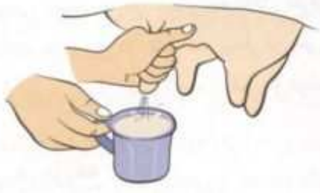
با دست انجام می گیرد . باکتری ها از طریق دست شیر دوش ، خود دام و مقداری هم از طریق هوای آلوده اطراف، وارد شیر می شوند. شدت نفوذ آلودگی به طور عمده ، وابسته به میزان مهارت و دقت های بهداشتی شیر دوش و روش دوشیدن دام است. اغلب این منابع آلودگی در صورت به کارگیری ماشین شیر دوش بر طرف می گردند. اما در این صورت یک منبع دیگر ، یعنی ماشین شیر دوش، اضافه می شود. به طور کلی اگر لوازم شیر دوشی به طرز صحیح پاکیزه و ضد عفونی نگردند ، تعداد بیشماری باکتری از این طریق وارد شیر خواهند شد.

تعداد باکتری ها در شیر

ویژگی ترکیبات شیر زمینه مستعد آلودگی را به وسیله طیف وسیعی از باکتری ها فراهم می سازد. شیر دوشیده شده در دامداری ، ممکن است حاوی چند هزار باکتری در هر میلی لیتر باشد. این درشرایطی است که دامداری از وضعیت کامل بهداشتی برخوردار باشد . اما در صورت عدم رعایت استاندارد در پاکیزگی و بهداشت ، عدم کاربرد مواد ضدعفونی کننده و فقدان سیستم های سردکننده شیر، تعداد باکتری ها در شیر این دامداری به بیش تراز چندین میلیون در هر میلی لیتر خواهد رسید. تمیز کردن روزانه و ضدعفونی نمودن تمام لوازم شیر دوشی ، قطعی ترین عامل در حفظ کیفیت باکتریایی شیر می باشد. برای شیر باکیفیت بالا، شمارش باکتریایی (مولد کلنی)- (CFU)Colony Forming Units - باید کم تر از ۱۰۰۰۰۰ در هر میلی لیترشیر باشد.



شکل ۱۲-۴ *در التهاب پستان شیر به شدت آلوده می گردد.*



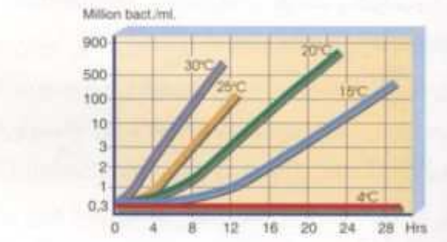
شکل ۱۳-۴ *جمع آوری اولین فوران شیر غنی از میکروب از نوک هرپستان در ظرف بدنه مشکی*

سرد کردن سریع شیر به دمای کم تر از ۴ درجه سانتیگراد سهم بزرگی را در بالابردن کیفیت شیر خواهد داشت . این عمل باعث کاهش سرعت رشد باکتری ها در شیر شده و کیفیت نگهداری شیر را بالا می برد. تاثیر درجه حرارت ، بر روی رشد باکتری در شیر خام ، در نمودار شکل (۱۴-۴) ، نشان داده شده است. با تعداد اولیه ۳۰۰۰۰۰ باکتری در هر میلی لیتر شیر ، می توان سرعت رشد را در دمای بالا و اثرات سرد سازی تا ۴ درجه سانتیگراد را ملاحظه نمود. سرد کردن بلافاصله شیر پس از دوشیدن تادمای ۴ درجه سانتیگراد یا حتی کم تر (تا ۲ درجه سانتیگراد) می تواند امکان نگهداری آن را در تحت این شرایط به مدت ۲ روز در مخازن عایق شده فراهم آورد .

باکتری های عمده درشیر

تعدادی از باکتری ها به طور اتفاقی در شیر حضور می یابند. آن ها در شیر ادامه حیات داده رشدوتکثیر می نمایند. اما شیر اغلب یک محیط نامناسب برای رشد آنان می باشد. بعضی از این باکتری ها در رقابت با دیگرگونه هایی که دارای تطابق بیشتری با محیط هستند از بین می روند. گروهی ازباکتری ها مانند باکتری های اسید لاکتیک، باکتری کلیفرم ، باکتری بوتریک اسید ، باکتری پروپیونیک اسید و باکتری های مولد " گندیدگی" به راحتی در شیر فعالیت می نمایند.

شکل ۱۴-۴ *تاثیر درجه حرارت در رشد باکتری ها در شیر خام*



گروه های باکتریایی در شیر

- * باکتری اسید لاکتیک
- * باکتری کلیفرم
- * باکتری اسیدبوتریک
- * باکتری اسیدپروپیونیک
- * باکتری مولد گندیدگی

باکتری های لاکتیکی

باکتری لاکتیکی در طبیعت بیشتر در روی سطح گیاهان یافته می شود. اما بعضی گونه های آن به وفور در شیر قادر به ادامه حیات می باشند . بعضی دیگر از انواع آن در دستگاه گوارش حیوانات زندگی می کنند . این گونه شامل باسیل و کوکسی بوده که می توانند به شکل زنجیرهایی با طول متفاوت وجود داشته باشند ، اما هیچگاه به شکل اسپور دیده نمی شوند. باکتری لاکتیکی، بی هوازی اختیاری بوده واغلب در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد ازبین می روند. "دمای کشنده" برای بعضی از انواع باکتری ها بیش تر از ۸۰ درجه سانتیگراد است.

باکتری لاکتیکی، لاکتوز را بعنوان منبع کربن ترجیح می دهد وآن را به اسید لاکتیک تخمیر می نماید. تخمیر ممکن است به صورت جور یا ناجور باشد ، یعنی در انتهای

فرایند تخمیر، ممکن است به طور انحصاری فقط اسید لاکتیک (تخمیر جور Homofermentative fermentation) یا مواد دیگری مانند اسید استیک ، دی اکسید کربن و اتانل تولید گردد (تخمیر ناجور Heterofermentative fermentation).

ظرفیت تخمیر براساس گونه باکتری تفاوت می نماید. بیش ترباکتری های اسید لاکتیک بین ۰/۵ و۱/۵ در صد اسید لاکتیک تولید می کنند ، اما بعضی از گونه ها تا بیش تر از ۳ در صد اسید تولید می نمایند. باکتری لاکتیکی برای رشد، نیازمند ترکیب "نیتروژندار آلی" می باشد. معمولا نیتروژن را از طریق شکستن آنزیمی کازئین در شیر، تامین می نمایند . توانایی تجزیه کازئین در بین انواع گونه ها متغیر می باشد.

مهم ترین انواع باکتری لاکتیکی در صنایع لبنی در تابلو (۱-۴) ، نشان داده شده است .

تابلو ۱-۴ *باکتری های مهم اسید لاکتیک در صنایع لبنی*

گونه	درجه حرارت مناسب °C	(تخمیر به اسید لاکتیک %	لاکتوز) به مواد دیگر	تخمیر اسید سیتریک به	انزیم تجزیه کننده پروتئین	مورد های استفاده در
Str ترموفیلوس	۴۰-۴۵	۰/۷-۰/۸	–	–	دارد	شیر اسیدی و پنیر
Lc لاکتیس	۲۵-۳۰	۰/۵-۰/۷	–	–	دارد	شیر اسیدی
Lc کرموریس	۲۵-۳۰	۰/۵-۰/۷	–	–	دارد	شیر اسیدی
Lc دی استیل لاکتیس	۲۵-۳۰	۰/۳-۰/۶	–	Co2 ولاتیلاز دی استیل	دارد	پنیر کره
Lecu کرموریس	۲۵-۳۰	۰/۲-۰/۴	Co	Co2 ولاتیلاز دی استیل	دارد	شیر اسیدی
Lb اسیدوفیلوس	۳۷	۰/۶-۰/۹	–	–	–	شیر اسیدی
Lb کازئی	۳۰	۱/۲-۱/۵	–	–	دارد	پنیر
Lb لاکتیس	۴۰-۴۵	۱/۲-۱/۵	–	–	دارد	پنیر
Lb هلوتیکوس	۴۰-۴۵	۲-۲/۷	–	–	دارد	شیر اسیدی و پنیر
Lb بلگاریکوس	۴۰-۴۵	۱/۵-۲	–	–	دارد	شیر اسیدی
بیفیدوباکتریوم	۳۷	۰/۴-۰/۹	اسید استیک	–	–	شیر اسیدی

Str = استرپتوکوکوس
Leuc =لوکونوستوک
Lc = لاکتوکوکوس
Lb = لاکتوباسیلوس

در این تابلو بعضی ویژگی های اصلی گونه ها نیز دیده می شود . بعضی گونه های عمومی باکتری لاکتیکی مزوفیل را اخیرا تغییر نام داده اند. مثلا نام لاکتوکوکوس را به جای استرپتوکوکوس به کار می برند . همچنین "استرپتوکوکوس لاکتیس کرموریس" و "دی استی لاکتیس" امروزه به نام های لاکتوکوکوس لاکتیس کرموریس و دی استی لاکتیس نامیده می شوند. تابلو نشان می دهد که استرپتوکوکوس دی استی لاکتیس و لوکونوستوک کرموریس می توانند اسید سیتریک را تجزیه کنند. محصولات این تخمیر دی اکسید کربن و دی استیل می باشند. دی اکسید کربن که به وسیله تخمیر اسید سیتریک و لاکتوز (همچنین لاکتات) تولید شده است، باعث تشکیل چشمک (حفرات سطح پنیر) در پنیر می گردد . در فصل ۱۴ در بحث عملیات لخته این موضوع شرح داده شده است .

دی اکسید کربن طعم ملایمی را در کشت های آغازگر لبنی یا مایه (Starter) (کشت مادر و کشت تلقیحی) و فراورده های تخمیری شیر ایجاد می نماید. دی استیل تولید شده ناشی از تخمیر اسید سیتریک ، سهم عمده ای را در ایجاد طعم در کشت آغازگر و فراورده های تخمیری شیر و کره دارد.

استرپتوکوکوس ترموفیلوس (گرما دوست) همان طوری که از نامش پیداست یک باکتری گرما دوست می باشد و اغلب در شیر پاستوریزه شده با روش HTST می تواند حضور داشته باشد، حرارت مطلوب این باکتری بین ۵۰-۴۰ درجه سانتیگراد بوده و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد زنده می ماند.

لاکتو باسیلوس هلوتیکوس (Lactobacillus helveticus) و لاکتو باسیلوس بلگاریکوس (Lb bulgaricus) مسئول عمل آوردن پنیر امنتال (Emmenthal) می باشند. آن ها را با همدیگر به شیر پنیر سازی به صورت کشت خالص همراه با استرپتوکوکوس ترموفیلوس اضافه می نمایند. فراورده های تخمیری شیر با لاکتو باسیلوس اسیدو فیلوس (L. acidophilus) و بیفیدو باکتریا (Bifidobacteria) به طور مجزا یا باهم تهیه می گردند. هر دو کشت قادرند از معده انسان به طور زنده عبور نمایند . در pH پایین (تقریبا ۲) معده این باکتری ها به صورت کلنی های زنده در دیواره دستگاه گوارش باقی می مانند. وجود این باکتری ها از رشد اشرشیاکولی و دیگر باکتری های نامطلوب در دستگاه گوارش جلوگیری کرده و از بروز اسهال پیشگیری می نماید.

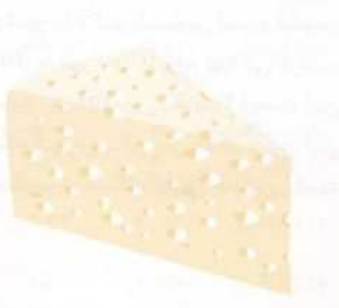
باکتری های کلیفرم

باکتری های کلیفرم ، بی هوازی اختیاری بوده و درجه حرارت مطلوب آن ها ۳۷-۳۰ درجه سانتیگراد می باشد.آن ها در دستگاه گوارش جانوران ، در خاک، در آب آلوده و گیاهان یافت می شوند. آن ها لاکتوز را باتخمیر به اسید لاکتیک و دیگر اسید های آلی ، دی اکسید کربن و هیدروژن تبدیل می نمایند و قادر به تجزیه پروتئین شیر می باشندکه در نتیجه باعث

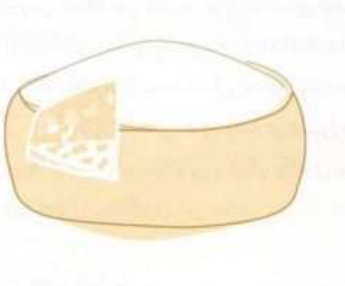
تغییر طعم و ایجاد بوی نامطبوع در آن می گردند. بعضی باکتری های این گروه مسبب التهاب پستان در دام می باشند.

باکتری کلیفرم در جریان ساخت پنیر مشکلات عدیده ای را پدید مـی آورد. عـلاوه بـر تغییر طعم آن ها مقدار معتنابهی گاز را که باعث تخریب بـافت در ابتـدای مراحـل پنـیر سـازی (بادکردگی زود رس پنیر) می گردد ، تولید می کننـد . شکل (۱۶-۴) . سـوخت و سـاز بـاکتری کلیفرم در pH کم تر از ۶ متوقف می گردد . به این دلیل آن ها در ابتدای مرحله تخمیر و قبـل از تجزیه کل لاکتوز بسیار فعالند.

باکتری کلیفرم در پاستوریزاسیون با روش HTST نابود می گردد. آن ها به طور معمول برای آزمایش کیفیت بهداشتی شیر به کار بـرده مـی شـوند. اگـر بـاکتری کلیفـرم درشـیر یـا در سیستم های لوله کشی پس از پاستوریزاسـیون یـافت شـود، نشـانه آلودگی ثانویـه بـوده و بـاید عملیات گندزدایی و ضد عفونی کردن با دقت بیشتری انجام پذیرد و اگر هیچ بـاکتری کلیفرمـی یافت نشود می توان گفت که تمیز کردن لوازم بـه طـور رضـایت بخشـی انجـام پذیرفتـه اسـت. آزمایش های دقیق تر از این قبیل را می توان با جستجوی گروه باکتری های "گرم" منفی نظـیر سودوموناس ها و کلیفرم ها ترتیب داد .



شکل ۱۵-۴ *دی اکسید کربن تولید شده طی تخمیر سیترات و لاکتوز(به وسیله باکتری های لاکتیکی) در لخته تولید چشمک در پنیر می نمایند.*



شکل ۱۶-۴ *باکتری های کلیفرم با تولید حجم های بالای گاز و ایجاد حالت تورم در بافت پنیر و طعم بد باعث بروز مشکلات جدی در ساخت پنیر می گردند.*

باکتری های اسید بوتریک

باکتری های اسید بوتریـک بـه طـور معمـول در طبیعـت پراکنـده مـی باشـند.آن هـا را می توان در خاک ، گیاهان ، کود و غیره یافت و به راحتی به داخل شیر راه می یـابند . سـیلوی نامناسب علوفه ، آلودگی با خاک و غیره ممکن است به طور وسیعی باعث پراکنده شـدن اسـپور باکتری اسید بوتریک در محیط کشته و درنتیجه شرایط مناسب جهت آلودگی شیر، توسط این ارگانیزم فراهم آید.

باکتری های اسید بوتریک میکرواورگانیزم های بی هوازی اسپورزا بوده و درجه حـرارت مطلوب آن ها ۳۷ درجه سانتیگراد می باشد .آن ها در شیر بخاطر وجود اکسیژن نمـی تواننـد بـه خوبی رشد نمایند، اما در پنیر بخاطر این که شرایط بی هوازی آن بر شرایط هـوازی، غـالب تـر است ، بهتر رشد می نمایند. اجزای پنیر در اولین روزهای پس از تولید متحمل تغییرهـای عمـده باکتریولوژیکی می گردد. میکروارگانیزم های غالب شروع به تجزیه قند می نمـایند و بـه تدریـج آن را به شکل لاکتات در می آورند. تبدیل قند (لاکتوز) به اسید لاکتیک در طـی تخمـیر انجـام شده و سپس به وسیله کلسیم و دیگـر مـواد معدنـی بـه کلسـیم لاکتـات تبدیـل شـده و خنثـی می گردد. اسـید بوتریـک در اولیـن هفتـه هـای پـس از سـاخت پنـیر بـه وسـیله بـاکتری هـای اسیدبوتریک تولید می شود. اگر تخمیر دیرتر انجـام پذیـرد بـاعث مـی شـود کـه بـاکتری اسـید بوتریک ، لاکتـات را تخمـیر نمـاید. ایـن تخمـیر بـاعث تولیـد مقدارزیـادی دی اکسـید کربـن ، هیدروژن و اسید بوتریک می گردد. پنیر در این حالت دارای بافت زبر و طعم تند و مـزه شـیرین خواهد شد. مزه شیرین بخاطر وجود اسیدبوتریک مـی باشـد. یـک راه تشـخیص ، بیـن حضـور کلستریدیوم بوتریکوم متحرک - که می تواند هر دو ماده لاکتوز و لاکتات را تخمیر نمـاید - بـا کلستریدیوم تیرو بوتریکوم (Clostridium tyrobutyricum) که فقط قادر به تخمیر لاکتـات (نمک اسید لاکتیک) و عامل تخمیر دیررس اسید بوتریک می باشد، این است که باکتری قبلی می تواند سبب هر دو تخمیر زودرس و دیررس اسید بوتریـک در پنـیر گـردد. هـر سـاله مقـادیر معتنابهی پنیر به وسیله تخمیر اسید بوتریک فاسد می گردند. این باکتری را نمی توان زمانی کـه به شکل اسپور مقاوم به حرارت مـی باشـد ، بـا عمـل پاستوریزاسـیون از بیـن بـرد . روش هـای مهندسی خاصی لازم است تا از تخمیر باکتری اسید بوتریک جلوگیری بعمل آیـد . یکـی از ایـن روش ها اضافه نمودن نمک پتاسیم (نیترات پتاسیم) به شیر پنیر سازی می باشد. این نمک اثـر جلوگیری کننده روی باکتری اسید بوتریک دارد. کاربرد این نـوع نمـک در بعضـی از کشـور هـا بخاطر احتمال سرطان زا بودن آن ممنوع است ، بـه عبـارت دیگـر بـاید تـلاش بیشـتری بـرای جلوگیری از فعالیت باکتری اسید بوتریک انجام پذیرد.

نمک معمولی (کلرید سدیم) اثر قوی در جلوگیری از رشد باکتری اسید بوتریک دارد. بـه این دلیل پنیری که به لخته آن نمک اضافه شده باشد تمایل کمی را به تخمیر اسید بوتریـک از خود نشان می دهد. نمک زدن نباید خیلی افراطی انجام گیرد زیرا از طرف دیگر خطر جلوگـیری از فعالیت باکتری اسید لاکتیک را که باید در پنیر فعال باقی بماند، ایجاد می کند.

اسپور باکتری اسید بوتریک نسبتا سنگین می باشد و امروزه بـا روش گریـز از مرکـز بـه وسیله دستگاه سانتریفوژ آن را از شیر پنیر سازی جدا می نمایند. ایـن روش بـه باکتوفوگاسـیون

ناخواسته به داخل شیر و فراورده های آن راه می یابند. یکی از مهم ترین آن ها سودوموناس فلوروسانس (Pseudomonas fluorescens) می باشد ،که به طور طبیعی در آب های آلوده و خاک وجود دارد. این باکتری آنزیم لیپاز و پروتئاز بسیار مقاوم به حرارت را تولید می نماید، که وجود آن ها در کره بسیار نامطلوب می باشد. آلودگی به این باکتری معمولا از طریق آب شستشو با کیفیت بهداشتی پایین صورت می پذیرد. باکتری جنس سودوموناس به طور عمومی "گرم" منفی بوده ودر زمان نگهداری شیر در دمای پایین به صورت آلودگی ثانویه آن راآلوده می سازد.

صرف نظر از لیپاز بعضی باکتری های مولد گندیدگی یک نوع آنزیم شبیه مایه پنیر (Rennet like enzyme) تولید می نمایند که می تواند باعث انعقاد شیر بدون ترش کردن آن گردد (لخته شیرین) . این نوع آلودگی گاهی به صورت بسیار شدید در فصول تابستان و پاییز درشیر دیده می شود (که در این حالت شیرخود به خود لخته می گردد).

کلستریدیوم اسپوروژنز باکتری مولد گاز ، متحرک ، اسپور زا ، بی هوازی می باشد که درعلوفه تخمیری، آب ، خاک و دستگاه گوارش حیوانات یافت می شود . شیر به آسانی به این باکتری یا اسپور آن آلوده می گردد. این باکتری می تواند در شرایط بی هوازی در پنیر رشد نماید وگاهی در پنیر پروسس تخمیر به همراه فساد بسیارشدیدی را ایجاد می نماید.

قارچ

قارچ ها (Fungi) گروهی از میکروارگانیزم ها هستند که به طور فراوان در طبیعت (گیاهان ، جانوران و انسان) یافت می شوند.گونه های متفاوتی از قارچ ها از نظر ساختمانی و روش های تکثیر وجود دارند. قارچ ها ممکن است گرد ،تخم مرغی یا رشته مانند، باشند . انواع رشته مانند، ممکن است، به صورت توده توری شکل قابل مشاهده با چشم غیر مسلح در آیند . (به طور نمونه در کپک روی غذا) . قارچ ها را به دو دسته مخمر ها(Yeasts) و کپک ها (Moulds) تقسیم می نمایند.

مخمر ها

مخمر ها موجوداتی تک سلولی هستندکه به شکل های کروی ، بیضوی یا استوانه ای دیده می شوند. اندازه آن ها به طور قابل توجهی متغیر است مثلا مخمر آبجو "ساکارومیسیس سرویزیه (Saccharomyces cerevisiae) به قطر ۸-۲ میکرو متر(میکرون) و به طول ۱۵-۳ میکرون می باشد. بزرگی بعضی از گونه های مخمر ها ممکن است به ۱۰۰میکرون برسد.

(Bactofugation) - که بعدا شرح داده خواهد شد- معروف است. این روش به طور نسبتا وسیعی در کشورهایی که قبلا نمک پتاسیم در پنیر سازی مصرف می نمودند، جایگزین گشته است.

از روش های دیگری که اخیرا برای کاهش تعداد باکتری های شیر متداول شده روش میکروفیلتراسیون (Microfiltration) می باشد که در فصل ۶/۴ و۸ شرح داده شده است.

باکتری های اسید پرو پیونیک

باکتری های اسید پروپیونیک گونه های مختلفی را در بر دارند. آن ها اسپور ندارند ، ودرجه حرارت مطلوب آن ها ۳۰ درجه سانتیگراد می باشد. چندین گونه آن ها در پاستوریزاسیون HTST زنده باقی می مانند. آن ها لاکتات را به اسید پروپیونیک ، دی اکسید کربن و فراورده های جانبی دیگر تخمیر می نمایند. کشت خالص این باکتری ها (همراه انواع مشخصی از لاکتو باسیل و لاکتوکوکسی) برای ساخت پنیر های امتال (Emmenthal) ، گرویر (Gruyere) ، جارزبورگ (Jarlsberg) ، گریو (Greve) و ماسدام (Maasdam) بمنظور ایجاد" چشمک پنیر" و طعم ویژه به کار برده می شوند.

باکتری های اسید بوتریک که باعث تخریب ساختمان پنیر می گردند.
*** کلستریدیوم تیروبوتریکوم**
*** کلستریدیوم بوتریکوم**

باکتری های مولد فساد(گندیدگی):
بروی باکتریوم (مفید)
سودو موناس فلورسانس (آسیب رسان)
کلستریدیوم اسپوروژنز (آسیب رسان)

باکتری های مولد گندیدگی

این باکتری ها آنزیم های تجزیه کننده پروتئین، ترشح می نمایند و می توانند پروتئین را تا حد آمونیاک تجزیه نمایند. این نوع تجزیه را گندیدگی (Putrefaction) می نامند. بعضی از انواع آن ها در صنایع لبنی مفید بوده اما اغلب ، حضور آن ها مشکل آفرین می باشد.

در این دسته از باکتری ها گونه های متفاوتی به شکل باسیل یا کوکسی قرار دارند و می توانند به صورت هوازی یا بی هوازی فعالیت نمایند . آن ها از طریق کود ، علوفه و آب ، شیر را آلوده می سازد. تعدادی از آن هاآنزیم لیپاز تولید می نمایندکه می توانند چربی را تجزیه نماید. "بروی باکتریوم" (Brevibacterium linens) یک باکتری مولد گندیدگی بوده و یک لایه قرمز مایل به زرد - یا زرد چرک - (Yellowish-red) در روی پنیر ایجاد می نماید . درمراحل رسیدن پنیر های "پورت سالوت " (Port Salute) این باکتری در سطح پنیر، پروتئین ها را تجزیه نموده و باعث تولید رایحه مطبوع می گردد. این باکتری برخلاف دیگر

آن ها حاوی سیتوپلاسم و هسته شفاف قابل تشخیص هستند و محتویات هسته به وسیله غشاء هسته احاطه شده اند، شکل (۱۷-۴) . سلول به وسیله دیواره و غشاء تراوایی - برای ورود مواد غذایی از خارج سلول و خروج مواد دفعی از داخل سلول - احاطه شده است. همچنین در داخل مخمر واکئول ها (Vacuole) دیده می شوند که برای ذخیره مواد غذایی و یا تجمع مواد دفعی تاز مان خروج از سلول به کار می آیند. از اجزای دیگر داخل سیتوپلاسم میتوکندری ها می باشند که انرژی لازم را برای رشدو تکثیر سلول فراهم می آورند.گویچه چربی ، ذرات کربوهیدرات و ریبوزوم هانیز در سیتوپلاسم مخمر ها دیده می شوند.

تولید مثل مخمر

مخمر ها ، معمولا بطریقه جوانه زدن تکثیر می یابند، شکل (۱۸-۴) . هر چند ممکن است ، روش های دیگر تکثیر نیز در آن ها مشاهده گردد. جوانه زدن یک فرایند تولید مثل غیر جنسی می باشد. در این فرایند ابتدا یک جوانه کوچک در دیواره سلول مادر پدید می آید و بخشی از سیتوپلاسم سلول مادر از طریق مسیر باریک ارتباطی به داخل آن منتقل می شود . سرانجام پس از مدتی مسیر جوانه بسته شده و ارتباط آن با سلول مادر به وسیله دیواره دو لایه مسدود می گردد. سلول جدید همیشه نمی تواند از سلول والد خود جدا گردد و ممکن است پیوسته و به طور چسبیده به آن باقی مانده و خود جوانه جدیدی را تولید نماید واین عمل ادامه یابد. در نتیجه یک توده بزرگ از سلول به هم چسبیده ساخته می شود.

بعضی انواع مخمر ها به طور جنسی تولید مثل می نمایند ، شکل (۱۹-۴) . برای این کار آن ها اسپور ، آسکوسپور (Ascospores) و بازیدوسپور (Basidospores) را - نباید با اسپور باکتری ها اشتباه گردد- تشکیل می دهند. در این حالت دو سلول باهم ترکیب شده و هسته های آن ها نیز درهم ادغام می گردد . در ادامه مواد هسته ای هشت "آسکوسپور" را در داخل سلول تولید می نمایندکه هرکدام حاوی مقداری DNA بوده و پس از بلوغ با پاره شدن سلول های والد در طبیعت، آزاد شده و به طریقه جوانه زدن مانند یک سلول جدید به صورت غیر جنسی تولید مثل می نمایند.

شرایط رشد مخمر

تغذیه

مخمر هاهمان احتیاجات غذایی دیگر موجودات زنده را دارند. مانند باکتری هاآن ها هم یک سیستم آنزیمی درون ریز و برون ریز را دارا هستند که برای شکستن مولکول های بزرگ مواد غذایی از آن استفاده می نمایند .

رطوبت

مخمرها برای ادامه حیات مانند باکتری ها باید به آب دسترسی داشته باشند. اما میزان احتیاج آن ها به آب کم تر از باکتری ها می باشد. بعضی از انواع مخمر ها می توانند در محیطی که آب بسیار کمی را همراه دارد مانند عسل و مربا رشد نمایند. این بدان معنی است که آن ها می توانند فشار اسمزی بالایی را تحمل نمایند.

اسیدیته

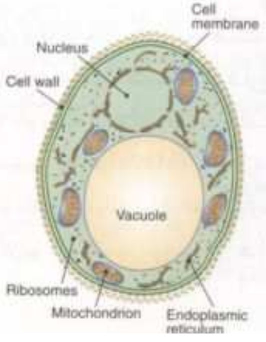
مخمر ها درمحدوده pH بین ۷/۵ - ۳ رشد می نمایند و pH مناسب آن ها معمولا ۵-۴/۵ می باشد.

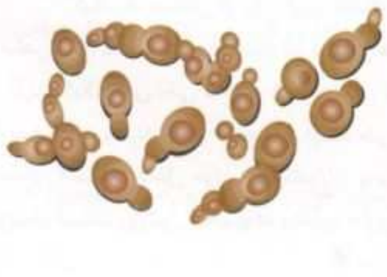
درجه حرارت

مخمر ها ، معمولا، نمی توانند در دمای پایین تر از درجه انجماد آب و یا بالا تر از ۷۴ درجه سانتیگراد رشد نمایند. درجه حرارت مطلوب آن ها ۳۰-۲۵ درجه سانتیگراد می باشد. سلول های در حال رشد در دمای ۵۸-۵۲ درجه سانتیگراد ، به مدت ۱۰- ۵ دقیقه از بین می روند. اسپور ها (آسکوسپور) مقاومت بیشتری دارند اما آن ها نیز در دمای ۶۲-۶۰ درجه سانتیگراد در عرض چند دقیقه نابود می گردند.

اکسیژن

مخمر ها توانایی رشد را در حضور یا غیاب اکسیژن جو ، دارند. یعنی بی هوازی اختیاری هستند. در غیاب اکسیژن مخمر ها قند رابه الکل و آب و در حضور اکسیژن آن را به "دی اکسید کربن" و آب تجزیه می نمایند. مخمر ها با بودن اکسیژن رشد سریع تری دارند.


شکل ۱۷-۴ ساختمان سلول مخمر


شکل ۱۸-۴ جوانه سلول مخمر

دسته بندی مخمرها

مخمر ها را به سه گروه ، بر اساس توانایی تشکیل اسپور (آسکوسپور و بازیدوسپور) تقسیم بندی می نمایند. گونه هایی که تشکیل اسپورمی دهند به گروه های اسکومیست (Ascomycetes) و بازیدو میست (Basidomycetes) تعلق دارند و آن هایی که اسپور تولید نمی نمایند و به وسیله جوانه زدن تکثیر می شوند به گروه قارچ های ناقص (Fungi imperfecti) تعلق دارند.

مخمرهای مهم

بطور کلی وجود مخمر ها ، در صنایع لبنی نامطلوب می باشد. تنهایک استثناً در تولید کفیر (Kefir) – نوعی محصول تخمیری از کشور روسیه– وجود دارد . این محصول در اثر تخمیر مخلوطی از مخمر و باکتری اسید لاکتیک، که به شکل دانه های متراکم می باشند، ساخته می شود. مخمرها در صنایع لبنی نامطلوب هستند، زیرا آن هاباعث بروز مشکلات جدی مانند کندی در کشت فراورده هایی مانند پنیر و کره می گردند. ولی در آبجو سازی ، تولید شراب، مخمر نانوایی و صنایع تقطیری وجودآن ها بسیار با ارزش است .

قارچ ها را به دو دسته تقسیم می نمایند
*** مخمر ها**
*** کپک ها**

مخمر در محیط اسیدی بهتر رشد می نماید

عامل های مهم در رشد مخمر
*** مواد غذایی * رطوبت**
*** اسیدیته * دما * اکسیژن**

مخمر باعث بروز عیوب در پنیر و کره می گردد

کپک ها

کپک ها مشتمل بر یک گروه ناهمگون چند سلولی و قارچ های نخ مانند، هستند که در ظاهر خیلی به هم شباهت داشته اما در واقع هرکدام از آن ها به گروه متفاوتی از قارچ تعلق دارند. کپک های نخی شکل ، شامل ردیفی از سلول هابه نام ریسه (Hyphae) می باشند. توده ریسه که به وسیله چشم غیر مسلح دیده می شود، میسیلیوم (Mycelium) نام دارد. ریسه ممکن است، در داخل خود ، بین انشعابات و بین سلول ها دارای دیواره یا فاقد دیواره باشد. ریسه، قسمت رویشی کپک بوده و اغلب حاوی رنگدانه و آنزیم می باشد . وجود آن ها درغذا باعث افت کیفی می گردد، شکل(۲۰–۴) . رشد کلنی کپک بازدیادو گسترش ریسه ومیسیلیوم به اطراف همراه است.

تولید مثل در کپک ها

کپک ها به وسیله اسپور، در شکل های گوناگون تولید مثل می نمایند. تولید مثل جنسی وغیر جنسی ممکن است در یک گونه باهم روی دهد. اسپور معمولا دارای دیواره ضخیم بوده و به خشکی و دما بسیارمقاوم می باشد. کپک می تواند درشکل اسپور برای مدت های طولانی زنده بماند. تولید مثل غیرجنسی کپک ، کونیدی (Conidia) – عمومی ترین روش تکثیر کپک ها – می باشد ، شکل (۲۱–۴) . این نوع از اسپور ها بسیار کوچک و سبک بوده و به وسیله باد جا به جا می شوند و به این شکل اسپور کپک ها در همه جا پخش می گردد.

سوخت وساز درکپک ها

سوخت وساز در کپک ها ، به همان شکل باکتری ها ومخمر ها انجام می پذیرد. آن ها نیز مجهز به سیستم آنزیمی می باشند که برای تجزیه مواد گوناگون به کار می آیند . از دیدگاه صنایع لبنی عمل کپک ها برروی چربی و پروتئین گاهی اوقات مطلوب می باشد. رشد میسیلیوم کپک در شکل (۲۲–۴) نشان داده شده است.

اثر عامل های خارجی در روی رشد کپک

رطوبت

کپک ها در روی مواد با رطوبت بسیار پایین قادر به رشد می باشند، آن ها می توانند رطوبت مورد نیاز را از هوا جذب نمایند.

فعالیت آبی

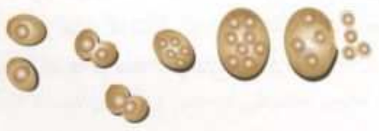
کپک ها " فعالیت آبی" کم را نسبت به باکتری ها بهترتحمل می نمایند. بعضی از انواع آن ها قادرند درموادی با غلظت های زیاد قند و نمک با فشار اسمزی بالا مثل انواع مرباجات و شیر غلیظ شده شیرین ، رشد وتکثیر نمایند .

اکسیژن

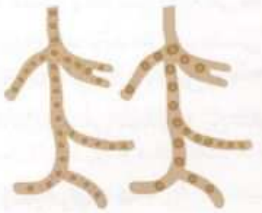
کپک ها به طور طبیعی هوازی بوده و برای تولید کونیدی و رشد میسیلیوم ها به اکسیژن نیاز مندند.

درجه حرارت

درجه حرارت مطلوب رشد برای اغلب کپک ها ۳۰-۲۰ درجه سانتیگراد می باشد.

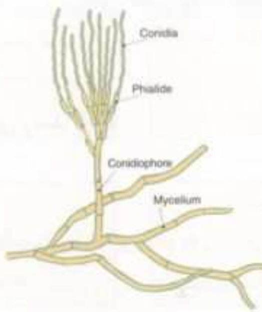


شکل ۱۹-۴ *تکثیر جنسی مخمر*



شکل ۲۰-۴ *بسته به گروه ریسه کپک ها با دیواره عرضی یا بدون آن دیده می شود.*

شکل ۲۱-۴ *میسلیوم پنی سیلین با کونیدی فور که زنجیره کونیدی را ایجاد می نماید.*



اسیدیته

انواع گونه های کپک می توانند در محیط با مقدار pH بین ۸/۵-۳ رشد نمایند. اما آن ها محیط اسیدی مانند: پنیر، ماست ، میوه ها و آب میوه جات را ترجیح می دهند.

کپک های مهم در صنایع لبنی

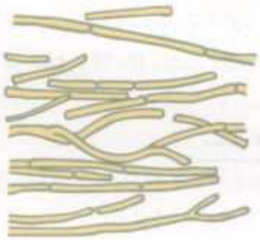
کپک ها نیز مثل مخمر ها در دمای پاستوریزاسیون ۷۴-۷۲ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵-۱۰ ثانیه از بین می روند. حضور ناخواسته آن ها نشانه آلودگی ثانویه می باشد. خانواده های متفاوتی از کپک ها وجود دارند. بعضی گروه ها مثل پنی سیلیوم (Penicillium) و کپک شیر، ژئوتریکوم کاندیدوم (Geotrichum candidum) در صنایع لبنی اهمیت دارند.

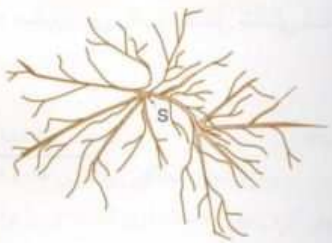
پنی سیلیوم

جنس پنی سیلیوم ، از معمولی ترین کپک ها می باشد. ریسه تولید کننده اسپور این خانواده در نوک دارای شاخه های منشعب بوده و به شکل برس موی سر دیده می شود. کپک سبز که به طور گسترده ای در طبیعت پراکنده می باشد، به این خانواده تعلق دارد. بعضی گونه های پنی سیلیوم نقش مهمی را در فرایند لبنی برعهده دارند ، آن ها می توانند با قدرت زیاد چربی و پروتئین را به اجزاء سازنده خود تجزیه نمایند . کپک ها عامل اصلی "رسیدن" پنیرهای رگه آبی (Blue cheese) ، کامبرت (Camembert) و... می باشند. کپک "پنیررگه آبی" را پنی سیلیوم روکفورتی (P. Roqueforti) و کپک پنیر کامبرت را پنی سیلیوم کامبرتی (P. Camemberti) می نامند ، شکل (۲۱-۴) .

شکل ۲۲-۴ *رشد میسلیوم کپک در محیط مالت آگار از یک اسپور (S) ، یک روز پس از کشت در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد*

شکل ۲۳-۴ *شکل کپک ژئوتریکوم کاندیدوم*





کپک شیر

کپک شیر (Geotrichum candidum) ، حد واسطی بین کپک و مخمر می باشد. تولید مثل در این کپک ها همانند مخمر ها بوده و قسمت خارجی ریسه بدون گره بوده و مانند جوانه عمل می نماید. ساختمان آن در شکل (۲۳-۴) ، نشان داده شده است. این کپک روی سطح شیر کشت داده شده را به شکل یک لایه نازک سفید مخملی پوشش می دهد. این کپک را برای رسانیدن دو دسته از پنیر های نیمه نرم و نرم به کار می برند. همچنین آن ها باعث ایجاد تندی در کره می گردند. این کپک ممکن است با حضور در سطح پنیر و کره سبب تغییر رنگ و تغییر طعم گردد. برای جلوگیری از ورود ناخواسته این کپک در صنایع لبنی تمهیدات

بالای بهداشتی لازم است . به طور مثال باید کف ، دیوار هاو درزها با دقت بسیار زیاد تمیز شود تا احتمال قرار گرفتن کپک در روی آن ها وجود نداشته باشد.

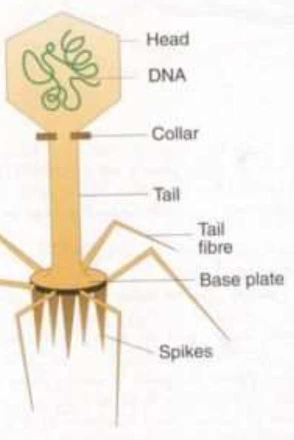
باکتریو فاژ ها

تورت (Twort) ، دانشمند انگلیسی در سال ۱۹۱۵ مشاهده نمود که در بعضی کشت های استافیلوکوک عاملی باعث انهدام ونابودی میکروارگانیزم ها می گردد. دو سال بعد هیرل (D. Herelle) دانشمند کانادایی همان مشاهدات را ملاحظه و فرض نمود که عامل های غیر قابل دیدن ، باکتری هارا می خورند. او آن ها را باکتریوفاژ (Bacteriophage) نامید. (فاژ در لغت یونانی به معنی خوردن است) باکتریو فاژ ها در حقیقت ویروس یعنی انگل باکتری می باشند. آن ها بسیار سمج بوده ، اما نمی توانند خارج از سلول رشد و تولید مثل نمایند. از دیگر ویژگی های آن ها ، اختصاصی بودن ، برای گونه های خاص باکتری ها می باشد، یعنی هر نوع فاژ فقط گونه خاصی از باکتری را آلوده می سازد .

ساختمان باکتریوفاژ ها

باکتریو فاژ ها ، یا فاژ ، را فقط می توان به وسیله میکروسکوپ الکترونی مشاهده نمود. فاژ ها یک سر و یک دم دارند. اندازه آن ها ۰/۳-۰/۰۳ میکرون می باشد. شکل نقاشی شده آن ها در شکل (۲۴-۴) ، نشان داده شده است.

شکل ۲۴-۴ *شکل نقاشی شده فاژ*

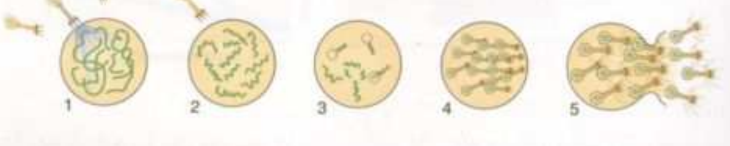


تولید مثل فاژ ها

فاژ ها، فقط بر علیه باکتری ها وارد عمل می گردند. معمولا سلول های جوان و فعال در حال رشد، به آن آلوده می شوند و فاژ در داخل آن هاتکثیر می یابد . متعاقب این آلودگی باکتری ها متلاشی شده و در نتیجه ۱۰ تا۲۰۰ فاژ از داخل هر باکتری به بیرون رها می گردد که می تواند باکتری های دیگر را مورد حمله قرار دهند. این روند درشکل (۲۵-۴) نشان داده شده است .

فاژ ابتداروی سطح میزبان خود قرار می گیرد (۱) ، مولکول DNA خود را به داخل سلول میزبان تزریق می کند ، سپس با فریب واحد سازنده پروتئین باکتری ، سلول (باکتری) شروع به ساختن DNA فاژ می نماید، (۳و۲). فاژ های جدید در داخل سلول باکتری قرار می گیرند (۴)، سرانجام سلول را تحلیل برده (۵) و فاژ های کامل شده، آزاد می گردند.

شکل ۲۵-۴ *نمای شماتیک تکثیر باکتریوفاژ ها*



نتیجه:

وجود انواع گوناگون باکتری ها، مخمر ها و کپک ها و فعالیت های متفاوت آن ها در روی کره زمین اهمیت فوق العاده ای را برای ادامه حیات و انسانها در بر دارند.

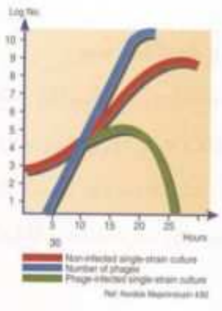
میکروارگانیزم های موجود در خاک و آب با تغییر وتجزیه منابع مواد آلی ، آن ها را برای جذب گیاهان مناسب می نمایند . میکروارگانیزم ها همچنین به طور غیر مستقیم برای جانوران و انسان خدمات شایانی را انجام می دهند.

انسان فواید مستقیمی را ازمیکروارگانیزم ها می برد. برای مثال از میکروارگانیزم های اسید لاکتیک برای تخمیر علوفه سیلو شده جهت تعلیف دام های اهلی استفاده می نماید. از همین عمل برای تهیه غذاهایی ، مانند کلم تخمیری (Sauerkraut) و زیتون سبزتخمیری و خیار تخمیری استفاده می شود.

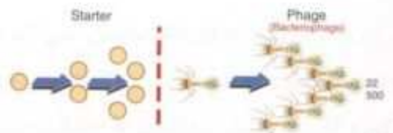
درجه اول اهمیت میکرو ارگانیزم ها در صنایع لبنی تولید فراورده هایی مانند ماست ، پنیر و کره تخمیری می باشند. انتخاب نوع درست از میکروارگانیزم ها ، یک عامل مهم در بحداعلی رساندن کیفیت این فراورده ها می باشد.

ایجاد می نماید ولی یک باکتریوفاژ در همـان مـدت جمعا ۲۲۵۰۰ فـاژ تولیـد مـی کنـد، شـکل (۲۸-۴) . بنابراین تعجب آور نخواهد بود که منحنـی رشدکشـت آغـازگر آلـوده بـه فـاژ بـه طـور ناگهانی سقوط نماید ، شکل (۲۷-۴) .

شکل ۲۷-۴ *منحنی رشد استارتر و فاژ و تاثیر آلودگی فاژ در روی رشد استارتر*



شکل ۲۸-۴ *مقایسه بین سرعت تکثیر باکتری و فاژ*

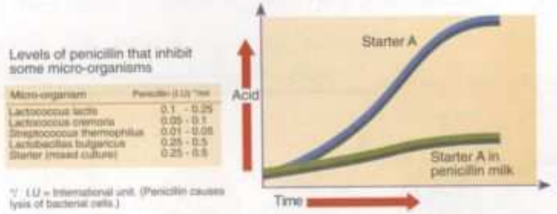


حذف کل میکروارگانیزم هایی که بعضـی ازانـواع بیمـاری زای آن هـا ، از بـزرگ تریـن دشمنان بشریت می باشند یک خیال نشدنی است . هرچند این واقعیت وجود دارد که تعداد انواع میکروب های بیماری زا در مقابل انواع بی خطر یا مفید آن بسیارکم تر می باشـند ، امـا معمـولا اثرات میکروارگانیزم هـای بیمـاری زا در اجتمـاع، بعلـت ایجـاد بیمـاری در انسـان و دام و گیـاه آشکارتر می باشد .

در تمام دنیا دولت ها قوانینی را گذارده اند که بر اسـاس آن فـراورده هـای لبنـی، بـرای مصرف ، باید پاستوریزه گردند. پاستوریزاسیون یک نوع فرایند حرارتی با تلفیقـی از دمـا و زمـان (۷۲ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰-۱۵ ثانیه) است که می تواند تمام باکتری هـای بیمـاری زا را در شیر نابود سازد. متعاقب آن باید مراقبت های لازم جهت جلـو گـیری از آلودگـی ثانویـه شـیر بعمل آید تا از انتقال بیماری ها از طریق شیر آلوده به مصرف کننده جلوگیری شود.

میکرو ارگانیزم هایی که برای تولید فراورده های لبنی اسـتفاده مـی شـوند ، عمومـا بـه وسیله شرکت هایی که فعالیت آن ها بـه طـور اختصـاصی تولیـد و تکثیـر میکروارگـانیزم هـا در شرایط کنترل شده بهداشتی است انجام می پذیرد. این میکروارگـانیزم هـارا "آغـازگر" (Starter) می نامند. مثلا یک کشت آغازگر مخلوطی از ارگانیزم هایی است که می توانند با تخمیر لاکتـوز شیر، اسید لاکتیک تولید نمایند. حفظ کیفیـت بـاکتری هـای آغـازگر (استارتر) فقـط بـا رعـایت استانداردهای بسیار بالای بهداشتی در تمام مراحل زنجیره تولید امکان پذیر است .

شکل ۲۶-۴ *اثرات پنی سیلین در شیر و تولید اسید*



یک نکته مهم و قابل یاد آوری، وجود باقیمانده آنتی بیوتیکـی ناشـی از درمـان التهـاب پستان گاو ، در شیر است که معمولا از پنی سیلین برای این کار استفاده می گردد. علـیرغم ایـن که توصیه می شود که شیر دام در حال درمان با آنتی بیوتیک نباید به کارخانه ارسـال شـود، امـا ممکن است مقدار معتنابهی از انواع آنتی بیوتیک ها درشـیر موجـود در مخـازن یافتـه شـود کـه مسبب توقف یا تاخیر در فعالیت باکتری آغازگر(استارتر) می گردند. همچنین این مشکل ممکـن است خطر بسیار جدی در مورد کودکان مصرف کننده شیرآلوده به آنتی بیوتیک ایجاد نماید، زیرا اگرآن ها افراد بسیار حساس به پنی سیلین باشند ، مصرف شیر آلوده به باقیمانده آنتـی بیوتیکـی موجب واکنشهای شدید در دستگاه گوارش و سیستم حساسیتی آنان می گردد. در شکل (۲۶-۴) تاثیر یک مقدار ناچیز از باقیمانده پنی سیلین را در روند کشت آغازگر نشان می دهد.

شیر خام معمولا آلوده به باکتریو فاژ می باشد. بنابراین باید شیری که برای تهیـه کشـت آغازگر به کار می رود، باید شـیر پـس چـرخ (اسـکیم) حـرارت داده شـده در دمـای ۹۰ درجـه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه - بمنظور غیر فعال نمودن باکتریو فاژ ها - باشد. در شکل (۲۷-۴) تاثیر شیر آلوده به فاژ را که به عنوان محیط کشت باکتری آغاز گر استفاده شده نشان می دهـد . در یک واحد زمانی یک باکتری سالم (غیر آلوده) به وسیله دو بارتقسیم شدن چهار باکتری جدید

فصل پنجم

جمع آوری و دریافت شیر

شیراز دامداری ها یا مراکز جمع آوری، برای فرایند به کارخانه منتقل می گردد. روش های مختلف جمع آوری شیر سال ها قدمت دارد . جمع آوری از ۳-۲ لیتر شیر درداخل ظروف ساخته شده از پوست کدو وکوزه گلی شروع شده واکنون به مخازن مدرن مجهزبه سیستم های سردکننده با قابلیت جمع آوری هزاران لیتر شیر منتهی گشته است.

سابقاکارخانه های شیر، کوچک بودند و جمع آوری بـه دامداری هـای کوچک اطراف کارخانه محدود مـی گردید، بـا توجه بـه جمع آوری روزانه شیر و کوتاهی فاصلـه هـا، بـا به کارگیری حداقل روش های سرد کردن ، میکروارگانیزم های موجود درشیر را ، تحت کنترل درمی آمد.

امروزه روند پیشرفت، بسوی احداث واحد های بزرگ کارخانه فرایندکننده شیر قـرار دارد. درخواست روز افزون برای فراورده های لبنی ، لزوم افزایـش تولید را بدون کـاهش در کیفیت طلب می کند و این در حالی است که شیر ، باید از راه های دورتر بـه کارخانـه هـا، آورده شـود ، بنابراین جمع آوری روزانه به علت بعد مسـافت زیـر سوال قـرار مـی گیرد. امـروزه جمـع آوری معمولا یک روز در میان انجام می شود. اما ممکن است فاصله های زمانی بین دو جمع آوری سه یا چهار روزه باشد.

سرد نگه داشتن شیر

شیر باید بلافاصله پس از دوشیدن تا ۴ درجه سانتیگراد سرد شده و تا زمـان تحویـل بـه کارخانه در همین درجه حرارت باقی بماند.

اگر زنجیره سرما در هر نقطه از این مسیر، مثلا درحد فاصل انتقال شـیر از دامـداری بـه کارخانه شکسته شـود ، میکرواورگـانیزم هـای موجـود در شـیر شـروع بـه ازدیـاد نمـوده و مـواد متابولیکی و آنزیم های مختلف در شیر ترشح می نمایند . هر چند سرد کردن مجددباعث توقف این روند خواهد شد، اما آسیب معمولا واقع شده است . زیرا تعداد باکتری هـای موجـود در شـیر افزایش یافته و مواد ترشح شده به وسیله آنها از کیفیت محصول نهایی خواهد کاست.

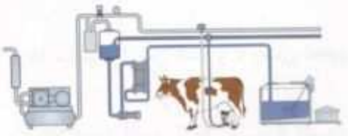
مقدمه ای برطراحی دامداری های تولید کننده شیر

اولین هدف در دامداری هـای تولیدکننـده شـیر بـاید حفـظ کیفیـت شـیر باشـد. در ایـن خصوص باید شرایط شیر دوشی تاحد ممکن بهداشتی بوده و سیستم شیر دوشی از اختـلاط هـوا با شیر جلوگیری نماید. تجهیزات سرماساز بـاید بـا ابعـاد مناسـب و متناسـب بـا حجـم تولیـد در دسترس قرار داشته باشند .

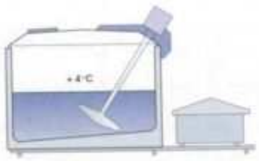
برای حصول به شرایط بهداشتی بالا ، معمولا در دامـداری یـک اتـاق مخصـوص بـرای نگهداری شیر سرد شده وجود دارد. استفاده از مخازن بـزرگ ذخیره ، بـرای ایـن منظـور بسـیار متداول است ، شکل (۲-۵) . ظرفیت این مخازن ۲۵۰ تا ۱۰۰۰۰ لیتر بوده و در داخـل آنهـا یـک همزن و تجهیزات سرما ساز تعبیه شده است. سیستم باید بتواند تمام شیر موجود در مخـزن راتـا ۲ ساعت پس از در یافت، از واحد شیر دوشی، تا زیر ۴ درجه سانتیگراد سرد نماید .

در دامداری های بزرگ که تولید شیر آنها زیـاد مـی باشـد ، اغلـب ، سـرد کننـده هـای مجزایی در مسیر دریافت شیر قرار می دهند، تـا شـیر را قبـل از ورود بـه مخـزن ذخـیره ، سـرد نمایند، شکل (۱-۵) . این عمل باعث می شود که از اختلاط شیر گرم تازه از گاو دوشیده شـده ، با شیر از قبل سرد شده موجود در مخزن جلوگیری بعمل آید.

اتاق شیر باید مجهز به ملزومات تمیزسـازی و ضـد عفونـی کننـده لـوازم کـار ، سیسـتم لوله کشی و مخزن سرد کننده باشد.



شکل ۱-۵ شیر از مرحله دوشیدن تارسیدن به مخزن ذخیره مسیر بسته ای را طی می نماید



شکل ۲-۵ مخزن ذخیره شـیر با همزن و واحد سرمازا

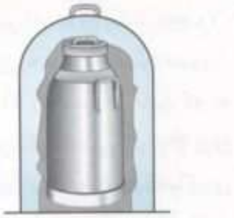
تحویل شیر به کارخانه

شیر خام در داخل بیدون ها (Churns) و یا به وسیله مخازن نصب شده روی کامیون (تانکر) به کارخانه وارد می گردد. این مخازن شبیه مخازن سرد کننده داخل دامداری می باشند. لازمه هر دو روش حفظ زنجیره سرما در شیر و جلوگیری از ورود هوا و ملایمت در شرایط انتقال تاسر حد ممکن می باشد. برای نمونه بیدون و یا مخزن حامل شیر برای جلوگیری از ایجاد تلاطم شدید (Sloshing) باید بخوبی پر شده باشند.

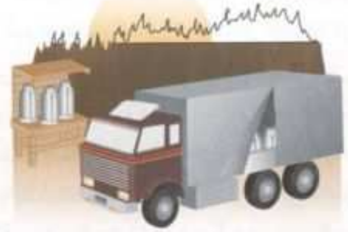
جمع آوری شیر در بیدون

شیر به وسیله ظروف فلزی مخصوصی (بیدون) باظرفیت ۵۰-۳۰ لیتری از دامداری ها به کارخانه انتقال می یابد. دامداران روزانه این ظروف را برای حمل به کارخانه آماده می نمایند. برای این کار آنها را به محل تردد ماشین حمل کننده ، در کنار جاده انتقال می دهند . این کار باید درست قبل از، ازراه رسیدن ماشین حمل کننده (وانت) انجام پذیرد . بیدو ن ها راباید به وسیله کرباس ضد آب یاهر نوع روکش دیگر ، از نور خورشید محافظت نمود ، شکل (۴-۵) و یا حتی بهتر است از یک روکش پلی استایرن (Polystyrene) که برای این نوع ظروف طراحی شده است استفاده گردد ، شکل (۳-۵).

شکل ۳-۵ *پوشش پلی استایرن برای ایزوله سازی بیدون حاوی شیر از گرما و سرما*



شکل ۴-۵ *بیدون حمل کننده شیر*



در مناطقی که واحد های تولید کننده شیر به طور پراکنده و دور ازهم قرار دارند و دسترسی به جاده مناسب و آب و برق وجود ندارد و یا به علت کمی مقدار تولید شیر توجیه اقتصادی احداث سیستم های سرد کننده در نقاط دور از دسترس ، وجود ندارد باید حتما یک مرکز جمع آوری شیر تاسیس گردد. این مراکزباید منطبق بر نیاز ها و از طریق مختلف سازماندهی شوند . دامداران این نواحی چندین راه در پیش روی دارند. یکی اینکه شیر سرد نشده در داخل بیدون یا سردشده در مخازن ایزوله را در ساعات بخصوصی به محل تلاقی جاده اصلی حمل نموده و مستقیما به تانکر حمل شیر تحویل نمایند و یا شیر سرد نشده را به ایستگاههای جمع آوری شیر که مجهز به شیر سردکن می باشند ، انتقال دهند، شکل (۵-۵) . راه دیگر این است که دامداری های کوچک شیر تولیدی خود را به دامداری های بزرگ واقع در همسایگی خود بفرستند.

کامیونت حمل کننده بیدون ها باید با دقت و از روی برنامه همیشه در ساعات بخصوصی به محل های جمع آوری برسد. پس از بارگیری باید روی کامیونت با یک روکش کرباس ضد آب برای حفاظت از تابش نور خورشید و گردو غبار پوشیده شود. هر دامداری معمولا یک کد یا شماره مخصوص دارد که در روی بیدون های خود حک می نماید. این شماره در کارخانه برای محاسبه مقدار پولی که باید به دامدار پرداخت شود به کار می رود.

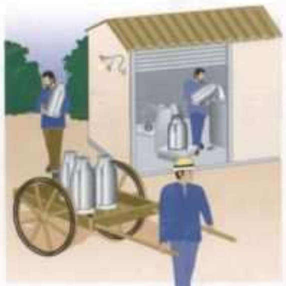
شیرگاو های بیمار نباید همراه با شیر های سالم به کارخانه فرستاده شود. شیر دام در حال درمان با آنتی بیوتیک باید به طور جداگانه از دیگر شیر ها جمع آوری و نگهداری گردد. این چنین شیری نباید برای تولید فراورده هایی مانند پنیر و کره که در آنها کشت میکروبی انجام می شود، به کار گرفته شود. زیراکه آنتی بیوتیک باعث مرگ باکتری ها خواهد شد. وجود بسیار کم آنتی بیوتیک می تواند مقادیر زیادی از شیر را نامطلوب و غیر قابل مصرف سازد.

جمع آوری شیر در مخزن

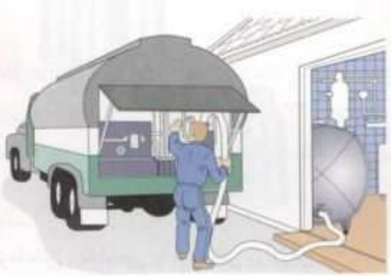
مکان جمع آوری شیر در مخزن ، باید در اتاق مخصوص شیر دامداری باشد. معمولا، انتقال شیر از طریق اتصال شیلنگ، از تانکر به دریچه خروجی مخزن حاوی شیرسرد صورت می گیرد. تانکر ذخیره شیر ، مجهز به یک جریان سنج (Flow meter) و پمپ می باشد که به طورخودکار، حجم خروجی را ثبت می نماید. از سویی دیگر حجم شیرتانکر را می توان از روی لوله شفاف رابط درجه بندی شده، مشخص نمود. بعضی تانکر ها مجهز به یک سیستم هواگیری بوده و بلافاصله به محض خالی شدن مخزن ذخیره شیر، پمپ انتقال شیر را از کار می اندازند. این امر از اختلاط هوا با شیر جلو گیری به عمل می آورد. فضای داخلی مخازن حمل کننده شیر به خانه هایی تقسیم شده است تا از تلاطم و دوران شیر، در زمان حمل ونقل جلوگیری بعمل آید. این خانه ها به تدریج در موقع دریافت شیر پر می گردند.

آزمایش کیفی شیر

شیر دام بیمار ویا دارای آنتی بیوتیک یا واجد رسوب نباید در کارخانه پذیرفته شود. حتی وجود مقادیر بسیار کم آنتی بیوتیک در شیر ، مصرف آن را برای فراورده هایی که به وسیله کشت دادن باکتری ها اسیدی می شوند ، مانند ماست و پنیر ، نامطلوب می سازد. در دامداری فقط آزمایش های عمومی برای تشخیص کیفیت شیر انجام می گیرد . ترکیبات و کیفیت بهداشتی شیر معمولا به وسیله تعدادی آزمایش بر روی شیر وارد شده به کارخانه معین می شود. بعضی ازاین آزمایش ها مبنای "پرداخت" به دامدار را تشکیل می دهد. در ادامه بحث معمول ترین آزمایش هایی را که در کارخانه بر روی شیر ورودی انجام می گیرد، شرح داده می شود .



شکل ۵-۵ *دامدار شیر سرد نشده را تحویل مراکزی که امکانات سرد کردن شیر را دارا هستند می دهد.*



شکل ۶-۵ *جمع اوری شیر در مخزن، در دامداری*

بو و طعم

در جمع آوری مخزنی ، به علت مخلوط شدن شیر چند دامداری باهم در داخل تانکر حمل کننده ، راننده تانکر برای مشخص شدن مشخصات شیر هر دامدار به طور مجزا از هر شیر - برای آزمایش در کارخانه - نمونه برداری می نماید. در جمع آوری با بیدون ، در محل کارخانه از داخل بیدون نمونه برداری می شود. شیری که مزه و بو آن از حد طبیعی انحراف داشته باشد، در ارزیابی کیفی پایین ، محسوب می گردد و این امر در پرداخت وجه ، به تولید کننده موثر است. بهرحال شیری که از نظر مزه و بو در مقایسه با شیر طبیعی اختلاف زیادی را نشان دهد ، باید از بخش دریافت شیر کارخانه عودت داده شود .

امتحان پاکیزگی

سطوح داخلی مخازن دامداری و بیدون ها قبل از پر نمودن شیر با دقت بررسی می شوند. باقی بودن بقایای شیر در آنها گواه برعدم کفایت تمیز کردن ، می باشد . که در نتیجه روی پرداخت "جایزه کیفیت" تاثیر خواهد گذاشت .

آزمایش رسوبی

این آزمایش فقط برای شیرداخل بیدون انجام می پذیرد. مقداری نمونه به وسیله "پی پت" (Pipette) از ته ظرف برداشته و از میان صافی عبور داده می شود. نتیجه کیفی این آزمایش عبارت است از : باقیماندن مقدارآلودگی قابل مشاهده در روی سطح صافی .

شکل ۷-۵ *شیر دامی که به وسیله آنتی بیوتیک تحت درمان قرار دارد باید جدا از شیرهای سالم جمع اوری گردد*

شکل ۸-۵ *آزمایش نمونه های شیر*

آزمایش بهداشتی یا آزمایش رزازرین

تعیین تعداد باکتری های موجود در شیر نشانه چگونگی کیفیت بهداشتی آن می باشد. آزمایش رزازرین (Resazurin) به طورمتداول برای این بررسی به کار می رود. رزازرین که در حالت عادی محلولی آبی رنگ می باشد، در محیطی که در آن احیای شیمیایی اکسیژن انجام پذیرد ، بی رنگ می گردد. وقتی مقداری محلول رزازرین به نمونه شیر اضافه شود، فعالیت متابولیکی باکتری ها باعث احیا اکسیژن و در نتیجه موجب تغییر رنگ (بی رنگ شدن) این ماده می گردند. شدت تغییر رنگ با تعداد باکتری های فعال در نمونه نسبت مستقیم دارد. به طورعمده از دو روش آزمایشی برای این بررسی (بهداشتی) استفاده می گردد. یک روش را نمایش سریع (Quick screen) می نامند که برای قبول یا رد شیر داخل "بیدون" به کار برده می شود. در این حالت اگر نمونه شیر بلافاصله شروع به تغییر رنگ نماید آن را برای مصارف انسانی نامناسب تشخیص می دهند. در روش دیگر نمونه را ابتدا به مدت یک شب در یخچال

قرار داده وپس از سپری شدن مدت فوق محلول رزازرین را اضافه می نمایند و سپس نمونه به مدت دوساعت در حمام آب ۳۷/۵ درجه سانتیگراد قرار داده وپس ازآن شدت تغییر رنگ مورد بررسی قرارمی گیرد.

شمارش سلول ها

وجود تعداد زیادی (بیش تر از ۵۰۰۰۰۰ در هرمیلی لیتر شیر) سلول بافتی (Somatic cell) در شیر نشانه بیماری پستان در دام می باشد . تعداد سلول ها بر اساس روش بخصوصی شمارش می گردد.

آزمایش های عمومی روی شیر ورودی به کارخانه عبارتند از :

*** مزه و بو**
*** تمیز بودن وسیله ها**
*** رسوب دادن**
*** بهداشتی بودن**
*** تعداد سلول های بافتی**
*** تعداد باکتری ها**
*** مقدار پروتئین**
*** مقدار چربی**
*** نقطه انجماد**

شمارش باکتری ها

یک روش ساده شمارش باکتری ها، به کار گیری روش لیسمنت (Leesment) می باشد، در این روش ۰/۰۰۱ میلی لیتر شیر به مدت ۷۲ ساعت در دمای۳۰ درجه سانتیگراد در محیط کشت قرارداده می شود. پس از این مدت شمارش باکتری ها به وسیله صفحه مخصوص انجام می پذیرد.

مقدار پروتئین

در بعضی از کارخانه ها محاسبه بهای شیر و پرداخت به دامدار بر اساس میزان پروتئین شیر می باشد. اندازه گیری با دستگاه بخصوصی که با تاباندن اشعه نوری ، مقدارپروتئین را اندازه گیری می کند ، انجام می گیرد. این دستگاه می تواند بیش تر از ۳۰۰ نمونه را در ساعت اندازه گیری نماید.

مقدار چربی

روش های مختلفی برای اندازه گیری چربی شیر به کار گرفته می شود. آزمایش ژربر (Gerber) از متداول ترین روش ها برای اندازه گیری چربی شیر کامل می باشد.

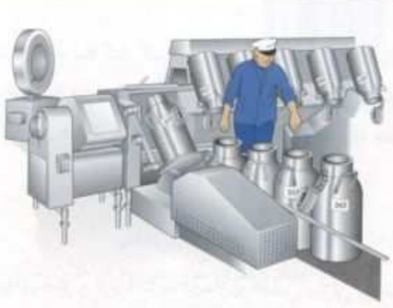
نقطه انجماد

اکثر کارخانه ها آزمایش نقطه انجماد را برای تشخیص احتمال افزودن آب به شیر انجام می دهند. نقطه انجماد شیر با ترکیبات طبیعی (۰/۵۴-) درجه سانتیگراد می باشد . نقطه انجماد شیر با افزودن آب بالا می آید (به صفر نزدیک می گردد). دستگاه مخصوصی برای این آزمایش وجود دارد.

دریافت شیر

کارخانه های شیر دارای یک بخش ویژه دریافت شیر هستند که شیر ارسالی از دامداری را دریافت می دارد. اولین کاری که در دریافت شیر انجام می شود ، تعیین مقدارشیر می باشد. مقدار شیر ورودی با سیستم وزنی، اندازه گیری می گردد و مجددا مقدار آن با مقدار شیر خروجی از سیستم مقایسه می شود . به طورکلی در کارخانه مقدار شیر ورودی با هر دو روش وزن سنجی و حجم سنجی اندازه گیری می شود .

شکل ۹-۵ *محل دریافت شیر در داخل بیدون بر اساس سیستم وزن سنجی*

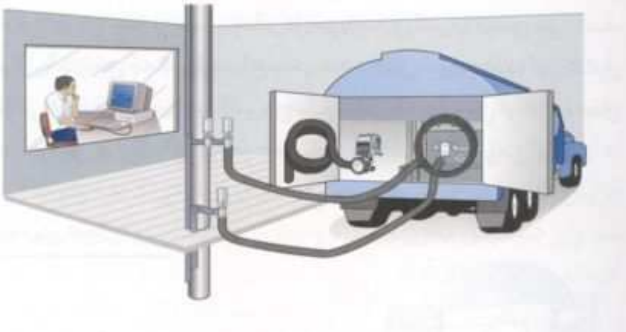


دریافت شیر از بیدون

بیدون های حاوی شیر پس از حمل با کامیونت و ورود به کارخانه برروی نقاله متحرک قرار داده می شوند . در این مسیر ابتدا سرپوش (درب) آنها به طورخودکار برداشته شده و سپس به طورخودکار بیدون ها در محفظه توزین به داخل مخزن ترازویی تخلیه شده و وزن شیر داخل آنها تعیین می گردد. کارگر این قسمت مقدار وزن را در مقابل نام یا کد تولید کننده می نویسد . در سیستم های توزین خودکار، کاربر (Operator) در ابتدا ، مشخصات یا کد هر چند بیدونی که در روی آنها حک شده است و به یک تولید کننده تعلق دارد به وسیله صفحه کلید وارد رایانه

می نماید ، شکل (۹-۵) . جمع وزن های اندازه گیری شده به طورخود کار در مقابل نام تولید کننده آن (دامدار) ثبت می گردد . سپس مشخصات نفر بعدی به وسیله کاربر وارد رایانه می شود و عملیات تکرار می گردد تا تمام شیر ها توزین گردند.

شکل ۱۰-۵ *اندازه گیری شیر ورودی از تانکر در سکوی دریافت شیر*



ملزومات توزین باید بخوبی نگهداری گردند و روزانه از نظر صحت توزین مورد آزمایش قرار گیرند. پس از توزین ، شیر خام برای انجام فرایند بعدی به وسیله پمپ به داخل مخازن ذخیره فرستاده می شوند. بیدون ها پس از تخلیه با نقاله به ایستگاه شستشو هدایت می گردند. در آنجا آنها را برای پاک شدن از بقایای شیر با آب و مواد شوینده به طورکامل شستشو می دهند. دربعضی حالات بیدون ها پس ازشستشو به واحد مخصوصی برای پر شدن از موادی مانند شیر پس چرخ، دوغ کره یاآب پنیر برای تغذیه دام دردامداری هدایت می گردند. در انتهای این مرحله بیدون های متعلق به هر دامداری در روی سکوی بارگیری منتظر حمل به دامداری قرار می گیرند.

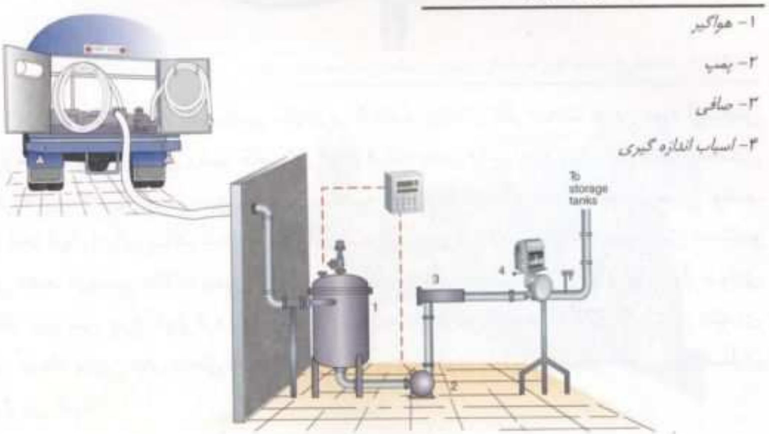
دریافت از تانکر

تانکر ها پس از ورود به کارخانه مستقیما به سکوی دریافت، هدایت می شوند. این سکو اغلب بقدر کافی برای جادادن چند تانکر وسعت دارد. شیر بر اساس وزن یا حجم اندازه گیری می شود .

اندازه گیری بر اساس حجم

دراین روش ازیک جریان سنج (Flowmeter) استفاده می شود. متاسفانه جریان سنج ها هوای موجود در شیر را هم بعنوان شیر، ثبت می نمایند، به همین دلیل همیشه قابل اطمینان نمی باشند. بنابراین جلوگیری از ورود هوا به داخل شیر، اهمیت بسیار دارد . با جاگذاری یک سیستم هواگیر (Air eliminator) ، قبل از دستگاه جریان سنج ، دقت اندازه گیری ارتقاء می یابد ، شکل (۱۱-۵) . در زمان تخلیه شیر ، دریچه خروجی تانکر حمل کننده ، به یک سیستم هواگیر متصل می گردد و سپس شیر جریان می یابد . وقتی که سطح شیر درداخل دستگاه هواگیر به سطح از قبل تعیین شده ای - برای جلوگیری از نفوذ هوا- رسید ، پمپ مکش شروع به کار می کند و شیر (بدون هوا) را از میان دستگاه جریان سنج عبورمی دهد. در این حالت جریان سنج به طور پیوسته کل جریان عبور شیر را نشان می دهد. پمپ به وسیله یک جریان الکتریکی که سطح مایع را در حد از قبل تعیین شده ای کنترل می کند ، شروع به کار می نماید . به محض اینکه سطح مایع از حد خاصی پایین تر افتاد ، عمل پمپ متوقف می گردد. شیر پس از اندازه گیری ، در داخل مخزن ، ذخیره (سیلو) می گردد .

شکل ۱۱-۵ *اندازه گیری به روش حجمی*



اندازه گیری بر اساس وزن

توزین شیر داخل مخازن به دو روش انجام می پذیرد.

- باتوزین کامیون پر و خالی وتفاضل دو مقدار از هم (سیستم باسکول)، شکل (۱۲-۵) .
- با استفاده از مخزن توزین کننده ، شکل (۱۳-۵) .

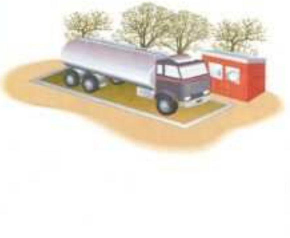
در روش اول ، تانکر پس از ورود در روی باسکول کارخانه وزن می گردد. این عمل ممکن است به طوردستی یا خودکار انجام پذیرد . اگر توزین کامیون به طوردستی انجام شود در این حالت کاربر (اپراتور) وزن کامیون را در مقابل کد راننده ثبت می نماید. اگر عمل به طورخودکار انجام

پذیرد. داده ها ی لازم ازروی کارت مخصوصی که راننده در دستگاه "کارت خوان" قرار می دهد به رایانه وارد می شود. در زمانیکه وضع هوا نامناسب و جاده ها گل آلود باشد کامیون باید قبل از باسکول شدن از ایستگاه شستشو عبور داده شود تا گل ولای آن توزین نگردد.

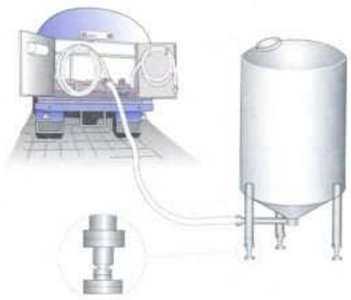
زمانی که وزن تانکر ثبت شد شیر در کارخانه تخلیه می گردد .گاهی ممکن است ، در این خط یک هواگیر نیز کار گذاشته شود. وقتی که کامیون خالی شد تانکر دوباره توزین می شود ، وزن خالص از تفاوت وزن تانکر پر و وزن تانکر خالی بدست می آید.

در روش دوم ، اگر از مخزن توزین کننده استفاده شود ، در این حالت شیر از داخل تانکر به داخل مخزن مخصوصی که سیستم حساس به وزن، در پایه های آن کار گذاشته شده است ، تخلیه می شود. دستگاه های حساس به وزن (ترازوهای الکتریکی) به تناسب نیروی وزنی که به آن ها وارد می گردد ، پیام های الکتریکی خاصی را ارسال می دارند. میزان این پیام ها با افزایش وزن مخزن در اثر ورود شیر به داخل آن زیاد می گردد ، وقتیکه تمام شیر در آن تخلیه شد، وزن شیر داخل مخزن را معلوم و ثبت می نمایند . پس از آن شیر به داخل مخازن ذخیره کارخانه هدایت می گردد.

شکل ۱۲-۵ *باسکول کردن تانکر*



شکل ۱۳-۵ *دریافت شیر در مخزن وزن کننده*



تمیز کردن مخازن

مخازن باید بر اساس یک قاعده هر روزه، تمیز گردند. اگر مخازن در روز چندین بار پر وخالی می شوندلازم است ، تمیز کردن ، پس از هر بار تخلیه با دقت انجام پذیرد. تمیز کردن و شستشوی مخازن درمحل دریافت شیر ویا درایستگاه بخصوصی انجام می پذیرد . در این محل ها تانکر ها با اتصال به یک سیستم خود کار، شستشوی می شوند. بعضی از کارخانه ها هرروزه سطح بیرونی مخازن را نیز تمیز می نمایند. برای همین مخازن حمل شیر (تانکر) در زمان تردد در جاده ها بسیار تمیزو مرتب به نظر می رسند.

سرد کردن شیر دریافتی

درجه حرارت شیر در هنگام حمل ونقل به طور اجتناب ناپذیری به آرامی به بیش از ۴ درجه سانتی گراد افزایش می یابد. بنابراین شیر پس از دریافت به وسیله صفحه های تبادل کننده حرارتی تا دمای کم تر از ۴ درجه سانتیگراد خنک می گردد و سپس در داخل مخازن سیلو به انتظار فرایند باقی می مانند.

ذخیره سازی شیر خام

شیر خام (به صورت شیر کامل) در داخل مخازن ایستاده بزرگی با ظرفیت تقریبی ۲۵۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰۰ لیتر ذخیره می گردند. ظرفیت اغلب این مخازن در حدود ۵۰۰۰۰ تا۱۰۰۰۰۰ لیتر می باشد. مخازن کوچک تر اغلب در داخل سالن تولید و مخازن بزرگ برای کاهش هزینه احداث ساختمان در خارج از سالن کار گذاشته می شوند. مخازن کارگذاشته شده درخارج از سالن تولید ساختمانی دو جداره دارند که با یک لایه خاص در وسط عایق شده اند. جدار داخلی از جنس استیل ضد زنگ صیقل خورده و لایه خارجی معمولا ورق های فلزی به هم جوش داده شده ، می باشد.

همزدن محتویات مخازن

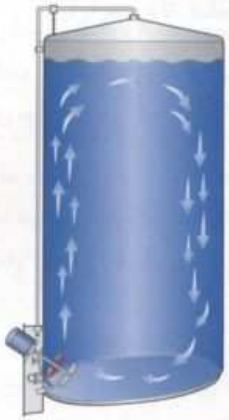
باید برای مخازن بزرگ یک سیستم همزن (Agitation) برای جلوگیری از جداشدن خامه براثر نیروی ثقل کار گذاشته شود . همزدن باید با ملایمت تمام انجام پذیرد، زیرا همزدن شدید باعث اختلاط هوا باشیر و تخریب گویچه چربی خواهد شد ، در نتیجه آن چربی در معرض آنزیم لیپاز موجود در شیر قرار می گیرد. همزدن ملایم یک اصل مهم در فرایند عملیات شیر می باشد. در شکل (۱۴-۵) یک همزن پروانه ای (Propeller) در داخل مخزن نشان داده شده است . به کاری گیری این نوع همزن ها ، نتایج خوبی را در مخازن ذخیره به همراه داشته است. در مخازن بلندتر لازم است از دو همزن که در دو ارتفاع مختلف کار گذاشته شده اند استفاده شود. سیلوهای خارج از سالن تولید ، مجهز به یک صفحه نمایشگر (Panel) می باشند که پاره ای از مشخصات محتویات آنها را در مرکز کنترل نشان می دهد.

نشانگر دمای مخازن

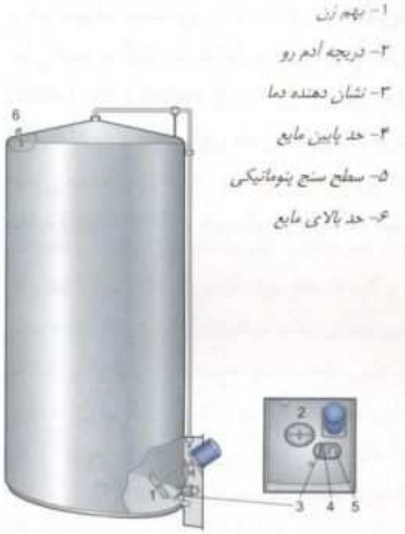
دمای مخازن باید در روی صفحه نمایشگر مخازن نشان داده شود . معمولا از انواع دماسنج معمولی استفاده می شود . اما باید آنرا به وسیله یک انتقال دهنده الکتریکی به صورت سیگنال برای نمایش روی صفحه نمایشگر در آورد.

نمایانگر ارتفاع مایع

روش های متفاوتی برای اندازه گیری ارتفاع سطح مایع در مخزن وجود دارد. ارتفاع سنج نوع پنوماتیکی، فشار استاتیکی را به صورت ارتفاع مایع در تانک بیان می کند . فشار بیش تر، نشانه وجود حجم بیش تر در مخزن و در نتیجه ارتفاع بالاتر سطح مایع می باشد .



شکل ۱۴-۵ *مخزن ذخیره شیر با بهم زن پروانه ای*



شکل ۱۵-۵ *مخزن ذخیره شیر با اجزاء ضمیمه*

حفظ حد پایین مایع

همزدن شیر باید با ملایمت انجام شود . پروانه های همزن نباید قبل از اینکه تماما به وسیله ارتفاعی از شیر پوشیده شوند شروع به حرکت نمایند. زیرا باعث ورود هوا به داخل شیر خواهد شد. برای جلوگیری از این عمل یک الکترود در دیواره مخزن ، در سطح مورد نیاز کارگذاشته می شود تا اگر سطح مایع از حد پیش بینی شده پایین تر قرار گرفت حرکت پروانه های همزن متوقف گردد. این الکترود را بنام حد پایین (Low-level) یا LL می شناسند.

حفظ حد بالای مایع

برای جلوگیری از لبریز و سرریز شدن مخزن از شیر یک الکترود حد بالا (High-level) ، در آن کار گذاشته می شود. این الکترود وقتیکه مخزن کاملا پر می شود دریچه ورودی را مسدود می نماید و شیر به مخزن بعدی هدایت می گردد.

نشانگر خالی شدن مخزن

دانستن زمانیکه مخزن ذخیره شیر به طور کامل از شیر خالی می شود مهم است . باقی ماندن مقداری شیر در ته مخزن و اختلاط آن با آب شستشوی، هم باعث به هدر رفتن شیر شده و هم عملیات شستشوی را با مشکل مواجه می نماید. از طرف دیگرخطر مکش هوا از مخزن خالی شده به داخل خط تولید ، نیز وجود دارد. یک الکترود ، در پایین ترین سطح LLL (Lowest Low Level) ، مخزن در مسیر تخلیه کار گذاشته می شود . یک جریان الکتریکی ، ازاین الکترود در موقع تهی شدن مخزن به مرکز کنترل ارسال شده و دریچه مسیرخروجی مخزن مسدود می گردد ، یا مسیر را به مخزن دیگری هدایت می نماید. این سیستم اغلب در تخلیه (Drainage) و خارج کردن باقیمانده شیر در مخازن موثر واقع می گردد.

فصل ششم

اجزای ساختمانی وسیله ها فرایند کننده شیر

در این فصل به شرح لوازمی که اغلب برای فرایند شیر (به صورت مایع) به کاربرده می شوند ، پرداخته خواهد شد . لوازم پنیر سازی ، کره زنی و ... در مباحث ویژه خود شرح داده خواهد شد .

بخش ۱

تبادل کننده های حرارتی

هدف های عملیات حرارتی

تا اواخر قرن نوزدهم عملیات حرارتی روی شیر چندان مهم بشمار نمی رفت ، خصوصا وقتی که هدف تولید بعضی فراورده ها مثل پنیر و کره مد نظر بود . قبل از بکارگیری عملیات حرارتی ، شیر به دلیل این که محیط بسیار مناسبی برای رشد میکرواورگانیزم ها بود ، منبع آلودگی ها بشمار می رفت . گاهی اوقات بیماری هایی مانند سل و حصبه ، به وسیله شیر منتشر می شدند. لویی پاستور از اواسط قرن نوزدهم اساس مطالعاتش را روی اثرات کشندگی حرارت بر روی میکرواورگانیزم ها معطوف نمود و سر انجام عملیات حرارتی "پاستوریزاسیون" را به عنوان یک روش محافظتی ابداع نمود. پاستوریزاسیون شیر یک نوع عملیات حرارتی خاص می باشد که می توان آنرا بدین صورت تعریف نمود " نوعی عملیات حرارتی بر روی شیرکه می تواند باسیل سل را بدون اینکه نشانه ای از اثرات فیزیکی و شیمیایی ناخواسته در روی دیگر اجزای شیر بگذارد، به طور کامل نابود نماید". بررسی تاریخ پاستوریزاسیون نشان می دهد، هرچند دانشمندان موافق بکارگیری عملیات حرارتی با ظرافت و دقت لازم بودند. اما این فرایند مدتها در عملیات تجارتی بدون کنترل و خیلی آزادانه به کارمی رفت. اگر شیر متحمل حرارت بالا می گردید طعم پخته در آن نمایان می گشت واگر تحت حرارت پایین قرارمی گرفت احتمال باقی ماندن باکتری های بیماریزا مانند سل در آن وجود داشت . در اواسط سال ۱۹۳۰ میلادی دو دانشمند بنام کی(Key) و گراهام (Graham) متوجه ویژگی آشکار کنندگی آنزیم فسفاتاز شدند. این آنزیم همیشه در شیر خام حضور دارد ، ولی در فرایند حرارتی در زمان معین مثل پاستوریزاسیون از بین می رود. بعلاوه حضور یاغیاب آن بسادگی قابل تشخیص می باشد، (آزمایش فسفاتاز " شارر Scharer "). حضور فسفاتاز نشانه عدم کفایت حرارت لازمه در ضمن فرایند حرارتی می باشد. خوشبختانه تمام باکتری های بیماری زای موجود در شیر با عملیات حرارتی نسبتا ملایمی از بین می روند، این حرارت معمولا اثرات بسیار ناچیزی را روی ترکیبات فیزیکی و شیمیایی شیر می گذارد. باسیل سل که ازمقاوم ترین ارگانیزم ها در مقابل حرارت می باشد، در دمای ۶۳ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰ دقیقه کشته می شود . برای اطمینان و ایمنی کامل از دما ۶۳ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه استفاده می گردد. با توجه به آنچه در مورد باکتری سل گفته شد آنرا به عنوان یک ارگانیزم تعیین کننده برای کفایت حرارت ، پاستوریزاسیون می شناسند . یعنی هر عملیات حرارتی که بتواند باسیل سل را نابود سازد می تواند ، به طور قابل اعتمادی تمام باکتری های بیماری زای دیگر موجود در شیر را نابود نماید.

خوشبختانه باکتری های بیماری زای اصلی در شیر تشکیل اسپور نمی دهند.

جدا از میکروارگانیزم های بیماری زا، شیر حاوی مواد و میکروارگانیزم هایی است که ممکن است ، باعث تغییر مزه و یا کوتاهی عمر نگهداری (Shelf life) انواع فراورده های لبنی گردند. از این رو هدف دوم ، از عملیات حرارتی نابود سازی تا حد ممکن این ارگانیزم ها و سیستم های آنزیمی می باشد. این هدف دوم ، عملیات حرارتی شدید تری را در مقایسه با نابودی عامل های بیماری زا لازم دارد و گاهی این هدف از عملیات حرارتی ، در صنایع لبنی اهمیت بیش تری دارد. رها کردن شیر به حال خود درفاصله های‌زمانی طولانی حتی با وجود روش های مدرن سردکردن این فرصت را برای تکثیر و تولید آنزیم به میکروارگانیزم خواهد داد. بعلاوه این امر باعث تنزل کیفیت اجزای اصلی شیر و افت pH خواهد شد. برای غلبه به این مشکل ها باید فرایند عملیات حرارتی تا حد ممکن با سرعت و پس از ورود شیر به کارخانه انجام پذیرد.

تجانس زمان و حرارت در پاستوریزاسیون

ترکیب بین دما و زمان حرارت دهی (Holding time) بسیار مهم می باشد . زیرا این ترکیب تعیین کننده شدت اثر دما در ضمن عملیات حرارتی است . در شکل(۱-۱-۶) ، منحنی اثرکشندگی دما برای باکتری کلیفرم ، باکتری تیفوس و باسیل سل نشان داده شده است . براساس این منحنی باکتری کلیفرم در شیر در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد و درمدت یک ثانیه از بین می رود. دمای ۶۵ درجه سانتیگراد و زمان ۱۰ ثانیه نیز باکتری های کلیفرم را می کشد.

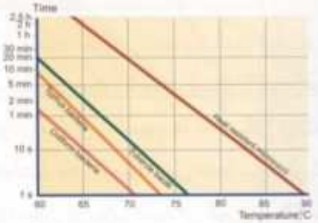
این دو ترکیب یعنی ۷۰ °C به مدت ۱ ثانیه و ۶۵ °C به مدت ۱۰ ثانیه هردو اثرات کشندگی یکسان را دارا می باشند. باسیل سل در مقایسه با باکتری کلیفرم به عملیات حرارتی مقاوم تر می باشد. زمان ۲۰ ثانیه و ۷۰ °C یا تقریبا۲ دقیقه در ۶۵ °C لازم است ، تا بـه طـور کـامل تمام باکتری های فوق را نابود نماید. البته ممکن است کوکسی های مقاوم تـری نیز در شیر وجود داشته باشند ، اماهمگی آنها بی خطر می باشند.

محدودیت های عملیات حرارتی

اعمال حرارت شدید، در شیر، از دیدگاه میکروبیولوژیکی مطلوب می باشد. اما در مقابل، اثرات زیان آوری مانند تغییر طعم و کاهش ارزش غذایی در شیر را به همراه دارد. پروتئین هـای شیر در حرارت بالا تغییر ماهیت (دناتوره) می دهند . ایـن بـدان معنـی اسـت کـه فراینـد شـدید حرارتی، شیر را برای تولید پنیرکاملا نامطلوب می سازد. همچنین حرارت شدید، مزه را نیز تغییـر می دهد. ابتدا طعم پخته و سپس طعم سوختگی ایجاد می گردد . انتخاب ترکیـب مناسـب بیـن (زمان و حرارت) موضوعی است کـه بـاید بـا در نظـر گرفتـن شـرایط میکروبیولوژیکـی و تغییـر احتمالی خواص کیفی محصول نهایی اتخاذ گردد .

انجام عملیات حرارتی در شیر بخش مهمی از فرایند آن را دربر می گـیرد . دانـش نفـوذ دما و ارتباط آن با اجزای شیر و شرایط میکروبیولوژیکی ، اساس انتخاب عملیات حرارتی در شیر را تشکیل می دهد ، تابلو (۱-۱-۶).

شکل ۱-۱-۶ *اثرات کشندگی دما درجات مختلف روی باکتری ها*



گرم کردن و سرد کردن مهمترین عملیات ها در صنایع لبنی می باشند

ترمیزاسیون

در تعدادی از کارخانه ها ، انجام پاستوریزاسیون تمام شیر بلافاصله بعد از دریافت مقـدور نمی باشد. بنابراین همیشه مقداری شیر ساعت ها یا روز ها در مخازن ذخیره منتظر فرایند ، باقی می ماند. در این شرایط حتی به کارگیری سرمای شدید نـیز مـانع از افـت کیفیـت نمـی گـردد . بنابراین در بیش تر این کارخانـه هـا کـاربرد یـک فراینـد پیـش حرارتـی (Preheat) بـا دمـایی پایین تر از پاستوریزاسیون برای جلوگیری موقتی از رشـد بـاکتری هـارایج اسـت. ایـن فراینـد را ترمیزاسیون (Thermisation) می نامند. در این فراینـد شـیر در دما ۶۵-۶۳ °C بـه مـدت ۱۵ ثانیه حرارت می بیند. این ترکیب از – زمان و دما– نمی تواند آنزیم فسفاتاز را غیر فعال سـازد . از آنجایی که دوبار پاستوریزه کردن در بعضی از کشـور هـا ممنـوع مـی باشـد. بنـابراین در ایـن کشورها کاربرد ترمیزاسیون – که شکل تعدیل شده پاستوریزاسیون مـی باشـد – ایـرادی نـدارد. پس از ترمیزاسیون ، برای جلوگیری از ازدیاد باکتری های بی هوازی اسـپور دار، شـیر بـاید بـه سرعت تاکمتر از ۴ °C خنک گردد.

تابلو ۱-۱-۶ *دسته بندی فرایندهای حرارتی در صنایع لبنی*

فرایند حرارتی	درجه حرارت	زمان
ترمیزاسیون **Thermisation**	۶۳-۵۶ °C	۱۵ثانیه
پاستوریزاسیون شیرLTLT	۶۳ °C	۳۰دقیقه
پاستوریزاسیون شیرHTST	۷۲-۷۵ °C	۱۵-۲۰ثانیه
پاستوریزاسیون خامهHTST	>۸۰ °C	۱-۵ثانیه
اولترا پاستوریزاسیون	۱۲۵-۱۳۸ °C	۲-٤ثانیه
استریلیزاسیون شیر UHT	۱۳۵-۱٤۰ °C	چند ثانیه
استریلیزاسیون "کند"	۱۱۵-۱۲۰ °C	۲۰-۳۰ دقیقه

شیری که تحت فرایند ترمیزاسیون قرار گرفته است ، هرگز نبـاید بـا شـیر فراینـد نشـده مخلوط گردد. متخصصین معتقدند ترمیزاسیون اثرات مطلوبی روی نابودی اسپور باکتری ها دارد. بدین معنی که این نوع عملیات حرارتی باعث می شود، تعدادی از اسپور ها به شـکل رویشـی در آیند که متعاقبا در شرایط پاستوریزاسیون شیر نابود خواهند شد. ترمیزاسیون فقط بـاید در شـرایط استثنائی به کار رود و بهتر است که عملیات پاستوریزاسیون بر روی شیر، در کم تر از ۲۴ سـاعت پس از ورود به کارخانه انجام پذیرد.

پاستوریزاسیون با روش LTLT

این نوع فرایند حرارتی، به شکل غیر مداوم در مخازن درب بـاز (Vat) بـا بـه کـارگیری دمـای ۶۳ °C و نگهـداری ایـن دمـا بـه مـدت ۳۰ دقیقـه انجـام مـی پذیـرد. ایـن روش را "روش هولدر" (Holder) (ثابت نگه داشتن حـرارت) یـا روش حـرارت پـایین ، زمـان طولانـی

(LTLT = Low Temperature , Long Time) می نامند. امروزه اغلب ، شیر را با روش های مداوم حرارت دهی مثل ترمیزاسیون ، پاستوریزاسیون HTST یا روش UHT تحت فرایند حرارتی قرار می دهند .

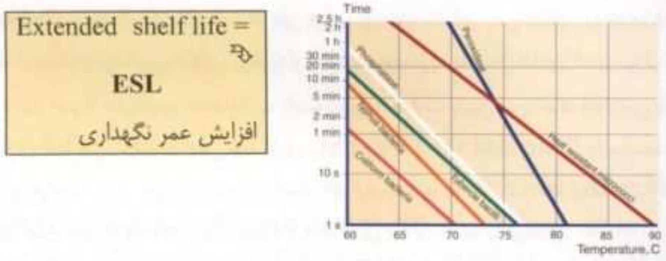
پاستوریزاسیون HTST

عبارت HTST که مخفف (High Temperature, Short Time) حرارت بالا و زمان کوتاه می باشد ، به معنی ترکیبی از- دمای بالا/ زمان کوتاه - برای حفظ کیفیت اجزای شیر خام و دیگر فراورده های لبنی به کاربرده می شود.

شیر

در فرایند HTST ، شیر به مدت ۲۰-۱۵ ثانیه در معرض حرارت ۷۵-۷۲ درجه سانتیگراد قرار می گیرد . آنزیم فسفاتاز در این ترکیب از - دما/ زمان - نابود می گردد. آزمایش فسفاتاز در این جا برای تعیین کفایت عمل پاستوریزاسیون به کاربرده می شود . نتیجه آزمایش نباید هیچگونه فعالیت فسفاتاز قابل اندازه گیری را نشان دهد ، شکل (۲-۱-۶) .

شکل ۲-۱-۶ *منحنی ترکیب زمان/دما و منحنی کشندگی برای نابودی میکروارگانیزم ها وتخریب بعضی آنزیم ها*



خامه و فراورده های تخمیری (کشت داده شده)

آزمایش فسفاتاز نباید برای فراورده هایی که حاوی بیش تر از ۸ درصد چربی می باشند به کاربرده شود . چون مقداری آنزیم " دوباره فعال شونده " در مدت کوتاهی پس از پاستوریزاسیون نمایان می گردد. عملیات حرارتی فراورده هایی که دارای محتوای چربی بالاتری هستند به دلیل پایین بودن رسانایی چربی، باید با شدت بیش تری انجام پذیرد.

برای پاستوریزاسیون فراورده هایی با چربی بالا آن ها را در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۵ ثانیه نگهداری می کنند. برای کنترل کفایت پاستوریزاسیون در خامه فعالیت آنزیم پراکسیداز(Peroxidase) اندازه گیری می شود(روش استورچStorch) . این فرایند حرارتی برای غیر فعال نمودن پراکسیداز کفایت می نماید. نتیجه این آزمایش باید منفی شود و هیچ گونه فعالیت آنزیم پراکسیداز در محصول مشاهده نگردد ، شکل (۲-۱-۶) .

آزمایش فسفاتاز برای فراورده های اسیدی نیز جوابگو نمی باشد در این فراورده ها هم باید برای کنترل کفایت فرایند حرارتی از آزمایش "فعالیت آنزیم پراکسیداز" استفاده شود . شیری که برای فراورده های کشت دادنی (تخمیری) مانند ماست به کار برده می شود ، باید از قبل در معرض حرارت بالا قرار گیرد، تا پروتئین های سرمی (آب پنیر) آن دناتوره شود این کار خواص اتصال دادن آب رادرآنها افزایش داده و ازآب انداختگی محصول نهایی جلوگیری بعمل می آورد.

فرا پاستوریزاسیون

فرا پاستوریزاسیون (Ultra pasteurisation) ، زمانی به کار می رود که ماندگاری ویژه ، برای محصول مد نظر باشد. برای بیش تر فراورده های لبنی پاستوریزه عمر نگهداری حدود دو روز کافی است ، اما در بعضی مواقع عمر ماندگاری ۴۰-۳۰ روزه برای بعضی فراورده ها مد نظر می باشد که نیازمند فرایندهای خاصی می باشد . به طور کلی دستیابی به ماندگاری ۱۶-۲ روزه برای فراورده های پاستوریزه امکانپذیر است . اصول اساسی این کار، کاهش عامل های مولد آلودگی ثانویه ، در طی فرایند و بسته بندی می باشد. در نتیجه باید فرایند تولید از سطوح بهداشتی بالایی برخوردار باشد و محصول نهایی در دمای کم تر از $۷^{\circ}C$ نگهداری گردد. اصولا نگهداری محصولات پاستوریزه در حرارت پایین تر باعث طولانی شدن عمر ماندگاری آنها می گردد. افزایش ماندگاری ESL (Extended shelf life) یک اصطلاح عمومی برای فراورده های حرارت دیده ای است که کیفیت آنها به طور متوسط ارتقاء داده شده است . برای تولید شیر فروشگاهی پاستوریزه با ماندگاری بالاتر ، شیر را دردمای $^{\circ}C$ ۱۳۸- ۱۲۵ به مدت ۴-۲ ثانیه حرارت داده و سپس تا پایین تر از $۷^{\circ}C$ خنک می نمایند. این عملیات پایه طولانی شدن عمر نگهداری محصول می باشد . با این وجود این فراورده ها باید در زمان توزیع و خرده فروشی در یخچال نگهداری گردند.

عملیات UHT

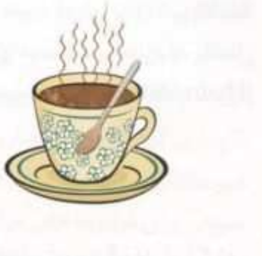
عبارتUHT مخفف حرارت "فرا دما" (Ultra High Tetmperature) می باشد . عملیات UHT یک روش برای محافظت فراورده های غذایی مایع ، به وسیله قرار دادن آن در معرض حرارت شدید و مدت زمان کوتاه می باشد ، معمولا ، دمای این عملیات در محدوده

شیر "ماست زنی" نیز در داخل مخزن مایه زنی ، قبل از اضافه نمودن مایه باید تادمای ۴۵-۴۰ درجه سانتیگراد تحت فرایند حرارتی اولیه، قرار گیرد . از آب داغ برای گرم کردن اولیه شیر استفاده می گردد.

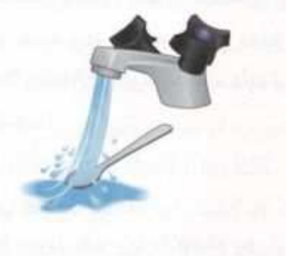
لازم است ، شیر را قبل از اضافه نمودن ترکیبات دیگری مانند پودر شکلات ، شکر، چربی و غیره ، تحت فرایند حرارتی اولیه قرار داد. تا حل شدن مواد در آن به سهولت انجام پذیرد . این عمل برای تمام مواد غذایی که بر پایه مواد شیری ساخته می شوند، ضروری است .

فرایند انتقال حرارت در صنایع لبنی

یکی از ضروری ترین احتیاجات در صنایع لبنی مدرن ، کنترل دمای فراورده ها در هر مرحله از فرایند است . گرم کردن و سرد کردن، رایج ترین عملیات هادرصنایع لبنی می باشند .



شکل ۳-۱-۶ *انتقال گرما از طریق هدایت: مثال : گرما از سر قاشق به دسته قاشق در داخل فنجان منتقل می گردد.*



شکل ۴-۱-۶ *انتقال دما از طریق جا به جایی: مثال : قاشقی که در زیر شیرآب سرد قرارمی گیرد گرمای قاشق به وسیله آب جذب شده و قاشق سرد می شود، وسرانجام حرارت قاشق و آب برابر می گردد.*

گرما دهی

معمولا، شیر با استفاده از محیط گرمازا ، مثل بخار فشار پایین - امروزه بندرت کاربرد دارد- یا آب داغ ، حرارت داده می شود ، مقدار معینی حرارت از محیط گرم به شیر منتقل شده و به دنبال آن دمای محیط گرمازا، به همان نسبت پایین می آید.

سرد کردن

شیر پس از ورود به کارخانه تا دمای ۵ درجه سانتیگراد یاکمتر خنک می گردد، تا از رشد میکروارگانیزم ها به طور موقت جلوگیری بعمل آید. پس از عملیات پاستوریزاسیون نیز شیر باید

۱۴۰-۱۳۵ درجه سانتیگراد قرار دارد. این دما میکرواورگانیزم هایی را که باعث خرابی فراورده ها می گردند نابود می سازد. عملیات UHT به صورت یک فرایند مداوم در سیستم بسته انجام می شود تا ازآلودگی مجدد محصول به وسیله میکروارگانیزم های موجود درهوا جلوگیری بعمل آید. پرکردن آسپتیک (Aseptic) (بسته بندی در شرایط عاری از هرگونه میکرواورگانیزم) برای اجتناب از آلودگی ثانویه محصول ، یک قسمت اساسی در این فرایند می باشد.

دو روش برای انجام عملیات UHT به کارمی رود :

- حرارت دادن و سرد کردن غیر مستقیم در تبادل کننده های حرارتی .
- حرارت دادن مستقیم به وسیله تزریق بخار به داخل شیر یا وارد نمودن شیر در داخل بخار و سپس سردکردن به وسیله انبساط تحت خلاء .

استریلیزاسیون

روش اصلی استریلیزاسیون (Sterilisation) که هنوز هم به کارمی رود ، معمولا به صورت استریل کردن در ظرف - پس از بسته بندی - در دمای ۱۲۰-۱۱۵ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰-۲۰ دقیقه انجام می باشد . در این روش پس از استاندارد و هموژنیزه کردن چربی شیر، آن را تاتقریبا ۸۰ درجه سانتیگراد حرارت داده و سپس بسته بندی می نمایند. بسته بندی در داخل ظروف تمیز (معمولا بطری شیشه ای یا پلاستیکی برای شیر و قوطی برای شیر تغلیظ شده) انجام می پذیرد و در حالیکه محصول هنوز داغ است آن را در سیستم غیر مداوم به داخل اتو کلاو (Autoclave) و در سیستم مداوم به داخل برج هیدرواستاتیک (Hydrostatic) منتقل می نمایند .

فرایند حرارتی پیشتاز(اولیه)

به طور معمول شیر باید بلافاصله پس از ورود به کارخانه پاستوریزه گردد. اما گاهی اوقات لازم است ، قبل از اینکه فرایند نهایی روی آن انجام پذیرد ، به طور موقتی سرد و ذخیره گردد . چند مثال زیر قابل ذکر است.

شیر پنیر سازی باید قبل از ورود به داخل وت (Vat) تادمای ۳۵-۳۰ درجه سانتیگراد تحت فرایند حرارتی اولیه - پیشتاز- (Preheating) قرار گیرد . این دما شرایط سازگار را برای اضافه نمودن مایه پنیر ایجاد می نماید. معمولا برای گرم کردن محیط از آب داغ استفاده می شود اما می توان از دمای "آب پنیر" حاصل از پنیر سازی قبلی برای این کار استفاده نمود . این عمل از هزینه های تولید گرما، خواهد کاست .

تا دمای ۴ درجه سانتیگراد خنک گردد. اگرآب سرد طبیعی دردسترس باشد ممکن است از آن برای سرد کردن اولیه (Pre-cooling) پس از پاستوریزاسیون استفاده نمایند. در تمام موردها گرما از شیر به محیط سرد منتقل می شود. هم زمان باکاهش دمای شیر، دمای محیط سرد ، افزایش می یابد. محیط سرد ، ممکن است آب سرد، آب یخ ، محلول نمک و محلول الکلی مثل گلیکول باشد.

بازیابی گرما و سرما

در عملیات حرارتی فراورده هارا تا دمای خاصی حرارت داده و سپس خنک می نمایند. برای مثال در عملیات پاستوریزاسیون شیر، ابتدا شیر سرد (با دمای ۴°C) تا دمای پاستوریزاسیون (۷۲ °C)حرارت داده می شود و در این دما حدود ۱۵ ثانیه باقی می ماند و سپس دوباره تادمای ۴°C خنک می گردد .

در فرایند بازیافت حرارتی از گرمای شیر پاستوریزه شده ، برای گرم کردن شیرسرد ورودی به داخل دستگاه استفاده می گردد. در این حالت شیر سرد ورودی به وسیله شیرگرم خروجی از دستگاه پاستوریزه کننده ، به طور نسبی گرم می گردد و در مقابل شیر گرم نیز نسبتا سرد می شود. این فرایند در داخل تبادل کننده های حرارتی صفحه ای انجام می پذیردکه آنها را تبادل کننده های بازیافتی حرارتی (Regenerative heat exchange) یا به طور عمومی بازیافت حرارتی (Heat recovery) می نامند. بیش تر از ۹۵-۹۴ درصد از محتوای حرارتی شیر پاستوریزه شده به این طریق قابل باز یافت می باشد.

فرضیات تبادل حرارتی

اگر دو ماده که دارای دمای متفاوتی می باشند در کنارهم قرارگیرند یک جریان تبادل حرارتی بین آنها برقرار می گردد . گرما همیشه از جسم گرمتر به جسم سرد تر منتقل می گردد. سرعت انتقال حرارت به اختلاف دما بین دو جسم ارتباط مستقیم دارد (هرچه اختلاف دمای بین دو جسم بیش تر باشد سرعت انتقال بیش تر است). در اثر انتقال حرارت اختلاف دمای بین دو جسم شروع به کاهش نموده و سرعت جریان انتقال حرارت، کند می گردد. تا زمانی که دمای دو جسم با هم برابر گردد.

گرما به سه طریق تبادل می شود: هدایت (Conduction) ، جا به جایی (Convection) و تشعشع (Radiation) .

❋ **هدایت** به معنی انتقال انرژی حرارتی از میان جسم ویا از میان لایه های بی حرکت مایع (بدون جریان فیزیکی یا همزدن) می باشد . در شکل (۳-۱-۶) ، یک مثال از این نوع انتقال حرارتی نشان داده شده است . در این مثال حرارت از طریق ، هدایت ، از مایع داغ داخل فنجان قهوه ، به دسته قاشق چای خوری منتقل شده و آن را گرم می نماید.

❋ **جا به جایی** شکل دیگر ازانتقال حرارت می باشد . در این حالت ذراتی با دمای بالاتر با ذرات سرد تر مخلوط می گردند و دمای بین آنها به وسیله جا به جایی انتقال می یابد، شکل (۴-۱-۶) . در مثال نشان داده شده در تصویر ، زمانی که قاشق چایخوری داغ با آب سرد شسته شود ، گرمای آن به آب منتقل شده و آب در این فرایند گرمتر می گردد. آب گرم شده در اثر جا به جایی با آب سرد حرارت خود را منتقل می نماید . انتقال دما بین این دو جسم پیوسته انجام می گیرد تا سرانجام قاشق با آب هم دما، گردند.

❋ **تشعشع** به وسیله جسمی که در آن انرژی گرمایی ، تجمع یافته است، صورت می پذیرد، شکل (۵-۱-۶) . این شکل از تبادل حرارت ، انرژی گرمایی تبدیل به انرژی تشعشعی گشته و از جسم به طرف محیط اطراف منتشر می گردد ، این انرژی در برخورد با اجسام، جذب می شود . تقریبا تمام اجسام ازخود انرژی تشعشع می کنند.

اصول انتقال حرارت

تمام تبادلات حرارتی در صنایع لبنی از طریق هدایت و جا به جایی به صورت مستقیم (Direct) و غیر مستقیم (Indirect) انجام می پذیرد.

حرارت مستقیم

حرارت دادن مستقیم به معنی اختلاط محیط گرما دهنده با محصول می باشد. این روش برای موردهای زیر به کارمی رود:

◆ گرم کردن آب ، در این حالت بخار مستقیما به داخل آب تزریق می گردد وگرما به وسیله هدایت و جا به جایی به آب انتقال می یابد .

◆ گرم کردن فراورده ها ، مثل گرم کردن لخته در تولید بعضی انواع پنیر (به وسیله اختلاط آب داغ بالخته) واستریل کردن شیر به وسیله روش مستقیم(تزریق بخاربه شیر یاتزریق شیر دربخار).

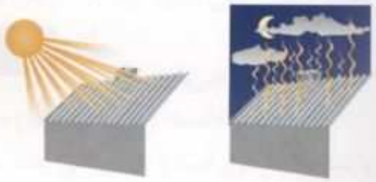
روش مستقیم انتقال حرارت ، برای دستیابی سریع به دمای مورد نظر کارایی دارد. فواید آن در فصل ۹ در افزایش قابلیت نگهداری شیر بحث شده است . متعاقب این عملیات باید فرایندهای خاصی برای جدا سازی محیط حرارت دهنده از محصول انجام پذیرد ، بررسی نتایج آن در روی کیفیت محصول قابل ملاحظه می باشد. کاربرد این روش برای مواد غذایی به وسیله قوانین بعضی کشور ها ممنوع می باشد زیرا این عمل را مقدمه ورود مواد خارجی به داخل محصول می دانند.

حرارت غیر مستقیم

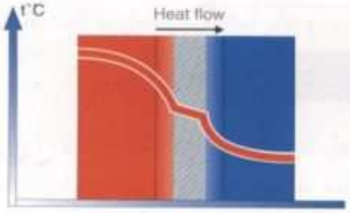
حرارت دادن غیر مستقیم معمول ترین روش در صنایع لبنی می باشد. دراین روش یک دیواره بین محصول و محیط گرم یا سردکننده وجود دارد و تبادل دما از محیط (گرمازا یا سرمازا) از طریق این دیواره به داخل محصول انجام می پذیرد، شکل (۶-۱-۶) .

با این فرض که در یک طرف دیواره ، محیط گرمازا یعنی آب داغ قرار داشته باشد در طرف دیگر دیواره شیر سرد قرار می گیرد . دیواره طبیعتا در طرف محیط گرمازا " داغ " و در سمت محصول سرد می باشد . این وضعیت در دستگاه تبادل کننده حرارتی صفحه ای (Plate heat exchanger) وجود داشته وصفحه های دستگاه همان دیواره های جدا کننده دو محیط می باشند. در هر طرف از دیواره یک لایه مرزی وجود دارد و سرعت حرکت سیال در آن به علت وجود اصطکاک پایین بوده ودرلایه متصل به دیواره تقریبا صفر می باشد . لایه های خارجی نزدیک لایه مرزی نیز به تناسب سرعت کم تری را دارا بوده و حد اکثر سرعت پیش رونده در مرکز مجرا وجود دارد.

شکل ۵-۱-۶ *انتقال حرارت به وسیله تشعشع:*
مثال : سقف انرژی خورشید را در طول روز جمع می کند و آن را در شب تشعشع می نماید



شکل ۶-۱-۶ *گرما از محیط گرم به محصول سرد در طرف دیگر دیواره منتقل می گردد*



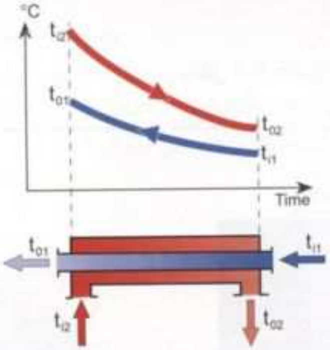
برای مثال در دستگاه تبادل کننده حرارتی صفحه ای ، در بین دو صفحه (لایه) دستگاه شرایط زیر برقرار است ، دمای آب داغ در وسط کانال بالاتر است. آب در یک طرف دیواره در اثر تماس غیر مستقیم با شیر سرد، خنک می گردد. گرما در لایه های مرزی به هر دو صورت جا به جایی و هدایت انتقال می یابد. انتقال حرارت از لایه مرزی در یک طرف دیواره به لایه مرزی طرف دیگر دیواره از طریق هدایت و انتقال و در مرکز کانال از طریق هدایت و جا به جایی انجام می شود.

تبادل کننده های حرارتی

تبادل کننده های حرارتی ، وسیله انتقال حرارت به روش غیرمستقیم می باشند. چندین نوع مختلف آن در صفحه های آینده این فصل شرح داده شده است. آنهارا می توان به شکل های ساده ای مانند دو مجرای لوله ای تودرتو (متداخل) که با دیواره لوله ها از هم جدا شده اند، در نظر گرفت .

آب داغ (رنگ قرمز) از کانال بیرونی وشیر (رنگ آبی) از داخل مجرای میانی جریان دارد. دما از وراء دیواره لوله ها تبادل می گردد. آب داغ ورودی به کانال در دمای t_{i2} وارد شده و در دمای t_{o2} خارج می گردد . شیر نیز در دما t_{i1} وارد و به وسیله آب گرم شده و دردمای خروجی t_{o1} خارج می گردد . تغییرهای حرارت در زمان عبور از میان این تبادل کننده حرارتی در منحنی شکل (۷-۱-۶) نشان داده شده است.

شکل ۷-۱-۶ *منحنی انتقال حرارت در تبادل کننده حرارتی*



داده های ابعادی برای تبادل کننده های حرارتی

لازمه تعیین اندازه و شکل تبادل کننده های حرارتی، به چند عامل وابسته است. محاسبه آن بسیار پیچیده بوده و امروزه با استفاده از رایانه محاسبه می گردد . عامل هایی که باید مورد رسیدگی قرار گیرند عبارتند از :

- سرعت جریان محصول
- خصوصیت های فیزیکی مایع
- برنامه حرارتی
- ضروریت های زمان جاری شدن
- محدوده افت فشار
- طراحی تبادل کننده حرارتی
- تمهیدات بهداشتی و قابلیت تمیز شدن

فرمول عمومی برای محاسبه اندازه سطح لازم در تبادل کننده حرارتی :

$$A = \frac{V \times \rho \times c_p \times \Delta t}{\Delta t_m \times K}$$

A = سطح مورد نیاز تبادل حرارت
V = سرعت جریان محصول
ρ = چگالی محصول
c_p = گرمای ویژه محصول
Δt = تغییر دمای محصول
Δt_m = متوسط تغییرهای دمای لگاریتمی LMTD (Logarithmic mean temperature difference)
K = ضریب کلی انتقال حرارت

سرعت جریان محصول

سرعت جریان V ، بر اساس ظرفیت کارخانه تعیین و محاسبه می گردد. سرعت جریان بیش تر، نیازمند تبادل کننده حرارتی بزرگ تری می باشد.

مثال : اگر سرعت جریان در یک واحد از ۱۰۰۰۰ لیتر در ساعت به ۲۰۰۰۰ لیتر در ساعت افزایش یابد ، تبادل کننده حرارتی باید دو برابر اندازه اصلی خود گردد و همچنین شدت جریان محیط خدمت رسان(محیط گرما زایا سرمازا) نیز باید دو برابر شود. دیگر عامل ها ثابت هستند.

خصوصیت های فیزیکی مایع

چگالی یا دانسیته (ρ) براساس نوع محصول تعیین می گردد. گرمای ویژه (c_p) نیز وابسته به محصول است و نشان می دهد که چه مقدار حرارت لازم است تابتواند دمای محصول را یک درجه سانتیگراد بالا ببرد. یکی دیگر از خصوصیت های مهم فیزیکی مایع ویسکوزیته می باشد. که متعاقبا بحث خواهد شد .

برنامه حرارتی

اساس تبادل حرارتی عبارت است از : دادن مقداری گرما یا سرما به محصولی مثل شیر، که در این حالت محصول با یک دمای معینی به سیستم وارد شده و با یک دمای خروجی متفاوت از سیستم خارج می گردد. این کار را تبادل کننده حرارتی با کمک محیط "خدمت رسان" مانند آب، به انجام می رساند. یعنی شیر گرمای لازم را از آب داغ دریافت داشته و در مقابل

خروجی و چگونگی جریان مایع مورد بررسی قرار گیرد.

تغییرهای دما

دمای ورودی وخروجی فراورده به وسیله تقدم و تاخر مراحل فرایند بررسی می گردد. تغییرهای دمای فراورده (Δt) در فرمول عمومی بالا را می توان به صورت زیر بیان نمود، شکل(۷-۱-۶) .

$$\Delta t_1 = t_{o1} - t_{i1}$$

دمای ورودی برای محیط "خدمت رسان" به وسیله شرایط فرایند تعیین می گردد. دمای خروجی محیط خدمت رسان را می توان با محاسبه تعادل انرژی بدست آورد. درتبادل کننده های حرارتی مدرن می توان از انرژی به هدر رفته به هوای محیط اطراف بعلت ناچیز بودن ، صرف نظر نمود. از این رو انرژی حرارتی پس داده شده ، به وسیله مایع داغ مساوی انرژی دریافت شده، به وسیله مایع سرد می باشد وآن را می توان به وسیله فرمول زیر محاسبه نمود:

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

مثال:

در نظر است ۲۰۰۰۰l/h شیر پنیر سازی (V_1) را از ۴ °C به ۳۴ °C به وسیله ۳۰۰۰۰l/h آب داغ (V_2) به دمای(۵۰ °C) برسانیم . چگالی (ρ) و گرمای ویژه (c_p) برای شیر به ترتیب ۱۰۲۰ kg / m³ و ۳/۹۵ kJ / kg ، چگالی و گرمای ویژه برای آب به ترتیب ۹۹۰ kg / m³ در (۵۰ °C) و ۴/۱۸ kJ / kg می باشد. دمای آب خروجی چند درجه خواهد بود.

تغییرهای حرارت برای آب داغ از فرمول زیر محاسبه می گردد.

$$20000 \times 1020 \times 3.95 \times (34 - 4) = 30000 \times 990 \times 4.18 \times \Delta t_2$$
$$\Delta t_2 = 19.5 \ ^\circ C$$

دمای آب داغ به اندازه ۱۹/۵ °C افت می کند واز ۵۰ به ۳۰/۵ °C کاهش می یابد.

متوسط تغییرهای دمای لگاریتمی LTMD

همان طوری که قبلا توضیح داده شد ، برای تبادل و جا به جایی حرارت باید بین دو محیط اختلاف دما وجود داشته باشد. اختلاف دما عامل انتقال می باشد . هرچه اختلاف دما در دو طرف دیواره بیش تر باشد باعث انتقال بیش ترحرارت شده و در نتیجه به تبادل کننده

اختلاف حرارتی مجاز معین گردد. میانگین لگاریتمی دما (Differential temperature) در میان تبادل کننده حرارتی عاملی متغیر می باشد. مقدار متوسط LTMD را Δt_m می نامند و با فرمول عمومی ذیل محاسبه می گردد. علامت های به کاررفته در شکل (۸-۱-۶) ، توضیح داده شده است.

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

برای مثال متوسط تغییرهای دمای لگاریتمی، Δt_m شیر پنیر سازی گرم شده پس از محاسبه ۲۰/۸ درجه سانتیگراد را نشان می دهد .

یک عامل مهم در تعیین متوسط تغییرهای دمای لگاریتمی حرارتی، در تبادل کننده حرارتی ، نوع مسیر جریان می باشد. دو حالت زیر ممکن است اعمال گردد :

جریان غیر همسو (Countercurrent) ، جریان همسو (Concurrrent) .

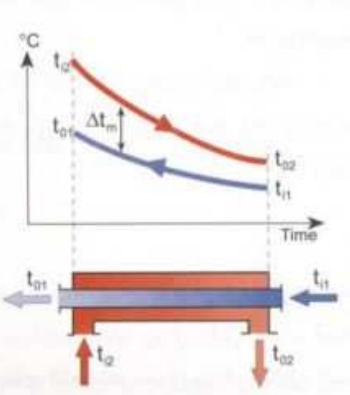
جریان غیر همسو

اگر دو سیال در مخالف جهت هم از میان تبادل کننده حرارتی عبور نمایند در این حالت از اختلاف دما به بهترین شکل استفاده خواهد شد، شکل (۸-۱-۶) . فراورده سرد در ابتدا با محیط خنک تری از ماده گرمازا مواجه می گردد، در ادامه با جلوتر رفتن در مسیر تبادل کننده حرارتی با محیط گرم تر مجاورت می یابد. در این حالت فراورده به تدریج گرمتر می گردد تا سرانجام به چند درجه پایین تر از محیط گرمازای احاطه کننده می رسد. این ترتیب از جریان را غیر همسو (Countercurrent) می نامند.

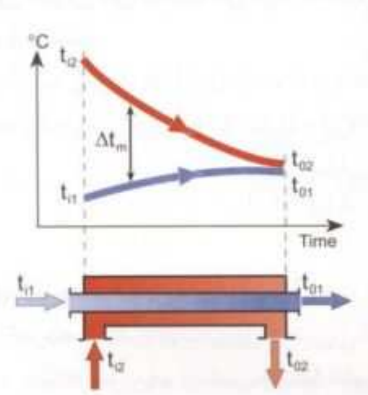
جریان همسو

دراین شکل از جریان ، هردو سیال با نظمی متقابل ، شکل (۹-۱-۶) ، به نام جریان همسو (Concurrrent) از یک انتها به تبادل کننده حرارتی وارد می شوند و در یک مسیر جریان می یابند . در جریان همسو نمی توان به دمایی بالاتر از حدی که اگر محصول و محیط گرماساز باهم مخلوط شوند بدست می آید ، دست یافت. در حالیکه این محدودیت در جریان غیر همسو وجود ندارد و محصول می تواند تا دو ، سه درجه کم تر از دمای ورودی محیط گرمازا گرم گردد .

مبدل های حرارتی با جریان غیرهمسو



مبدل های حرارتی با جریان همسو



ضریب کلی انتقال حرارت

این عامل (K) نشان دهنده اندازه بازده حرارتی می باشد. این ضریب بیان می دارد که به ازای یک متر مربع از دیواره چه مقدار حرارت باید عبور نماید، تا بتواند یک درجه سانتیگراد حرارت را تغییر دهد. همین عامل برای محاسبه عایق کاری ساختمان ها به کار می رود، که در این حالت باید مقدار K تاحد ممکن کوچک گردد. برعکس، این عامل باید درتبادل کننده های حرارتی تا حد ممکن بالا باشد.

به طور کلی K به عامل های زیر وابسته است:

- افت فشار مجاز مایعات ،
- ویسکوزیته مایعات ،
- شکل و ضخامت دیواره ،
- مواد سازنده دیواره ،
- وجود مواد رسوبی ،

افت فشار مجاز

برای افزایش مقدار K و بالابردن انتقال حرارت ، ممکن است، اندازه مسیر عبور محصول کاهش داده شود. این عمل فاصله ای را که باید حرارت از دیواره تا مرکز مجرا طی نماید، کاهش می دهد. در این حالت مقطع عرضی مسیرجریان کاهش می یابد (مسیر تنگ تر می شود). این امر دو نتیجه به همراه دارد:

۱- سرعت جریان از میان کانال افزایش می یابد،

۲- جریان پر تلاطم می شود.
با افت بیش تر فشار (محصول و محیط تامین کننده گرما) تبادل حرارت افزایش می یابد و در نتیجه به تبادل کننده حرارتی کوچک تری نیاز می باشد .

فراورده هایی مانند چربی شیر ،که به همزدن مکانیکی، حساس می باشند. با اعمال عملیات شدید ممکن است ، آسیب ببینند. در شرایط فوق افت فشار در سرتاسر تبادل کننده حرارتی حاکم می گردد ، در این حالت باید فشار محصول قبل از ورود به تبادل کننده حرارتی افزایش یابد، تا نیروی لازم برای عبور از میان کانال های باریک را داشته باشد. بنابراین ممکن است برای این کار به یک پمپ تقویت کننده نیاز باشد. البته در بیش تر سیستم های پیوسته جاگذاری پمپ تقویت کننده ضروری تشخیص داده شده است. اساسا وجود یک فشار بالا در سمت محصول برای جلوگیری از نشت محصول پاستوریزه نشده، به داخل محصول پاستوریزه شده امری ضروری می باشد.

ویسکوزیته

ویسکوزیته محصول و محیط تامین کننده حرارت ، در طراحی ابعاد تبادل کننده حرارتی، مهم می باشند. مایعات با ویسکوزیته بالا (در مقایسه با ویسکوزیته پایین) در زمان جریان یافتن، تلاطم کم تری را درداخل تبادل کننده حرارتی ایجاد می نمایند . این بدان معنی است، که به تبادل کننده حرارتی بزرگ تری نیاز می باشد. برای مثال ، در مقایسه خامه و شیر برای خامه تبادل کننده حرارتی بزرگ تری لازم است، در شرایطی که ظرفیت و برنامه حرارتی یکسان فرض گردد.

فراورده هایی با جریان غیر نیوتنی توجه خاصی را در این رابطه می طلبند . برای این فراورده ها "ویسکوزیته ظاهری" وابسته به دما وسرعت جریان برشی ، می باشد. بنابراین چنین محصولی که ممکن است در حالت سکون در داخل مخزن ، نسبتا غلیظ بنظر رسد ، در هنگام جریان یافتن در میان مسیر های تبادل کننده حرارتی بر اثر نیروی پمپ ، سیالیت بیش تری را از خود نشان می دهد. رفتار جریان ، اینگونه فراورده ها باید با لوازم ویژه ای دقیقا اندازه گیری و محاسبه شود .

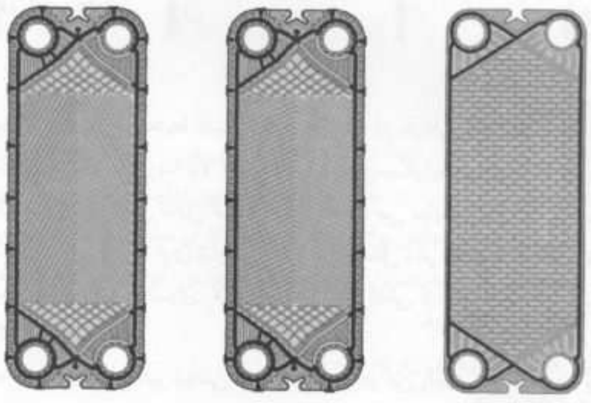
شکل و ضخامت دیواره

دیواره اغلب تبادل کننده های حرارتی برای ایجاد تلاطم بیش تر که باعث انتقال بهتر حرارت می گردد به صورت موجدار یا شیار دار طراحی می شود. در شکل (۱۰-۱-۶) ، سه نوع طرح مختلف نشان داده شده است . ضخامت دیواره نیز مهم می باشد ، دیواره با ضخامت نازکتر تبادل حرارت بهتری را خواهد داشت. ولی دیواره باید تاب تحمل فشار مایع را نیز داشته باشد . طراحی مدرن امروزه امکان ساخت دیواره های نازکی را فراهم آورده است که تا چندی قبل قابل تصور نبودند .

جنس مواد دیواره ها

جنس مواد دیواره هابرای فرایند مواد غذایی معمولا از فولاد ضد زنگ است. این ماده خاصیت رسانایی خوبی را برای انتقال حرارت دارد.

شکل ۱۰-۱-۶ *شکل دیواره ها در تبادل کننده های حرارتی ممکن است بسته به نوع عملیات و نیازمندی های حرارتی محصول ، تفاوت داشته باشد.*



مواد رسوبی

بیش تر فراورده های لبنی نسبت به حرارت حساس می باشند ، در نتیجه باید برای جلوگیری از بروز تغییرهای ناخواسته دقت فراوانی معطوف گردد . پروتئین شیردر اثر حرارت بالا در داخل و اطراف جداره ها رسوب کرده و پوسته می بندد. این اتفاق ممکن است در تبادل کننده حرارتی ، با سطح تبادل دمای بسیار داغ سریع تر رخ دهد . برای جلوگیری از بروز این اشکال باید اختلاف دما بین محیط گرما دهنده و محصول تاحد ممکن کم باشد. به طور معمول دمای محیط گرما ساز را ۳-۲ درجه سانتیگراد بیش تر از درجه حرارت پاستوریزاسیون در نظر می گیرند. در هرصورت اگر سطح تبادل کننده ها بسیار داغ باشد، خطر اینکه پروتئین های شیر لخته گردند و در روی سطح دیواره ها به صورت لایه نازک رسوب نمایند ، وجود دارد. دراین حالت چون حرارت باید از میان این لایه های رسوبی عبور نماید، باعث افت ضریب کلی K خواهد شد .

قابلیت تمیز کردن

تبادل کننده های حرارتی در صنایع لبنی باید در انتهای هر دوره از تولید تمیز گردند. معمولا این عمل بابکارگیری یک سیستم چرخشی محلول شوینده در همان مسیر عبور شیرصورت می پذیرد. فرایند تمیز کردن در فصل ۲۱ به طور مفصل شرح داده خواهد شد. برای دستیابی به تمیزی قابل قبول، تبادل کننده های حرارتی باید به گونه ای طراحی شوند که در زمان شستشوی درجه حرارت خاصی را مراعات نمایند و امکان ثبت و تکرار آن نیز مقدور باشد.

چنانچه مسیر ها در تبادل کننده های حرارتی به صورت مجاری موازی با قطر های بزرگ باشند ، در این مسیرها با وجود به کارگیری جریان متلاطم در عملیات شستشوی ، سیستم ، نیروی لازم را برای حذف رسوب ها نخواهد داشت. همچنین تعدد مسیرهای موازی باریک باعث افت فشار مایع شستشو کننده خواهد شد . در این حالت شدت جریان (Flow velocity) نیز کاهش یافته و در نتیجه فرایند با عدم کفایت تمیزی مواجه خواهد شد . به طور کلی باید در طراحی تبادل کننده های حرارتی ، یک سیستم شستشوی با کفایت و فراگیر پیش بینی گردد.

ضرورت ساعات کار کرد دستگاه

شیر و بعضی فراورده های آن در صورتی که بیش از ۶۵ درجه سانتیگراد حرارت داده شوند ، به طور غیر قابل اجتنابی ، مقداری رسوب در سیستم به وجود خواهند آورد. در نتیجه باید پس از محدوده های زمانی معینی، سیستم ، برای تمیز کردن متوقف گردد. مدت زمان کارکرد ، متفاوت بوده و قابل پیش بینی نمی باشد و معمولا ، بر اساس مقدار رسوب تشکیل شده تعیین می گردد . سرعت تشکیل رسوب به چند عامل بستگی دارد که عبارتند از :

- اختلاف دما بین محصول و محیط گرما زا،
- کیفیت شیر،
- هوای موجود در محصول ،
- شرایط فشار در قسمت گرما زا ،

این نکته بسیار مهم نباید فراموش گردد که مقدار هوا در محصول باید بسیار پایین باشد. حضور هوا در شیر نقش بزرگی در ایجاد رسوب دارد. رشد میکروارگانیزم ها در مراحل پیشین (پایین دست) سیستم ، نیز ممکن است ، باعث تشکیل رسوب در دستگاه گردد و از زمان پیش بینی شده کارکرد، بکاهد. به هرحال بروز این وضعیت نادر بوده و زمانی که این وضعیت اتفاق می افتد با عملیات پیش فرایندی شیر در ارتباط می باشد . تمام این عامل ها باید در تنظیم فاصله های تمیز کردن و طراحی سیستم پاستوریزاتور پیش بینی گردد .

اختلاف دما بین محیط گرما ساز و محصول برای انتقال حرارت نباید ازحد لازم بیش تر باشد. در غیر این صورت ممکن است منجر به افت نسبی دما در محصول خروجی گردد ، درضمن افزایش بی رویه دما در سطوح تبادلی باعث رسوب بیش تر پروتئین در روی دیواره ها گشته و با افزایش ضخامت دیواره ، K به مقدار بیش تری افت خواهد نمود .

همچنین مقدارK متاثر از شدت جریان (افزایش یا کاهش شدت جریان عبور مایع) از میان تبادل کننده حرارتی می باشد . افزایش سرعت جریان باعث ایجاد جریانی متلاطم تر (More turbulent) گشته که منجر به افزایش مقدار K خواهد شد. برعکس کاهش سرعت ، جریان را به صورت لایه ای (Laminar) در آورده و مقدار K را کاهش می دهد . به طور معمول بهتر است از تغییرهای نابجا در سرعت جریان سیال اجتناب شود ، اما به دلایل اقتصادی ممکن است ، بعضی از تغییرها در سرعت جریان پذیرفته شود .

مثال: در مثال قبلی در مورد گرم کردن شیر پنیر سازی ضریب تبادل حرارت را می توان تقریبا ۵۰۰۰ $w / m^2,k$ در نظر گرفت . اگر تبادل کننده های حرارتی صفحه ای از ورق فولادی ضد زنگ نازک ساخته شوند صفحه ها رسوب زیادی نخواهند داشت.

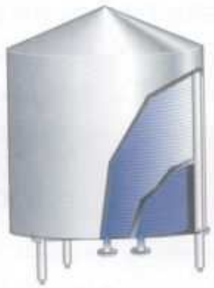
عامل های دیگر عبارتند از:

- سرعت جریان = ۲۰۰۰۰ l/h
- چگالی= ۱۰۲۰ kg / m^3
- گرمای ویژه= ۳/۹۵ $kj / kg,k$
- تغییرهای دما = ۳۰ $^\circ C$
- اختلاف درجه حرارت= ۲۰/۸ $^\circ C$
- ضریب تبادل حرارتی= ۵۰۰۰ $w / m^2,k$
- سطح تبادل حرارت به صورت زیر محاسبه می گردد.

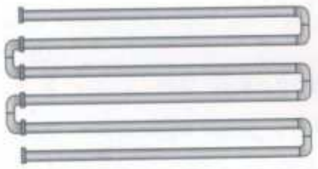
$$A = \frac{20000 \times 1020 \times 3.95 \times 30}{3600 \times 20.8 \times 5000} = 6.5m^2$$

این داده یک مقدار فرضی می باشد. در مقام عمل داده ها باید با در نظر گرفتن طبیعت حساس فراورده و نیازهای فرایند به طور دقیق مورد بررسی قرار گیرند. از دو عامل مهمی که در فرمول نمی گنجند اما بسیار مهم می باشند می توان به قابلیت تمیز کردن سیستم و مدت زمان فعالیت سیستم اشاره نمود.

بسیار اساسی می باشد . در صورت تغییر سرعت ، مدت زمـانی کـه محصـول در معـرض دمـای پیش بینی شده قرار می گیرد تغییر می یابد. امروزه اغلب واحـد هـای نگهدارنـده دمـا، درداخـل تبادل کننده های صفحه ای کار گذاشته شده است و انواع تعبیه شده در خارج از دستگاه بنـدرت به کاربرده می شود .



شکل ۱۱-۱-۶ *لوله نگهدارنده دماز نوع ماریبچ ، برای زمان نگهدای دما در مدت طولانی باحفاظ مربوطه*



شکل ۱۲-۱-۶ *لوله نگهدارنـده دما به شکل زیگ ، زاگ.*

محاسبه زمان در لوله نگهداری دما

مختصـات طـول لولـه ، بـرای زمـان نگهـداری لازم ، بـر اسـاس ظرفیـت در سـاعت و تغییرهای قطرداخلی لوله ها محاسبه می شود. از آنجایی که سرعت ذرات شیر در لوله نگهدارنده دما یکسان نمی باشد و بعضی از مولکول های شیر سریع تر از میـانگین سـرعت در نظـر گرفتـه شده، حرکت می نمایند جهت اطمینان از اینکه حتی مولکول های پر شتاب نیز بـه انـدازه کـافی در معرض حرارت لازم قرار گرفته اند از یک ضریب کارایی استفاده می شـود . ایـن ضریـب بـه طراحی لوله های نگهدارنده دما، بستگی داشته و اغلب در محدوده ۰/۹-۰/۸ قراردارد.

فرمول :

$$V = \frac{Q \times HT}{3600 \times \eta} dm^3 \qquad (۱)$$

$$L = \frac{V \times 4}{\pi \times D^2} dm \qquad (۲)$$

باز یافت انرژی با استفاده از تلاقی حرارتی (Regeneration) یاسیستم احیای حرارتـی روشی است که در آن شیر سرد ورودی به دستگاه پاستوریزاتور، به وسیله حرارت شیر خروجی از دستگاه ، پیش گرم (Preheat) می گردد. شیر سرد ورودی دراین حالت باعث خنک شـدن شـیر داغ خروجی می شود. این عملیات باعث صرفه جویی در مصرف آب و انرژی می گـردد. کـارایی باز یافت انرژی با استفاده از تلاقـی حرارتـی در سیسـتم هـای پاسـتوریزاتور مـدرن بیـش تـر از ۹۵-۹۴ درصد می باشد. در مثال زیر می توان راندمان بازیافت حرارتی را در سـاده تریـن شـکل عملیات، با معادله داده شده محاسبه نمود .

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

در این فرمول :

R = ضریب کارایی بازیافت از تلاقی حرارتی

t_r = درجه حرارت شیرپس از تلاقی(در اینجا ۶۸°C)

t_i = دمای شیر خام ورودی (در اینجا ۴°C)

t_p = دمای پاستوریزاتور (در اینجا ۷۲°C)

با جا گذاری اعداد در فرمول فوق

$$R = \frac{(68 - 4) \times 100}{(72 - 4)} = 94.1\%$$

نگهداری دما

در ضمن عملیات حرارتی پاستوریزاسیون بـاید محصـول در زمـان معینـی تحـت دمـای مشخصی قرار گیرد. این عمل ممکن است در یک واحد نگهداری دما (Holding cell) واقع در بیرون دستگاه پاستوریزاتور انجام پذیرد. این واحد معمولا به شکل لوله های مرتبی است کـه در یک طرح مارپیچ یا زیگ زاگ (Zig-zag) با اتصالات ورودی و خروجی به دستگاه پاستوریزاتور قرار دارند و اغلب به وسیله یک حفاظ فلزی برای جلوگیری از خطر سوختگی بـدن کـارگران در اثر تماس باآن پوشیده شده است. طول لوله ها و سرعت جریان که در اصل تعیین کننــده زمـان ثابت نگهداشتن دما برای محصول می باشد بر اساس طراحی لازمه محاسبه شده است . کنـترل دقیق سرعت جریان مواد با توجه به خصوصیت های ابعادی سیستم برای رسیدن به زمان لازمه

در فرمول های یاد شده :

Q	سرعت جریان در پاستوریزاتوربرحسب لیتر در ساعت.
HT	زمان نگهداری در لوله نگهدارنده دمابرحسب ثانیه
L	طول لوله نگهدارنده دما بر حسب دسی متر، در ارتباط با Q وHT
D	قطر داخلی لوله بر حسب دسی متر ، مطابق با لوله کشی سیستم پاستوریزاتور
V	حجم شیر بر حسب لیتر یا دسی متر مربع در ارتباط با Q و HT
η	ضریب کارایی

مثال : پیدا کنید طول(L) لازم برای لوله نگهدارنده دما ، با زمان نگهداری ۱۵ ثانیه(HT) و باظرفیت پاستوریزاسیون ۱۰۰۰۰لیتر شیر در ساعت (Q) و با قطر داخلی (D) ۴۸/۵ میلی متر (مساوی ۰/۴۸۵ دسی متر) ، ظریب کارایی ۰/۸۵ منظور شده است .

$$V = \frac{10000 \times 15}{3600 \times 0.85} = 49.0dm^3 \qquad (۱)$$

$$L = \frac{49 \times 4}{\pi \times 0.485^2} = 265.5dm \text{ or } 26.5\text{m} \qquad (۲)$$

طول لوله لازم برابر ۲۶/۵ متر می باشد.

انواع تبادل کننده های حرارتی

دراواخر قرن ۱۹ ابزارها ودستگاهای متفاوتی برای حرارت دادن شیر به کارگرفته می شد. یک نوع آن در شکل (۱۳-۱-۶) ، نشان داده شده است. این وسیله ها باوجود آن که نقایص زیادی را در بر داشتند ولی تا سال ۱۹۵۰ میلادی هنوز در بعضی نقاط از آنها استفاده می شد.

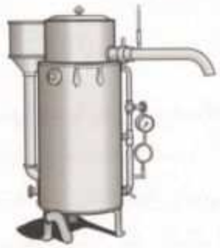
در سال ۱۸۷۸ یک آلمانی بنام آلبرت دریک (Albert Dracke) امتیاز طرح ساخت یک ماشین را بنام خود ثبت نمود . این دستگاه می توانست یک مایع را به وسیله جریانی از مایع سرد که در سمت دیگر آن جریان داشت ، خنک نماید. دقیقا معلوم نیست ، طرحی از یک نوع تبادل کننده حرارتی که درشکل (۱۴-۱-۶) ، نشان داده شده است ، هرگز از روی کاغذ به اجرا در آمد یا نه ؟ در ابتدای سال ۱۹۲۰ میلادی ، دوباره ایده قدیمی آلمانی مطرح گشت و یک تبادل کننده حرارتی با تلاقی حرارتی طراحی شد وازآن پس این تبادل کننده های حرارتی به

نوع تبادل کننده حرارتی که رایج ترهستند اشاره نمود .

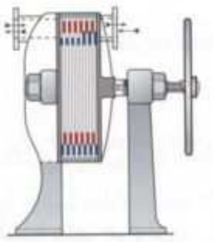
- تبادل کننده های حرارتی صفحه ای ،
- تبادل کننده حرارتی لوله ای ،
- تبادل کننده حرارتی تیغه تراش (Scraped - surface) .

تبادل کننده حرارتی صفحه ای

اکثر عملیات حرارتی در صنایع لبنی به وسیله تبادل کننده های حرارتی صفحه ای (Plate heat exchangers) انجام می پذیرد. تبادل کننده حرارتی صفحه ای (به صورت مخفف PHE) به شکل یک دسته از صفحه های فولادی ضد زنگ (Stainless steel) هستند که در یک قاب قرار داده شده اند.



شکل ۱۳-۱-۶ *این نوع پاستوریزاتور با راه انداز توربینی ، به وسیله شرکت ABسپراتور در سالهای ۱۸۹۶-۱۹۳۱ ساخته شد.*



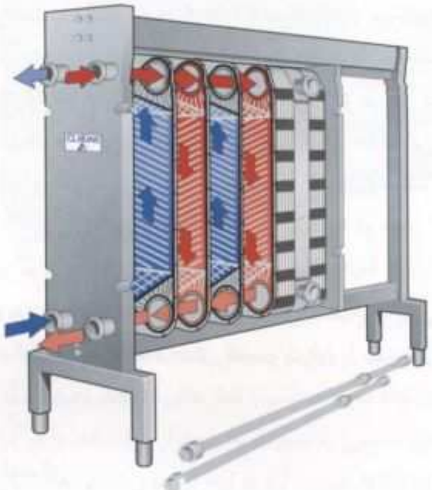
شکل ۱۴-۱-۶ *تبادل کننده حرارتی صفحه ای که در سال ۱۸۹۰ به وسیله مخترعین آلمانی بنامهای لانگن و هوندهاسون ارائه شد.*

قاب شامل چندین دیواره جدا کننده بوده که آن را به قسمت های مجزایی تبدیل می نماید در این قسمت ها عملیات های حرارتی مختلف مانند: عملیات "حرارتی اولیه" ، حرارت دهی نهایی و خنک کردن انجام می پذیرد. محیط گرماساز (گرمازا) آب می باشد و محیط سرد کننده نیز ممکن است آب سرد ، آب یخ یا پروپیل گلیکول باشد و بسته به نیاز درجه حرارت خروجی فراورده ، نوع محیط انتخاب می گردد. صفحه ها بر اساس طراحی ویژه ای برای رسیدن به بهترین درجه حرارت دارای چین وشکن خاصی می باشند و به صورت فشرده در قاب جاسازی شده اند .

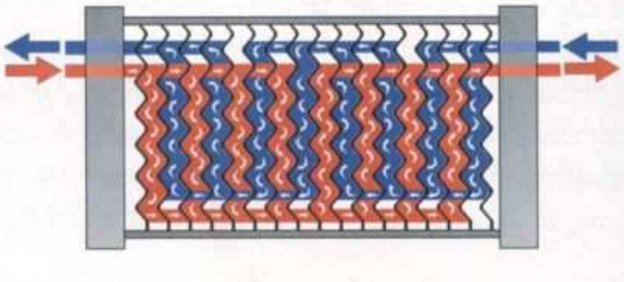
چین وشکن ها در تبادل کننده های حرارتی به گونه ای صفحه هارا در کنار هم قرار می دهد که یک مجرا باریک در میان آنهاشکل می گیرد. مایعات ازطریق مجاری وسوراخ های واقع در گوشه صفحه ها به داخل مجاری بین صفحه ها ورود و خروج می نمایند . طراحی

ویژه ای به شکل باز یا مسدود بودن سوراخ ها، مسیر مـایع را از یـک مجـرا بـه مجـرای دیگـر تعیین می نماید. واشرهای (Gaskets) دور لبه صفحـه هـا و دور سـوراخ هـا مـرز بیـن مجـاری راتعیین می نمایند و از نشت مایعات به بیرون و اختلاط محتویات داخل واحدها بـاهم جلوگـیری می نمایند.

شکل ۱۵-۱-۶ *جریان های اصلی و تبادل حرارت در تبادل کننده حرارتی صفحه ای*



شکل ۱۶-۱-۶ *سیستم جریان یافتن محصول و محیط تامین کننده سرما یا گرما در تبادل کننده*



نمای جریان در پاستوریزاتور

نمای جریان پاستوریزاتور های صفحه ای بـه ایـن صـورت اسـت کـه ابتـدا محصـول از طریق یک سوراخ واقع در یک گوشه دستگاه وارد اولین مجرای داخل پاستوریزاتور می گـردد و به طور عمودی از میان کانال جریان می یابد. در ادامه از گوشه دیگر، واقع در انتهای مسیری که با واشر جدا کننده تفکیک شده است، خارج می گردد. ترتیبی پیش بینی شـده ، کـه محصـول بـه طور متناوب پس از طی مسیرهای هر بخش به مسیر بخـش دیگـر وارد گـردد. مـاده گرمـازا یـا سرمازا ، درسمت دیگر دیواره نخست از انتهای دیگر دستگاه وارد شده و سپس به همـان شـکل محصول با تناوب خاصی از میان صفحه های دستگاه عبور می نماید. محصـول در داخـل مجـرا طبعا از ورای دیواره در مجاورت یک محیط گرما زا یا سرما زا قرار می گیرد. بـرای کـارایی موثـر انتقال حرارت ، ضخامت مجاری بین صفحه ها باید تاحد ممکن باریک باشـند ، اگـر قـرار باشـد حجم بزرگی از محصول از داخل این مجاری عبور داده شود ، دو عـامل سـرعت جریـان و افـت فشار ، بالا خواهد رفت ، که هیچکدام مطلوب نمی باشند . برای حذف این حالت، محصـول را از میان تعدادی مجاری موازی هم مسیر در بین صفحه ها هدایت می نمایند .

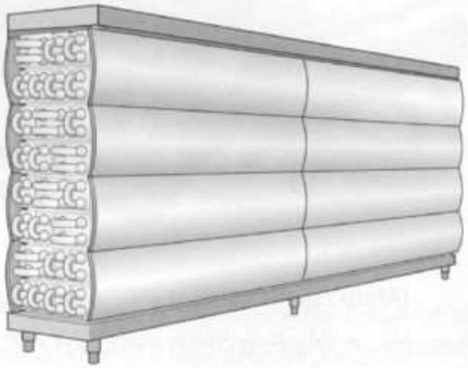
در شکل (۱۶-۱-۶) رنگ آبی (جریان محصول) ابتدا به دو مسیر اصلی تقسیم می شـود که هر کدام چهار مسیر موازی را طی می نمایند. رنگ قرمز(محیط گرمازا) به چهار مسیر تقسیم شده و سپس هر کدام به دو مسـیر منشـعب مـی گردنـد. مجموعـه ایـن ترکیـب را بـه صـورت (۴×۲/۲×۴) می نویسند اولین شماره تعداد اصلی تقسیم جریان را بیان می دارد و دومیـن شـماره تعداد انشعابات موازی را نشان می دهد.

تبادل کننده حرارتی لوله ای

در بعضی موارد تبادل کننده حرارتی لوله ای(Tubular heat exchangers = THE) برای حرارت دادن فراورده ها به صورت UHT در صنایع لبنـی بـه کـاربرده مـی شـوند. تبـادل کننده حرارتی لوله ای ، شکل(۱۷-۱-۶)، شبیه تبـادل کننـده حرارتـی صفحـه ای نمـی باشـد. هیچ نقطه اتصالی در داخل مجرای عبور محصول وجود ندارد، بنابراین می توانند فراورده هـایی را با ذرات درشت تر از اندازه معمول از داخل خود عبور دهند . حد اکـثر انـدازه ذرات وابسـته بـه قطر داخلی لولـه هـا مـی باشـد. تبـادل کننـده لولـه ای، در مقایسـه ، بـا تبـادل کننـده حرارتـی صفحه ای پس از عملیات تمیز کردن ، مدت زمان بیش تری فعال باقی می مـاند (یعنـی دیرتـر به تمیز کردن نیاز پیدا می کنند). از نقطه نظر تبادل حرارت ، نوع تبادل کننده حرارتـی لولـه ای کارایی کم تری را نسبت به تبـادل کننـده حرارتـی صفحـه ای داراست. تبـادل کننـده حرارتـی لوله ای در دو شکل متفاوت زیر وجود دارد:

- پوسته ای پوسته ای (Multi / mono channel) ،
- پوسته ای لوله ای (Multi / mono tube) ،

شکل ۱۷-۱-۶ *تبادل کننده حرارتی لوله ای که به صورت یک مجموعه بهم فشرده قرار دارند.*

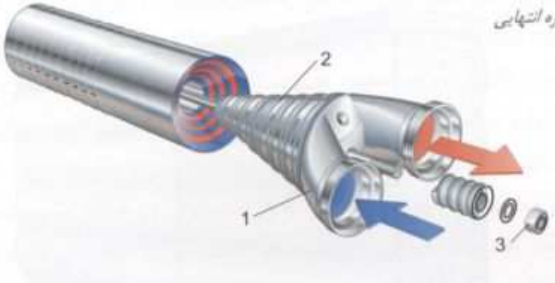


تبادل کننده حرارتی نوع پوسته ای ، پوسته ای(Multi / mono channel)

سطح انتقال حرارت در این نوع تبادل کننده ها در شکل(۱۸-۱-۶) نشان داده شده است و شامل تعدادی لوله های مستقیم با قطر های متفاوت است که به صورت متحدالمرکز (۱) در روی یک محور عمومی به صورت تودرتو قرار گرفته اند. درهر دو انتها ، لوله ها به وسیله واشرO شکل (O-rings) به صورت لبه به لبه، درزبندی شده اند (۲) و به گونه ای سوار شده اند که در انتها در روی یک محور به یک دهانه فشرده منتهی می گردند (۳) . محیط تامین کننده دما به صورت ناهمسو و به شکل یک در میان از داخل لوله های حلقوی متحدالمرکز جریان می یابد. محیط تامین کننده گرما یا سرما همیشه در مجاری بیرونی تر جریان می یابند. در انتها دو سر مجاری تقسیم کننده و جمع کننده بهم پیوسته و سیال هر کدام به دیگری هدایت شده و جای آنها از سیال های تازه پر می گردد. در بعضی حالات در داخل این نوع تبادل کننده های لوله ای ، چین هایی را ایجاد می نمایند تا با ایجاد جریان متلاطم در هر دو محیط (محصول و سیال گرمازا یا سرما زا) ، به حد اکثر راندمان تبادل حرارتی دست یابند. همچنین ممکن است ، سیستم تبادل کننده حرارتی " پوسته ای ، پوسته ای " را برای نوع "محصول ، محصول" – درهر دو طرف لوله های تبادل کننده محصول با دما های مختلف جریان دارد – نیز به کار برند. یک نوع از این تبادل کننده ها با مجرای تکی که فقط یک مجرای حلقوی در وسط برای محصول و دو مجرای متحدالمرکز در داخل و خارج برای جریان یافتن محیط تامین کننده سرما یا گرما دارد، در بعضی صنایع (تهیه گلوکز از نشاسته باروش اسید زنی حرارتی) کاربرد بیش تری را دارد.

شکل ۱۸-۱-۶ *انتهای یک تبادل کننده حرارتی نوع پوسته ای پوسته ای*

۱- سر
۲- واشرحلقوی O شکل
۳- مهره انتهایی



تبادل کننده حرارتی نوع پوسته ای ، لوله ای(Multi / mono tube)

این نوع تبادل کننده حرارتی عمدتا به شکل پوسته و لوله می باشد . جریان محصول از میان یک دسته از لوله های موازی برقرار می گردد و محیط تامین کننده سرما یا گرما در بین و اطراف لوله هاجریان می یابد. ایجاد تلاطم برای افزایش راندمان تبادل حرارت ، به وسیله زوایید چین دار حلزونی در پوسته و لوله تامین می گردد.

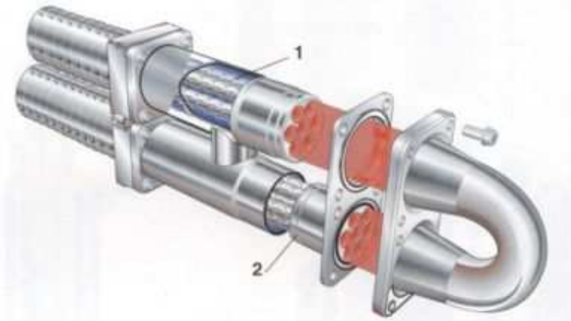
سطح انتقال حرارت دراین نوع تبادل کننده ها ، شامل مجموعه ای از لوله های (۱) مستقیم با دیواره چین دار یاصاف بوده که هردو انتها به صفحه نگهدارنده ای جوش خورده اند، شکل (۱۹-۱-۶). صفحه نگهدارنده به وسیله دو واشر حلقوی (۲) باعث شناور ماندن لوله ها در فضای داخل پوسته خارجی و درز بندی آن می گردند. این طرح اجازه می دهدکه در مواقع لزوم بتوان لوله ها را به آسانی از داخل پوسته ، بدون اتصالات پیچ و مهره ای خارج نمود . شناور بودن لوله ها در داخل پوسته ، امکان ایجاد تغییر در جذب و توسعه حرارت را فراهم می آورد و در نتیجه می توان شکل های متفاوتی از فرایندهای حرارتی را برای کار برد های مختلف فراهم آورد.

یک نوع از این تبادل کننده "پوسته ای – لوله ای " فقط با یک لوله داخلی می تواند ذراتی را با قطر بزرگ تر از ۵۰ میلی متر را از درون خود عبور دهد که در بعضی از صنایع کاربرد دارد. تبادل کننده های حرارتی از نوع "پوسته ای – لوله ای " برای فرایند هایی با فشار و حرارت بالا مناسب می باشند.

شکل ۱۹-۱-۶ انتهای یک تبادل کننده حرارتی پوسته ای لوله ای

۱- لوله حاوی محصول

۲- واشر های درزبندی



تبادل کننده ای حرارتی نوع تیغه تراش (Scraped - surface)

تبادل کننده حرارتی نوع "تیغه تراش" شکل (۲۰-۱-۶) برای سرد ویا گـرم کـردن مـواد غلیظ و چسبناک ، مواد کلوخه ای و برای تبلور دادن فراورده ها طراحی شده است . فشـار عمـل کننده روی محصول اغلب بیش تر از ۴۰ بـار (Bar) مـی باشـد. بـا ایـن نـوع تبـادل کننـده هـا می توان تمام فراورده هایی که قابلیت جا به جایی با پمپ را دارا باشند ، تحت فرایند قرار داد .

یک تبادل کننده حرارتی "تیغـه تـراش" شـامل یـک بدنـه اسـتوانه ای (Cylinder) (۱) بوده و محصول با جریان غیر همسو ، در مقابل جریان محیط تامین کننده دما ، که در بین جـدار محیط استوانه ، جریان دارد ، به داخل آن پـمپ مـی گـردد. یـک محـور چرخنـده (Rotor) دور متغیر (۲) با قطر (۱۲۷تا ۵۰/۸) میلیمتر و تیغه های تراشنده (Pin/blade) قـابل تغیـیر (۳) بـه شکل های متفاوت، اجازه تطابق سیستم را برای کاربرد های مختلف می دهند. محور چرنده ، با قطر کوچک تر اجازه می دهد ذرات درشت (بزرگ تر از ۲۵ میلیمتر) بتواند از میان استوانه عبـور نمایند. در قطر های بزرگ تر ، ذرات ، زمان اقامت کوتـاهتری را داشـته وبـاعث ارتقـاء عملیـات حرارتی می گردند.

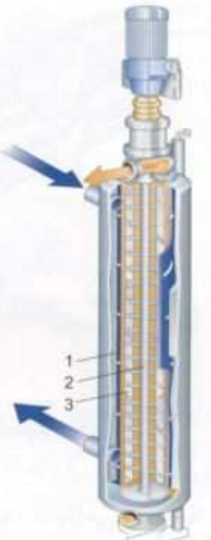
محصول از میان دریچه ورودی واقع در پایین دستگاه وارد بدنه استوانه عمـودی شـده و به طور مداوم از داخل استوانه به سمت بالا جریان می یابد . یک سیستم هوا گیر تمام هوا را بـه طور کامل از روی محصول می زداید و یکسانی پخش محصول را در روی سطوح سـرد یـا گـرم تضمین می نماید. تیغه های چرخنده جهت اطمینان از یکنواختی تبادل حرارت و محافظت سطح ازرسوب بستن مواد، به طور دایم محصول راز دیواره استوانه می تراشند، شکل(۲۱-۱-۶).

شکل ۲۰-۱-۶ تبـادل کننـده حرارتـی نـوع تیغـه تراش (با استوانه عمودی)

۱- بدنه استوانه ای

۲- محور چرخنده

۳- تیغه

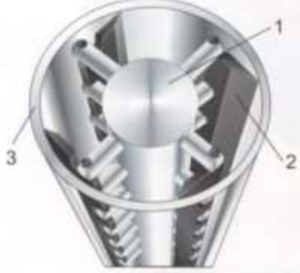


شکل ۲۱-۱-۶ برش نمـای میانی تبـادل کننـده نوع تیغه تراش

۱- محور چرخنده

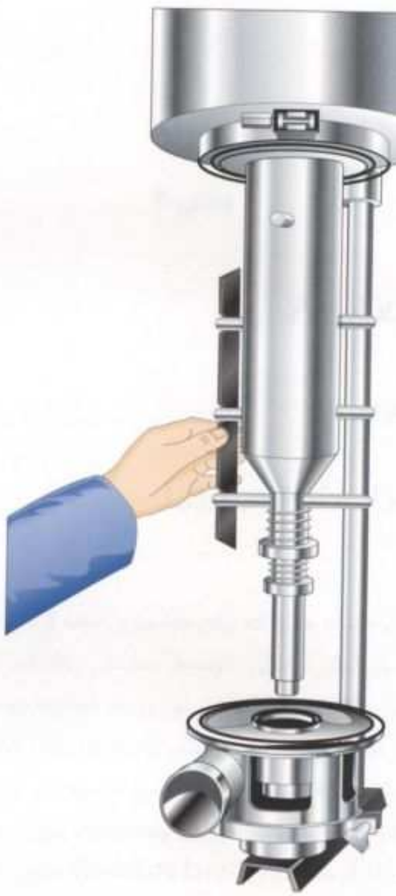
۲- تیغه

۳- بدنه استوانه



محصول ازطریق دریچه خروجی بالایی استوانه خارج می شود. بسته به نوع محصـول و بدست آوردن یکنواختی می توان سرعت جریان ورود محصول و سرعت چرخش محور چرخنـده را تغییر داد. در پایان کار به واسطه طراحی عمودی این سیستم ها ، آب با حد اقل امکان مخلوط شدن با محصول می تواند جایگزین گردد این کار به بازیافت حداکثر محصول در پایان کـار ایـن دستگاه کمک می نماید. تخلیه کامل به عملیات شستشوی در جا ، نیز کمک می نمـاید. همـان طور که در تصویر نشان داده شده محور چرخنده و تیغه ها قابل تغییرند ، و می توان با یک بلنـد کننـده هیدرولیـک، تیغـه و محـور داخـل بدنـه اسـتوانه را تعویـض نمـود، شـکل (۲۲-۱-۶) . فراورده هایی کـه در تبـادل کننـده هـای حرارتـی تیغـه تـراش ، مـورد عملیـات حرارتـی قـرار می گیرند، عبارتند از : مرباجات ، شربت ها ، انـواع چاشـنی هـا ، شـکلات و کـره بـادام زمینـی. همچنیـن ایـن دسـتگاه بـرای چربـی هـا وروغـن هـا بـرای تبلـور مارگـارین و روغـن قنـادی (Shortening) و ... نیز به کار می رود. تبادل کننده حرارتـی نـوع "تیغـه تـراش" بـرای سیسـتم آسپتیک نیز طراحی شده است. گاهی دو یا چند تبادل کننده حرارتی از این نوع را بـرای بدسـت آوردن سطح تبادل حرارتی بیش تر به صورت سری یا موازی بسته بـه ظرفیـت مـورد نیـاز بهـم متصل می نمایند.

شکل ۲۲-۱-۶ تعویض تیغه از محور چرخنده و جاگذاری در موقعیت پایین تر



فصل ششم

بخش ۲

جدا کننده های گریز از مرکز
و
استاندارد کردن چربی شیر

جدا کننده های گریز از مرکز(سانتریفوژی)

تاریخچه:

ویژگی های یک اختراع جدید که برای جدا سازی خامه از شیر قابل استفاده بود ، بـرای اولین بار در یک نشریه بازرگـانی آلمـانی ، توسـط " میلیـش زیتانـگ " (Milich-zeitung) بـه تاریخ هجدهم آوریل سال ۱۸۷۷ شرح داده شد. این وسیله عبـارت بـود از اسـتوانه ای (Drum) چرخان که به دور محور خـود مـی چرخیـد و پـس از مـدت زمـانی کـه شـیر در داخـل آن قـرار می گرفت ، خامه در سطح آن به صورت شناور جدا می شد. بنابراین این وسیله می توانست شیر پس چرخ (بدون چربی) را تقریبا به روش امروزی تولید نماید . پس از مطالعه این مطلـب ، یـک مهندس جوان سوئدی بنام گوستاو لاوال (Gustaf de laval) اظهار داشت : " که من می توانم عملکرد نیروی گریز از مرکز را در دستگاه نوع سـوئدی بخوبـی آلمـانی نشـان دهـم " . روزنامـه استکهلم داگبلاد (Stockolms dagblad) در پانزدهم ژانویه سال ۱۸۷۹ اطلاعیه زیر را منتشر نمود :

" یک جدا کننده سانتریفوژی (Centrifugal separator) برای خامه گیری از شـیر از دیـروز در معرض نمایش گذاشته شده اسـت و هـر روزه از سـاعت ۱۱ صبـح تـا ۱۲ ظهـر در طبقـه اول خانـه شماره ۴۱ واقع در ریجرینگ ساتان (Regeringsgatan) آماده باز دید عموم می باشد " .

این وسیله شبیه یک استوانه بود که به وسیله یک تسـمه پروانـه (Belt) و قرقـره (Pulley) بـه حرکت در می آمد. خامه که سبک تر از شیر بود، به وسیله نیروی گریز از مرکـز بـه سـطح شـیر رانده می شد و از راه مجرایی به داخل مخزن جمـع آوری، جـاری مـی گشـت. در زیـر آن، شـیر تحت نیروی محیطی (گریز از مرکز) از طریق مسیر دیگـری در مخـزن جداگانـه ای جمـع آوری می شد.

در سال ۱۸۹۰ که سپراتور (جدا کننده) به وسیله گوستاو دولاوال ساخته شد به تدریج بـا طراحی های ویژه ای از دیسک های مخروطی تجهیز شد. دانـش فنـی ایـن طـرح کـه در سـال ۱۸۸۸ به وسیله یک آلمانی بنـام " فریهـر وان بوختوشیم (Freiherr von bechtolsheim) ابداع شده بود ، در سال ۱۸۸۹ بـه وسـیله شـرکت سـوئدی (AB سـپراتور) کـه خـود دولاوال از سهام داران آن بود به طور رسمی خریداری گردید .

امروزه ساخت سپراتور های سانتریفوژی با دیسک های مخروطی رایج می باشد .

شکل ۱-۲-۶ *گوسـتاو دولاوال مختـرع اولیـن سپراتور سانتریفوژی با سیستم پیوسته*

شکل ۲-۲-۶ *یکی از اولین سپراتورهای مـدل : الفا Al ساخته شده در سال ۱۸۸۲*

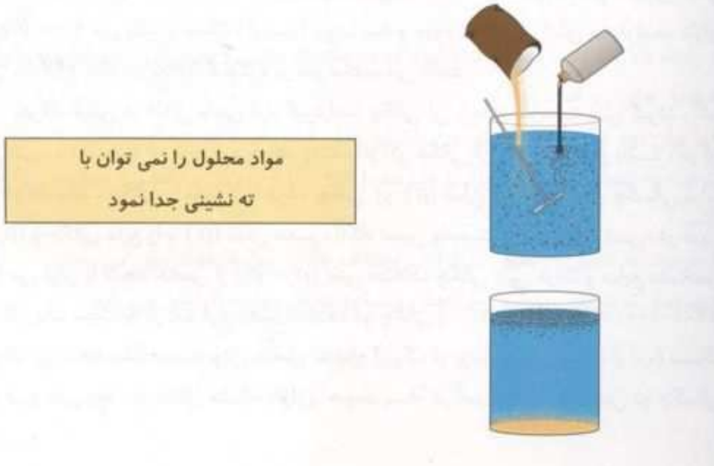
ته نشین شدن بر اساس تاثیر جاذبه زمین

بر اساس گواهی تاریخ سپراتور های سانتریفوژی یک اختراع جدیـد مـی باشـند . حـدود صد سال پیش روشی که برای جدا سازی یک ماده از ماده دیگر بکارمی رفـت ، جـدا سـازی بـر اساس ته نشین شدن (Sedimentation) تحت تاثیر جاذبه زمین (نیروی وزن) بود. تـه نشـینی پدیده ای معمول می باشد و هر جایی که یک ماده غیر قابل حل در داخل مایع (آب) قـرار گـیرد و مدتی به حال خود رها شود ماده سنگین تـر تـه نشـین خواهـد شـد . مثـلا ذرات گـل رس در مخلوط آب و گل پس از مدتی که بی حرکت بمانند ذرات گل ته نشین شده و آب شفاف خواهد شد. یا مخلوط آب و شن نیز چنین رفتاری را از خود نشان می دهند. اما اگر روغن با آب مخلوط گردد بدلیل سبک تر بودن وزن روغن نسبت به آب ، روغن به شکل لایه روغنـی در سـطح آب قرار می گیرد. ته نشینی بر اثر نیروی وزن مبنای اصلی جدا سازی چربی از شیر در صنـایع لبنـی می باشد. اگر شیر تازه دوشیده شده از گاو داخل یک ظرف برای مدتی بی حرکت نگهداری شود پس از مدتی گویچه های چربی موجود در آن جمع شده به صورت لایه ای شناور در سطح شـیر پدیدار می گردند و خامه را شکل می دهند که آن را می توان به طور دستی از شیر جدا نمود .

شرایط ته نشینی مواد

مایع هایی مانند شیر که تحت فرایندهای مختلف قرار می گیرد ، معمولا مخلوطـی و یـا مجموعه ای از دو یا چند فاز (Phase) می باشند ،که یکی از آنها به صورت فاز پیوسته ، فازهای دیگر را در بر گیرد. برای مثال در شیر ، "سرم شیر" (Milk serum) یا شیر" پس چرخ" تشـکیل فاز پیوسته (Continuouse phase) را داده و چربی شیر به شکل گویچه هایی با قطرهـای تـا ۱۵ میکرون به صورت فاز منتشر در آن قرار می گیرند. همچنین شیر حاوی یـک فـاز سـوم نـیز می باشد که آن شامل ذرات جامد معلق مانند سلول های بافت پستان ، ذرات ریز کـاه ، مـو و ... می باشد. این فاز ها از هم جدا بوده و قابل حل در هم دیگر نمی باشند .

شکل ۳-۲-۶ *رفتار شن و روغن پس از اختلاط در آب*



مواد محلول را نمی توان با ته نشینی جدا نمود

مواد محلول را نمی توان به وسیله ته نشینی از هم جدا نمود . لاکتوز (قند شیر) که به صورت محلول در شیر قرار دارد نمی توان به وسیله نیروی گریز از مرکز از شیر جدا نمود . برای جدا سازی باید نخست آن را به شکل ذرات بلورین در آورد . آنگاه این ذرات به وسیله ته نشینی قابل جدا شدن می باشند. معمولا فاز ها دارای چگالی های مختلف هستند که این امر در مورد فازهای موجود در شیر نیز صادق است . مثلا ذرات جامد خارجی موجود در شیر ، چگالی بالاتر و گویچه های چربی، چگالی کم تر از شیر "پس چرخ" را دارند.

عامل های موثر در ته نشینی

اگر یک قطعه سنگ در داخل آب بیفتد ودر آن فرو نرود متعجب خواهیم شد . در عین حال انتظار داریم یک تکه "چوب پنبه" در روی آب شناور بماند . زیرا ما به وسیله آزمایش و تجربه آموخته ایم که سنگ سنگین تر و "چوب پنبه" سبک تر از آب می باشد . اما اگر ما سنگ را در داخل جیوه (یک فلز مایع با چگالی بالا) بیندازیم چه اتفاقی خواهد افتاد؟ یا اگر ما یک قطعه آهن را در داخل جیوه قرار دهیم چه خواهد شد ؟ چون ما تجربه ای را برای پیشگویی کردن نتایج این پدیده ها نداریم ، ممکن است انتظار داشته باشیم تکه آهن در جیوه فرو برود اما در واقع هر دوی آنها ، سنگ و قطعه آهن در داخل جیوه شناور خواهند ماند.

چگالی

هر ماده ای دارای یک خصوصیت فیزیکی بنام چگالی (Density) می باشد . چگالی اندازه سنگینی واحد حجم ماده است و به صورت Kg / m^3 بیان می گردد . اگر ما یک متر مکعب آهن را وزن نماییم ، ترازو عدد ۷۸۶۰ کیلوگرم را نشان خواهد داد . این عدد بیان می کندکه چگالی آهن عبارت است از ۷۸۶۰ Kg / m^3 . چگالی آب در دمای اتاق ۱۰۰۰ Kg / m^3 می باشد و سنگ (گرانیت) چوب پنبه و جیوه در دمای اتاق به ترتیب دارای چگالی ۲۷۰۰ ، ۱۸۰ ، ۱۳۵۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب می باشند .

هرگاه شیئی در داخل مایعی قرار گیرد ابتدا چگالی آن با مایع مقایسه می گردد . اگر چگالی شیء بالاتر باشد در مایع فرو خواهد رفت ، اما اگر چگالی آن کم تر از مایع باشد ، در آن شناور خواهد ماند . چگالی را معمولا با حرف یونانی "رو" (ρ) نشان می دهند . اگر چگالی ذرات را با (ρ_p) و چگالی مایع را با (ρ_l) نشان دهیم . آنگاه تعیین وضعیت فیزیکی یک شیء در درون مایع را می توان با نتیجه حاصل از ($\rho_p - \rho_l$) یعنی اختلاف چگالی بین ذرات و مایع مشخص نمود . اگر یک سنگ را در آب قرار دهیم اختلاف دو چگالی (۲۷۰۰-۱۰۰۰=۱۷۰۰ Kg / m^3) می گردد. در نتیجه بعلت مثبت بودن حاصل تفاضل (بزرگ تر بودن چگالی سنگ از آب) سنگ در آب فرو می رود . در مثال مشابه برای "چوب پنبه" در آب نتیجه تفاضل دو چگالی (۱۸۰-۱۰۰۰=-۸۲۰ Kg / m^3) عدد منفی بوده و در نتیجه چوب پنبه در روی آب شناور می ماند . در این حالت در داخل مایع ، این نیرو برخلاف نیروی جاذبه وارده برجسم (وزن) رفتار می نماید .

سرعت ته نشینی و تعلیق

ذرات جامد یا قطرات مایع تحت تاثیر نیروی وزن درون محیط یک سیال ویسکوز به طرف پایین حرکت می نمایند. تا سر انجام به یک سرعت ثابت می رسند که آن را سرعت ته نشینی (Sedimentation velocity) می نامند. اگر چگالی ذرات پایین باشد ذرات در محیط سیال با سرعت تعلیق (Flotation velocity) شناور خواهد ماند. این سرعت ها به V_g وابسته می باشند (نیرو ثقل = g) . رابطه سرعت "ته نشینی- تعلیق" به وسیله مقادیر فیزیکی زیر قابل اندازه گیری است .

- قطر ذرات d ← متر(m)
- چگالی ذرات ρ_p ← کیلوگرم بر متر مکعب (Kg / m^3)
- چگالی فاز پیوسته ρ_l ← کیلوگرم بر متر مکعب (Kg / m^3)
- ویسکوزیته فاز پیوسته η ← کیلوگرم بر متر ثانیه ($Kg / m,s$)
- شتاب ثقل g ← متر بر مجذور ثانیه (g =۹/۸۱ m / s^2)

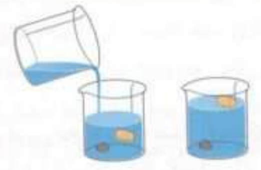
اگر مقادیر عددی موردهای فوق معلوم باشد سرعت "ته نشینی - تعلیق" ذرات یا قطره ها را می توان با معادله زیر محاسبه نمود، این معادله به قانون استوک (Stokes' low) معروف است.

$$V_g = \frac{d^2(\rho_p - \rho_l)}{18\eta} g \qquad (۱)$$

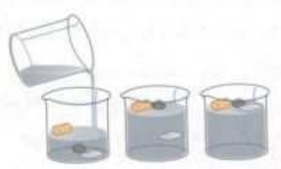
در رابطه بالا (معادله ۱) نشان داده شده که سرعت "ته نشینی- تعلیق" ذرات و قطره ها وابسته به عامل های زیر است :

- با توان دوم قطر ذرات افزایش می یابد این بدان معنی است که ذره ای با قطر ۲ سانتی متر سرعت "ته نشینی- تعلیق" ۴ برابر سریعتر ($4 = 2^2$) از ذره ای با قطر ۱ سانتیمتر را خواهد داشت .
- سرعت "ته نشینی - تعلیق" با افزایش اختلاف چگالی بین فازها افزایش می یابد .
- سرعت "ته نشینی - تعلیق" با کاهش ویسکوزیته فاز پیوسته افزایش می یابد .

شکل ۴-۲-۶ *چوب پنبه سبکتر از آب است و شناور می ماند . سنگ سنگین تر است و فرو می رود*



شکل ۵-۲-۶ *آهن ، سنگ و چوب پنبه چگالی کوچک تر از جیوه دارند و در آن شناور باقی می مانند.*



سرعت تعلیق گویچه چربی

گویچه های چربی در یک ظرف شیر تازه، تمایل به روی سطح آمدن را دارند . سرعت تعلیق یا بالا آمدن را می توان با کمک معادله ۱ محاسبه نمود . داده های لازم در دمای محیط (تقریبا ۳۵ درجه سانتیگراد) به شرح زیر می باشند .

$$d = ۳\ \mu m \qquad = 3\times10^{-6}\ m$$
$$(\rho_p - \rho_1) = (۹۸۰-۱۰۲۸) \qquad = -48\ Kg/m^3$$
$$\eta = ۱/۴۲\ \text{سانتی پواز} \qquad = 1.42\times10^{-3}\ kg/m,s$$

با جاگذاری این داده ها در رابطه مربوطه :

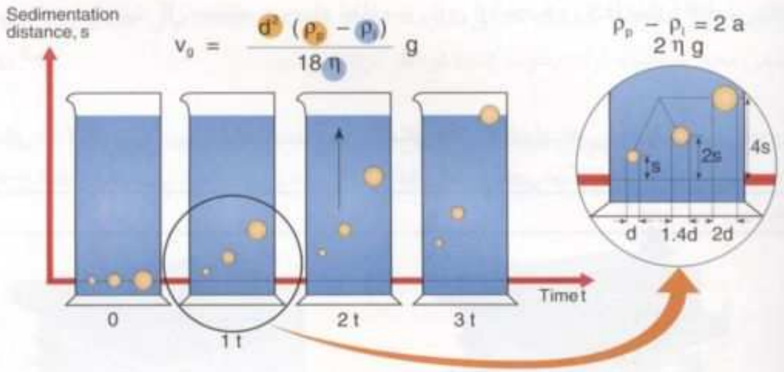
$$V_g = \frac{(3\times10^{-6})^2\times48}{18\times1.42\times10^{-3}}\times9.81 \Rightarrow \frac{9\times10^{-12}\times48}{18\times1.42\times10^{-3}}\times9.81 \Rightarrow$$
$$=0.166\times9.81 = 10^{-6}\ m/s = 0.166^{-3}\ mm/s = 0.597\ mm/h$$

مشخص می گردد که گویچه چربی با سرعت بسیار آهسته ای بالا می آید . یک گویچه چربی با قطر ۳ میکرون با "سرعت تعلیقی" ۰/۶ میلیمتر در ساعت بالا خواهد آمد . اگر اندازه (قطر) گویچه چربی دو برابر شود سرعت بالا آمدن ۲/۴ میلیمتر در ساعت خواهد شد ($2^2\times0.6=2.4\ mm/h$) . این بدان معنا است که توده گویچه های چربی بسیار سریع تر به طرف سطح حرکت خواهد کرد. شکل (۶-۲-۶) ، یک نمای شماتیک از گویچه های چربی را با قطر های متفاوت در داخل سرم شیر نشان می دهد. آنها تحت نفوذ نیروی جاذبه با سرعت متفاوتی حرکت می نمایند. در این شکل در زمان صفر،گویچه های چربی در ته ظرف قرار دارند. بعد از گذشت زمان t دقیقه مقدار کمی از مواد ته نشین شده، به طرف سطح جابه جا می گردند و پس از ۳ t دقیقه گویچه های چربی بزرگ به سطح می رسند . در این فاصله از زمان گویچه چربی با اندازه متوسط، نصف مسیر را پیموده است. در حالیکه گویچه چربی با قطر کوچک تر فقط یک چهارم فاصله مسیر را طی کرده است . گویچه چربی با اندازه متوسط پس از زمان ۶ t به سطح می رسد . اما گویچه کوچک برای به سطح آمدن به ۱۲ t زمان نیاز دارد .

جدا سازی بر اساس نیروی ثقل (غیر پیوسته)

ظرف A در شکل (۷-۲-۶) حاوی ذرات جامدی با قطر یکسان می باشد که به صورت پراکنده در "فاز منتشر" مایع قرارگرفته اند. قطر ذرات جامد d و چگالی آنها بیش تر از مایع می باشد. اگر این سوسپانسیون مدتی به حال خود رها شود ، ذرات، شروع به ته نشینی خواهند نمود . در این حالت ذرات باید ارتفاع ظرف (h_1 برحسب متر) را تا رسیدن به ته آن طی نمایند . این ارتفاع را " فاصله رسوبی " می نامند . زمان رسوب کامل ذرات را می توان با کاهش ارتفاع سطح تا کف ظرف کوتاه نمود. مثلا در ظرف بزرگ تر B ارتفاع سطح تا کف یا فاصله رسوبی کاهش داده شده ولی سطح افزایش یافته است. اما حجم هر دو ظرف A و B یکسان می باشد. فاصله رسوبی (h_2) در ظرف دوم به یک پنجم ظرف اول (h_1) کاهش یافته و زمان لازم برای رسوب کامل و جدا سازی نیز به یک پنجم کاهش می یابد .

شکل ۶-۲-۶ *سرعت بالا آمدن گویچه های چربی با قطر های متفاوت*



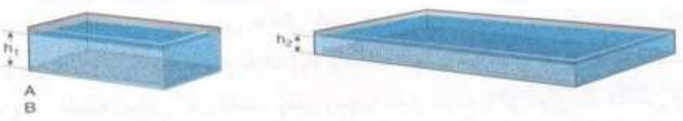
Sedimentation distance, s
$v_g = \frac{d^2(\rho_p - \rho_l)}{18\eta} g$
$\rho_p - \rho_l = 2a / 2\eta g$
0
1 t
2 t
3 t
Time t
s
2s
4s
d
1.4d
2d

جدا سازی بر اساس نیروی ثقل (پیوسته)

یک ظرف ساده را که در شکل(۸-۲-۶) نشان داده شده می توان به صورت جریان پیوسته برای جدا سازی ذرات با قطر های متفاوت از مایع بکاربرد . همان طوری که در شکل نشان داده شده ، سیال به صورت محلول آبکی حاوی ذرات از یک انتها وارد ظرف می شود و

مایع عاری از ذرات ، از خروجی سرریز، واقع در انتهای دیگـر ظـرف بـا همـان ظرفیـت ورودی ، خارج می گردد. در فاصله این مسیر، ذرات با سرعت های متفـاوت بـر اسـاس تفـاوت قطرشـان رسوب می نمایند .

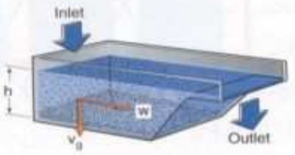
شکل ۷-۲-۶ *ظروف رسوب دهنده هم حجم با ارتفاع رسوبی مختلف*



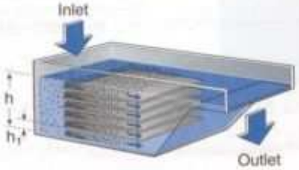
سطوح افزایش دهنده ظرفیت

ظرفیت ظروف رسوبی را می توان با افزایـش سـطح اضافـه نمـود، امـا ایـن کـار بـاعث می شود که ظرف بسیار بزرگ وسنگین گردد. راه دیگر برای افزایش سـطح ، جـاگذاری سـطوح افقی در لایه های مختلف موازی با هم در ظرف به صورتی کـه در شـکل (۹-۲-۶) نشـان داده شده ، می باشد . در این حالت آنها را مجاری جدا سـاز (Separation channels) مـی نـامند. ذرات در این سطوح با همان سـرعت ظـروف معمولـی ، شـکل(۸-۲-۶) شـروع بـه تـه نشـینی می نمایند ، ظرفیت کل سیستم به وسیله تعداد بیش تری از " مجـاری جـدا سـاز " افزایـش داده می شود.

شکل ۸-۲-۶ *ظـرف رسـوبی بـرای جداسـازی پیوسته جامد از مایع*



شکل ۹-۲-۶ *طبقـات افقـی در ظـرف رسـوبی بـاعث افزایش ظرفیت رسوبی می گردد .*



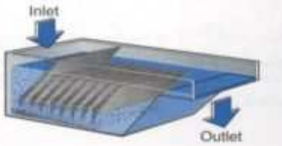
در این حالت سطح قابل دسترس (یعنی سطح کل طبقات افقی) برای جدا سازی، شامل مجمـوع سطح طبقه های جدا ساز می باشد. حداکثر ظرفیت سطح رسوبی بر اساس عبور حداکثر حجمـی از مایع بدون کاهش کارایی در سیسـتم تعییـن مـی شـود . یعنـی حـالتی کـه هـیچ ذره ای (در محدوده اندازه رسوبی) همراه محلول زلال شده از سیستم خارج نگردد . وقتی که سوسپانسـیون به طور پیوسته به سیستم وارد می گردد، مواد رسوبی در روی سطح طبقات رسوب مـی نمـایند .

سرانجام زمانی فرا می رسد که بر اثر تجمع مواد رسوبی، مجاری پر شده و عمل جـدا سـازی در این حالت متوقف می گردد .

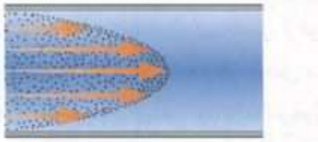
اگر در ظرف رسوبی به جای طبقات عمودی رسوب گیر ، طبقات مایل کارگذاشـته شـود شکل (۱۰-۲-۶) . ذرات پس از ته نشینی در روی این سطوح بر اثر نیروی ثقل به طـرف پـایین می لغزند و در ته ظرف جمع می گردند .

اینکه چرا ذرات در روی طبقات رسوب کرده و تمایل به جابـه جـایی بـه وسـیله جریـان مایع را ندارند ؟ در شکل (۱۱-۲-۶) ، توضیح داده شده ، این شکل یک بـرش از میـان قسـمت مجرای جدا ساز را نشان می دهد . وقتی مایع از بین طبقات عبور می نماید ، بر اثر اصطکاک در لایه های مرزی - عبور مایع - سرعت ذرات به صفر می رسد. این لایه مرزی ساکن، یـک اثـر بازدارنده در روی لایه مجاور خود اعمال می نماید و این اثـر متعاقبـا در روی لایـه هـای بعـدی ادامه یافته و بسوی مرکز مجرا پیش می رود. نمودار سرعت نشان می دهد که جریـان در مجـرا به شکل لایه ای (Laminar) می باشد. ذرات رسوبی در ناحیه ساکن مرزی ، فقط تـابع نـیروی ثقل می باشند. سطح با توجه بـه حـد اکـثر "سـرعت جریـان" عبـوری از داخـل ظـرف (لولـه) بـا صفحه های مایل خنثی (Baffle plates) طراحی و محاسبه شده اسـت. بـرای اسـتفاده از حـد اکثر ظرفیت جدا سازی، لازم است بیش ترین سـطح بـرای رسـوب ذرات در نظـر گرفتـه شـود . " فاصله رسوبی " (ارتفاعی که ذرات باید برای ته نشینی آن را طی نمـایند) مسـتقیما در ظرفیـت رسوبی تاثیر ندارد. اما باید یک حداقل اندازه در فاصله های بین طبقات برای جلوگیری از مسدود شدن مجرا به وسیله ذرات رسوب کننده در نظر گرفته شود .

شکل ۱۰-۲-۶ *ظرف رسوبی با طبقـات خنثـی مـایل که با ایجاد جریان لایـه ای بـاعث ریـزش ذرات در تـه ظرف می گردد .*



شکل ۱۱-۲-۶ *سـرعت ذرات در نقـاط مختلـف مجـرا . طـول فلـش هامتناسـب بـا سـرعت ذرات می باشد .*

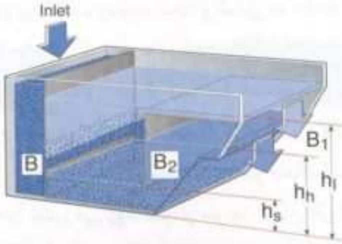


جدا سازی پیوسته یک فاز جامد با دو فاز مایع

یک وسیله شبیه به آنچه که در شکل (۱۲-۲-۶) ، نشـان داده شـده اسـت . مـی توانـد عملیات جدا سازی را بین دو فاز مایع ویک فاز جامد ذرات به طور همزمان به انجام رساند . ماده مورد نظر از طریق ورودی B وارد ظرف می گردد. وجود یک دیواره میانی بـاعث جریـان یـافتن مایع در سطح افقی B گشته و در این سطح ذرات جامد ، که چگـالی بـالاتری را نسـبت بـه دو

مایع دارند، ته نشین شده ، سپس از دو مایع، آنکه چگالی کم تری را دارد بسوی سطح تمایل یافته و از سرریز B_1 خارج می گردد. فاز مایع سنگین تر در زیر طبقه B_2 جریان یافته و از خروجی پایینی خارج می گردد . دیواره B_2 مانع ورود مایع سبک تر در مسیر اشتباه می گردد .

شکل ۱۲-۲-۶ *ظرف برای جدا سازی پیوسته دو فاز مایع مختلف و فاز ذرات جامد به طور همزمان*



جدا سازی به وسیله نیروی گریز از مرکز

سرعت ته نشینی

یک نمونه از اثرات نیروی گریز از مرکز ، با چرخاندن یک سطل پر از مایع مثل آنچه در شکل (۱۳-۲-۶) ، نشان داده شده است، قابل مشاهده می باشد. این کار باعث ایجاد شتاب گریز از مرکز (a) ، می گردد . شتاب گریز از مرکز در مقایسه با شتاب ثقل زمین g (که همواره در یک ظرف ساکن ثابت است) پدیده ثابتی نمی باشد . بلکه مقدار آن با فاصله ازمحور چرخش (شعاع r) و سرعت چرخش (سرعت زاویه ای ω) افزایش می یابد ، شکل (۱۴-۲-۶) . شتاب را می توان با استفاده از فرمول شماره ۲ محاسبه نمود.

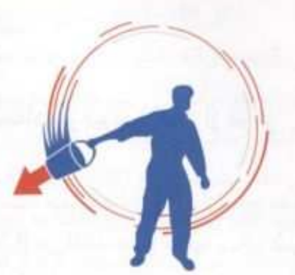
$$a = r\omega^2 \qquad (۲)$$

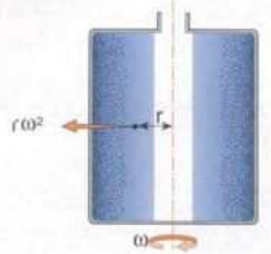
در ادامه با جا گذاری مقدار شتاب حاصل از فرمول فوق یعنی $r\omega^2$ در معادله ۱ (قانون استوک) بجای شتاب ثقل g فرمول شماره ۳ حاصل می گردد . معادله ۳ را می توان برای محاسبه سرعت ته نشینی v برای هر ذره در سانتریفوژ بکاربرد .

$$v_c = \frac{d^2(\rho_p - \rho_l)}{18\eta} r\omega^2 \qquad (۳)$$

شکل ۱۳-۲-۶ *نیروی گریز از مرکز در اثر چرخش ظرف ایجاد می گردد*

شکل ۱۴-۲-۶ *یک جدا کننده ساده*





سرعت به سطح آمدن گویچه چربی

در معادله (۱) که قبلا بیان شد، سرعت تعلیق (به سطح آمدن) یک گویچه چربی به قطر ۳ میکرومتر، تحت تاثیر نیروی ثقل ، برابر $(0.166 \times 10^{-6}\ m/s)$ یا ۰/۶ میلیمتر در ساعت بود. با استفاده از معادله ۳ می توان سرعت " به سطح آمدن " یک گویچه چربی با همان قطر را در یک سانتریفوژ با شعاع ۰/۲ متر با سرعت چرخش n=۴۵۰۰ rpm محاسبه نمود . سرعت زاویه ای را می توان با فرمول ذیل محاسبه نمود :

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

در فرمول فوق:

2π = یک دوران

n = دوران در دقیقه (rpm)

با مقدار n=۴۵۰۰ و سرعت زاویه ای برابر ω=۵۶۴/۴۹ rad/s سرعت ته نشینی v در این حالت مساوی :

$$v = \frac{(3 \times 10^{-6} \times 48)}{18 \times 1.42 \times 10^{-3}} \times 0.2 \times 564.49^2 = 0.108 \times 10^{-2} \qquad (m/s)$$

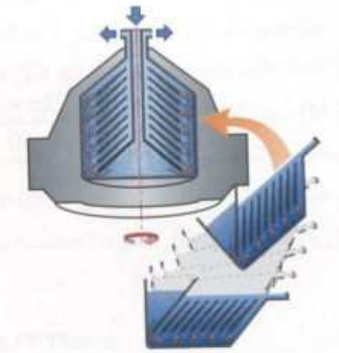
یعنی به عبارت دیگر ۱/۰۸ mm/s یا ۳۸۹۶ mm/h

از تقسیم سرعت ته نشینی نیروی گریز از مرکز بر سرعت ته نشینی در اثر جاذبه و مقایسه آنها کارایی سپراتور سانتریفوژی مشخص می گردد . سرعت ته نشینی در سپراتور های سانتریفوژی ($6500 \approx \frac{3896}{0.6}$) شش هزارو پانصد بار سریع تر می باشد.

جدا سازی ذرات جامد به طور پیوسته با استفاده از نیروی گریز از مرکز (صافی کردن)

در شکل (۱۵-۲-۶) ، بدنه یک سانتریفوژ جدا کننده مداوم ذرات جامد از مایع نشان داده شده است . این عمل را صاف کردن (Clarification) می نامند. تصور نمایید یک ظرف رسوبی مثل آنچه در شکل (۱۰-۲-۶) دیده می شود را ۹۰ درجه چرخانیده و سپس در حول محور عمودی دوران داده شود. نتیجه حاصله، نمایی از یک سپراتور سانتریفوژی خواهد بود .

شکل ۱۵-۲-۶ *دیواره های ظرف جدا سازرا می توان ۹۰ درجه در حول محور چرخاند ، بدین سان سیستم سانتریفوژ پیوسته برای جدا سازی ذرات جامد از مایع پدید می اید .*



صافی کردن (کلاریفیکاسیون)
یعنی جدا سازی ذرات جامد از یک مایع

مجاری سپراتور

در شکل (۱۵-۲-۶) ، نمای داخل بدنه سانتریفوژ دیده می شود . در داخل بدنه سپراتور صفحه هایی به شکل دیسک های (Discs) مخروطی جاگذاری شده است . این صفحه ها سطوح قابل دسترس را برای ته نشینی ذرات تشکیل می دهند. قرار گرفتن دیسک ها بر روی هم مجموعه ای را بنام توده دیسک (Disc stack) به وجود می آورند. یک باریکه شعاعی که در حد فاصل دیسک ها قرار دارد و درز (Caulk) نامیده می شود به دیسک ها جوش داده شده اند و باعث نگهداری آنها در فاصله دقیق و مجزا از هم می گردد . این فاصله ها ، مجاری جدا کننده را در سپراتور ایجاد می نمایند. ضخامت درزها، عرض مجاری جدا کننده را معین می نماید .

شکل (۱۶-۲-۶) ، نشان می دهد که چطور مایع از لبه خارجی (شعاع r_1) وارد مجاری می گردد و از لبه داخلی (شعاع r_2) به طور پیوسته مجرا را ترک می کند. در زمان عبور مایع از میان مجرا ذرات با گرایش به سمت بیرونی دیسک، ته نشین شده و در عین حال به علت تمایل و کشش به سمت دیواره سطوح بالایی، یک مسیر مرزی فوقانی را در داخل مجرا تشکیل می دهند. سرعت مایع (W) ، در تمام قسمت های مجرا ، یکسان نمی باشد . مقدار آن از حداقل تقریبا صفر در نزدیک ترین نقطه به دیواره دیسک تا به حد اکثر مقدار در وسط مجرا تغییر می نماید . در این حال نیروی گریز از مرکز هم در روی تمام ذرات اعمال می گردد و آنها را به سوی محیط سپراتور با سرعت رسوبی (V) هدایت می کند. در نهایت ذرات در تلفیقی با سرعت مایع (W) و سرعت رسوبی (V) به طور شعاعی به سمت محیط سپراتور روان می گردند .

جمع برداری این دو سرعت باعث ایجاد سرعت (V_p) می گردد و ذرات تحت اثر آن حرکت می نمایند. - در تصویر با فلش نشان داده شده است - برای سادگی حرکت ذرات به طور مستقیم فرض شده و در تصویر با خطوط منقطع نشان داده شده است.

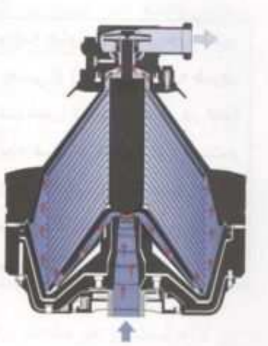
برای اینکه جدا سازی ذرات انجام پذیرد ، آنها باید قبل از رسیدن به نقطه B' یعنی در شعاع مساوی یا بزرگ تر از r_2 ته نشین گردند. پیش از اینکه ذرات رسوب نمایند، سرعت مایع در سطح دیسک بسیار کم شده و بنابراین نمی تواند ذرات را با خود حمل نماید. در نتیجه ذرات در این قسمت رها شده و تحت اثر نیروی گریز از مرکز به طرف زیر دیسک می لغزند و در آنجا از لبه (B) خارج شده و در روی دیواره محیطی بدنه سانتریفوژ ته نشین می گردند .

محدوده اندازه ذرات

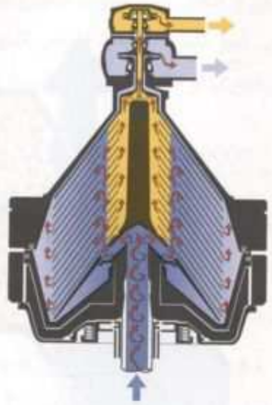
محدوده اندازه ذرات قابل جدا سازی، در سیستم سپراتور های دیسک دار شامل کوچک ترین ذراتی هستند که بتواند مسیر نقطه A - شکل(۱۷-۲-۶) - تا B' را طی نماید، بدون اینکه رسوب کند، در این حالت می گویند که تمام ذرات بزرگ تر از این حد ، قابل جدا سازی خواهند بود .

شکل نشان می دهد که بعضی از ذرات کوچک تر از محدوده جدا سازی دستگاه، اگر از وسط مجرا یعنی نقطه C که بین نقطه A و B قرار دارد ، وارد سیستم گردند، جدا خواهند شد (رسوب می نمایند) . به طور کلی اگر ذرات کوچک تر در محدوده C تا B (با توجه به شکل) قرار گیرند، رسوب می نمایند.

شکل ۱۸-۲-۶ در بدنه صافی های گریز از مرکز شیر از طریق لبه توده صفحات وارد شده و به داخل مجاری جریان می یابد .



شکل ۱۹-۲-۶ در بدنه خامه گیر شیر از طریق توده صفحه ها وارد سوراخ های تقسیم کننده می گردد .



خامه گیر (سپراتور) **(در این متن خامه گیر و سپراتور به معنی معادل هم بکار رفته است- مترجم)**

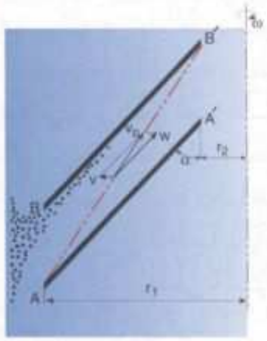
در یک جدا کننده گریز ازمرکز (خامه گیر) ، توده صفحه ها (کاسه های متداخل) مجهز به سوراخ های تقسیم کننده در ردیف عمودی می باشند . درشکل (۱۹-۲-۶) ، نمای چگونگی جدا سازی گویچه های چربی از شیر در توده صفحه های خامه گیر با نیروی گریز از مرکز نشان داده شده است. جزئیات بیش تر در شکل (۲۰-۲-۶) دیده می شود .

شیر از بین ردیف سوراخ های تقسیم کننده عمودی صفحه ها، در فاصله معینی از لبه وارد توده صفحه ها (دیسک ها) می گردد. تحت تاثیر نیروی گریز از مرکز، عمل جدا سازی انجام شده و گویچه چربی شیر به طور شعاعی در مسیر خارجی یا داخلی مجاری خامه گیر بر اساس اختلاف چگالی [بین چربی و فاز پیوسته (شیر پس چرخ)] به سمت بالا شروع به حرکت می نماید .

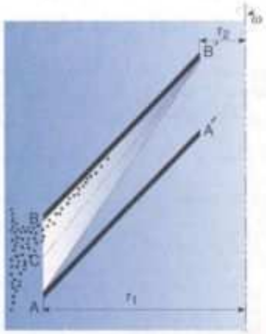
در خامه گیر نیز مانند "صافی های گریز از مرکز" ناخالصی های جامد با چگالی بالا به سمت بیرونی و محیطی خامه گیر متمایل شده و در محفظه مخصوص رسوب ها جمع آوری می شوند. رسوب کردن مواد جامد در این مورد خاص با حرکت شیر "پس چرخ" بسوی دیواره بدنه خامه گیر (کاسه) تقویت می گردد .

خامه یعنی گویچه های چربی که چگالی کم تری را در مقایسه با شیر "پس چرخ" دارند به طور پیوسته در داخل خامه گیر به سمت داخل مجاری و محور چرخنده (وسط) حرکت کرده و از خروجی محوری خارج می گردند. شیر "پس چرخ" به سمت فضای بیرونی توده صفحه ها روان می گردد و ضمن عبور از میان مجاری بالای توده صفحه ها، از طریق کلاهک مخروطی شکل بالای محفظه خامه گیر (Conical hood) خارج می گردد.

شکل ۱۶-۱-۶ دیاگرام ساده شده مجرای جدا ساز و اینکه ذرات در زمان جدا سازی در مایع چگونه رفتار می نمایند .



شکل ۱۷-۱-۶ تمام ذرات در محدوده اندازه قابل قبول اگر در سطح سایه دار باشند از مایع جدا خواهند شد .



جدا سازی مداوم با استفاده از نیروی گریز از مرکز در شیر

صافی های گریز از مرکز (آشغال گیری)

در این دستگاه - "صافی های گریز از مرکز (Clarification)"- شیر از طریق لبه خارجی توده های دیسک ، وارد مجاری جدا کننده می گردد و در آنجا تحت اثر نیروی گریز از مرکز قرار می گیرد و سپس به طور شعاعی در میان مجاری بین دیسک ها (صفحه ها) جریان می یابد و پس از حذف ناخالصی ها ، از میان دریچه های خروجی بالای محور چرخنده "صافی های گریز از مرکز" خارج می گردد ، شکل (۱۸-۲-۶). در ضمن حرکت شیر از میان توده های دیسک ، در اثر نیروی گریز از مرکز ناخالصی های جامد موجود از طریق مسیر زیرین صفحه های دیسک به طرف محیط بدنه دستگاه هدایت شده و سپس در محفظه مخصوص مواد رسوبی، جمع آوری می شوند. وقتی که شیر به طور کامل پهنای شعاع صفحه ها را طی نماید ، ذرات کوچک نیز از آن جدا می گردند. بیش ترین تفاوت بین صافی های گریز از مرکز و سپراتور های جدا کننده چربی یا خامه گیر (Separator) در طراحی توده صفحه ها می باشد، بدین صورت که در "صافی های گریز از مرکز" ، سوراخ های تقسیم کننده در سطح دیسک ها وجود نداشته و محصول به یک مسیر خروجی منتهی می گردد ، اما برای سپراتور های خامه گیر علاوه بر وجود سوراخ های تقسیم کننده ، برای فازهای جدا شده دو مسیر خروجی ، پیش بینی شده است .

میزان چربی خامه

شیر کامل پس از ورود به داخل خامه گیر در دو مسیر شیر "پس چرخ" وخامه تخلیه می گردد. خامه حدود ۱۰ درصد کل جریان خروجی را شامل می شود . میزان چربی خامه از روی بخش تخلیه شده تعیین می گردد . اگر چربی شیر کامل ۴ درصد فرض شود بنابراین با عبور ۲۰۰۰۰ لیتر شیر در ساعت مقدار کل چربی عبوری از خامه گیر عبارت است از :

$$\frac{4 \times 20000}{100} = 800 \quad (\mathrm{l/h})$$

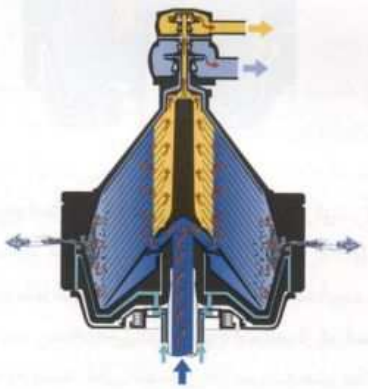
اگر هدف تولید خامه با میزان ۴۰ درصد چربی باشد باید مقدار چربی خالص حاصله از رابطه فوق با مقدارلازم شیر "پس چرخ" دقیق گردد تاخامه با نسبت لازمه بدست آید. مطابق رابطه زیر:

$$\frac{800 \times 100}{40} = 2000 \quad (\mathrm{l/h})$$

بنابراین لازم است در هر ساعت ۸۰۰ لیتر چربی با ۱۲۰۰ لیتر شیر "پس چرخ" به وسیله دریچه کنترل (Throttling valve) با هم مخلوط تا مقدار ۲۰۰۰ لیتر خامه با چربی ۴۰ درصد حاصل گردد .

شکل ۲۱-۲-۶ *توده صفحات با سوراخ های تقسیم کننده و درزها*

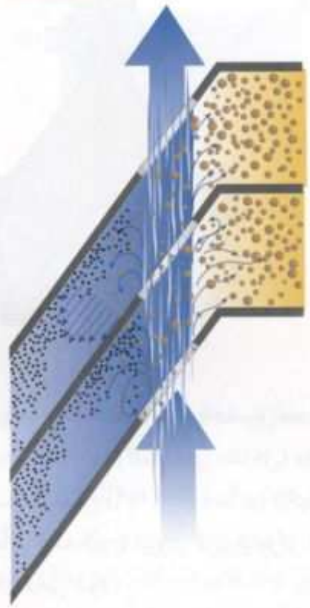
شکل ۲۲-۲-۶ *فوران مواد جامد با باز شدن کوتاه مدت محفظه رسوب ها در سطح بیرونی محفظه خامه گیر.*



خارج سازی مواد جامد

مواد جامد خارجی مانند : ذرات کاه ، مو ، سلول های بافت پستانی ، گویچه های سفید و قرمز خون ، باکتری ها و... در محفظه جمع آوری مواد رسوبی واقع در بدنه خامه گیر جمع می گردند. مقدار این مواد خارجی در انواع شیر ها متفاوت بوده و تقریبا حدود یک کیلوگرم به ازای هر ۱۰۰۰۰ لیتر شیر می باشد. حجم محفظه جمع آوری مواد رسوبی نیز متناسب با اندازه

شکل ۲۰-۲-۶ *برش نمای یک قسمت از توده صفحات که ورود شیر از سوراخهای تقسیم کننده و جدا سازی گویچه چربی را از شیر نشان می دهد .*



اندازه گویچه های چربی در دوره شیر دهی گاو یعنی از زمان زایش به طرف خشک شدن شیر ، تغییر می نماید در ابتدا تعداد گویچه های درشت غالب است و هرچه به طرف پایان دوره شیر دهی نزدیک می شودتعداد گویچه های کوچک تر بیش تر می گردد

بازده خامه گیری

مقدار چربی که هر خامه گیر می تواند از شیر جدا نماید به طراحی خامه گیر ، سرعت جریان شیر در داخل سیستم و اندازه گویچه های چربی بستگی دارد .

گویچه های چربی در حالت عادی با قطر کم تر از ۱ میکرومتر نمی توانند در شرایط معمولی دستگاه جدا کننده چربی از شیر، جدا گردند بنابراین آنها همراه شیر "پس چرخ" از خامه گیر خارج می گردند. به طور طبیعی مقدار چربی باقیمانده در شیر "پس چرخ" بین (۰/۰۷-۰/۰۴) درصد می باشد.کارایی ماشین چربی گیر را در این حالت ۰/۰۷-۰/۰۴ می گویند.

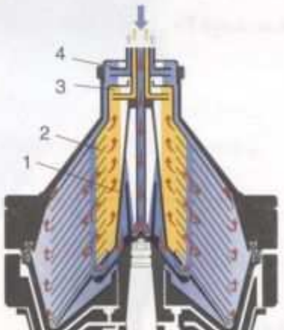
اگر سرعت جریان در داخل دستگاه کاهش یابد باعث کاهش سرعت جریان در میان مجاری جدا کننده می گردد . در این حالت گویچه چربی زمان بیش تری را برای بالا آمدن داشته و چربی کاملا جدا می گردد .کارایی خامه گیری یک دستگاه خامه گیر در اثر کاهش جریان ورودی شیر به خامه گیر افزایش می یابد و برعکس .

خامه گیر متفاوت بوده و معمولا ظرفیت آنها بین ۲۰-۱۰ لیتر می باشد. در انواع خامـه گیرهـای گریز از مرکز، لازم است در فاصله های زمانی معینی محفظـه جمع آوری مـواد رسـوبی از بدنـه خامه گیر پیاده گردد و به طور دستی تمیز شود. این کاری پر زحمت و وقـت گیر مـی باشـد. در دستگاههای جدید سیستم خودکار تمیز کننده محفظه های رسوبی یا پرتـاب کننـده مـواد جـامد (Solids ejecting) یا " گل گیر" در داخل محفظه کار گذاشته شده است . این سیستم به طـور خودکار در فاصله های زمانی از قبل تعیین شـده (۶۰-۳۰ دقیقـه) اقـدام بـه خـارج کـردن مـواد رسوبی می نماید .

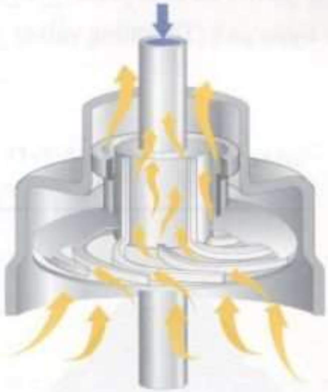
شکل ۲۳-۲-۶ *خامه گیر نیمه باز با سیستم خود تمیز کن و دیسک های یقه ای*

۱- تقسیم کننده ۲- توده دیسک ها

۳- محفظه گلویی خامه ۴- محفظه گلویی شیر پس چرخ



شکل ۲۴-۲-۶ *سیستم دیسک های یقه ای در خروجی و بالای بدنه خامه گیر نیمه باز*



طرح اساسی خامه گیرهای گریز از مرکز

در شکل های (۲۵-۲-۶) و (۲۶-۲-۶) یک سپراتور که قـابلیت " خـود تمـیز کـردن " را دارد با برش های مقطعی نشان داده شده است .

بدنه اصلی در این نوع سپراتور از دو قسمت اساسی بدنه و کلاهک تشـکیل شـده اسـت که به وسیله قفل حلقـوی خـاصی بـه هـم جفـت شـده انـد . تـوده هـای دیسـک در ایـن نـوع خامه گیرها بین کلاهک و مجرای تقسیم کننده مسیر، سوار می شوند. دو دسته بندی برای انواع خامه گیرهای جدید وجود دارد : نیمه باز (Semi-open) و بسته (Hermetic)

طرح نیمه باز

خامه گیرهای گریز از مرکز ، با دیسک های یقه ای (Paring discs) در مسیر خروجی نوع نیمه باز (Semi-open) شناخته می شوند، شکل (۲۳-۲-۶). (در مقابل مدل باز قدیمی کـه از طریق سرریز تخلیه می شد) . معمولا در خامه گیرهای نیمه باز ، شیر از دریچـه ورودی تعبیـه شده در بالای بدنه وارد یک لوله محوری ساکن در بدنه خامه گیر می گردد .

زمانی که شیر وارد ناودانک تقسیم کننده (Ribbed distridutor) (۱) می شود و قبـل از اینکه به طور پیوسته به داخل مجاری جدا کننده در توده های دیسک (۲) وارد گردد بـا دوران در داخل بدنه به آن شتاب لازم داده می شود . نیروی گریـز از مرکـز ، شـیر را بـه سـمت خـارج (دیواره بدنه) به شکل یک حلقه استوانه ای پرتاب می کنـد . ایـن عملیـات در فشـار جـو انجـام می پذیرد . در این حالت فشار سطح شیر همان فشار جو بـوده ، البتـه فشـار بـا ازدیـاد فاصلـه از محور میانی کمی افزایش یافته و در کنار محیط بدنه به حد اکثر مقدار خود می رسد .

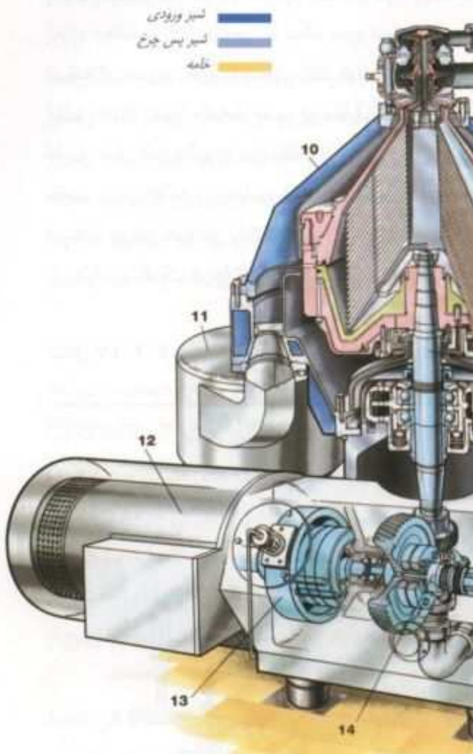
ذرات جامد سنگین تر به سمت خارج (محیط بدنه سـپراتور) تمـایل یافتـه و در محفظـه رسوبی ته نشین می گردند . خامه که سبک تر است به سمت داخل (محور میانی) هدایت شده و سرانجام از میان مجاری جدا کننده به محفظه یقه ای خامه (Cream paring chamber) (۳) وارد می گردند. شیر چربی گیری شده نیز توده دیسک ها را از طریق لبه هـا تـرک مـی نمـاید و سپس از بالای دیسک ها وارد ناودان اصلی بدنه شده و در نهایت در محفظه یقه ای شیر چربـی گرفته شده (۴) تخلیه می گردد .

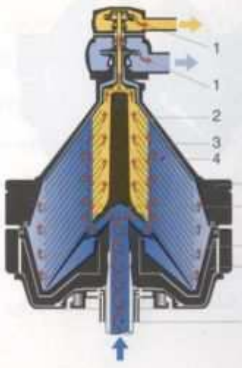
دیسک های یقه ای(Paring discs)

در خامه گیرهای نیمه باز، در مسیر خروج خامـه و شـیر "پـس چـرخ" ، یـک طـرح ویژه خروجی به نام "دیسک های یقه ای" (Paring discs) تعبیه شده است، شـکل (۲۴-۲-۶) . بـه این دلیل به این نوع خامه گیرها ، خامه گیر پرینگ یا خامه گیر یقه ای نیز گفته می شـود . لبـه ساکن دیسک های یقه ای به داخل ستون در حال دوران مایع خروجـی از خامـه گـیر غوطـه ور بوده و به طور پیوسته مایع را در مسیر خاصی هدایت می نماید. انرژی سنیتیک ناشی از چرخش مایع در دیسک هـای یقـه ای بـه فشـار تبدیـل مـی شـود کـه همیشـه مسـاوی افـت فشـار در قسمت های پایین تر سیستم می باشد. افزایش فشار در قسمت بالای سیسـتم ، بـه ایـن معنـی است که مایع محیط بدنه خامه گیر را به سمت داخل (محور میانی) ترک می نمـاید. در اثـر ایـن عمل ، سکون و خفگی ناشی از خروج مایع خنثی می گردد. بـرای جلوگـیری از اختـلاط هـوا بـا محصول باید همیشه سطح دیسک های یقه ای بقدر کافی با مایع پوشیده شده باشند.

شـکل ۲۵-۲-۶ *برشـی مقطعـی از بدنـه بـا سیستم خروجـی در یـک نـوع سـپراتور بسـته پیشرفته*

۱- پمپ های خروجی
۲- بدنه کلاهک
۳- سوراخ های تقسیم کننده
۴- توده دیسک
۵- حلقه قفل
۶- تقسیم کننده
۷- دیواره مایل بدنه
۸- بدنه
۹- ناودان دوکی بدنه
۱۰- کلاهک
۱۱- محفظه رسوب گیر
۱۲- موتور
۱۳- سیستم ترمز
۱۴- چرخ دنده
۱۵- سیستم آب متصل به دستگاه
۱۶- ناودان دوکی شکل بدنه





شکل ۲۶-۲-۶ *برشی از مقطع طولی سپراتور بسته*

طرح بسته

در سـپراتور نـوع بسـته (Hermetic) شـیر از طریـق مجـرای دوکـی شـکل وارد بدنـه می گردد و در مواجهه با محور دوار در بدنه با همان سرعت شتاب مـی گیرد و سـپس بـه طـور پیوسته از میان سوراخ های تقسیم کننده توده صفحه ها عبور می نماید .

بدنه یک خامه گیر بسته باید در زمان کار به طور کامل از شیر پر گـردد . در ایـن حـالت آنجا هیچ هوایی وجود ندارد . بنابراین سپراتور نوع بسته می تواند به سیستم لوله کشی بسته نـیز متصل گردد.

فشار داخل این نوع سپراتور به وسیله پمپ هـای تعبیـه شـده در بـیرون سیسـتم تـامین می گردد از فشار پمپ ها برای غلبه بر مقاومت جریانی و ایجاد فشار تخلیه کننـده خامـه و شـیر "پس چرخ" استفاده می گردد. قطر پره های پمپ باید متناسب بـا مقـدار فشـارلازم بـرای خـروج مایع های داخل سیستم، انتخاب گردد .

کنترل مقدار چربی در خامه

خامه گیر (سپراتور) های مجهز به دیسک یقه ای

حجم خامه تخلیه شدنی از خامه گیر های مجهـز بـه دیسـک هـای یقـه ای بـه وسـیله دریچه کنترل تحت مراقبت قراردارد. با باز شدن تدریجی دریچـه مقـدار خامـه خروجـی افزایـش یافته ولی مقدار چربی داخل خامه کاهش می یابد .

بنابراین سرعت تخلیه خامه در تعیین مقدار چربی آن موثر است . اگر مقدار چربـی شـیر کامل ۴ درصد بوده و نیاز به خامه با ۴۰ درصد چربی باشد خروجی خامـه بـاید بـر اسـاس ۲۰۰۰ لیتر در ساعت (بر اساس محاسبه قبلی) تنظیم گردد. فشار شـیر "پـس چـرخ" خروجـی نـیز بـاید (با ارجاع به معادله شماره یک) بر اساس نوع و عملکرد در حد معینی تنظیم گردد . دریچه کنترل (۲) در خروجی خامه ، حجم جریان را به منظور تنظیم محتوای چربی در خامه تنظیم می کنـد ، شکل (۲۷-۲-۶) .

هرتغییری در جریان تخلیه خامه با یک تغییر مسـاوی و در خـلاف جهـت آن در تخلیـه شیر چربی گیری شده توام خواهد بود. یک واحد خودکار ثابت نگهدارنده فشار در قسمت خروجی شیر "پس چرخ" ، فشار را به صورت ثابت حفظ می نماید .

خامه گیر بسته

یک نوع سپراتور با سیستم بسته و خودکار با فشارثابت در شکل (۲۸-۲-۶) ، نشان داده شده است . دریچه موجود در آن از نوع دیافراگمی بوده و فشار روی محصول به وسیله فشار متوسط هوای فشرده روی دیافراگم تامین می گردد .

در زمان جدا سازی مواد در داخل خامه گیر ، دیافراگم باعث ثابت ماندن فشار هوا می گردد و در نتیجه فشار محصول (شیر پس چرخ) همواره پایین و در مقدار ثابت که از قبل تعیین شده، باقی می ماند . فشار هوا به گونه ای تنظیم شده که اگر فشار در شیر" پس چرخ" افت نماید، نیرویی را در روی دیافراگم اعمال می کند و آن را به طرف پایین می برد و در نتیجه توپی دریچه خروجی که به دیافراگم متصل است به طرف پایین حرکت کرده و عبور مایع را کاهش می دهد. این عمل فشار خروجی شیر "پس چرخ" را افزایش می دهد و فشار از قبل تنظیم شده دوباره به سیستم، القاء می گردد .

تفاوت های سپراتورهای بسته و سپراتور های نیمه بسته

شکل (۲۹-۲-۶) ، یک تصویر ساده از خروجی خامه در سپراتور های نیمه بسته (با دیسک های یقه ای) و بسته نشان داده شده است . در این تصویر تفاوت های اصلی بین این دو نوع ماشین را می توان مشاهده نمود . در سپراتور نیمه بسته تمام قطر مجرای خروجی یعنی دیسک های یقه ای باید در داخل ستون مایع در حال دوران قرار گیرد . این فاصله با درصد چربی خامه خروجی در ارتباط می باشد. در این نوع سپراتورها سطح آزاد خامه دارای محتوای چربی بالاتری در مقایسه با ناحیه پایین تر می باشد. با افزایش قطر مسیر خروجی به تدریج از محتوای چربی خامه کاسته می گردد.

افزایش محتوای چربی خامه در سپراتور با افزایش فاصله از محور میانی همراه می باشد (طبق نمودار) . به عنوان مثال اگر قرار است خامه با ۴۰ درصد چربی تهیه شود ، باید محتوای چربی خامه در داخل سپراتور در مقایسه با چربی خامه در سطح آزاد (خامه خروجی) به طور قابل توجهی بالاتر باشد. یعنی باید چربی خامه در داخل دستگاه به غلظت بالاتر از خامه ای که از دستگاه خارج می شود برسد (فوق غلظت Over concentrate). این عمل می تواند باعث انهدام گویچه های چربی در محدوده مرتبط با هوای بیرون شود. شکسته شدن گویچه های چربی ممکن است موجب بروز چسبندگی در ذرات چربی شده و حساسیت چربی را در برابر اکسیداسیون و هیدرولیز افزایش دهد .

در سپراتور بسته، خامه با محتوای چربی بسیار بالا از مرکز سیستم خارج می شود. برای این منظور، دستیابی به شرایط " فوق غلظت " ضرورت ندارد. در خامه ای که تا ۷۲ درصد چربی، تغلیظ شده باشد، گویچه های چربی بسیار به هم نزدیک می شوند (اما شکسته نمی شوند).

جریان سنج خامه

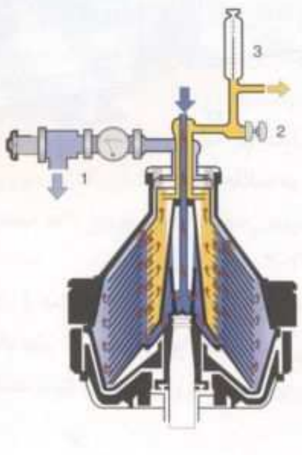
در سپراتور های مجهز به دیسک های یقه ای حجم خامه تخلیه شدنی به وسیله دریچه (۲) با یک جریان سنج (Flow meter) کار گذاشته شده در مسیرآن (۳) کنترل می گردد . اندازه دهانه دریچه خروجی با یک پیچ تنظیم می شود. جریان عبور کننده از طریق لوله شیشه ای مدرج ، قابل دید می باشد. لوله شیشه ای در داخل خود یک گلوله شناور دارد که بر اساس مقدار عبور خامه از مسیر در مقابل عدد خاصی قرار می گیرد و مقدار عبور خامه از این طریق قابل اندازه گیری می باشد. با اندازه گیری چربی شیر کامل ورودی به سیستم و محاسبه حجم جریان خامه و براساس مقدار چربی لازم در خامه ، نخست به طور تقریبی با پیچ کنترل سرعت جریان خروجی را تنظیم می کنند ، سپس با اندازه گیری چربی خامه خروجی کاربر می تواند با کمک درجات و پیچ تنظیم دقیقا مقدار چربی خامه خروجی را تنظیم نماید.

شکل ۲۷-۲-۶ *سپراتور مجهز به دیسک های یقه ای با سیستم خروجی و کنترل دستی .*

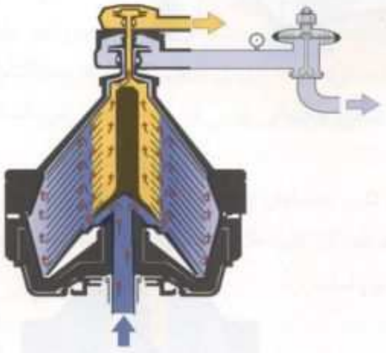
۱- خروجی شیر" پس چرخ" با دریچه کنترل فشار

۲- دریچه کنترل خامه

۳- جریان سنج خامه



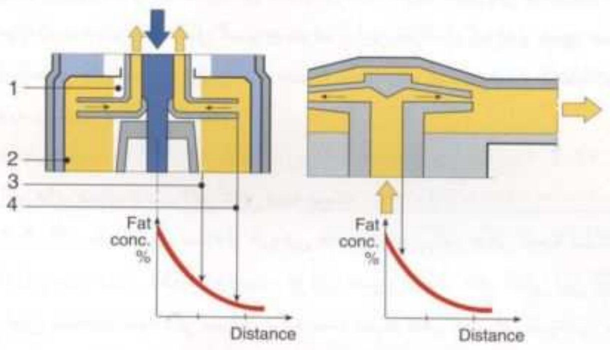
شکل ۲۸-۲-۶ *بدنه سپراتور بسته با یک واحد فشار ثابت در خروجی شیرپس چرخ*



برای تولید این غلظت از خامه فشار بسیار بالایی لازم می باشد ، دستیابی به این فشار فقط در خامه گیر بسته امکان پذیر است. این غلظت از خامه را نمی توان در سپراتور های نیمه بسته مجهز به دیسک های یقه ای تولید نمود .

شکل ۲۹-۲-۶ *خروجی خامه در خامه گیر نیمه بسته مجهز به دیسک های یقه ای و خامه گیر بسته و رابطه غلظت چربی خامه با اختلاف فاصله.*

۱- ستون هوا ۲- سطح خروج خامه ۳- سطح داخلی خامه ۴- سطح خامه برای رسیدن به محتوای چربی لازم



سیستم تخلیه

تولید و شستشوی درجا

در زمان تولید و جدا سازی چربی، بخش تحتانی و قسمت شیب دار کاسه در قسمت پایین دستگاه در برابر یک حلقه استوانه ای از فشار هیدرواستاتیک آب تحت فشار قرار می گیرد. وضعیت بخش شیب دار ته کاسه اختلاف فشار لازم را در قسمت بالا و پایین ایجاد می نماید .

رسوب های ناشی از محصول و محلول شستشو (CIP) تازمان تخلیه به بیرون، در داخل محفظه رسوب گیر جمع می گردد. برای تمیزکردن مطلوب سطوح داخلی بدنه خامه گیر حجم بالایی از آب مصرف می گردد.

تخلیه

معمولا تناوب زمانی تخلیه رسوب ها از محفظه رسوب گیر ، به طور خودکار بر اساس برنامه زمانی از پیش تعیین شده انجام می پذیرد در این حالت عملیات به وسیله یک حس گر الکترونیکی هدایت می گردد. در حالت تخلیه دستی معمولا تکمه تخلیه رسوب به وسیله کاربر دستگاه، فشرده می شود .

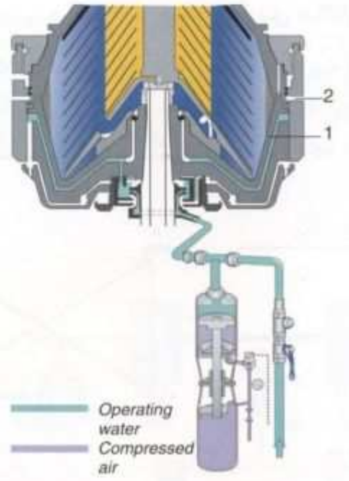
روش های تخلیه رسوب ها در انواع سپراتور ها تفاوت دارد . اما اساسا در همه آنها نخست یک حجم ثابت آب، بنام "آب تعادلی" (Balance water) به محفظه افزوده می گردد.

رسوب ها همراه با آب تحت تاثیر نیروی وزن یا به وسیله پمپ به سیستم فاضلاب تخلیه می گردند .

شکل ۳۰-۲-۶ *سیستم دریچه ای با استفاده از آب برای تضمین مناسب تخلیه رسوب ها*

۱- سطح شیب دار ته بدنه سپراتور

۲- محفظه رسوب گیر



واحد های راه انداز

معمولا سپراتور مخصوص صنایع لبنی به صورت عمودی و با قاب دوکی شکل با اجزایی در بالا و پایین ساخته می شوند. در بیش تر سانتریفوژهای عمودی، شفت (Shaft) با جعبه دنده در محور افقی به موتور متصل می باشند . این نوع ساخت باعث اتصال (Coupling) مطلوب و ایجاد سرعت مناسب در دستگاه می شود. انواعی نیز با سیستم اتصال مستقیم شفت به موتور وجود دارند که به علت ایجاد اصطکاک زیاد، مناسب نمی باشد .

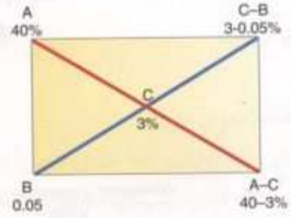
استاندار کردن چربی در خامه و شیر

روش های محاسباتی برای اختلاط فراورده ها

استاندارد کردن محتوای چربی یعنی تنظیم و تعدیل مقدار چربی شیر یا فراورده های حاصله از آن به وسیله اضافه کردن خامه یا شیر "پس چرخ" تا دست یابی به میزان خاصی از چربی، لازم می باشد. روش های متفاوتی برای محاسبه و تعیین درصد اختلاط فراورده ها با محتوای چربی مختلف وجود دارد، تا بتوان در نهایت محصولی با میزان چربی مشخصی را بدست آورد. این ترکیب ها را می توان با اختلاط شیر کامل با شیر "پس چرخ" ، خامه با شیر کامل، خامه با شیر "پس چرخ" و شیر "پس چرخ" با چربی بدون آب شیر (روغن) (Anhydrous milk fat) یا [AMF] تهیه کرد. یکی از روش هایی که به طور فراوان کاربرد دارد از لغت نامه لبنیات نوشته دیویس (J.G.Davis) اقتباس و در مثال زیر بکاربرده شده است.

* چند کیلوگرم خامه با %A چربی باید با شیر "پس چرخ" با %B چربی مخلوط گردد تا محصولی با %C چربی حاصل آید. جواب از طریق جاگذاری اعداد در مستطیل شکل (۳۱-۲-۶) بدست می آید.

شکل ۳۱-۲-۶ *محاسبه مقدار چربی در محصول C*



A	میزان چربی خامه	۴۰ ٪
B	میزان چربی شیر "پس چرخ"	۰/۰۵ ٪
C	میزان چربی محصول نهایی	۳ ٪

از تفریق اعداد مقابل قطر های مستطیل نتایج زیر بدست می آید .

A-C =۳۷ C-B =۲/۹۵

بنابراین می توان با اختلاط ۲/۹۵ کیلوگرم خامه ۴۰ درصد با ۳۷ کیلوگرم شیر "پس چرخ" با چربی ۰/۰۵ درصد می توان ۳۹/۹۵ کیلوگرم محصول استاندارد شده با چربی ۳ درصد بدست آورد. با استفاده از معادله زیر نیز می توان مقدار لازم مواد اولیه A و B را برای (X) مقدار از محصول C محاسبه نمود .

$$\frac{X \times (C-B)}{(C-B)+(A-C)} \qquad \text{kg (A)} \qquad \text{(۱)}$$

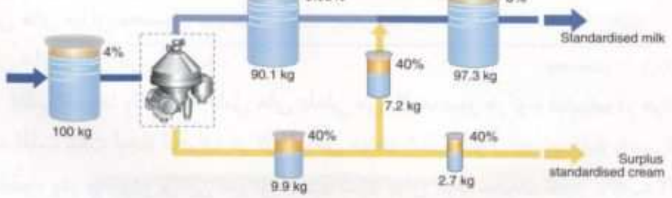
$$\frac{X \times (A-C)}{(C-B)+(A-C)} \qquad \text{kg (B)} \qquad \text{(۲)}$$

[همچنین (معادله اول – X)]

اصول استاندارد کردن

معمولا وقتی که خامه و شیر "پس چرخ" از خامه گیر خارج می شوند در صورت ثابت بودن دیگر عامل ها، درصد چربی ثابتی را خواهند داشت. اصول کلی استاندارد کردن صرف نظر از اینکه کنترل، دستی یا با رایانه انجام پذیرد، در شکل (۳۲-۲-۶) نشان داده شده است.

شکل ۳۲-۲-۶ *اصول استاندارد کردن چربی*



شکل توضیحاتی را بر پایه عملیات انجام گرفته روی ۱۰۰ کیلوگرم شیر کامل با چربی ۴ درصد بیان می دارد. موادی که قرار است تهیه گردد ، شیر با ۳ درصد چربی و خامه با ۴۰ درصد چربی می باشد. پس از انجام عملیات جدا سازی به وسیله خامه گیر روی شیر کامل مقدار ۹۰/۳۵ کیلوگرم شیر "پس چرخ" با چربی ۰/۰۵ درصد و ۹/۶۵ کیلوگرم خامه با چربی ۴۰ درصد حاصل می گردد . در ادامه باید مقدار ۷/۲ کیلوگرم از خامه ۴۰ درصد به شیر "پس چرخ" اضافه

گردد تا مقدار ۹۷/۵۵ کیلوگرم شیر با چربی۳ درصد بدست آید. در نهایت مقدار(۹/۶۵-۷/۲=۲/۴۵) کیلوگرم خامه با چربی ۴۰ درصد نیز بدست خواهد آمد. اصول این عملیات در شکل (۳۲-۲-۶) ، نشان داده شده است .

استاندارد کردن در ضمن تولید

قبلا استاندارد کردن به طور دستی انجام می گرفت. اما همراه با افزایش حجم تولید سرعت بیش تری مورد نیاز بود. روش استاندارد کردن ضمن تولید ، این نیاز را برآورده می سازد. امروزه در کارخانه های پیشرفته لبنی از فرایند " استاندارد کردن ضمن تولید " (Direct in-line standardisation) استفاده می گردد. این روش استاندارد کردن، وابسته به نوسانات میزان درصد چربی شیرخام ورودی می باشد. ابزار لازم در این روش عبارتند از: دریچه کنترل ، جریان سنج ، چگالی سنج و سیستم کنترل رایانه ای برای اندازه گیری میزان چربی شیر و خامه. معمولا این لوازم به صورت یک مجموعه درسیستم "استاندارد کننده ضمن تولید" سوار می شوند، شکل (۳۳-۲-۶) .

برای این که عملیات استاندارد کردن چربی به طور دقیق در سیستم " استاندارد کننده ضمن تولید" انجام پذیرد ، پس از جدا سازی چربی ، با صرف نظر از نوسانات جریان ورودی یا افت فشار در سیستم ، فشار خروجی شیر "پس چرخ" باید کاملا ثابت نگهداری شود. این عمل به وسیله یک دریچه(شیرفلکه) "فشار ثابت"(Constant-pressure valve) که در مسیر خروج شیر "پس چرخ" قرار داده شده ، انجام می شود. برای اطمینان از دقت فرایند، لازم است عامل های زیر به طور مرتب اندازه گیری شوند:

- نوسان های چربی شیر ورودی،
- نوسان های میزان محصول خروجی ،
- نوسان های دمای حرارت اولیه ،

اغلب تغییرها وابسته به عامل های داخلی می باشند. بروز هرگونه انحراف در هر مرحله از فرایند اغلب باعث ایجاد انحراف در کل مراحل خواهد شد. محتوای چربی خامه را می توان به مقدار دلخواه ودر محدوده توانایی سپراتور تنظیم نمود. برای خامه انحراف معیار بر پایه۰/۳-۰/۲ درصد چربی قرار دارد. برای شیر استاندارد باید انحراف معیار بر پایه ای کم تر از ۰/۰۳ در صد چربی قرار گیرد .

اغلب شیر کامل قبل از عملیات جدا سازی چربی در خامه گیر، به دمای ۶۵-۵۵ درجه سانتیگراد رسانیده می شود. سپس در خامه گیر، چربی از شیر جدا شده و به صورت خامه استاندارد (با مقدار چربی از قبل تعیین شده) در می آید . در ادامه فرایند، مقداری از این خامه برای افزودن به شیر"پس چرخ" برای تهیه انواع فراورده ها مانند شیر فروشگاهی (Market milk) ، شیر پنیر سازی و... به مسیر اختلاط مجدد فرستاده می شود. خامه مازاد به پاستوریزاتور خامه ارسال می گردد. عملیات این دوره در شکل (۳۴-۲-۶) نشان داده شده است.

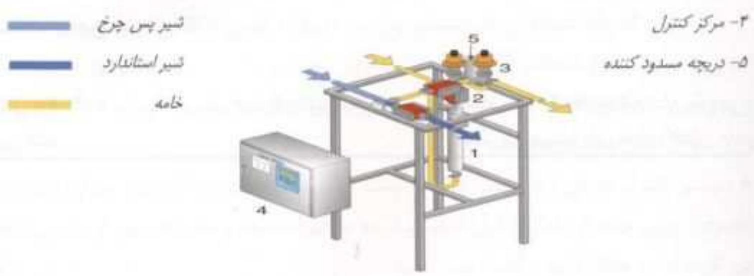
در تحت شرایط معینی امکان استفاده از سیستم" استاندارد کردن ضمن فرایند" بااستفاده از شیر سرد (Cold milk centrifugal separator) نیز مقدور می باشد. در این حالت، این نکته بسیار با اهمیت است که به دلیل شکسته شدن گویچه های چربی شیر در ضمن عملیات جدا سازی ، برای بلورین شدن چربی به آن زمان کافی (۱۲-۱۰ساعت) در دمای پایین داده شود. زیرا چگالی بلور های چربی با درجات مختلف تبلور تغییر می یابد و به سیستم تا دستیابی به تعادل باید وقفه زمانی لازم داده شود. در غیر این صورت چگالی سنج دستگاه که از قبل برای حالت های معمولی تنظیم شده است ، نمی تواند به درستی چگالی را اندازه گیری نماید.

شکل ۳۳-۲-۶ *سیستم استاندارد کردن ضمن تولیدکه در پیش از سیستم فرایند کننده کارگذاشته شده است .*

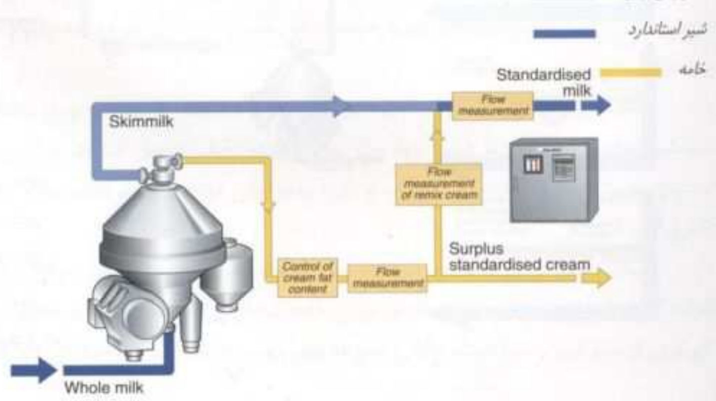
۱- چگالی سنج ۲- جریان سنج ۳- دریچه کنترل

۴- مرکز کنترل

۵- دریچه مسدود کننده



شکل ۳۴-۲-۶ *اصول استاندارد کردن ضمن تولید برای خامه و شیر*

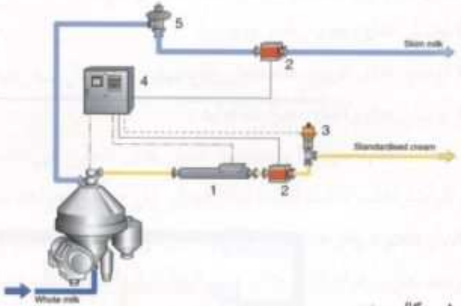


سیستم کنترل چربی خامه

محتوای چربی خامه خروجی از خامه گیر، براساس سرعت جریان خامه معین می گردد. میزان چربی خامه نسبت معکوس با سرعت جریان آن، در سیستم دارد. بعضی سیستم های استاندارد کننده ، یک اندازه گیر جریان (Flow meters) را برای کنترل مقدار چربی خامه بکارمی برند. این روش، بسیار سریع می باشد و زمانی که دما و محتوای چربی شیر کامل ورودی به خامه گیر ثابت باشد یک روش درست محسوب می گردد . اما اگر محتوای چربی شیر تغییر یابد، تنظیم سیستم به هم خواهد خورد.

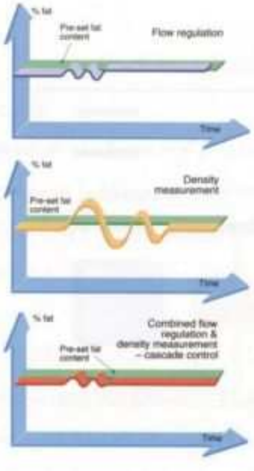
ابزار گوناگونی برای تثبیت محتوای چربی خامه (به طور پیوسته) وجود دارد . معمولا ، در این لوازم پس از اندازه گیری چگالی خامه، یک جریان الکتریکی برای تنظیم جریان خامه به دریچه خروجی ارسال می گردد. تا میزان چربی خامه خروجی به مقدار از قبل معین شده برگشت نماید. این روش به درجه حرارت و محتوای چربی شیر ورودی حساس بوده و فرایند تنظیم و کنترل کند بوده و هنگامی که یک وضعیت نابسامان در سیستم ایجاد شود برای برگشت به وضعیت صحیح به زمان طولانی نیاز دارد.

شکل ۳۵-۲-۶ *چرخه کنترل برای ثابت نگهداشتن محتوای چربی خامه*



۱- چگالی سنج
۲- جریان سنج
۳- دریچه کنترل
۴- مرکز کنترل
۵- دریچه فشار ثابت

شکل ۳۶-۲-۶ *اختلاف زمان عکس العمل بین سیستم های مختلف کنترل*



دو اسباب اندازه گیری (Transmitters) درشکل (۳۵-۲-۶) ، نشان داده شده است که کار سنجش جریان خامه استاندارد و شیر "پس چرخ" مربوطه را انجام می دهند . با داده های حاصل از این دو دستگاه جریان خامه و شیر "پس چرخ" در سیستم تحت کنترل (۴) در می آید. ابتدا مقدار جریان شیر کامل در خامه گیر تعیین می گردد، سپس یک چگالی سنج (۱) چگالی خامه را اندازه گیری می کند و آن را به محتوای چربی خامه تبدیل می نماید. سیستم کنترل با تلفیق داده های مربوط به میزان چربی و سرعت جریان، دریچه کنترل کننده را بکارمی اندازد تا به میزان درصد چربی مورد نظر (۳) در خامه دست یابد .

کنترل زنجیره ای

ترکیبی از اندازه گیری محتوای چربی و اندازه سرعت جریان را برای کنترل وضعیت سیستم، کنترل زنجیره ای (Cascade control) می نامند. مزیت های آن در شکل (۳۶-۲-۶) توضیح داده شده است .

وقتی که یک نابسامانی در سیستم بروز می نماید، نظیر: برگشت جزئی مواد تخلیه شدنی از سیستم خود شستشو کننده ، یا تغییر دمای خامه و یا تغییر در محتوای چربی شیر ورودی و یا... عکس العمل سیستم های کنترل برای رفع این نابسامانی در دیاگرام شکل (۳۶-۲-۶) نشان داده شده است :

- سیستم کنترل جریان ، به تنهایی واکنش نسبتا خوبی را به سرعت از خود نشان داده ولی محتوای چربی خامه از مقدار از قبل تنظیم شده منحرف شده و مجددا پس از مدتی ثابت می گردد اما به مقدار اولیه برگشت نمی نماید .
- سیستم اندازه گیری چگالی به تنهایی ، نسبت به تغییرها واکنش آهسته تری رانشان می دهد. اما پس از مدتی محتوای چربی خامه به مقدار از قبل تعیین شده، برگشت می کند.
- زمانی که دو سیستم فوق با هم ترکیب شوند، سیستم " کنترل زنجیره ای " به وجودمی آید و درصورت بروز تغییرها، برگشت سیستم به حالت از قبل تعیین شده سریع تر به وقوع خواهد پیوست .

بکارگیری "سیستم کنترل زنجیره ای" باعث خواهد شد، درصورت بروز اختلال در سیستم ، محصول کم تری از دست برود و در نهایت نتیجه دقیقی حاصل گردد. در این حالت محتوای چربی خامه ، سرعت جریان خامه و باز یا بسته بودن دریچه تنظیم کننده خامه را رایانه کنترل می کند.

چگالی سنج در چرخه اندازه گیری به طور پیوسته (جرم در واحد حجم) ، چگالی خامه را اندازه گیری کرده و داده آن را به محتوای چربی خامه تبدیل می نماید. چربی در خامه چگالی کم تری از سرم شیر را دارا است. چگالی سنج به طور پیوسته داده های حاصله را به صورت

اگر دمای خامه گیر افزایش یابد ، چگالی خامه کاهش خواهد یافت و بالعکس . به این دلیل جهت ارتباط دادن تغییرهای دمای جدا سازی ، چگالی سنج به یک حس گر حرارتی (Pt 100) برای به کارگیری ضریب تصحیح دما در اندازه چگالی مجهز می شود .

چگالی سنج به طور پیوسته چگالی و دمای مایع را اندازه گیری می نماید . اساس کار شبیه به دو شاخه دیاپازون است . چگالی شیر تغییرهایی را در فرکانس ارتعاشی ایجاد کرده که به وسیله دستگاه قابل اندازه گیری است .

چگالی سنج شامل یک لوله مستقیم می باشد که مایع از داخل آن جریان دارد . لوله به وسیله یک سیم پیچ از بیرون احاطه شده است . عبور مایع باعث ایجاد جریان القایی خاصی می شود که آن از طریق دستگاه قابل حس و اندازه گیری بوده و تبدیل به واحد چگالی می گردد .

معمولا چگالی سنج دربخشی از سیستم لوله کشی نصب می نمایند و نیازمند مراقبت و نگهداری خاصی نمی باشد .

جریان سنج

انواع مختلفی از جریان سنج ها (Flow transmitter) برای کنترل جریان به کاربرده می شوند. یک نوع الکترومغناطیسی (Electromagnetic) در شکل (۳۸-۲-۶) ، دیده می شود. این نوع هیچ قسمت متحرکی را در بر نداشته و اغلب به نگهداری یا سرویس خاصی نیاز ندارد. قسمت اندازه گیرنده شامل یک لوله اندازه گیر با دو کویل (Coil) مغناطیسی می باشد. وقتی که یک مایع رسانا از میان لوله اندازه گیری جریان می یابد . دریک طرف لوله اندازه گیر میدان مغناطیسی تولید می گردد. ولتاژ الکتریکی ایجاد شده به وسیله دو الکترود اندازه گیری می شود. این ولتاژ متناسب با متوسط سرعت محصول در لوله بوده و در نتیجه حجم مایع در جریان را مشخص می کند. جریان سنج ها شامل یک میکروپروسسور (Microprocessor) هستند که عمل کنترل را انجام می دهد و یک مبدل که میدان مغناطیسی را ثابت نگه می دارد. الکترود اندازه گیر ، ولتاژ دریافتی را ابتدا وارد یک تقویت کننده می کند و سپس ولتاژ به صورت سیگنال به رایانه فرستاده می شود.

دریچه های کنترل جریان برای خامه و شیر ˚پس چرخ˚

یک میکروپروسسور اندازه شدت سیگنال دریافتی از چگالی سنج را با مقدار از قبل تنظیم شده مقایسه می نماید. اگر مقدار اندازه گیری شده ، انحرافی را از مقدار از پیش تعیین شده نشان دهد، رایانه فرامین اصلاحی را به دریچه کنترل ارسال می دارد تا محتوای چربی خامه به حد از قبل تعیین شده ، تنظیم گردد ، شکل (۳۵-۲-۶) .

سیگنال های الکتریکی در اختیار رایانه قرار می دهد. شدت سیگنال متناسب با چگالی خامه می باشد. افزایش چگالی به معنی کاهش چربی خامه و افزایش سیگنال ، خواهد بود.

هر تغییر در چگالی باعث تغییر در شدت جریان ارسالی به رایانه خواهد شد ، مقدار اندازه گیری شده با انحراف از مقدار تنظیم شده با برنامه داخل رایانه بررسی می گردد . رایانه با تغییر در سیگنال های خروجی به تنظیم موردهای انحراف می پردازد. وضعیت دریچه تنظیم کننده تغییر نموده و چگالی به مقدار تعیین شده قبلی برگشت می نماید .

جریان سنج در چرخه کنترل ، جریان خط خامه را به طور پیوسته اندازه گیری کرده و به صورت سیگنال به رایانه می فرستد. ابزار های اندازه گیری درچرخه کنترل ،شکل(۳۵-۲-۶) به طور پیوسته مقدار جریان و چگالی خط خامه را اندازه گیری کرده و به صورت سیگنال به رایانه ارسال می نمایند.

از ˚سیستم کنترل زنجیره ای˚ برای تصحیح انحراف، از حدود تعیین شده در محتوای چربی شیر کامل ورودی استفاده می گردد. این سیستم با مقایسه موردهای زیر عمل می نماید :

- مقدار جریان عبوری از میان جریان سنج (جریان متناسب با محتوای چربی خامه می باشد).
- اندازه چگالی به وسیله چگالی سنج (چگالی به محتوای چربی خامه تبدیل می گردد) .

رایانه در مرکز کنترل (۴) مقدارواقعی محتوای چربی شیر کامل ورودی را محاسبه می نماید و دهانه دریچه کنترل را بر این اساس تنظیم می کند.

کنترل چربی به وسیله چگالی سنج

اندازه گیری محتوای چربی خامه بر پایه نسبت ثابت بین محتوای چربی و چگالی قرار دارد. چگالی با عکس محتوای چربی تغییر می یابد. زیرا چربی موجود در خامه از سرم شیر سبک تر است .

باید به یاد داشت که دما و گازهای موجود در شیر روی چگالی خامه موثرند. وجود گاز در خامه ، چگالی آن را کاهش می دهد. بنابراین باید مقدار گازها در شیر دریک سطح ثابت باقی بماند . شیر همیشه حاوی مقادیر کم وبیش متفاوتی از هوا و گازهای دیگر می باشد ، مقدار متوسط آن را در شیر حدود ۶ درصد در نظر می گیرند. وجود مقدار زیاد هوا در شیر علاوه بر مشکل عنوان شده فوق، مشکلات دیگری مانند : بالا نشان دادن اندازه گیری حجمی شیر ، افزایش گرایش به رسوب در زمان حرارت دادن و... را بدنبال دارد. مطالب بیش تری در باره هوا در بخش ۶-۶ ، در بحث هواگیری شرح داده خواهد شد.

ساده ترین و رایج ترین راه برای خارج کردن هوا از شیر، نگهداری آن به مدت یک ساعت در مخزن قبل از انجام فرایند های بهبود سازی می باشد . در غیر این صورت لازم است یک سیستم هوا گیر (Deaerator) قبل از دستگاه ˚خامه گیر˚ نصب گردد.

محتوای بسیار پایین چربی در شیر استاندارد، نشانه اختلاط بسیار کم خامه در شیر "پس چرخ" می باشد. بنابراین نسبت بین سیگنال های ارسالی از جریان سنج در مقایسه با نسبت مرجع پایین بوده و سیگنال خروجی از رایانه وضعیت دریچه کنترل را تغییر می دهد با بسته شدن دریچه، فشار بالا رفته و باعث می گردد خامه بیش تری از میان خط اختلاط مجدد، عبور نماید. رایانه ضمن تنظیم مقادیر چربی ، به طور دائم مراقبت می نماید که مقدار درستی از خامه به خط اختلاط مجدد وارد گردد. معمولا سیگنال الکترونیکی خروجی از رایانه به یک سیستم حدواسط ارسال می گردد تا از آنجا جریان های الکتریکی کار باز و بسته بودن دریچه ها پنوماتیکی را کنترل نمایند .

اختلاط مجدد بر اساس مقادیر ثابت از درصد چربی خامه و شیر "پس چرخ" قرار دارد . محتوای چربی خامه به طور معمول در مقدار ثابت ۴۰-۳۵ درصد تنظیم می گردد و محتوای چربی شیر "پس چرخ" به وسیله راندمان چربی گیری دستگاه خامه گیر مشخص می گردد .

برای تولید شیر استاندارد با درصد چربی از قبل تعیین شده ، خامه و شیر "پس چرخ" در سیستم اختلاط مجدد به نسبتی با هم مخلوط می شوند. در این حالت باید با کنترل دقیق چگالی و ثابت نگهداشتن فشار سمت شیر "پس چرخ" خروجی ، شرایط برای اختلاط مجدد و تولید شیر استاندارد مناسب باشد. جریان سنج و دریچه تنظیم کننده در چرخه اختلاط مجدد باید به گونه ای عمل نماید که اگر سرعت جریان خروجی از خامه گیر تغییر نماید یا محتوای چربی شیر کامل ورودی تغییر کند ، در سیستم استاندارد کردن تغییری ایجاد نگردد .

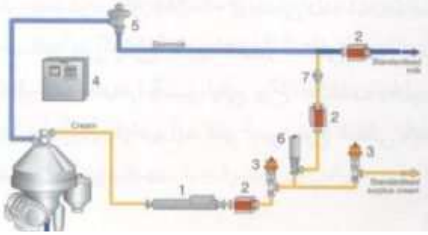
خط کامل استاندارد کردن مستقیم

در شکل (۴۰-۲-۶) ، یک خط کامل "استاندارد کردن مستقیم" نشان داده شده است . سیستم کنترل فشار در شیر "پس چرخ" خروجی (۵) فشار را (بدون تاثیر از بی ثباتی یا افت فشار در قسمت های پایین سیستم) ثابت نگه می دارد .

شکل ۴۰-۲-۶ *فرایند خودکار استاندارد کردن مستقیم خامه و شیر*

۱- چگالی سنج ۲- جریان سنج ۳- دریچه کنترل ۴- تابلو کنترل ۵- دریچه ثابت نگه دارنده فشار

۶- دریچه مسدود کننده ۷- دریچه محافظ



شکل ۳۷-۲-۶ *چگالی سنج*

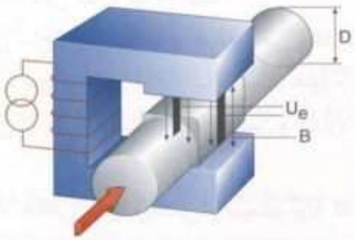
شکل ۳۸-۲-۶ *جریان سنج*

$$U_e = k \times B \times v \times D$$

U_e = ولتاژ الکترود k = ثابت دستگاه

B = قدرت میدان مغناطیسی

v = سرعت متوسط D = قطر لوله



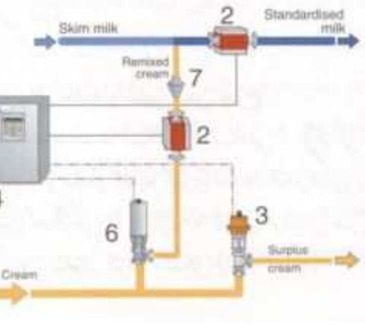
چرخه کنترل برای اختلاط مجدد خامه

چرخه کنترل نشان داده شده در شکل (۳۹-۲-۶) ، به طور پیوسته مقدار خامه را برای اختلاط مجدد در شیر "پس چرخ" برای تهیه شیر استاندارد- با درصد چربی معین - کنترل می کند. چرخه کنترل شامل دو جریان سنج (۲) می باشد. یکی درخط خامه (برای اختلاط مجدد) و دیگری در خط شیر استاندارد- پس از ناحیه اختلاط مجدد - قرار دارد.

سیگنال های ارسالی از جریان سنج ها به میکروکامپیوتر انتقال می یابد. رایانه نسبت بین دو سیگنال را با مقدار از پیش تعیین شده یا مقدار مرجع مقایسه می کند و فرامین کنترلی را به صورت سیگنال برای تنظیم مقدار خامه در خط اختلاط ارسال می دارد.

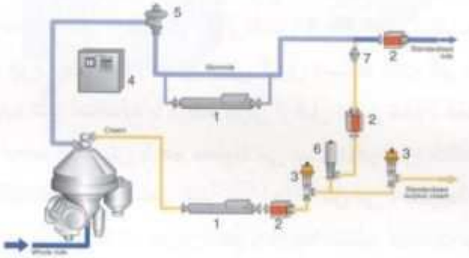
شکل ۳۹-۲-۶ *چرخه کنترل برای اختلاط مجدد خامه با شیر پس چرخ*

۲- جریان سنج
۳- دریچه کنترل
۴- تابلو کنترل
۶- دریچه مسدود کننده
۷- دریچه محافظ



سیستم تنظیم محتوای چربی خامه با اعمال کنترل بر روی جریان خروجی خامه از سیستم ، مقدار درصد چربی را ثابت نگه می دارد. این تنظیم به تغییرهای سیال ورودی یا محتوای چربی شیر ورودی وابسته نمی باشد. دریچه کنترل کننده، نسبتی از خامه با محتوای چربی ثابت را با شیر "پس چرخ" مخلوط می کند تا شیر استاندارد تهیه گردد. انحراف معیار برای چربی شیر استاندارد باید کم تر از ۰/۰۳ درصد و برای خامه ۰/۳–۰/۲ درصد باشد .

شکل ۴۱-۲-۶ *سیستم استاندارد کردن چربی با ماده خشک بدون چربی در خط شیر پس چرخ*



۱- چگالی سنج
۲- جریان سنج
۳- دریچه کنترل
۴- تابلو کنترل
۵- دریچه فشار ثابت
۶- دریچه مسدود کننده
۷- دریچه محافظ

دیدگاههای استاندارد کردن چربی

گاهی اوقات ، برای مثال در تولید پنیر، نیاز به استاندارد کردن چربی به همراه ماده جامد بدون چربی (SNF) می باشد. در این حالت می توان با نصب یک چگالی سنج دوم در لوله شیر "پس چرخ" متصل به خامه گیر این نیاز را برآورده ساخت. این ترتیب در شکل (۴۱-۲-۶) نشان داده شده است. چگالی سنج در این اندازه گیری دو عمل را انجام می دهد.

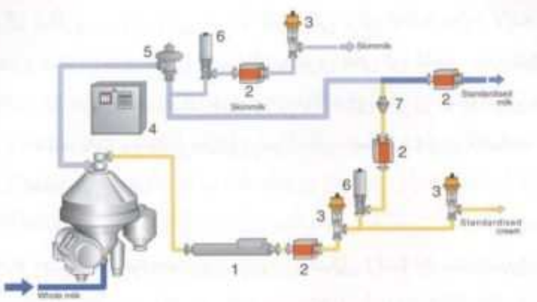
۱- افزایش دقت استاندارد کردن چربی ،

۲- مقدار چگالی ، مقیاسی برای محاسبه نسبت ماده خشک بدون چربی قرار می گیرد.

سیستم کنترل مقدار چگالی شیر "پس چرخ" را به ماده خشک بدون چربی تبدیل می نماید و سپس این مقدار را برای کنترل نسبت بین چربی و "ماده خشک بدون چربی" به کار می برد. اگر محتوای چربی شیر ورودی ، پایین تر از حد لازم برای استاندارد کردن شیر باشد ، در این حالت ، دستگاه مثل آن چه در شکل (۴۲-۲-۶) نشان داده شده است ، عمل می نماید. سیستم با محاسبه حجم شیر"پس چرخ" لازم ، مقدار اضافی شیر "پس چرخ" را از دستگاه خارج کرده وسپس به مقدار لازم خامه را با شیر "پس چرخ" باقیمانده مخلوط می نماید تا شیری با محتوای چربی بالاتر از شیر ورودی فراهم آید. شیر "پس چرخ" اضافی باید پس از جمع آوری خنک شده و در اولین فرصت پاستوریزه گردد .

شکل ۴۲-۲-۶ *استاندارد کردن شیر با چربی بالاتر از شیر ورودی*

۱- چگالی سنج
۲- جریان سنج
۳- دریچه کنترل
۴- تابلو کنترل
۵- دریچه فشار ثابت
۶- دریچه مسدود کننده
۷- دریچه محافظ



انجام سایر عملیات ها مانند اضافه کردن خامه به شیر استاندارد برای پنیرسازی (برای تهیه بعضی پنیرها) یا تهیه خامه از آب پنیر با سیستم گریز از مرکز ویژه (مقدار چربی در آب پنیر برابر چربی موجود در جریان خون دام می باشد) نیز مقدور می باشد . در این حالت ممکن است از خامه حاصله از آب پنیر به عنوان خامه معمولی برای "استاندارد کردن" شیر استفاده شود و خامه با کیفیت بالا برای کره سازی و یا برای تهیه خامه قنادی به کار برده شود.

باکتو فوگ (باکتوفیوژ)

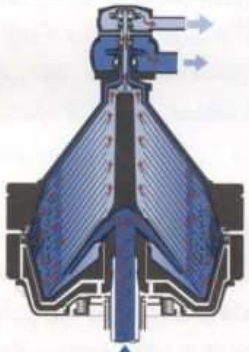
باکتوفوگاسیون (Bactofugation) ، فرایندی است که درآن با استفاده از نیروی گریزازمرکز، برای جدا نمودن میکروارگانیزم های موجود در شیر بهره می جویند. در گذشته از باکتوفوگ برای ارتقاء کیفیت ماندگاری شیر فروشگاهی استفاده می شد. اما در حال حاضر از باکتوفوگاسیون برای ارتقاء کیفیت باکتریولوژیکی دیگر فراورده ها مانند: پنیر ، پودر شیر و آب پنیر – برای استفاده در غذای کودک – استفاده می گردد .

بعضی باکتری ها و بخصوص اسپورهای مقاوم به حرارت به طور مشخصی ، چگالی بالاتر از شیر را دارا می باشند. باکتوفوگ در اصل عملیاتی را برای پاک سازی شیر از وجود این اسپورها به کار می برد. چون اغلب این اسپورها به حرارت مقاوم می باشند ، باکتوفوگ تکمیل کننده عملیات ترمیزاسیون (Thermisation) و پاستوریزاسیون و استریلیزاسیون می باشد.

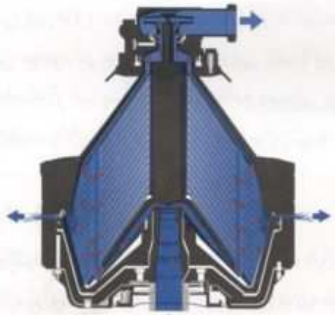
اصول باکتوفوگ برپایه همان سانتریفوژهای جدا کننده گریز از مرکز (آشغال گیر) برای جدا سازی مواد جامد ، همراه با نازل هایی (Nozzle) در محیط بدنه، قرار دارد. یک بررسی طولانی برای پی بردن به چگونگی برقراری یک جریان پیوسته فاز سنگین تر مواد از میان نازل های محیطی جهت دستیابی به جدا سازی موثر، مورد نیاز بود تا حداکثر کارایی در سیستم حاصل گردد. اکنون سپراتورهای پیشرفته با سیستم خود تمیز کننده همراه با فضای رسوب گیر

در بیرون توده دیسک ، که می تواند اسپور باکتری ها را درخود جمع کرده و در فاصله های زمانی از قبل تنظیم شده به طور متناوب تخلیه نمایند. دو نوع باکتوفوگ وجود دارد :

- باکتوفوگ دوفازی ، دو خروجی در بالا دارد یکی برای تخلیه مداوم لاشه باکتری ها به هم فشرده شده و دیگری برای فازی (شیر) که باکتری های آن کاهش داده شده اند.
- باکتوفوگ یک فازی ، فقط یک خروجی در بالا برای شیری که باکتری های آن کاهش یافته است ، دارد . لاشه باکتری ها در فضای رسوب گیر جمع شده و در فاصله های زمانی از قبل تنظیم شده تخلیه می گردند .



شکل ۴۳-۲-۶ بدنه باکتوفوگ دو فازی برای تخلیه مداوم مواد جدا شده



شکل ۴۴-۲-۶ بدنه باکتوفوگ یک فازی با تخلیه زمانی مواد جدا شده

مقدار ماده جداشده (لاشه میکروارگانیزم ها) از باکتوفوگ های دو فازی حدود ۳ درصد جریان ورودی بوده و این نسبت در باکتوفوگ یک فازی کم تر و در حدود ۰/۱۵ درصد از جریان ورودی می باشد. سیال دفعی از باکتوفوگ ها (غنی از باکتری) همیشه ماده خشک بالاتری را نسبت به شیر ورودی دارند، زیرا مقداری از میسل های بزرگ کازئین همراه با اسپور باکتری ها جدا می شوند. باکتوفوگاسیون در دمای بالا مقدار پروتئین را در سیال دفعی افزایش می دهد. دمای مناسب برای باکتوفوگاسیون بین ۶۰-۵۵ درجه سانتیگراد قرار دارد. کاهش مقدار باکتری ها به صورت درصد بیان می گردد. باکتری ها متعلق به جنس کلستریدیوم (اسپور بی هوازی) در عملیات پنیر سازی بسیار مشکل آفرین هستند. آنها می توانند باعث تورم دیررس پنیر (حتی در تعداد بسیارکم) گردند. به این دلیل شیر پنیرسازی باید حتما تحت عملیات باکتوفوگاسیون قرار گیرد.

سانتریفوژهای دکانتوری

این نوع سانتریفوژها برای جدا سازی فراورده های ویژه ای چون کازئین رسوب داده شده و لاکتوز بلورین شده به کاربرده می شوند. قبلا در باره سانتریفوژ های دیسکی و جدا کننده ها شرح داده شده است. آنها برای جدا سازی مایعات با مقدار ماده جامد بالا مناسب نمی باشند. برای این موردها از سانتریفوژهای دکانتوری (Decanter centrifuges) استفاده می شود. انواع آنها دارای سیستمی با پیش بینی های بهداشتی و محفظه مخصوص جدا کننده می باشند،شکل (۴۵-۲-۶) . دکانتور ها به طور پیوسته عمل می نمایند و کاربردهای مختلفی را دارا می باشند. از جمله می توان به عملکردآنها درکارخانه های تهیه کننده شیرسویا وتصفیه فاضلاب ها اشاره نمود.

به طور کلی می توان گفت که سانتریفوژهای دکانتوری ماشین هایی هستند که به طور پیوسته مواد معلق موجود در یک مایع را به وسیله عمل نیروی گریز از مرکز (در داخل یک محفظه بلند چرخان) رسوب می دهند. یکی از ویژگی های این نوع سپراتورها مجهز بودن آنها به یک نقاله پیچی شکل (Screw conveyor) بزرگ برای تخلیه مداوم رسوب ها از محفظه داخل می باشد . نقاله در همان جهت چرخش بدنه اما با سرعت کم تری می چرخد که باعث ایجاد یک اثر پیچشی (Scrolling effect) در سیستم می گردد . مختصات دیگر آنها عبارت است از :

۱- داشتن یک بدنه مخروطی با محور متحرک افقی ،

۲- داشتن جریان غیر همسو با مسیر تخلیه (مواد رسوبی از انتهای باریک خارج می شوند و تخلیه فاز مایع از انتهای پهن دستگاه انجام می پذیرد) .

عمل سانتریفوژ دکانتور

مواد ورودی نخست از میان لوله ورودی در محل شتاب دهنده مایع به طور مستقیم به داخل قسمت چرخنده وارد می گردند ، شکل (۴۶-۲-۶) .

مواد جامد وزن مخصوص بالاتری نسبت به مایع دارند بنابراین پس از ورود، بلافاصله در اثر شتاب بالای نیروی گریز از مرکز به سمت دیواره داخلی بدنه رسوب می نمایند. (به طور معمول در محدوده g ۴۰۰۰-۲۰۰۰) .

پیوستگی فرایند

در سانتریفوژ های دکانتوری سه مرحله فرایند شامل : ورود مواد ، رسوب در پره های هم مرکز و جدا سازی فاز مایع و جامد به طور پیوسته انجام می گیرد.

اجزای اصلی

اجزای اصلی "سانتریفوژ دکانتور" شامل بدنه ، نقاله و گیربکس ، قاب با ناودانک ، محفظه جمع آوری ، موتور و تسمه پروانه می باشد.

بدنه

بدنه شامل یک قسمت مخروطی با یک یا چند سیلندر لبه دار می باشد . قسمت سیلندری، مخلوط مایع را آماده می سازد و قسمت مخروطی، بخش رسوب گیری را شکل می دهد. معمولا پوسته دندانه دار یا شیار دار می باشد تا از لغزندگی مواد در روی آن در زمان حمل، جلوگیری شود. قسمت مخروطی، منتهی به یک استوانه با یک یا دو ردیف روزنه تخلیه مواد جامد می باشد . این روزنه ها در بیش تر بدنه ها به صورت ردیفی و قابل تعویض با آستری فلزی ، فولادی یا از مواد سرامیکی برای جلوگیری از ساییدگی می باشند. سطح مایع داخل دستگاه را می توان با جاگذاری واشرهای مسدود کننده تغییر داد. در بعضی دستگاه ها فاز مایع صافی‌شده به وسیله دیسک های یقه ای (۴) تخلیه می گردند .

نقاله

نقاله (Conveyor) به صورت معلق در داخل بدنه با امکان چرخش آرام یا سریع تعبیه شده و رسوب ها را به سوی روزنه دفعی در انتهای باریک هدایت می نماید. پره های نقاله مارپیچ در سانتریفوژها متفاوت بوده و بر اساس نیاز ممکن است با شیب (فضای بین پره ها) زاویه تند یا باز باشد. همچنین پره ها ممکن است عمود به محور چرخش یا عمود به قسمت مخروطی در پوشش بدنه قرار داده شوند . بیش تر انواع این نوع دستگاه ها فقط دارای یک پره می باشند اما ممکن است بعضی دارای دو پره باشند.

جعبه دنده

عمل جعبه دنده (Gearbox) تنظیم سرعت حرکت های دورانی سیستم می باشد . یعنی اختلاف سرعت بین بدنه و نقاله را تنظیم می نماید. جعبه دنده را در ناودانک شافت به وسیله کام و زبانه مستقر می نمایند.

سانتریفوز دکانتوری

یک دکانتور سانتریفوژی ماشینی برای رسوب دادن پیوسته مواد معلق ازمایع به وسیله نیروی گریز ازمرکز دریک بدنه درازکشیده افقی و متحرک می باشد

تخلیه مواد جامد

موادجامد فشرده شده به طور محوری به وسیله نقاله مارپیچی که با استفاده از چرخ دنده ها با سرعتی متفاوت از سرعت بدنه می چرخد ، به سوی انتهای باریک محور چرخنده انتقال می یابند . راه تخلیه مواد از طریق روزنه مواد جامد است . پره های نقاله مارپیچ ، مخلوط مایع و ذرات جامد را در هر چرخش بالا برده در این حالت مایع به طرف جلو و انتهای پهن هدایت شده و کم کم خارج می گردد. مواد رسوبی به وسیله حرکت پره ها به طرف ابتدای مسیر و - محل خروج - هدایت شده و از میان دریچه تخلیه به داخل محفظه جمع آوری وارد می گردند و در آنجا از دستگاه خارج می شوند.

تخلیه مایع (آزاد)

فاز مایع در داخل استوانه (بدنه)تحت تاثیر نیروی گریز از مرکز، در یک مجرای مارپیچ بین پره های نقاله بسوی انتهای بزرگ تر، جریان می یابد . این مایع به صورت سرریز از قسمت خروجی به بیرون جاری می شود در این حالت ارتفاع سطح مایع از مرکز استوانه در "دبی" خروجی اهمیت دارد.

تخلیه مایع (با فشار)

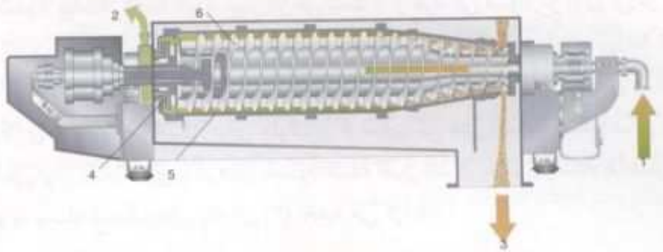
در بعضی از دکانتورها برای تخلیه فاز مایع یک سیستم یقه ای همراه با تخلیه تحت فشارکارگذاشته شده است ، شکل (۴۶-۲-۶) . مایع سرریز وارد محفظه دیسک یقه ای می گردد. برخورد مایع با لبه های ساکن دیسک های یقه ای اختلاف فشاری را ایجاد می نماید که در این حالت انرژی چرخشی مایع به فشار تبدیل شده و باعث پمپ شدن مایع به خارج از دستگاه می گردد .

با بزرگ تر کردن "خورشیدی" شافت مرکزی جعبه دنده ، می توان آن را از طرف دیگر بیرون آورده و به وسیله یک موتور کمکی آن را متحرک ساخت ، در این حال می توان سرعت نقاله را متناسب با سرعت بدنه تغییر داد.

جعبه دنده ممکن است از نوع دندانه ای یا حلقوی باشد . اولی می تواند تولید سرعت پیچشی منفی (سرعت نقاله کم تر از بدنه) را بنماید و دومی مجهز به یک شافت گریز از مرکز بوده که می تواند تولید سرعت پیچشی مثبت (سرعت نقاله بیش تر از بدنه) نماید .

شکل ۴۶-۲-۶ *مقطع برشی یک سانتریفوژ دکانتور با تخلیه کننده تحت فشار*

۱- ورود سوسپانسیون
۲- تخلیه فاز مایع
۳-تخلیه فاز جامد تحت اثر وزن
۴- محفظه دیسک یقه ای
۵- بدنه
۶- نقاله مارپیچ



قاب و پوشش

طرح های متفاوتی برای قاب و شکل محفظه ها وجود دارد ، اکثرا آنها را از یک ورق استیل نازک می سازند که روی قسمت های متحرک و ارتعاشی دستگاه را پوشش می دهد. جنس محفظه ها از فولاد ضد زنگ می باشد که به یک مفصل ناودانی متصل بوده و می تواند از روی بدنه بلند شود .

فصل ششم

بخش ۳

هموژنیزاسیون

مقدمات تکنولوژی شکستن گویچه چربی

هموژن کردن (Homogenisation) نام یکی از فرایند های استاندارد در صنعت لبنی می باشد و اصطلاحا به معنی "ایجاد حالت پایدار امولسیون چربی در مقابل ته نشینی، تحت اثر نیروی وزن" می باشد. برای اولین بار گائولین (Gaulin) یک محقق فرانسوی در سال ۱۸۹۹ میلادی فرایندی را اختراع نمود و با ارایه یک مقاله تحت عنوان " پایدار نگهداشتن مایعات ترکیبی" آن را در فرانسه منتشر نمود. بعد ها این فرایند پایه هموژنیزاسیون قرار گرفت .

هموژن کردن باعث شکسته شدن گویچه های چربی به اندازه های کوچک تر می شود، شکل (۱-۳-۶) . متعاقب این عمل، رویه (خامه) بستن چربی در سطح شیر کاهش یافته و تمایل گویچه ها به توده شدن و به هم چسبیدن از بین می رود . اساسا عملیات هموژنیزه کردن شیر فرایندی مکانیکی است و برای این کار شیر با فشار از میان یک گذرگاه بسیار باریک و با سرعت بالا عبور داده می شود. در نتیجه این عمل قطرگویچه های چربی تا محدوده ۱ میکرون کاهش می یابد و سطح تماس چربی با پلاسمای شیر چهار تا شش برابر افزایش می یابد. این گویچه های جدید ایجاد شده با مواد اصلی غشای گویچه ای پوشیده نشده اند بلکه در عوض آنها با مخلوطی از پروتئین جذب شده از فاز پلاسما پوشش داده می شوند.

فوکس (Fox) و همکاران ، مجموعه "چربی- پروتئین" را که در جریان هموژن کردن چربی شیر و خامه تولید می گردند ، مورد مطالعه قرار دادند. آنها نشان دادند که کازئین نصف پروتئین مجموعه را تشکیل می دهد و این فرضیه را مطرح کردند که میسل کازئین در لحظه هموژنیزاسیون فعال بوده و زمینه را برای اثر متقابل در فاز چربی فراهم می آورد.

فرضیات هموژنیزاسیون

سال های زیادی ست که فرضیه های مختلفی در بـاره مکانیسـم هموژنیزاسیون فشـار بالا، مطرح می باشد. در یک محلول یا انتشار " روغن در آب " مثل شیر بیش تر ذرات معلق کـم تر از یک میکرون (10^{-6} m) قطر دارند. به طور کلی در این زمینه دو فرضیه، بیش تـر مطـرح می باشد.

با تلفیق این دو فرضیه، تاثیر عامل هـای مختلـف در روی هموژنیزاسـیون توضیـح داده می شود . فرضیه شکستن گویچه به وسیله تلاطم گردابی (گرداب کوچکmicro whirls) بـر این پایه قرار دارد که تعدادی گرداب کوچک در برابر جریان مایعی که با سرعت بـالا در حرکـت است، ایجاد می گردد. سرعت های جریان بالاتر ، گرداب های کوچک تری را ایجـاد مـی کنـد، اگر این جریان گردابی به یک قطره روغن هم انـدازه برخـورد نمـاید ، قطـره روغـن بـه قطـرات ریزتری شکسته خواهد شد. این فرضیه، چگونگی اثرات هموژنیزاسیون را در فشار های مختلـف پیشگویی می کند . این پدیده با تحقیقات زیادی به اثبات رسیده است .

تئوری ایجاد حفره (Cavitation) از طرف دیگر ادعا می کند شوک امواج ایجاد شده در اثر ترکیدن حباب بخار ، باعث شکسته شدن گویچه چربی می گردد. بر اساس این فرضیه وقتی که مایع با فشار بالا از شکاف دستگاه عبور می کند ، تاثیر فشار بالا بـر روی مـایع بـاعث ایجـاد حفره هایی درآن می گردد ، هرچند این پدیده در عمل رویت نشده اسـت. وقـوع هموژنیزاسـیون بدون ایجاد حفره ، امکان دارد اما از کارایی کم تری برخوردار است.

هموژنیزاسیون یک مرحله ای ، دومرحله ای

دستگاه هموژن کننده ، ممکن است به صورت یـک مرحلـه ای یـا دو مرحلـه ای عمـل نماید. سیستم دو مرحله ای در شکل های (۵-۳-۶) و (۶-۳-۶) نشان داده شده است .

در هموژن کننده یک مرحله ای ، تمام فشار بر روی یک سیستم عمـل مـی نمـاید . در هموژن کننده دو مرحله ای ، فشار کل ، در بین مرحله اول (P_1) و مرحله دوم (P_2) تقسیم گردیده است. معمولا روش دو مرحله ای برای دست یابی به کارایی بهتر "هموژن کردن" به کـار برده می شود. بهترین نتیجه وقتی بدست می آید که نسبت بین (P_2 / P_1) تقریبا۰/۲ باشد.

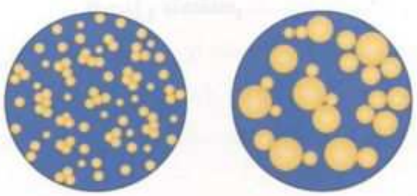
هموژنیزاسیون یک مرحله ای برای موردهای زیر به کار برده می شود:

- محصول با محتوای چربی پایین ،
- فراورده هایی که بخواهیم ویسکوزیته بالا داشته باشند (تشکیل خوشه های چربی) ،

هموژنیزاسیون دومرحله ای اصولا برای شکستن خوشه های چربی به کار گرفته می شود، مانند:

- فراورده های با محتوای چربی بالا،
- فراورده های با ماده خشک بالا،

شکل ۱-۳-۶ هموژنیزاسیون باعث شکسته شدن گویچه های چربی به اندازه های کوچک تر می گردد.



ملزومات فرایند

در هنگام هموژنیزاسیون ، وضعیت فیزیکی و غلظت فاز چربی به انـدازه و نحـوه انتشـار گویچه های چربی که ازآن حاصل می شوند، نسبت داده می شود. در هموژنیزاسیون شـیر سـرد چربی اساسا حالت جامد داشته و عملیات هموژنیزاسیون غیرموثر خواهـد بـود . انجـام فراینـد در دمای محیط (۳۰-۳۵ $^{\circ}$C) نیز به علت تمایل چربی به جامد شدن و پخـش ناکـامل فـاز چربـی غیر موثر می باشد. هموژنیزاسیون بیش ترین اثر را زمانی دارد که فاز چربی به صورت مایع بوده و غلظت طبیعی در شیر را داشته باشد. فراورده هایی بـا چربـی بـالا بـه علـت تمـایل چربـی بـه توده ای شدن و همچنین پایین بودن غلظت پروتئین های "سرمی" در شـرایط معمـول بـه طـور کامل هموژنیزه نمی شوند ، مثلا خامه با چربی بیش تر از۱۲ درصد را نمی توان بـه طـور عـادی هموژنیزه نمود. زیرا چربی در آن، شکل توده ای به خود گرفته و مواد غشـایی (کـازئین) نیـز بـه مقدار کافی وجود ندارد. برای انجام یک هموژنیزاسیون موفق باید به ازای هر گرم چربی حداقـل ۰/۲ گرم کازئین وجود داشته باشد.

هموژنیزاسیون فشار بالا ، باعث تشکیل گویچه های کوچک می گردد . پراکندگـی فـاز چربی با بالا رفتن دما افزایش یافته و ویسکوزیته کاهش می یابد. دمایی را که بـه طـور معمـول بـرای هموژنیزاسـیون بـه کـار مـی برنـد ، بیـن (۸۰-۵۵) درجـه سـانتیگراد قـرار دارد. فشـار هموژنیزاسیون بین ۱۰ تا ۲۵ مگا پاسکال (۲۵۰bar-۱۰۰) و بسته به نوع محصول می باشد.

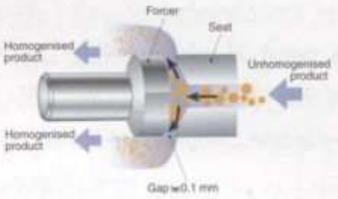
ویژگی های جریان

وقتی که مایع از داخل شکاف بـاریک دسـتگاه ، عبـور داده مـی شـود ، سـرعت جریـان افزایش می یابد، شکل (۲-۳-۶). تا زمانی که فشار استاتیک بسیار پایین باشد، سـرعت افزایـش خواهد یافت در این حالت ، ممکن است مایع شروع به جوشیدن نماید. حداکثر سرعت، وابسته به مقدار فشار ورودی سیستم می باشد. زمانی که مایع از شکاف دستگاه عبور مـی نمـاید ، سـرعت کاهش یافته و فشار مجددا افزایش می یابد و مایع از جوشش باز می ایستد .

- فراورده هایی که بخواهیم ویسکوزیته پایین داشته باشند ،
- هموژنیزاسیون مطلوب (میکرونیزه کردن).

شکل گیری و شکسته شدن خوشه چربی در هموژن کردن دو مرحله ای در شکل (۳-۳-۶) نشان داده شده است.

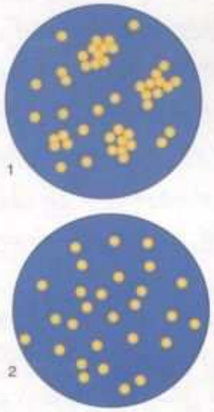
شکل ۲-۳-۶ *در ضمن هموژنیزاسیون شیر بافشار ازبین یک شکاف باریک عبور داده می شود در این حالت گویچه های چربی شکسته خواهند شد*



شکل ۳-۳-۶ *شکسته شدن گویچه های چربی در هموژنیزاسیون*

۱- گویچه های چربی پس از مرحله اول

۲- گویچه های چربی پس از مرحله دوم



اثر هموژن کردن

از مزایای هموژنیزاسیون در روی ساختار فیزیکی شیر می توان به موردهای زیر اشاره کرد:

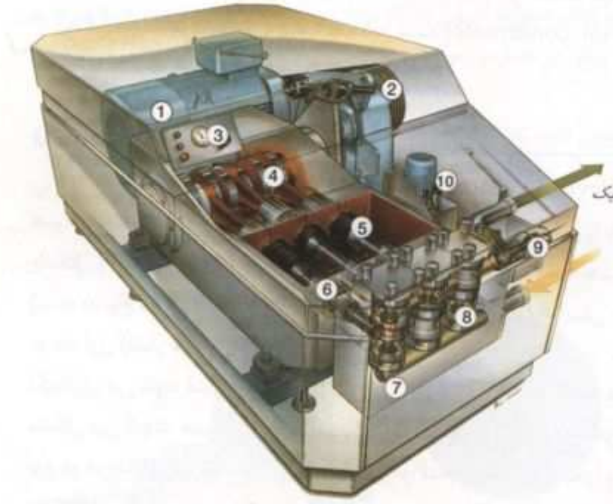
- گویچه های کوچک مانع رویه بستن شیر می گردند.
- رنگ فراورده ها سفید تر و اشتها برانگیزتر می شوند.
- کاهش حاسیت به اکسیداسیون چربی ،
- پخش طعم در شیر ، محصول مزه دهانی (Mouthfeel) بهتری خواهد داشت.
- باعث ثبات بیش تر فراورده های کشت داده شده (تخمیری) شیر می گردد.

از معایب هموژنیزاسیون می توان به موردهای زیر اشاره نمود:

- چربی شیر هموژنیزه را نمی توان(به طور کامل) جدا نمود.
- تا اندازه ای حساسیت شیر به نور خورشید و نور چراغ فلوروسنت افزایش یافته واگر در معرض این نورها قرار داده شود، باعث بروز طعم آفتاب (Sunlight flavour) در آن می گردد.
- پایداری حرارتی شیر خصوصا در هموژنیزاسیون یک مرحله ای کاهش می یابد. هموژنیزاسیون فراورده هایی با چربی بالا همراه با عامل های دیگر در ایجاد خوشه چربی اثر می گذارد.
- شیر هموژنیزه برای تولید پنیر نیمه سخت و سخت مناسب نمی باشد. زیرا لخته قوام بسیار نرم خواهد داشت و آب گیری مشکل می گردد.

شکل ۴-۳-۶ *دستگاه هموژن کننده یک پمپ بزرگ فشار بالا با سیستم برگشت فشارمی باشد*

۱- موتور اصلی
۲- تسمه انتقال نیرو
۳- نشان دهنده فشار
۴- میل لنگ
۵- پیستون
۶- محل نگهدارنده پیستون
۷- مسدود کننده مسیر
۸- دریچه ها
۹- هموژن کننده
۱۰- سیستم ایجاد فشار هیدرولیک



هموژن کننده

هدف از بیان هموژنیزاسیون، بکار بردن سیستم هموژن کننده فشار بالا می باشد، در این حالت راندمان بالایی از عملیات هموژنیزاسیون انتظار می رود .

محصول برای فرایند هموژن شدن وارد محفظه پمپ شده و با پیستون تحت فشار قرار می گیرد. وقتی که فشار به حد معینی – که به "فشار پشتی" (Back -pressure) موسوم است– رسید (در اصل این فشار توسط پیستون فشاردهنده در درون محفظه دستگاه اعمال مـی گـردد) آنرا بعنوان فشار (P_1) برای دستگاه در نظر می گیرند. (P_2) فشار برگشتی به مرحله اول یا فشـار ورودی به مرحله دوم می باشد.

پمپ فشار بالا

پمپ های پیستونی به وسیله جریان الکتریکی کار می کننـد، شـکل (۴-۳-۶) . نـیروی موتور از طریق یک میل لنگ و دسته، به صورت حرکت های رفت وبرگشتی به پیستون انتقـال داده می شود.

پیستون ها (۵) در داخل سیلندرها و در یک محفظه با فشاربالا کار می کنند. پیستون ها از مواد مقاوم در برابر فشار ساخته شده اند و بـا درز بنـدی مضـاعف در داخـل دسـتگاه همـوژن کننده، کار گذاشته شده اند. برای خنک کـردن پیسـتون هـا از گـردش آب در دور آنهـا اسـتفاده می گردد . وقتیکه هموژن کننده قبل از سیستم آسپتیک کار گذاشته شده باشد، برای جلوگـیری از آلودگی مجدد می توان از بخـار آب مـایع شـده (Hot condensate) ، بـرای خنـک کـردن پیستونها استفاده کرد.

قطعه هموژن کننده

در شکل (۵-۳-۶) و (۶-۳-۶)، قطعه هموژن کننـده (Homogenisation device) همراه با سیستم هیدرولیک نشان داده شده است. پمپ پیستونی شیر را با فشار تقریبا ۳۰۰ کیلـو پاسکال (۳ بار) به طرف " قطعه هموژن کننده" جلو می برد، در قطعه همـوژن کننـده ایـن فشـار (بسته به نوع محصول) ۲۵-۱۰ مگا پاسـکال (۲۵۰-۱۰۰ بـار) افزایـش مـی یـابد. فشـار ورودی مرحله اول (فشار هموژن کننده)، قبل از رسیدن به قطعه هموژن کننده به طور خودکـار ، ثـابت نگهداری می شود. فشار روغن در پیستون هیدرولیکی و فشار در "قطعه هموژن کننـده " بـا هـم متعادل می گردند. هموژن کننده های یک یا دو مرحله ای مجهز به مخزن روغن می باشند . در نوع دو مرحله ای دو سیستم گردش روغن و هر کدام با یک پمپ مجزا وجود دارند. در یک نـوع جدید، فشار "قطعه هموژن کننده" به وسیله تغییر فشار روغن تغییر می کند. فشار "قطعه همـوژن کننده" را می توان به وسیله عقربه فشار سنج مشاهده نمود. عمل هموژن کردن اغلب در مرحلـه اول انجام می شود و مرحله دوم برپایه دست یابی به دو هدف زیر قرار دارد :

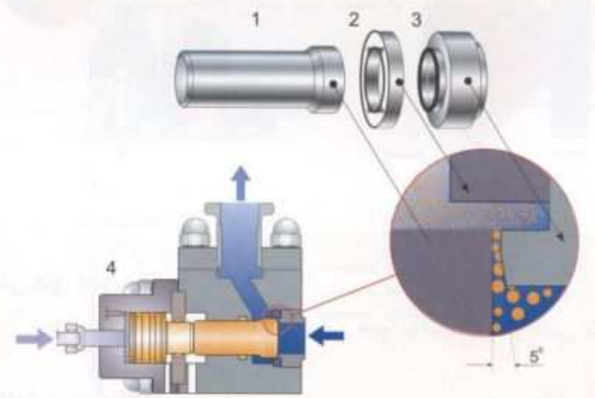
- به کارگیری فشار ثابت و کنترل شده " فشارپشتی " ناشی از مرحله اول کـه شـرایط بهـتری را برای هموژن کردن مرحله دوم ایجاد می نماید.
- شکستن توده هـای چربـی کـه پـس ازمرحلـه اول هموژنیزاسـیون شـکل گرفتـه انـد، شـکل (۳-۳-۶) .

در ساختمان "قطعه هموژن کننده" ظرافت خاصی بـه کـار رفتـه اسـت ، یـک مجموعـه حلقوی به هم فشرده به نحوی تعبیه شده اند که سطح داخلی آنهـا نسـبت بـه شـکاف خروجـی دارای شیب می باشد. مایع پس از ورود به یک مسیر کوتاه با زاویه ۵ درجه ، شـتاب گرفتـه و در مسیر کنترل شده ای هدایت می گردد.

شیر در این حالت با فشار بالا از فضای بین قطعه حلقـه ورودی (هـد دسـتگاه) و قطعـه فشاردهنده عبور داده می شود . پهنای شکاف عبوری تقریبا ۰/۱ میلی مـتر یـا ۱۰۰ برابـر انـدازه گویچه چربی در شیر هموژنیزه می باشد. معمولا مایع با سرعت ۴۰۰-۱۰۰ متر در ثانیه ازشـکاف عبور می نماید و زمان هموژنیزاسیون فقط ۱۵-۱۰ صـدم ثانیـه بـه طـول مـی انجـامد . انـرژی فشارنده رها شده از پمپ پیستون به انرژی سنیتیک بدل می گردد. قسمتی از این انرژی دوباره به فشار (پس از قطعه هموژن کننده) تبدیل می شود. بقیه انرژی به صورت حرارت در می آیـد ، هر ۴۰ "بار" فشار روی "قطعه هموژن کننده" یک درجه دما را بالا می برد . به طور کلی کم تر از ۱ درصد انرژی مستقیما برای هموژنیزاسیون به کار برده می شود. اما با این وجود هموژنیزاسیون فشار بالا هنوز بهترین روش در دسترس می باشد.

شکل ۵-۳-۶ *اجزای هموژن کننده یک مرحله ای*

۱- قطعه فشارنده
۲- حلقه اتصال دهنده
۳- حلقه (هد)
۴-راه انداز هیدرولیکی



کارایی هموژنیزاسیون

به کارگیری انواع هموژنیزاسـیون بـه کـاربرد هـای مـورد نظـر بسـتگی دارد . در نتیجـه روش های اندازه گیری کارایی نیز تفاوت می کند.

بر اساس قانون استوک افزایش سرعت ذره به شکل معادله زیر می باشد:

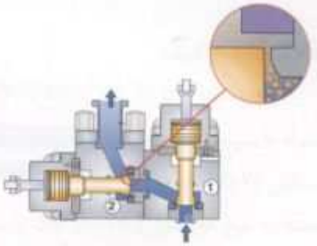
$$v_g = \frac{P^2 \times (\eta_{hp} - \eta_{lp})}{18 \times t} \times g$$

که در این معادله :

v = سرعت
η_{hp} = چگالی مایع
g = شتاب ثقل
η_{lp} = چگالی ذره
P = اندازه ذره
t = ویسکوزیته

یا می توان نوشت : v = عددثابت $\times P^2$

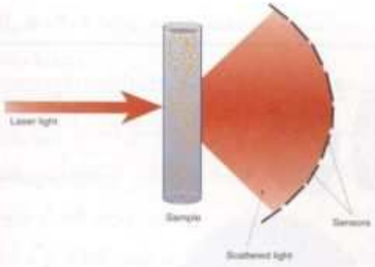
معادله فوق نشان می دهدکه کاهش اندازه ذره یک راه موثر برای کاهش سرعت بالا آمدن آن می باشد (رویه بستن). بنابراین کوچک کردن اندازه گویچه چربی در شیر باعث کاهش رویه بستن یا بالا آمدن خامه خواهد شد.



شکل ۶-۳-۶ *هموژن کننده دو مرحله ای*

۱- مرحله اول

۲- مرحله دوم



شکل ۷-۳-۶ *بررسی ذرات توسط تفرق نور لیزر*

روش های تجزیه

روش های تجزیه برای تعیین کارایی هموژنیزاسیون به دو بخش تقسیم می گردد:

مطالعه سرعت بالا آمدن چربی

قدیمی ترین روش تعیین " سرعت خامه بستن " (بالا آمدن چربی) آن است که مقداری از نمونه شیر هموژنیزه شده را برای مدتی نگهداری نموده و سپس محتوای چربی را در لایه های مختلف آن تجزیه می نمایند. برای این کار ۱۰۰۰ میلی لیتر از نمونه شیر برداشته و آن را به مدت ۴۸ ساعت نگهداری می نمایند. پس از این مدت محتوای چربی را در ۱۰۰ میلی لیتر از بالای سطح نمونه مشخص می نمایند. مقدار چربی سطح ، نمایانگر کارایی هموژنیزاسیون می باشد. اگر مقدار چربی سطح ۰/۹ محتوای چربی شیر ته ظرف باشد ، کارایی هموژنیزاسیون کامل است .

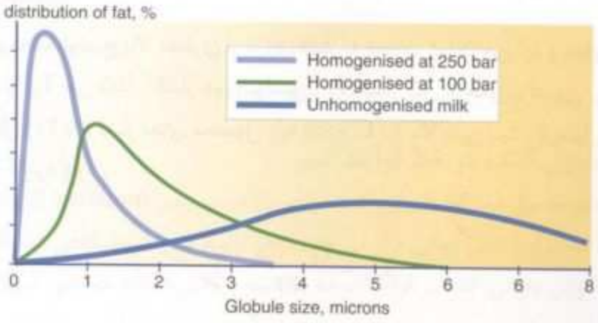
روش نیزو (NIZO) تقریبا برهمان اصول فوق قرار دارد . در این روش ۲۵ میلی لیتر از نمونه به مدت ۳۰ دقیقه با سرعت rpm ۱۰۰۰ در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد با شعاع ۲۵۰ میلیمتر سانتریفوژ می گردد. محتوای چربی ۲۰ میلی لیتر از ته نمونه سانتریفوژ شده ، اندازه گیری شده و به محتوای چربی کل نمونه، تقسیم می گردد. جواب را به ۱۰۰ ضرب می نمایند. نتیجه حاصله را به صورت درصد بنام شاخص "نیزو" می شناسند. مقدار "نیزو" در شیر پاستوریزه به طور معمول بین ۸۰-۵۰ درصد می باشد .

بررسی اندازه ذرات

اندازه ذرات یا قطرات در نمونه را می توان با انکسار نور لیزر (laser) تعیین نمود، شکل (۷-۳- ۶) . اگر پرتوی از یک رشته نور لیزر از میان نمونه در کووت (Cuvette) عبور نماید ، تفرق نور حاصله وابسته به اندازه و تعداد ذرات در نمونه می باشد.

نتیجه به صورت منحنی های پراکندگی اندازه ذرات، نشان داده می شود درصد چربی به عنوان تابعی از اندازه ذرات (اندازه گویچه چربی) فرض می شود در شکل (۸-۳-۶) ، سه منحنی از توزیع معمول و مطلوب اندازه ذرات در شیر نشان داده می شود توجه شود که در اثر به کاربردن فشار هموزنیزاسیون بیش تر منحنی به سمت چپ انتقال داده می شود .

شکل ۸-۳-۶ *منحنی تقسیم ذرات*



مصرف انرژی و تغییر دما

انرژی لازم برای هموژنیزاسیون با معادله زیر تعیین می شود:

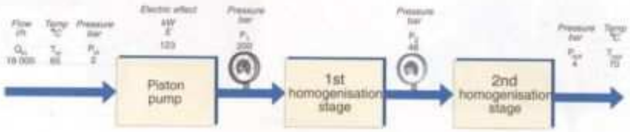
$$E = \frac{Q_{in} \times (P_1 - P_{in})}{36000 \times \eta_{pump} \times \eta_{el.motor}} \quad kw$$

مثال:

E	= انرژی موثر	
Q_{in}	= ظرفیت تغذیه l/h	۱۸۰۰۰ l/h
P_1	= فشار هموژنیزاسیون ، بار	۲۰ مگا پاسکال (۲۰۰بار)
P_{in}	= فشار پمپ ، بار	۲۰۰کیلوپاسکال(۲بار)
η_{pump}	= ضریب کارایی پمپ	۰/۸۵
$\eta_{el.\ motor}$	= ضریب کارایی موتور برقی	۰/۹۵

باتوجه بـه رقـم هـای فرضـی موردهـای بـالا و ظرفیـت ورودی، مقـدار نـیروی الکـتریکی لازم ۱۲۳ KW خواهد بود.

شکل ۹-۳-۶ *انرژی ، دما و فشار در یک نمونه هموژنیزاسیون*


Flow l/h
Q_{in}
18 000
Temp °C
T_{in}
65
Pressure bar
P_{in}
2
Electric effect kW
E
123
Piston pump
Pressure bar
P_1
200
1st homogenisation stage
Pressure bar
P_2
40
2nd homogenisation stage
Pressure bar
P_{out}
4
Temp °C
T_{out}
70

با توجه به توضیح بالا مقداری از انرژی فشار به صورت دما در می آید و دمای ورودی یا دمای تغذیه را T_{in} می نامند ، فشار هموژنیزاسیون P_1، فشار پس از هموژنیزاسیون P_{out}، و هـر ۴ مگا پاسکال (۴۰ بار) فشار دمای محصول رابه اندازه C° ۱ بالا مـی بـرد ، فرمـول زیـر بـرای محاسبه دما کاربرد دارد .

$$T_{out} = \frac{P_1 - P_{out}}{40} + T_{in}$$

مصرف انرژی ، افزایش دما و کاهش فشار در شکل (۹-۳-۶) نشان داده شده است.

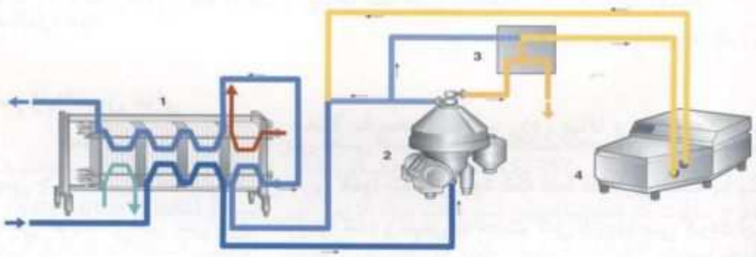
T_{in} = ۶۵ درجه سانتیگراد
P_1 = ۲۰ مگا پاسکال (۲۰۰ بار)
P_{out} = ۴۰۰ کیلوپاسکال (۴ بار)

با جاگذاری اعداد در معادله دما نتیجه T_{out} =۷۰ C° خواهد بود.

شکل ۱۰-۳-۶ *جریان محصول در مجموعه ای با هموژنیزاسیون جزئی*

۱- مبدل حرارتی
۲- سپراتور سانتریفوژی
۳- وسیله استاندارد کننده چربی به صورت خود کار
۴- هموژن کننده

شیر خام با چربی ۴٪ ▬
خامه با چربی ۳۵٪ ▬
شیر اسکیم با چربی ۰/۰۵٪ ▬
خامه با چربی ۱۰٪ ▬
شیر استاندارد با چربی ۳٪ ▬
محیط سرد کننده ▬
محیط گرم کننده ▬



دستگاه هموژن کننده در خط فرایند شیر

به طور معمول دستگاه هموژن کننده را در بالادست مسیر (Upstream) یعنـی قبـل از قسمت عملیات حرارت دهی نهایی قرار می دهنـد. در تولیـد شـیر فروشـگاهی دسـتگاه همـوژن کننده بعد از اولین بخشی که شیر فرایند شـده بـا شـیر ورودی مبادلـه حرارتـی مـی نمـاید قـرار می دهند .

دستگاه هموژن کننده در تولید شیر UHT در سیستم غیر مستقیم معمولا در بالادست مسیر قرار داده می شود. اما در سیستم مستقیم یعنی سیستم آسپتیک دستگاه را همیشه در "پایین دست" مسیر (Downstream) و بعد ازعملیات UHT قرار می دهند. برای این نوع هموژن کننده ها طراحی خاص آسپتیک با پیستون هایی که به شکل ویژه ای درزبندی شده اند انجام می پذیرد .

در سیستم غیر مستقیم حرارت دادن شیر در روش UHT وقتی که شیر با محتوای چربی بالاتر از ۱۰–۶ درصد و یا با محتوای پروتئین بالا فرایند می گردد ، جاگذاری "دستگاه هموژن کننده" در پایین دست سیستم توصیه شده است. زیرا ممکن است افزایش دما باعث توده شدن چربی شده و همچنین پروتئین به صورت لخته در آید. در این حالت فقط عملیات هموژنیزاسیون آسپتیک در پایین دست سیستم، قادر به شکستن توده ها و لخته ها می باشد.

جریان هموژنیزاسیون کامل

هموژنیزاسیون کامل عموما برای شیر فروشگاهی و شیر مورد استفاده در تولید فراورده های تخمیری به کار برده می شود. محتوای چربی شیر باید قبل از هموژنیزاسیون استاندارد گردد و بعضی اوقات (مثلا در تولید ماست) میزان ماده خشک بدون چربی نیز باید استاندارد شود.

همو ژنیزاسیون جزئی

هموژنیزاسیون جزئی به این معنی است که کل حجم محصول - برای مثال "پس چرخ"- پس از استاندارد کردن چربی هموژنیزه نمی شود بلکه فقط مقداری خامه با یک بخش کوچک از شیر "پس چرخ" هموژنیزه شده و سپس به حجم کل افزوده می گردد. این شکل از هموژنیزاسیون عموما برای شیر فروشگاهی پاستوریزه به منظور کاهش هزینه عملیات به کار برده می شود.

هموژنیزاسیون مطلوب زمانی حاصل می گردد که در فراورده به ازای هر گرم چربی حداقل ۰/۲ گرم کازئین موجود باشد. حد اکثر چربی برای خامه ۱۲ درصد توصیه شده است . ظرفیت ساعتی یک دستگاه هموژن کننده را برای هموژن کردن جزئی بر طبق مثال زیر می توان کاهش داد.

مثال:

Q_p = **ظرفیت کارخانه** l/h ۱۰۰۰۰ l/h

Q_{sm} = **شیر استاندارد خروجی** l/h

Q_h = **ظرفیت هموژنایزر** l/h

f_{rm} = **محتوای چربی شیر خام ، درصد** **۴ درصد**

f_{sm} = **محتوای چربی شیر استاندارد ، درصد** **۳ درصد**

f_{cs} = **محتوای چربی خامه حاصل از سپراتور ، درصد** **۳۵ درصد**

f_{ch} = **محتوای چربی خامه ای که هموژن می شود ، درصد** **۱۰ درصد**

فرمول های محاسبه عبارتند از :

$$Q_{sm} = \frac{Q_p \times (f_{cs} - f_{rm})}{f_{cs} - f_{sm}} \qquad (۱)$$

$$Q_h = \frac{Q_{sm} \times f_{sm}}{f_{ch}} \qquad (۲)$$

در مثال فوق خروجی شیر استاندارد پاستوریزه ، Q_{sm} ، حد اکثر ۹۶۹۰ لیتردر هر ساعت می باشد. با جاگذاری آن در فرمول شماره ۲ ظرفیت هموژن کننده حد اکثر ۲۹۰۰ لیتردر ساعت یعنی تقریبا یک سوم ظرفیت خروجی حاصل می گردد.

الگوی جریان در یک کارخانه ای که فقط بخشی از شیر را هموژنیزه می نماید در شکل (۱۰-۳-۶) نشان داده شده است.

شیر هموژنیزه و تاثیر روی سلامتی مصرف کننده

در اوایل سال ۱۹۷۰ یک دانشمند امریکایی بنام "اوستر" (K.Oster) این فرضیه را مطرح ساخت که هموژنیزاسیون شیر باعث ورود آنزیم زانتین اکسیداز (Xanthineoxidase) از طریق سیستم گوارشی به جریان خون می گردد (اکسیداز ، آنزیمی است که اضافه کردن اکسیژن به یک ماده یا برداشت هیدروژن از آن را کاتالیز می کند) . بر اساس گفته اوستر، زانتین اکسیداز در فرایندی که باعث آسیب رسانیدن به دیواره عروق می گردد، شرکت می نماید و باعث بروز بیماری تصلب شرایین (Atherosclerosis) می شود.

این فرضیه البته اکنون به وسیله دانشمندان جهان رد شده است ، زیرا این آنزیم باید به مقداری بیش تر از صد ها برابر آن مقداری که از طریق شیرهموژنیزه وارد بدن انسان می گردد دریافت شود تا بتواند تاثیر گذار باشد .

بنابراین شیرهموژنیزه هیچ عوارض خطرناکی را در بر ندارد. از دیدگاه تغذیه ای برای شیر هموژنیزه تفاوت خاصی با شیر غیر هموژنیزه گزارش نشده است بجز اینکه شاید چربی و پروتئین موجود در فراورده های هموژنیزه شده در سیستم گوارشی سریع تر و آسان تر شکسته

می شوند. با این حال اصل فرضیه " اوستر" یعنی دخالت در فرایند اکسیداسیون بدن انسان صحیح می باشد و باید خطر آن را در رژیم غذایی و سلامتی در نظر گرفت.

فصل ششم

بخش ۴

صافی های غشایی

امروزه تکنولوژی غشایی یک روش ارتقا یافته برای جدا سازی مواد در سطح مولکولی و یونی می باشد. از حدود ۲۰ سال پیش یعنی از ابتدای سال ۱۹۷۰ میلادی ، این روش جدا سازی برای صنایع لبنی به کار گرفته شده است .

تعاریف

تعریف بعضی از اصطلاحات که کاربردهای بیشتری دارندعبارتند از :

جریان ورودی	Feed	: محلولی که قراراست تغلیظ یا جداسازی شود.
فلاکس یا تراوایی	Flux	: سرعت استخراج پساب برحسب لیتر بر مترمربع سطح غشا در ساعت $1/m^2/h$
گرفتگی غشایی	Membrane fouling	: رسوب مواد جامد روی غشاکه درطی فرایند غیر قابل برگشت است .
پساب یا فاز عبوری	Permeate	: مواد و مایعی که از میان صافی عبور می نماید (فاز عبوری)
مایع برگشتنی یا فاز ماندگار	Retentate	: مایع باقی مانده در پشت صافی و غیر قابل عبور (فاز ماندگار)
ضریب تغلیظ	Concentration factor	: نسبت کاهش حجم حاصل از غلیظ شدن، یعنی نسبت حجم اولیه جریان ورودی به حجم نهایی مایع غلیظ شده.
میان صافی	Diafiltration	: یک روش تغییر یافته اولترا فیلتراسیون ، که درآن آب را به مایع اولیه افزوده تا باقیمانده اجزای قابل تراوایی، از صافی عبور نماید ، این مواد را به طور عمده لاکتوز و املاح تشکیل می دهند .

تکنولوژی غشایی

تکنولوژی غشایی در صنایع لبنی به طور عمده شامل روش های ذیل می باشد:

- **اسمز معکوس** (Reverse osmosis = RO)

– تغلیظ مایعات با حذف آب

- **نانوفیلتراسیون** (Nanofiltration = NF)

– تغلیظ ترکیب های آلی به وسیله حذف بخشی از یون های تک ظرفیتی مانند سدیم و کلر (حذف جزئی مواد معدنی) .

- **اولترافیلتراسیون** (Ultrafiltration = UF)

– تغلیظ مولکول های بزرگ و درشت (ماکرومولکول ها)

- **میکرو فیلتراسیون** (Micro filtration = MF)

– جدا سازی باکتری ها ، جدا سازی مولکول های درشت

گستره ای از کاربرد فرایند های جداسازی غشایی درصنایع لبنی درشکل(۱-۴-۶) ، نشان داده شده است.

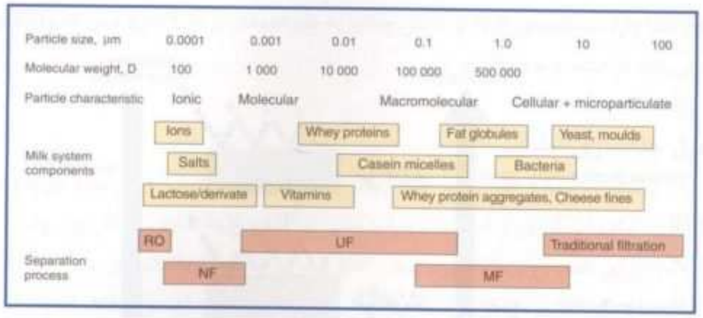
تمام روش های نام برده بالا، براساس عبور مواد از میان صافی ها قرار دارد و محلول ورودی ممکن است ، با فشار از میان صافی عبور داده شود. محلول هایی که در پشت غشا جریان می یابند ، مواد برگشتی یا "فاز ماندگار" (Retentate) ، می باشند و آنچه از آن عبور می نماید، پساب (Permeate) یا "فاز عبوری" ، محسوب می گردد. صافی ها را بر اساس قابلیت عبور دادن "وزن مولکولی مواد" (Molecular weight cutoff) طبقه بندی می نمایند. ملاک طبقه بندی بر اساس وزن، شامل کوچک ترین مولکولی است که بتواند از میان صافی عبور نماید. به هرحال به دلیل وجود اثرات متقابل و عکس العمل های متفاوت در غشا، صرفا نمی توان آن را بر اساس قابلیت عبور وزن مولکولی مواد انتخاب نمود .

در حقیقت صافی کردن قدیمی و مرسومی که با صافی های معمولی انجام می شد و آن را صافی کردن راکد (Dead end) می نامند ، معمولا، برای جدا سازی ذرات معلق بزرگ تر از ۱۰ میکرون قابل استفاده می باشند ، در حالیکه صافی های غشایی می توانند ، مواد را با اندازه مولکولی کم تر از 10^{-4} میکرون جدا نماید.

قابلیت جدا سازی مواد در صافی های معمولی= ذرات بزرگ تر از ۱۰ میکرون

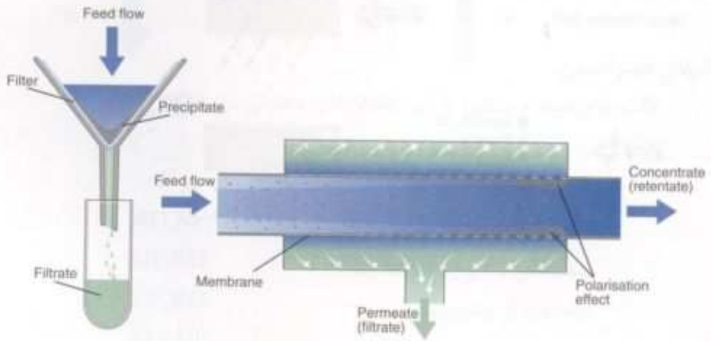
قابلیت جدا سازی مواد در صافی های غشایی= ذرات با اندازه مولکولی کمتر از 10^{-4}

شکل ۱-۴-۶ گستره کاربرد فرایندهای جدا سازی غشایی در صنایع لبنی



اساس تفاوت بین صافی های معمولی و صافی های غشایی در شکل (۲-۴-۶) ، نشان داده شده است .

شکل ۲-۴-۶ تفاوت های اساسی صاف کردن معمولی (سمت چپ) و تصفیه غشایی



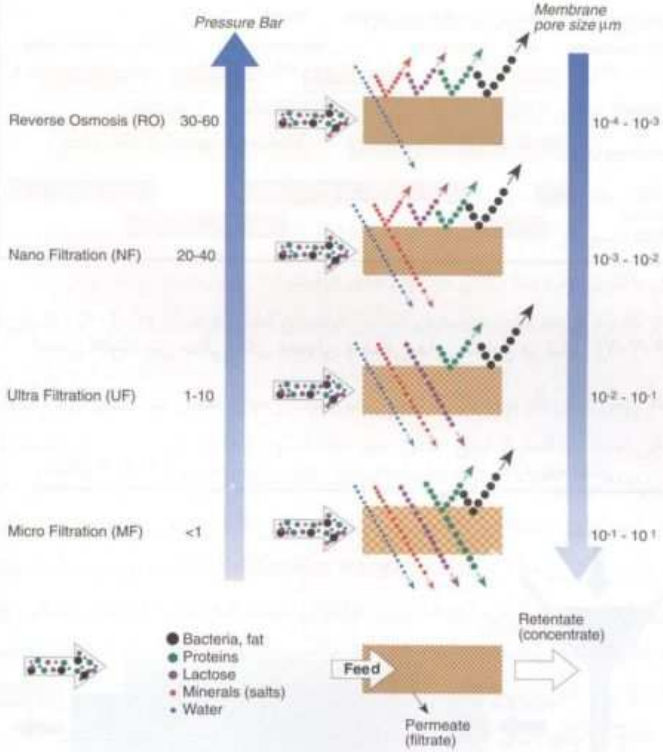
چند تفاوت اساسی بین صافی های معمولی و غشایی :

- نوع صافی و غشاء استفاده شده ؛

صافی معمولی : ضخیم با ساختمان بازمی باشد .

ماده سازنده : اغلب کاغذ می باشد.

شکل ۳-۴-۶ *اصول فیلتراسیون غشایی*


Pressure Bar
Membrane pore size µm
Reverse Osmosis (RO) 30-60
10^{-4} - 10^{-3}
Nano Filtration (NF) 20-40
10^{-3} - 10^{-2}
Ultra Filtration (UF) 1-10
10^{-2} - 10^{-1}
Micro Filtration (MF) <1
10^{-1} - 10^{1}
● Bacteria, fat
● Proteins
● Lactose
• Minerals (salts)
• Water
Feed
Retentate (concentrate)
Permeate (filtrate)

صافی غشایی : نازک و با سوراخهای ریز کنترل شده .

ماده سازنده : پلیمرها، سرامیک و امروزه بیشتر استات سلولز (Cellulose acetate) می باشد.

- در صافی های معمولی وزن، اصلی ترین نیروی موثر در جداسازی ذرات می باشد و ممکن است از فشار برای تسریع فرایند استفاده شود . همچنین مسیر جریان ورودی، عمود بر سطح صافی بوده ، و صاف کردن در سیستم بازانجام می شود.

- در صافی غشایی، به کار گیری فشار بسیار ضروری می باشد ، چون نیروی رانش برای جداسازی ذرات ، بر اساس جریان متقاطع (Cross flow) و یا جریان مماسی (Tangential flow) طراحی شده است . در این نوع جریان محلول ورودی به طور موازی با سطح غشا وارد سیستم می گردد و جریان پساب به طورعمودی از غشا خارج می شود. تصفیه غشایی باید در سیستم بسته انجام پذیرد.

اصول جداسازی غشایی

تکنولوژی تصفیه غشایی، در صنایع لبنی با هدف های متفاوتی به کار برده می شود:

- RO – برای آب گیری از آب پنیر ، پساب ناشی از UF و غلیظ سازی به کار می رود.
- NF – برای تقطیرجزئی آب پنیر ، پساب UF یا برای تغلیظ "فازماندگار" در سیستم UF
- UF – به طورمعمول برای تغلیظ پروتئین شیر و آب پنیر یا برای استاندارد کردن پروتئین برای شیر پنیر سازی ، ماست و دیگر فراورده ها، به کار گرفته می شود.
- MF – اساسا برای کاهش جمعیت باکتری ها در شیر "پس چرخ" ، آب پنیر و آب نمک به کار برده می شود. همچنین ، برای حذف چربی از آب پنیر ، تهیه پروتئین تغلیظ شده آب پنیر (Whey protein concentrate = WPC) و جدا سازی پروتئین ها نیز کاربرد دارد.

طرح عمومی جریان در سیستم های غشایی جدا ساز در شکل (۳-۴-۶) ، نشان داده شده است.

قالبهای فیلتراسیون

قالب های تصفیه غشایی دارای ساختار های متفاوتی می باشند، مانند :

طرح وشکل	به کار رفته در
لوله پیچ (مارپیچ تودرتو)	RO,NF,UF
صفحه ای با دیواره محافظ غشاء	UF,RO
لوله ای ، از جنس پلیمر	UF,RO
لوله ای ، ازجنس سرامیک	MF,UF
فیبر میان تهی	UF

طرح صفحه ای با دیواره محافظ غشاء

در این سیستم چندین لایه غشا به صورت ساندویچ ، در بین دیواره (قاب) محافظ نگهدارنده، قرار دارد و از این حیث شباهت زیادی به تبادل کننده های حرارتی صفحه ای دارد.

یک غشا قابل تعویض ، در داخل لوله ها جاسازی شده است ، لوله های سوراخ دار از جنس فولاد ضد زنگ بوده و به عنوان نگهدارنده فشار عمل می کنند. پساب در خارج از مجموعه لوله ها و در داخل لایه پوششی - از جنس فولاد ضد زنگ - جمع می گردد. این واحد صافی توانایی تبدیل از سیستم UFرا بهRO دارا می باشد.

طرح لوله ای - سرامیک

کاربرد صافی لوله ای با غشا سرامیکی پیشرفتی در صنایع لبنی محسوب می گردد. از کاربردهای مهم آن می توان کاهش باکتری در شیر ، آب پنیر ، WPC و آب نمک را نام برد.

یک واحد صافی در شکل (۶-۴-۶) ، نشان داده شده است دارای یک غشا سرامیکی ساخت کمپانی فرانسوی SCT می باشد.

دیواره نازک مجاری صافی از دانه های ریز سرامیک ساخته شده و بدین سان غشاء را شکل داده اند. ازدانه های درشت سرامیکی برای نگهداری وحمایت از غشاء اصلی استفاده شده است.

اگر از این نوع غشا در MF برای حذف باکتری های شیر "پس چرخ" - اگر با شیر کامل انجام شود ، چربی را تغلیظ می نماید که جز هدف های این سیستم نیست - استفاده می گردد. بیش ترین مقدار مایع ورودی (تقریبا۹۵ درصد) به صورت پساب (Permeate) از غشا عبور می نمایند، که در اصل همان شیر"پس چرخ" با باکتری کاهش یافته می باشند. در این حالت فاز ماندگار (Retentate) ، (۵ درصد باقیمانده) به صورت شیر "پس چرخ" غنی از باکتری در می آید .

در این سیستم ، تعداد ۱، ۷ یا ۱۹ غشا را به طور موازی، به صورت یک "دسته صافی" در آورده اند. یک "مجموعه صافی" که از ۱۹ "دسته صافی" تشکیل شده ، در شکل (۷-۴-۶) ، دیده می شود. در سمت چپ تصویر ، یک نمونه تکی در معرض دید قرار دارد. برای هدف های صنعتی دو مجموعه را باهم به صورت سری کار می گذارند ، که همراه با پمپ های دوران دهنده فاز عبوری و فاز ماندگار، یک چرخه تصفیه را شکل می دهند، شکل (۱۰-۴-۶) .

معمولا بسته به ظرفیت مورد نیاز در سیستم ، می توان تعدادی از چرخه های صافی (Filter loops) رابه طور موازی به کار گرفت. مایع های ورودی به وسیله پمپ از پایین با سرعت بالا، وارد "مجموعه صافی" می گردند. به کاربردن فشار بین غشایی - Transmembrane Pressure (ṪMP)- خیلی بالا، در جریان ورودی ، به سرعت باعث گرفتگی غشاء می گردد. چگونگی این اثردر جریان متقاطع میکروفیلتراسیون در شکل (۸-۴-۶) نشان داده شده است. تجربه نشان داده است که فشار "بین غشایی" پایین ، شرایط عمل بهتری

مواد ورودی به درون مجاری بسیار باریک و فشرده رانده می شوند . مجاری ممکن است ، به شکل مسیر های موازی یا ترکیبی از مسیر های موازی و ردیفی ، پیکربندی شده باشند. یک نوع از این صافی در شکل (۴-۴-۶) ، نشان داده شده است.

معمولا، یک صافی به قسمت هایی تقسیم می گردد و جریان مواد از بین زوج غشاهای موازی عبور می نمایند. این قسمت ها به وسیله دیواره هایی از هم جدا شده و هر کدام آنها به صفحه متوقف کننده (دیواره های غیرقابل نفوذ) منتهی می شوند که جهت جریان را معکوس می نمایند و نوعی جریان ردیفی را در بین واحد های متوالی ایجاد می کنند. این واحد ها در اندازه های مختلف در دسترس می باشند.

مواد سازنده غشا ها : انواع پلیمر.

طرح لوله ای - پلیمرها

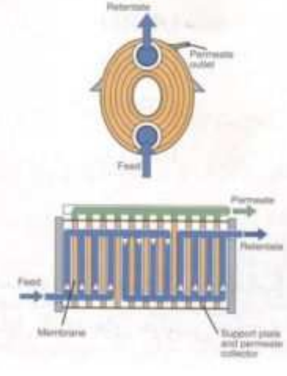
این سیستم توسط کمپانی پاترسون و کندی

(PCI) Paterson and Candy International LTD

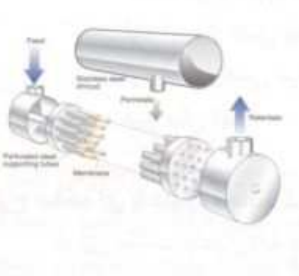
ساخته شده و یک نمونه از این سیستم لوله ای در صنایع لبنی کاربرد دارد.

تصویری از نمونه ای که PCI برای سیستم UF ساخته است در شکل (۵-۴-۶) ، نشان داده شده است. این واحد از تعداد ۱۸ لوله ۱۲/۵ میلیمتری تعبیه شده در یک لوله سوراخ دار از جنس فولاد ضد زنگ باساختمان پوسته- لوله ای (Shell-and-tube) تشکیل شده است. هر ۱۸ لوله به طورسری به هم مرتبط می باشند .

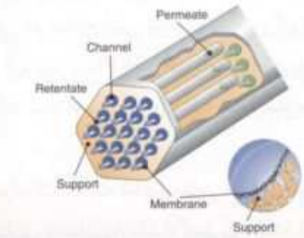
شکل ۴-۴-۶ *نمونه ای از سیستم صافی صفحه و قاب برای اولترافیلتراسیون*



شکل ۵-۴-۶ *نمونه ای از صافی های لوله ای برای سیستم های UFو RO*



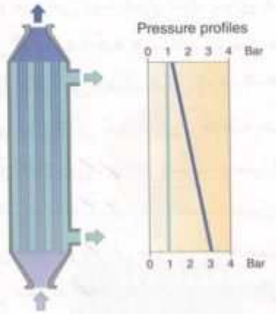
را ایجاد می نماید. اما در جریـان متقـاطع میکروفیلتراسیون ، فشـار بیـن غشـایی پـایین ، فقـط درناحیه خروجی صافی یعنی یک قسمت بسیار کوچک از سطح غشاء ، بدست می آید.



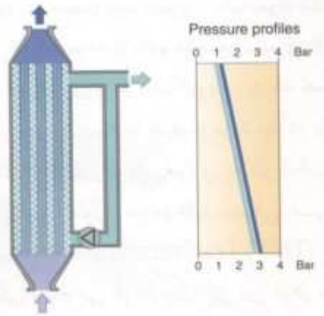
شکل ۶-۴-۶ *برش عرضی صافی بـا مجـاری چند گانه (۱۹ مجرا)*

شکل ۷-۴-۶ *جسم صافی (۱و۱۹ تایی) به طورموازی در بدنه فولادی ضدزنگ کارگذاشته شده است*

یک فشار بین غشایی یکسان- Uniform Trasmembrane Pressure (UTP)- برای دست یابی به بهترین شرایط ممکنه در سطوح داخلی سیستم، طراحـی شـده اسـت . طـرح این سیستم در شکل (۹-۴-۶) ، نشان داده شده . در این سیستم چرخه گردش پساب با سـرعت بالا در خارج جسم صافی، همسو با مایع برگشتی (فـاز ماندگـار) در حـال غلیـظ شـدن در داخـل جسم صافی ، برقرار می باشد. این روند یک فشار "بین غشایی" یکسـان را در روی تمـام سـطح غشا ایجاد می نماید .



شـکل ۸-۴-۶ *افـت فشـار جریـان متقـاطع در میکروفیلتراسیون*



شکل ۹-۴-۶ *افت فشار در سیستم بین غشایی بـا فشاریکسان*

در این سیستم - از نوع فشاربین غشـایی یکسـان UTP - ممکـن اسـت فضـای بیـن واحد های صافی را در داخل مجموعه ها (Elements) - مثلا درسمت پساب که معمولا خالی است - با دانه های پلاستیکی پر نمایند. چرخه گردش پساب باعث افت فشار در داخل مجراهـا می گردد، این افت فشار در سمت پساب به وسیله پمپ جبران می شود و فشـار درکـل عملیـات ثابت باقی می ماند.

طر ح لوله پیچ

طرح لوله پیچ (Spiral-wound) مورد استفاده در صنایع لبنـی ، اندکـی متفـاوت تـر از دیگر صافی های غشایی معرفی شده، می باشد. بنابراین توضیح بیش تری در مـورد جزئیـات آن داده می شود.

بدنه صافی " لوله پیچ " متشکل از یک یا چند بستر غشایی می باشد که به طور پیچیـده بدور هم قرار گرفته اند. هرکدام از این غشا هـا بـادو لایـه پوششـی ازهـم جـدا شـده انـد . ایـن پوشش ها از ماده ای متخلخل، تراوا و قابل نفوذ سـاخته شـده انـد. در حدفـاصل ایـن لایـه هـا مجاری جدا ساز پساب (Permeate channel spacer) شکل می گیرند که اجـازه مـی دهنـد پساب به آسانی از میان غشا جریان داشته باشد. هر دو لایه غشا با مجـاری جـدا سـاز پسـاب بـا چسـب در دولبـه ودر یـک انتهـا بخوبـی آب بنـدی (Seale) شـده انـد و پوشـش غشـا را پدیـد می آورند. انتهای باز این پوشش به لوله ای توخالی بنام جمع کننده پساب ، متصل مـی گـردد . پوشش و پیکربندی این نوع صافی در شکل (۱۱-۴-۶) ، نشان داده شده است .

غشا از یک طرف با لایه ای مانند یک شبکه توری پلاستیکی در تماس می باشـد، ایـن لایه مجرای خروج پساب را فراهم می آورد ، ایـن طـرح شـبکه ای و فضـای بیـن آنهـا جریـان متلاطمی را در سرعت نسبتا پایین ایجاد می نماید که درجای خودبرای تمیز نگـه داشـتن غشـا موثر است.

تمام غشاها به صورت لفاف پیچیده ای بدور لولـه سـوراخ دار جمـع کننـده پسـاب، قـرار گرفته و غشا "لوله پیچ" را تشکیل می دهند. غشا "لوله پیچ" مجهز به یک قطعه مخصـوص بنـام "قرقره" (Anti telescoping device) می باشد که کـار آن جلوگـیری کـردن از ایجـاد شـکل تلسکوپی (بیرون زدگی لایه های غشا بصورت لوله تلسکوپ) در لایه های غشا ناشی از سرعت جریان عبور مایع ها می باشد. این قطعه در سمت "پایین دست" جسم غشا ها قرار می گیرد.

یک صافی لوله پیچ ، همراه با قطعه مخصوص در شکل (۱۲-۴-۶) ، دیده می شود.

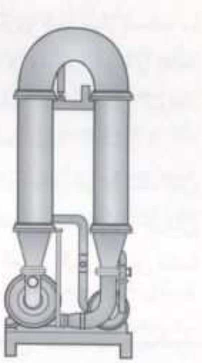
چندین جسم - معمولا سه تا- از این صافی را می توان به هم متصل نمود و به صورت سری در داخل یک لوله فولادی ضد زنگ که در شکل (۱۳-۴-۶) ، نشان داده شده قرار داد . جنس غشا و لایه سازنده فضای پساب از پلیمر می باشد.

طرح فیبر های میان تهی

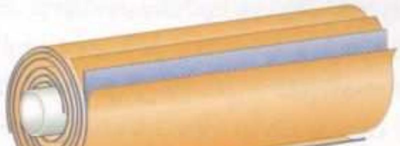
صافی های فیبر میان تهی (Hollow fibber) ، به صورت کارتریج هایی (Cartridges) که هرکدام حاوی بسته های ۳۰۰۰ - ۴۵ عددی از فیبر های میان تهی می باشند، وجود دارند. فیبر ها، به طور موازی باهم قرار گرفته اند و از انتها در داخل یک رزین (Resin) جاسازی شده اند. نهایتا فیبرهای صافی ، درون لوله (جنس اپوکسی) جمع آوری کننده پساب قرار داده می شوند .

شکل ۱۰-۴-۶ *یک چرخه صافی غشایی صنعتی متشکل است از:*

- *دو مجموعه صافی به طورسری قرار دارند*
- *یک پمپ چرخشی برای مایع برگشتی*
- *یک پمپ چرخشی برای پساب*



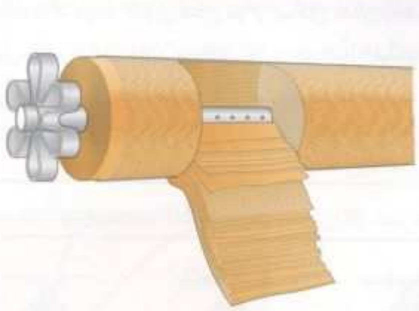
شکل ۱۱-۴-۶ *شکل پوششی صافی طرح لوله پیچ*



قطر داخلی غشا ها در حدود (۲/۷ - ۰/۵) میلیمتر می باشد و سطح فعال غشا ، در داخل فیبر های میان تهی قرار دارد. سطح بیرونی دیواره فیبر های میان تهی ، شباهتی به دیواره داخلی نداشته و دارای ساختمانی زبر و خشن می باشد که برای غشا نقش محافظت کننده را بازی می کند . مواد ورودی برای فیلتراسیون به داخل فیبر ها هدایت شده و پساب در فضای خارج فیبر ها جمع آوری و از سمت بالای لوله خارج می گردد.

یک ویژگی در این نوع صافی ها توانایی انجام جریان معکوس (Back flushing) در سیستم می باشد از این توانایی برای تمیز کردن و شستشوی سطوح داخلی غشا ها از رسوب باقیمانده ناشی از عملیات تصفیه ، استفاده می گردد . انواعی از صافی های "فیبر میان تهی" در شکل (۱۴-۴-۶) نشان داده شده است . معمولا جنس مواد سازنده پلیمر می باشد.

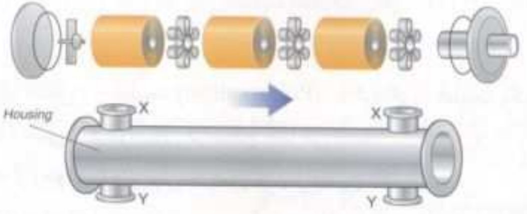
شکل ۱۲-۴-۶ *صافی لوله پیچ با قطعه مخصوص کنترل لایه ها*



محدوده های جداسازی غشا ها

"محدوده جدا سازی" (Separation limit) ، برای یک غشاء ، براساس کوچک ترین وزن مولکولی قابل عبور از آن مشخص می گردد. غشاها معمولا ، یک محدوده معین قابلیت جدا سازی دارند، که درشکل (۱۵-۴-۶) ، برای دو غشاء UF نشان داده شده است. همین ویژگی برای انواع دیگر غشاها نیز وجود دارد ، اما شیب منحنی در آنها متفاوت است. غشاها همه موادی را که وزن مولکولی پایین تر از محدوده فوق را دارا می باشند از خود عبور می دهند. در غشاهای با "محدوده انتشار" (Diffuse limit) تمام موادی را که وزن مولکولی بالاتری از محدوده انتشار را دارند ، از خود عبور داده و مواد با وزن مولکولی پایین را متوقف می سازند .

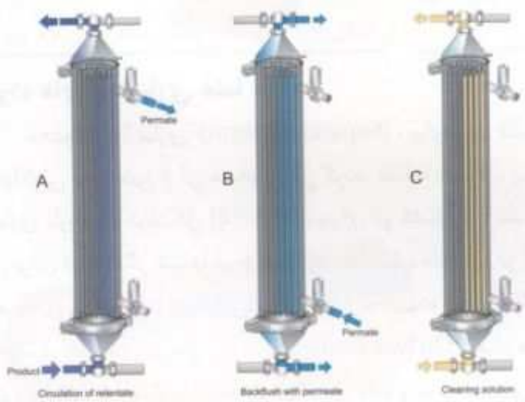
شکل ۱۳-۴-۶ *صافی لوله پیچ ، و اجزای قابل کار گذاری در غلاف برای سیستم های UF*



صحت جدا سازی یک غشاء به اندازه منافذ و گسترش آنها در سطح غشا بستگی دارد . زیرا انتقال و جدا سازی واقعی مواد براساس جرم مولکولی یا قطر مولکولی انجام نمی پذیرد ، بنابراین توان عبور مواد (Cutoff) براین اساس ممکن است بیش تر یا کم تر از پدیده انتشار باشد .

بنابراین وزن مولکولی مواد، محدوده جداسازی را با اندکی تغییر تعیین می نماید . شکل ذرات نیز در جدا سازی تاثیردارند، مثلا ذرات کروی آسان تر از شکل های زنجیره ای از غشا عبور می نمایند. چنانچه مولکول های درشت مانند پروتئین ها در محلول فیلتر شونده، وجود داشته باشند، خود غشای دومی را در جریان جدا سازی پدید می آورند، که قابلیت عبور مولکولی را تغییر می دهند و درواقع یک قابلیت عبور جدیدی را برای غشاء ایجاد می نمایند.

شکل ۱۴-۴-۶ *کارتریج صافی فیبر میان تهی درسیستم UF(A)، جریان معکوس (B) ، تمیز کردن (C) .*



انتقال مواد از میان غشاء

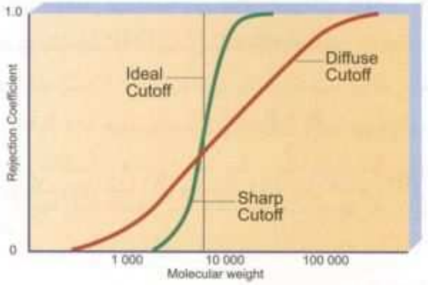
عامل های موثر در ظرفیت جداسازی ، به موردهای زیر وابسته می باشند :

- مقاومت غشا ، – مقاومت هر غشا با عامل های زیر مشخص می گردد :
  - ← ضخامت غشا،
  - ← سطح تماس،
  - ← قطر منافذ،
- مقاومت در برابر انتقال ، – قطبیت (Polarization) یا گرفتگی . قطبیت یک نوع گرفتگی (کور سازی منافذ) ناشی از فیلتراسیون در سطح غشا می باشد.

تشکیل یک لایه از رسوب را می توان به صورت زیرتوضیح داد:

- مولکول های درشت، (یعنی پروتئین و چربی) به وسیله جا به جایی در سطح غشا با زاویه عمود به مسیر جریان انتقال می یابند .
- شیب غلظت ، باعث به وجود آمدن جریان معکوس در برابر جریان اصلی می گردد .
- در صورت حضور پروتئین ها، لایه هایی به موازات غشا ایجاد می گردد و سرعت حرکت سیال در آنها در مقایسه با جریان اصلی متفاوت بوده و بر اساس افزایش سرعت جریان محوری، سرعت حرکت سیال در آنها تغییر می کند.

شکل ۱۵-۴-۶ *نمودار ویژگیهای عبور مواد درغشا اولترافیلتراسیون در محدوده ایده آل ، سریع و به صورت انتشار براساس وزن مولکولی*



- نشانه های قطبیت در غشا یکسان نمی باشد به خصوص زمانی که افت فشار ، تولید فشارهای بین غشایی متفاوتی را در سطح غشا بنماید. نخست درسمت فوقانی (Upstream) تراکم مواد به وجود می آید و سپس قطبیت به تدریج در روی تمام سطح غشا پخش می گردد و ظرفیت فیلتراسیون راکاهش می دهد، تاسر انجام شرایطی ایجاد می گردد که باید سیستم را برای تمیز کردن متوقف نمود .
- اثر اصلی قطبیت ، بر روی کاهش پساب در طی عملیات تصفیه غشایی می باشد.
- نشانه های قطبیت را می توان با فوران برعکس (Backflush) ، یا جریان معکوس (Reverse flow) یا UTP – وقتی که غشا سرامیکی به کار برده می شود – کاهش داد .

شرایط فشار

فشار، عامل حرکت مواد، در جریان تصفیه غشایی می باشد و باید تمایز های زیر را برای آن قائل شد .

۱ – افت فشار هیدرولیک در صافی $P = P_1 - P_2$

هرچه فشار ورودی (P) بالاتر باشد ، سرعت جریان بیش تر می شود ، نیروی برشی بالا در غشا باعث قطبیت کم تر در سطح فیلتر می گردد. معمولا عامل های مختلفی باعث ایجاد مقاومت در مقابل جریان می گردند. پمپ هایی که بتوانند هردو عامل جریان های بالا و فشار بالارا هدایت نمایند ، ارزشمند می باشند.

۲- فشاربین غشایی (TMP) ،

افت فشار در دو سوی غشا، در حد فاصل سمت مایع تغلیظ شده و سـمت پسـاب بـاعث کاهش فشار بین غشایی می گردد. تراوایی سیستم غشایی (ساعت ، متربع، لیـتر= فلاکـس) بـه عمل فشار بین غشایی ، بستگی دارد .

TMP یعنی نیرویی که پساب را از میـان غشـابه طـرف بـیرون مـی فشـارد، در ابتـدای ورودی سیستم ، بزرگ ترین مقدار را داشته و هرچه به طرف انتهای لایه ها و در سـمت تخلیـه پیش می رود از مقدار آن کاسته می شود. تغییرهای TMP خطی مـی باشـد، در فرمـول ذیـل نحوه محاسبه متوسط TMP نشان داده شده است .

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

فشار هیدرولیک روی غشا (A) و نمودار فشار بین غشایی (B) در شکل (۱۶-۴-۶) ، نشـان داده شده است.

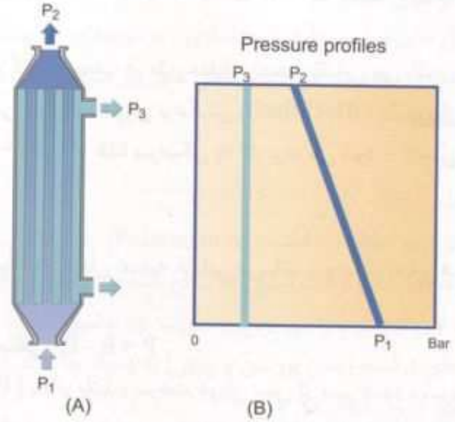
شکل ۱۶-۴-۶ *فشار هیدرولیک (A) و بین غشایی (B) در روی غشا*

P_1 = فشار مواد ورودی

P_2 = فشار مواد خروجی تغلیظ شده

P_3 = فشار خروجی پساب

$$P = P_1 - P_2 \quad TMP = \frac{P_1 - P_2}{2} - P_3$$



اصول طراحی کارخانه

عملیات در واحد های تصفیه غشایی عمدتا به فشار تولید شده به وسیله پمپ ها بستگی دارد. در این ارتباط می توان نکات زیر را مد نظر قرار داد .

۱- ظرفیت پمپ ها ، باید هماهنگ با سرعت جریان لازم و مطابق ویژگی های واحد های عمل کننده، انتخاب گردند، البته این عامل براساس طرح و اندازه ها واحد ها بسیار متغیر می باشد .

۲- پمپ ها ، باید به تغییرهای ویسکوزیته در محدوده قابل قبول صافی ها، غیر حساس باشند و در درجه حرارت به کار رفته برای فرایند و تمیز کردن به خوبی عمل نمایند.

۳- پمپ ها، باید قابلیت تمیز شدن را در شرایط استاندارد به طور مناسب دارا باشند.

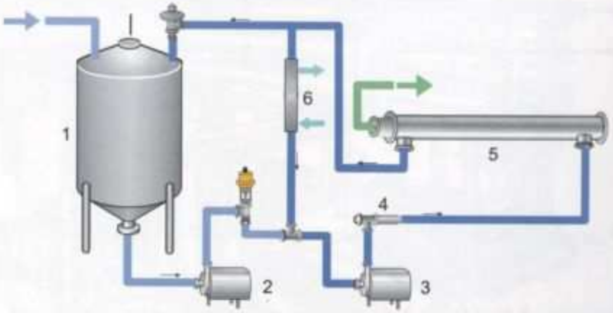
انواع متفاوتی از پمپ ها برای ایـن عملیـات هـا بـه کـار بـرده مـی شـوند کـه از جملـه می توان به پمپ های گریز از مرکز (Centrifugal pumps) و پمپ های جا به جـا کننـده بـا فشـار مثبـت (Positive displacement pumps) اشـاره نمـود . پـمـپ هـای بهداشـتی سانتریفوژی برای ورود و گردش مایع ها در سیستم به کار برده می شود. از پمپ های بهداشـتی جا به جا کننده با فشار مثبت ، معمولا برای ایجاد فشار بالا در ورودی مایع ها و گردش سیالات با ویسکوزیته بالا - مثل مراحل نهایی اولترافیلتراسیون شیر اسیدی شده - استفاده می گردد.

طرح فیلتراسیون غشایی برای هر دو سیستم پیوسته و غیر پیوسته قابل اجرا مـی باشـد. مایع های ورودی به داخل صافی ها نباید حاوی ذرات زبر باشد، زیرا این مواد می تواننـد آسـیب جدی به لایه بسیار نازک غشا وارد سازند .

شکل ۱۷-۴-۶ *طرح عملیات غشایی ناپیوسته*

۱- مخزن محصول ۲- پمپ تغذیه ۳- پمپ گردش دهنده

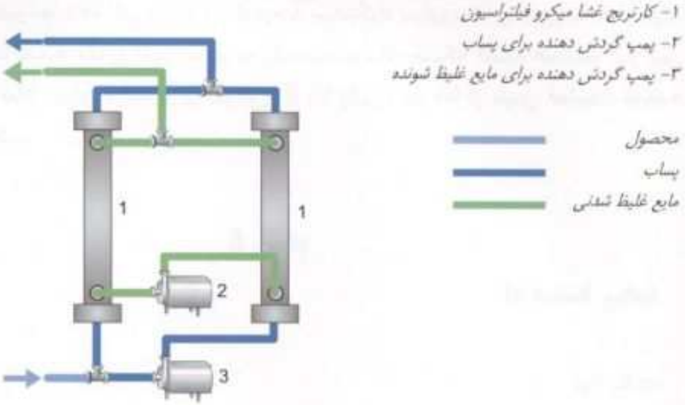
۴- صافی ۵- غشا فیلتراسیون ۶- سرد کن



دمای فرایند در فیلتراسیون غشایی

در اغلب موارد دمای بالاتر از ۵۰ درجه سانتیگراد برای صنایع لبنی به کار برده می شود. واحد تصفیه غشایی اغلب مجهز به یک سیستم ساده خنک کننده هستند. کار این سیستم حفظ تعادل دمای فرایند برای جلوگیری از بالا رفتن ناچیز دما در حین عملیات تصفیه غشایی می باشد.

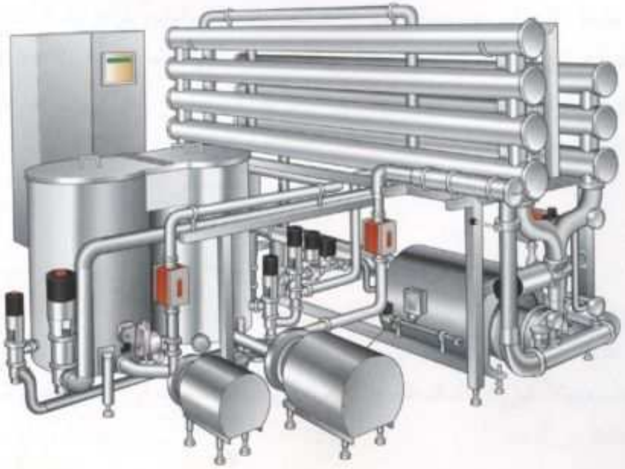
شکل ۱۹-۴-۶ طرح سیستم چرخه فیلتراسیون در MF


۱- کارتریج غشا میکرو فیلتراسیون
۲- پمپ گردش دهنده برای پساب
۳- پمپ گردش دهنده برای مایع غلیظ شونده
محصول
پساب
مایع غلیظ شدنی
1
1
2
3

دو نوع دیگر فیلتراسیون یعنی NF و UF غشا باز تری دارند و می توانند با یک پمپ دوران دهنده عمل نمایند.

بنا برآنچه قبلا توضیح داده شده MF بر پایه دو واحد تصفیه غشایی که به طور سری به هم متصلند ، عمل می نماید. همچنین ممکن است در این سیستم از دو پمپ سانتریفوژی ، یکی برای گردش دادن مایع برگشتنی و دیگری برای گردش دادن پساب استفاده شود.

شکل ۲۰-۴-۶ سیستم اولترافیلتراسیون در خط تولید



فصل ششم

بخش ۵

تبخیر کننده ها

حذف آب

تغلیظ (Concentration) یک مایع به معنی کاهش مقدار حلال (در اغلب موارد آب) می باشد. تغلیظ کردن با خشک کردن (Drying) در حالت ماده حاصله در پایان کار تفاوت دارد. در تغلیظ کردن محصول نهایی هنوز مایع ، می باشد.

چندین دلیل برای تغلیظ مواد غذایی وجود دارد، برای مثال :

- کاهش هزینه خشک کردن،
- فراهم آوردن شرایط مناسب برای بلورین شدن بعضی فراورده ها ،
- کاهش هزینه نگهداری و نقل و انتقال،
- کاهش فعالیت آبی ، کاهش بار میکروبی و ثبات شیمیایی محصول ،
- بازیافت فراورده های جانبی از جریان فاضلاب ،

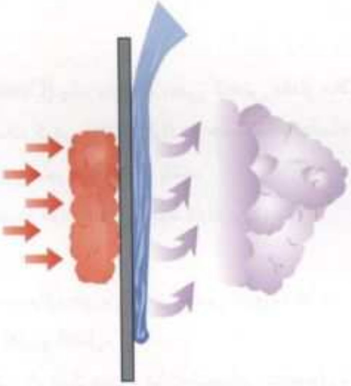
تغلیظ یک مایع به وسیله تبخیر در شرایط خلاء برای اولین بار در سال ۱۹۱۳ میلادی شرح داده شد. این فرایند بر پایه یک طرح انگلیسی به وسیله هووارد (E.C.Howard) پا گرفت، او این عمل را در یک ظرف خلاء با ته دو جداره و با به کار گیری کندانسور و پمپ هوای فشرده انجام داد .

تبخیر

در صنایع لبنی تبخیر (Evaporation) برای تغلیظ فراورده هایی چون شیرکامل ، شیر 'پس چرخ' و آب پنیر به کار برده می شود. همچنین از آن به عنوان یک مرحله مقدماتی در عملیات خشک کردن نیز استفاده می گردد. شیری که قرار است برای تولید پودر شیر به کار برده شود، معمولا، قبل از خشک شدن با افزایش ماده خشک از ۱۳-۹ درصد تا حد ۵۰-۴۵ درصد تغلیظ می گردد.

تبخیر ، در صنایع لبنی برداشت آب از مایع در اثر جوشیدن می باشد. برای این کار باید از حرارت استفاده گردد، اما معمولا اکثر فراورده های لبنی به حرارت حساس می باشند و ممکن است براثر افزایش دما به شدت آسیب ببینند. بنابراین در صنایع لبنی برای کاهش دما، ازسیستم تبخیر تحت خلاء استفاده می شود. با این روش گاهی اوقات دمای به کار رفته جهت تغلیظ پایین تر از ۴۰ درجه سانتیگراد است. اغلب فراورده های لبنی را می توان بخوبی در تبخیر کننده های تحت خلا که در دمای پایین کار می کنند در مدت زمان کوتاهی تغلیظ نمود.

شکل ۱-۵-۶ *اصل عمومی تبخیر کننده ها ، یک دیواره به وسیله بخار گرم شده و باعث تبخیر مایع در طرف دیگر می گردد.*



طراحی تبخیر کننده

در سیستم های تبخیر کننده مقدار زیادی انرژی جهت جوشاندن و جدا نمودن آب از مایع ها مورد نیاز می باشد. معمولا این انرژی به صورت بخار تامین می شود. برای تبدیل و استفاده از این مقدار بخار، سیستم های تبخیر کننده چند خانه ای (Multiple effect) طراحی شده اند. در این سیستم ها، چند خانه تبخیر کننده بطور سری به هم متصل می باشند و فشار به ترتیب در هرخانه نسبت به خانه پیشین پایین تر می باشد . پایین بودن فشار در این خانه ها به طور قابل ملاحظه ای نقطه جوش مایع هارا پایین می آورد. در چنین سیستمی بخار تولید شده در خانه پیشین به عنوان محیط گرما زا برای خانه بعدی به کار برده می شود. در نتیجه مقدار بخار لازم در این سیستم تقریبا مساوی کل مقدار آب تبخیر شده در همه خانه ها می باشد. از نظر راندمان و شرایط اقتصادی تبخیرکننده هایی تا حد اکثر هفت خانه مناسب تشخیص داده شده اند.

گاهی اوقات در تبخیر کننده ها از جریان برق (برق شهر) بعنوان منبع انرژی استفاده می گردد. در این حالت یک کمپرسور الکتریکی یا فن (Fan) برای فشردن مجدد بخار خارج شده ، از "خانه ها" به کار برده می شود .

هرچند تبخیر کننده های صنعتی بر اساس اصول یکسانی طراحی شده اند، اما تفاوت هایی را در جزئیات دارند. برای مثال ممکن است لوله های جداکننده بخار و محصول به صورت افقی یا عمودی قرار گرفته باشند و بخار در داخل یا خارج آنها گردش نماید. در بیشتر اوقات فراورده در داخل لوله های عمودی و بخار در خارج آنها گردش می نماید. لوله های جدا کننده ممکن است با دیواره ها، کاست ها (Cassettes) یا سطوح خاصی جایگزین شوند .

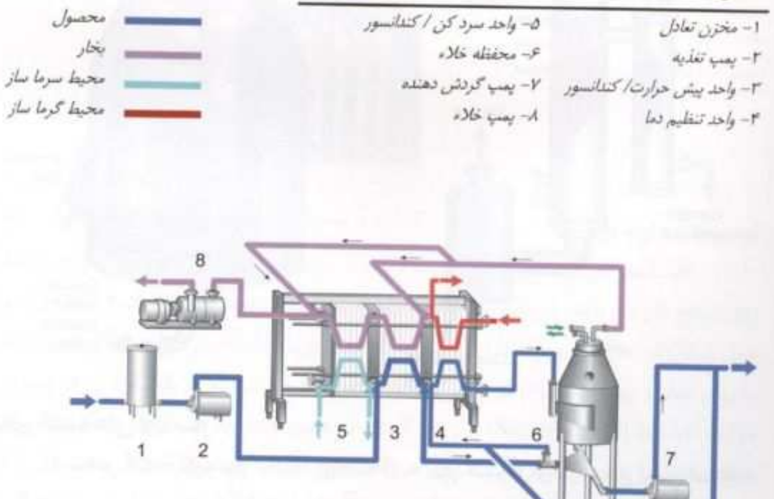
تبخیر کننده های گردشی

از "تبخیر کننده های گردشی" (Circulation evaporators) برای تغلیظ جزئی و یا در مواقعی که مقدار فراورده تحت فرایند کم می باشد، استفاده می گردد .

برای مثال در تولید ماست از این نوع تبخیر کننده ها برای تغلیظ شیر از نسبت ۱/۱ تا ۱/۲۵ یا رسانیدن ماده جامد از ۱۳ درصد به ۱۴/۵ یا ۱۶/۲۵ درصد استفاده می گردد . معمولا این عملیات با هواگیری (De-aerate) وحذف بوهای نامطبوع از محصول توام می باشد .

شکل ۲-۵-۶ *خط فرایند برای سیستم تبخیر کننده گردشی*

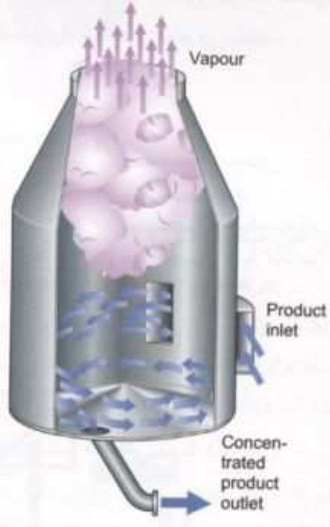
۱- مخزن تعادل
۲- پمپ تغذیه
۳- واحد پیش حرارت/ کندانسور
۴- واحد تنظیم دما
۵- واحد سرد کن / کندانسور
۶- محفظه خلاء
۷- پمپ گردش دهنده
۸- پمپ خلاء



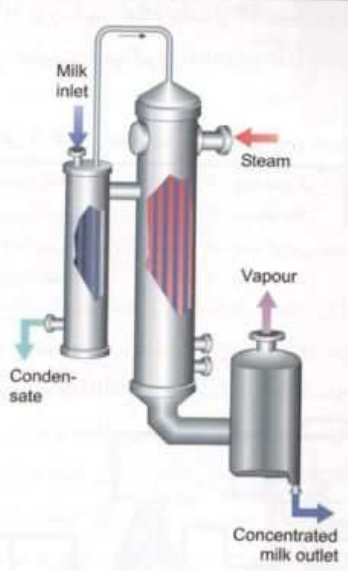
فرایند تبخیر گردشی در شکل (۲-۵-۶) ، نشان داده شده است. شیر ابتدا تا ۹۰ درجه سانتیگراد گرم شده و به طور مماس و با سرعت بالا به صورت یک لایه نازک متحرک روی سطح دیواره ، وارد محفظه خلاء می گردد، شکل (۳-۵-۶). لایه مایع داغ پس از ورود، به طور دوار سطح استوانه ای دیواره را می پیماید، در این حالت مقداری آب تبخیر شده و به صورت بخار به داخل کندانسور کشیده می شود. هوا و دیگر گاز های غیر کندانسه به وسیله پمپ خلاء از کندانسور خارج می گردند.

محصول سرانجام سرعت خود را از دست داده و به ته انحنا دار محفظه سقوط می نماید و از آنجا خارج می گردد. قسمتی از محصول دوباره به وسیله یک پمپ گریز از مرکز وارد یک تبادل کننده حرارتی می شود و پس از تنظیم مجدد دما به محفظه خلاء برای تبخیر بیشتر وارد می گردد. مقدار زیادی از محصول باید بدین طریق برای رسیدن به درجه دلخواه تغلیظ، به طور مکرر (۴ تا ۵ بار) در سیستم گردش نمایند.

شکل ۳-۵-۶ *جریان محصول در محفظه خلاء*



شکل ۴-۵-۶ *تبخیر کننده تک خانه لایه ساز*



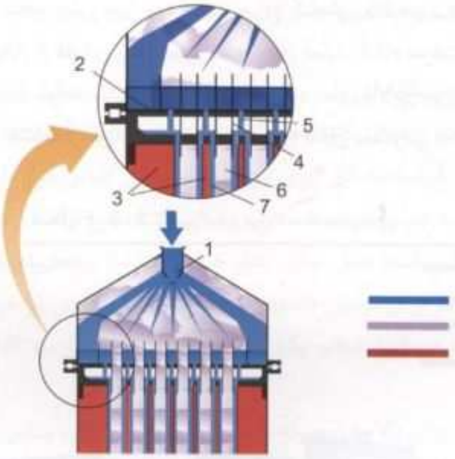
تبخیر کننده های لایه ساز

از تبخیر کننده "لایه ساز" (Falling film) به طور گسترده ای در صنایع لبنی استفاده می گردد. شیر در تبخیر کننده "لایه ساز" از بالای محفظه عمودی ، به صورت یک لایه نازک رو به پایین بر روی سطح حرارتی جریان می یابد. سطح های حرارتی ممکن است از لوله های

فولادی ضد زنگ یا به صورت صفحه ای باشند. در حالت اخیر ، صفحه ها به صورت یک دسته به هم فشرده بوده که محصول در یک طرف آن و بخار در سمت دیگر جریان می یابد. در انواع لوله ای شیر به صورت یک لایه در داخل لوله جریان می یابد و بخار از بیرون لوله را احاطه می کند. محصول قبل از ورود به سیستم، نخست تحت فرایند پیش حرارتی قرار می گیرد و به دمایی برابر یا کمی بالاتر از دمای تبخیر کننده رسانیده می شود. شکل (۴-۵-۶). پس از حرارت دهی مقدماتی ، محصول از سیستم توزیع کننده بالای تبخیر کننده وارد محفظه می گردد. برای کاهش دمای تبخیر - زیر ۱۰۰ درجه سانتیگراد - از خلاءاستفاده می شود.

شکل ۵-۵-۶ *قسمت فوقانی تبخیر کننده لایه ساز*

۱- نازل تغذیه محصول
۲- صفحه توزیع کننده
۳- بخار برای گرما
۴- لوله های هم محور
۵- ورودی
۶- بخار
۷- لوله های تبخیر کننده



▬ *محصول*
▬ *بخار*
▬ *محیط گرما ساز*

تبخیر کننده لوله ای

کلید اصلی موفقیت در تبخیر کننده لایه ساز ، دستیابی به شکل مطلوبی از توزیع شیر روی سطح داغ می باشد. این امر می تواند از راههای مختلف بدست آید . در نوع لوله ای این عمل شکل(۵-۵-۶) به وسیله نازل (Nozzle) مخصوص (۱) انجام می گیرد ، نازل محصول را به روی صفحه پهن کننده (۲) توزیع می نماید. محصول دراین مرحله به طور جزئی در معرض حرارت "فرا دما" (Superheated) قرار می گیرد و به همین خاطر بلافاصله پس از خروج از نازل مایع منبسط می شود و بخشی از محتوای آب محصول بخار شده و نیروی بخار محصول را در سمت خروجی به صورت لایه ای بر روی دیواره لوله ها می فشارد .

تبخیر کننده نوع صفحه ای

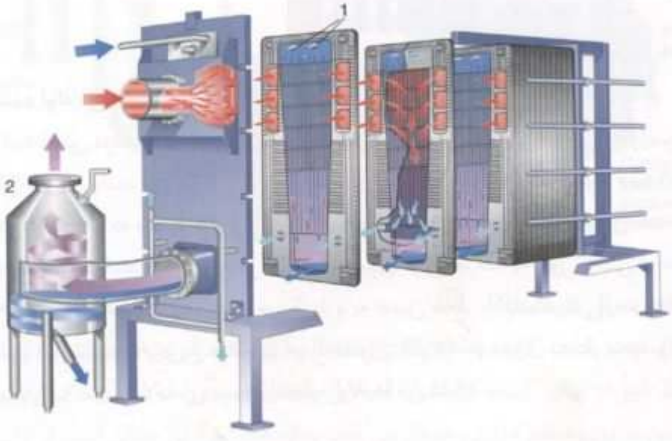
توزیع محصول در تبخیرکننده نوع* لایه ساز* به وسیله دو لوله که مایع را در بین مجموعه صفحات پخش می کند ، انجام می پذیرد . برای هرصفحه یک ورودی پاششی (Spray nozzle) وجود دارد شکل (۶-۵-۶) . " پاشنده " محصول را به صورت یک لایه در روی صفحه توزیع می کند . محصول قبل از ورود به داخل تبخیر کننده در سیستم حرارتی پیش گرم کن تا دمای نزدیک به تبخیر، گرم می شود و سپس وارد تبخیر کننده می گردد تا از شوک تبخیر آنی (Instant flash evaporation) در مرحله توزیع به وسیله نازل ها جلوگیری به عمل آید. آب موجود در لایه نازک محصول، در زمان عبور مایع از روی سطح گرم به سرعت تبخیر می شود. یک سیکلون (Syclone) جدا کننده بخار (۲) کار جدا کردن مایع تغلیظ شده از بخار را انجام می دهد .

همچنان که تبخیر پیش می رود حجم مایع کاهش یافته و به حجم بخار افزوده می گردد. اگر حجم بخار از فضای پیش بینی شده تجاوز نماید، آنگاه سرعت بخار بالا رفته و در نتیجه فشار بالایی ایجاد خواهد شد. در این حالت اختلاف دمای بالایی بین بخار داغ و محصول ایجاد می شود. برای اجتناب از این وضعیت باید فضای قابل دسترس بخار به طور مناسب افزایش داده شود.

شکل ۶-۵-۶ *تبخیر کننده نوع کاست صفحه ای*

۱- لوله های تقسیم کننده با پخش افشان
۲- جدا کننده بخار

▬ *محصول*
▬ *بخار*
▬ *محیط سرما ساز*
▬ *محیط گرما ساز*



برای دست یابی به شرایط مناسب تبخیر، لایه(film) محصول باید با ضخامت یکسان بر روی سطح گرما دهنده (Heating surface) توزیع شود. طراحی سطح گرما دهنده باید به گونه ای باشد که با وجود کاهش حجم مایع – در اثر پیشرفت فرایند تبخیر- ضخامت مایع همواره در روی سطح گرما دهنده ثابت بماند. انجام این شرایط به وسیله طراحی صفحه کاست تبخیر کننده " لایه ساز " که در شکل (۶–۵–۶) نشان داده شده، ممکن گردیده است. این شکل از توزیع مایع در روی سطح گرما دهنده ، این امکان را پدید می آورد که بتوان تبخیر را در دمای بسیار پایین تراز آنچه قبلا بود به انجام رساند .

زمان توقف لایه نازک محصول در یک تبخیر کننده لایه ساز در مقایسه با انواع دیگر کوتاه تر است. ترکیبی از دما و زمان در تبخیر کننده ، اثر گرمایی را روی محصول مشخص می نماید. به کار گیری تبخیر کننده لایه ساز ، با درجه حرارت پایین ، یک مزیت برای تغلیظ فراورده های لبنی حساس به عملیات حرارتی به شمار می آید.

تبخیر کننده های چند خانه ای

امروزه استفاده از تبخیر کننده های چند خانه ای (Multiple-effect evaporation) بیشتر رایج می باشد. فرضیه به کار گیری این سیستم بر این اساس قرار دارد که اگر دو تبخیر کننده به طور سری به هم وصل شوند ، دومین تبخیر کننده می تواند در خلاء بالاتر و در دمای پایین تر از اولین تبخیر کننده عمل نماید. بخار خارج شده از محصول در اولین خانه (بدنه)، بعنوان محیط گرما ساز برای دومین خانه(بدنه) ، که در خلاء بالاتری (و حرارت پایین تر) عمل می نماید به کار برده می شود. تبخیر یک کیلوگرم آب از محصول به ۰/۶ کیلوگرم بخار نیاز دارد.

ممکن است برای بالابردن صرفه اقتصادی استفاده از بخار، چندین تبخیر کننده از این نوع را به طور سری، به هم متصل نمایند. این عمل مستلزم به کار گیری لوازم بیشتر ، گرانتر و پیچیده تر می باشد. در این حالت (تعداد خانه های بیشتر) ممکن است، دمای بالاتری در اولین خانه به کار برده شود و حجم کلی محصول با افزایش تعداد خانه های سیستم، افزایش یابد. انجام این عملیات، بر روی فراورده های حساس به حرارت چندان مناسب نمی باشد. به هرحال از تبخیر کننده هایی تا حد اکثر هفت خانه، برای کاهش مصرف انرژی در صنایع لبنی استفاده می گردد.

کمپرسور حرارتی

اگر بخار خارج شده از محصول فشرده شود ، می توان آن را به عنوان محیط گرماساز به کار برد. این عمل، راندمان حرارتی تبخیر کننده را بالا می برد.

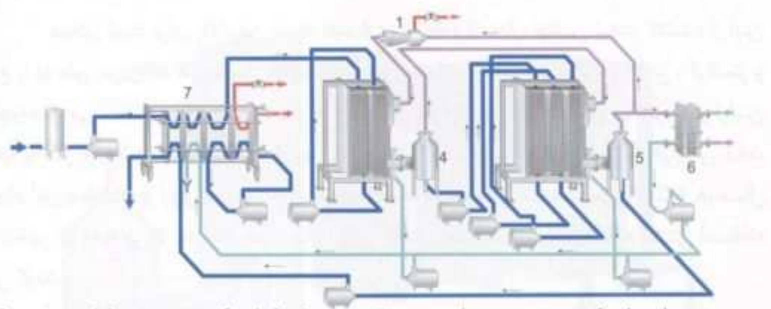
برای دستیابی به این هدف از یک ترمو کمپرسور (Thermocompressor) استفاده می گردد. در شکل (۷–۵–۶) ، یک تبخیر کننده دو خانه ای با کمپرسور حرارتی نشان داده شده است. از کمپرسور حرارتی برای افزایش انرژی سنیتیک بخارآب استفاده می گردد. در این حالت قسمتی از بخار خروجی سیستم به وسیله جدا کننده بخار، وارد کمپرسور حرارتی گردیده و در آنجا به فشار ۱۰۰۰–۶۰۰ کیلوپاسکال رسانیده می شود سپس این بخار با فشار و سرعت بالا از میان نازل به داخل محفظه تبخیر هدایت می گردد. بخار داغ (Steam) با بخار تبخیر شده از مایع، مخلوط شده و به فشار بالایی می رسند. ترکیبی از یک تبخیر کننده با ترموکمپرسور اقتصادی تر از به کار گیری تبخیر کننده دو خانه ای با یک خروجی می باشد. به طور کلی کاربرد ترموکمپرسور همراه با تبخیر کننده های چند خانه ای کارایی حرارتی سیستم را اقتصادی و مطلوب تر می سازد.

شکل ۷–۵–۶ *کاست تبخیر کننده دو خانه با کمپرسور حرارتی*

۱- کمپرسور حرارتی ۲- اولین خانه تبخیر کننده ۳- دومین خانه تبخیر کننده
۴- جدا کننده بخار برای اولین خانه ۵- جدا کننده بخار برای دومین خانه
۶- کندانسور صفحه ای ۷- پیش گرمکن

A	*اولین مسیر ازخانه اول*
B	*دومین مسیر از خانه اول*
C	*اولین مسیر از خانه دوم*
D	*دومین مسیر از خانه دوم*
E	*سومین مسیر از خانه دوم*

🟦	*محصول*
🟪	*بخار*
▬	*محیط سرماساز*
🟥	*محیط گرماساز*



همان طور که در تصویر مشاهده می گردد شیر از داخل یک مخزن تعادل به دستگاه پاستوریزه کننده پمپ شده و پس از پاستوریزاسیون و تنظیم دما وارد اولین خانه سیستم تبخیر می گردد. ورود شیر به طور پیوسته به داخل اولین خانه (۲) تبخیر کننده جریان می یابد، در این حالت دمای جوش آب بعلت وجود خلاء در ۶۰ درجه سانتیگراد قرار دارد .

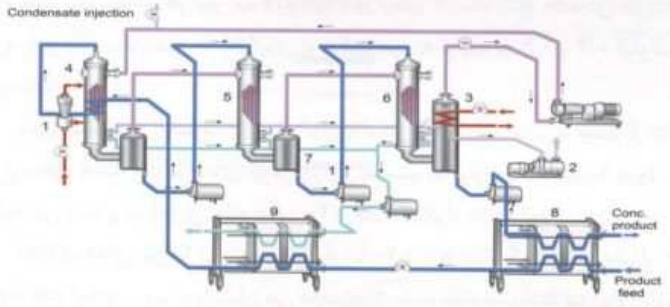
محدوده حد اکثر تغلیظ فرایند به وسیله ویژگی های محصول مثل ویسکوزیته و مقاومت حرارتی مشخص می گردد . تغلیظ شیر "پس چرخ" و شیر کامل معمولا حد اکثر به ترتیب ۴۸ درصد تا ۵۵ درصد می تواند انجام پذیرد.

اگر هدف از تغلیظ به دست آوردن ماده جامد بالا در محصول باشد، تبخیر کننده باید به یک خانه تمام کننده (Finishing effect) مجهز گردد .

شکل ۸-۵-۶ *تبخیر کننده سه خانه با پمپ مکانیکی فشرده ساز بخار*

۱- ترموکمپرسور ۲- پمپ خلاء ۳- پمپ فشرده ساز مکانیکی بخار
۴- اولین خانه ۵- دومین خانه ۶- سومین خانه ۷- جدا کننده بخار
۸- گرم کننده محصول ۹- کندانس کننده صفحه ای

🟦 *محصول*
🟪 *بخار*
▬ *تغلیظ شده*
🟥 *محیط گرماساز*



فشردن مکانیکی بخار

بر عکس ترموکمپرسور ، یک سیستم فشرده ساز مکانیکی بخار (Mechanical vapour compression) ، بخار را از خانه تبخیر کننده خارج می کند و پس از فشردن، دوباره آن را به تبخیر کننده هدایت می کند .

افزایش فشار در بخار به وسیله انرژی مکانیکی در کمپرسور انجام می گیرد. هیچ انرژی حرارتی برای تبخیر کننده (بجز بخارحاصل از پاستوریزاسیون در اولین خانه) به کار برده نمی شود. بنابراین در این سیستم بخار مازادی برای مایع شدن وجود ندارد .

مقداری از آب موجود در شیر که به صورت یک لایه نازک وارد سیستم شده است تبخیر می گردد و در نتیجه شیر کمی تغلیظ شده و وارد مسیر دومین خانه می گردد .

در ابتدای مرحله بعد بخار از محصول تغلیظ شده به وسیله سیکلون (۴) جدا شده و محصول بسوی دومین خانه (۳) پمپ می گردد. در این خانه بعلت وجود خلاء بالاتر از خانه اول نقطه جوش آب در ۵۰ درجه سانتیگراد قرار می گیرد.

پس از این مرحله بخار مایع شده به وسیله سیکلون (۵) از محصول جدا شده و با استفاده از پمپ پس از عبور از داخل یک پیش گرمکن (۷) از سیستم خارج می گردد.

تزریق بخار فشار بالای ترموکمپرسور (۱) فشار بخار خروجی از محصول را در دومین خانه افزایش می دهد. مخلوط بخار داغ (Steam) و بخار (Vapour) خارج شده از محصول به عنوان محیط گرما ساز در اولین خانه (۲) به کار برده می شود.

بازده تبخیر

یک تبخیر کننده دو خانه ای" لایه ساز" مجهز به ترموکمپرسور تقریبا به مقدار ۰/۲۵ کیلوگرم بخار برای تبخیر هرکیلو آب لازم دارد ، در تبخیر کننده پنج خانه ای تقریبا به ۰/۲ کیلوگرم بخار نیاز است. بدون به کارگیری ترموکمپرسور به ترتیب به ۰/۶ و ۰/۴ کیلوگرم بخار نیاز می باشد .

وجود تقاضا برای مصرف پایین تر انرژی، امکان ایجاد واحد هایی با بیشتر از شش خانه را مطرح ساخته است. حداکثر دمای جوش در این سیستم ها دراولین خانه تقریبا حدود ۷۰ درجه سانتیگراد می باشد و در آخرین خانه حدود ۴۰ درجه سانتیگراد خواهد بود .

اختلاف دمای بین۴۰ درجه سانتیگراد با ۷۰ درجه سانتیگراد یعنی مقدار ۳۰ درجه سانتیگراد داده ابعادی سیستم را نشان می دهد. تعداد بیشتر خانه ها ، اختلاف دمای پایین تری را در هر خانه ایجاد خواهد کرد.

مقداری از این تفاوت دما در ضمن افت فشار و افزایش نقطه جوش به هدر می رود . در مجموع در یک سیستم چند خانه ای این اختلاف برابر ۱۵-۵ درجه سانتیگراد می گردد. به همین دلیل سطح تبادل حرارتی بزرگ تر و سرمایه گذاری بیشتری نیاز می باشد . سطح انتقال حرارتی بالاتر به معنی افزایش ملزومات برای توزیع موثر مایع در روی سطوح داغ می باشد .

افزایش طول سطح انتقال حرارت ، یک عامل منفی را در بر دارد چون در این حالت محصول ناچار است برای عبور از سطح انتقال حرارت زمان بیشتری را صرف نماید .

در تبخیر کننده هفت خانه ای با ترموکمپرسور برای تبخیر۱۲ کیلوگرم آب به مقدار یک کیلوگرم بخار نیاز است . این به معنای مصرف بخار ویژه به میزان ۰/۰۸ واحد می باشد.

در فشردن مکانیکی بخار، تمام بخار موجود در سیستم مجددا به گردش در می آید. این کار باعث حفظ و بازیابی مقدار زیادی از انرژی حرارتی سیستم می گردد.

شکل (۸-۵-۶) ، یک تبخیر کننده سه خانه را همراه با فشارنده مکانیکی بخارنشان می دهد . بخار فشرده شده از کمپرسور (۳) به اولین خانه (۴) برای حرارت دادن به محصول برگشت داده می شود . بخار خروجی از اولین خانه ، برای گرما رسانی به دومین خانه و بخار خارج شده از دومین خانه برای سومین خانه و الی آخر به کار برده می شود .

کمپرسور فشار بخار را از ۲۰ تا ۳۲ کیلو پاسکال بالا برده و در نتیجه دمای تغلیظ نیز از ۶۰ به ۷۱ درجه سانتیگراد افزایش می یابد.

دمای غلیظ سازی ۷۱ درجه سانتیگراد برای پاستوریزاسیون محصول در اولین خانه کافی نمی باشد . در این حالت یک ترموکمپرسور (۱) قبل از خانه اول برای بالا بردن دمای تغلیظ در حد لازمه جا گذاری می گردد.

بخار پس از جدا سازی در خانه سوم ، به طور پیوسته به داخل کندانسور کوچک که بخار مازاد خارج شده از سیستم را جمع آوری می نماید، وارد می گردد از این کندانسور برای تنظیم دمای تبخیر کننده نیز استفاده می گردد .

فشردن مکانیکی بخار امکان تبخیر ۱۲۵--۱۰۰ کیلوگرم آب را با ۱ کیلو وات انرژی فراهم می سازد . به کار گیری یک تبخیر کننده سه خانه ای با فشرده ساز مکانیکی بخار، نصف هزینه عملیات طرح تبخیر کننده هفت خانه ای با یک ترموکمپرسور رادارا می باشد.

استفاده از فن های دور بالا شکل دیگر فشردن مکانیکی بخار می باشند. از آنها برای فشردن بخار همراه با افزایش چند درجه ای دما استفاده می گردد .

فصل ششم

بخش ۶

هوا و گازها در شیر

شیر همیشه حاوی مقدای هوا و دیگر گاز ها می باشد. حجم هوای شیر داخل پستان ، براساس مقدارآن در جریان خون دام تعیین می گردد. معمولا اکسیژن (O_2) موجود در شیر کم می باشد زیرا بیشتر اکسیژن خون به طور شیمیایی باهموگلوبین اتصال دارد. ولی دی اکسید کربن (CO_2) از محتوای بالاتری برخوردار است، - زیرا خون دائما حجم های بالایی از CO_2را از سلول ها به طرف ریه ها حمل می نماید- کل حجم هوا در شیر داخل پستان ۶-۴/۵ درصد می باشد که شامل تقریبا ۰/۱ درصد اکسیژن ، تقریبا ۱درصد نیتروژن (N_2) و ۴/۹-۳/۵ درصد گاز کربنیک می باشد .

هوای پس از شیر دوشی به چندین طریق به شیر اضافه می گردد. شیری که به طور آزاد در معرض هوا قرار داشته باشد، اکسیژن موجود در "جو" در آن حل شده (چون غلظت اکسیژن هوا بیشتر از شیر می باشد)، در حالیکه گاز کربنیک از آن خارج می شود. قسمتی از هوا نیز به شکل نامحلول و معمولا، به صورت متصل به چربی در شیر قرار می گیرد .

شیر بلافاصله پس از دوشش و جمع آوری در بیدون یا مخزن حاوی(۷-۵/۵ درصد) حجمی یا به طور متوسط ۶ درصد هوا می باشد ، تابلو (۱-۶-۶) .

تعادل بین سه نوع گاز داخل شیر ، بر اساس دما و فشار جو تعیین می گردد ، تابلو (۱-۶-۶) . برای نمونه وقتی دما در جریان پاستوریزاسیون شیر بالا برود ، از حلالیت هوا کاسته شده و هوا به صورت منتشر در شیر در می آید که مشکلاتی را در ضمن فرایند شیر پدید می آورد.

افزایش هوا در شیر

هوای داخل شیر در زمان نگهداری در دامداری ، هنگام انتقال و یا در ضمن دریافت در کارخانه افزوده می گردد. به هرحال شیر ورودی به کارخانه نباید بیشتر از ۱۰ درصد حجمی هوا

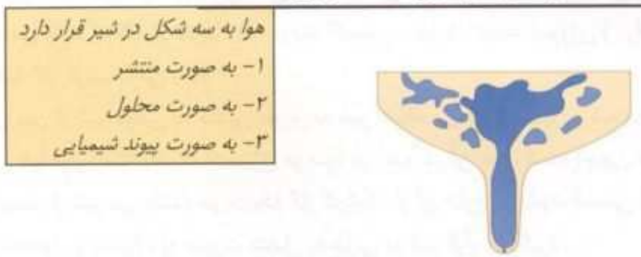
داشته باشد. معمولا، هوا به صورت حبابچه های ریز و درشت در شیر تفرق دارد . مشکلاتی که براثر تفرق هوا در شیر پدید می آید عبارتند از :

تابلو ۱-۶-۶ *میزان گازهای موجود در شیر خام (درصد حجمی)*

	اکسیژن	نیتروژن	دی اکسید کربن	کل گاز
حداقل	۰/۳	۱/۱۸	۳/۴۴	۴/۹۲
حد اکثر	۰/۵۹	۱/۶۳	۶/۲۸	۸/۵
متوسط	۰/۴۷	۱/۲۹	۴/۴۵	۶/۲۱

- اشتباه در اندازه گیری حجمی شیر،
- ایجاد پوسته در سطوح حرارتی دستگاه پاستوریزه کننده ،
- کاهش بازده در خامه گیری ،
- کاهش دقت در سیستم خودکار استاندار کننده شیر،

شکل ۱-۶-۶ *شیر داخل پستان حاوی ٪۶-۳/۵ گاز می باشد.*



هوا به سه شکل در شیر قرار دارد
۱- به صورت منتشر
۲- به صورت محلول
۳- به صورت پیوند شیمیایی

- وجود هوا در خامه باعث :

– ایجاد خطا در سیستم استاندارد کننده خود کار،
– ایجاد پوسته در سطوح حرارتی دستگاه پاستوریزه کننده خامه ،
– در مرحله کره زنی مقدماتی (Pre-churning) باعث :
* کاهش بهره در تولید کره،
* چسبیدگی چربی آزاد به قسمت فوقانی بسته ها،

- کاهش ثبات در فراورده های شیر کشت داده شده (آب انداختن)،

روش های مختلفی برای خارج سازی هوا از محصول به منظور جلوگیری از به مخاطره افتادن کیفیت محصولات وجود دارد.

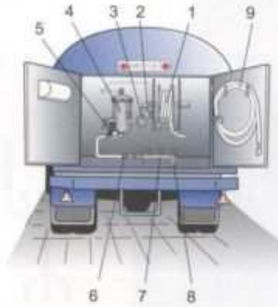
حذف هوا در زمان جمع آوری شیر

شیر ذخیره شده در داخل مخازن یا بیدون ها در محل دامداری، پس از اندازه گیری حجمی به داخل مخزن حمل کننده (تانکر) در روی کامیون پمپ می گردد. برای اندازه گیری دقیق حجمی شیر، نخست باید آن را از میان یک هوا گیر (Air eliminator) عبور داد. بیشتر مخازن حمل کننده شیر مجهز به سیستم هوا گیر می باشند و شیر دامداری قبل از اندازه گیری از میان آن عبور داده می شود.

یک نمونه از سیستم حذف کننده هوا(ودهلمز Wedholms) ، در شکل (۲-۶-۶) ، نشان داده شده است. ملزومات ، پمپ و غیره دریک قفسه واقع در انتهای تانکر تعبیه گردیده است . هدف از این سیستم حذف هوا و اندازه گیری دقیق حجم شیر، در هنگام خروج از مخزن ذخیره و ورود به داخل تانکر انتقال می باشد .

برای انتقال شیر به تانکر، لوله مکش (۱) به مخزن ذخیره شیردر دامداری ، متصل گشته وشیر را با عبور از میان یک صافی (۲) به داخل یک محفظه حذف کننده هوا (۴) ، پمپ می گردد. یک پمپ جابجاکننده با فشار مثبت (۳) سیستم را راه اندازی می کند .

شکل ۲-۶-۶ *نمای عقب کامیون حمل کننده شیر*



۱- شیلنگ برای جمع آوری شیردر مزرعه
۲- صافی
۳- پمپ
۴-هواگیر
۵- وسیله اندازه گیر
۶- دریچه کنترل
۷- دریچه جمع کننده
۸- خروجی مخزن
۹- شیلنگ برای خالی کردن شیر در کارخانه

همزمان با بالاآمدن سطح شیر در محفظه هواگیر، شناور نیز بالا می آید. در این حالت فشار داخل محفظه افزایش یافته و دریچه کنترل (۶) مسیر را آزاد می نماید. شیر از این طریق به داخل واحد اندازه گیری (۵) و دریچه جمع کننده (۷) و در نهایت به داخل مخزن تانکر وارد می شود. تانکر ها در محل کارخانه از طریق دریچه خروجی (۸) به وسیله شیلنگ (۹) تخلیه می گردند.

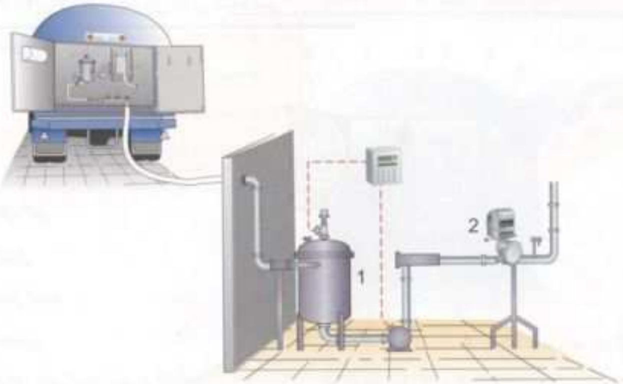
دریافت شیر

شیر داخل تانکر ، هنگام تردد کامیون در جاده بر اثر تلاطم، به محتـوای هـوای منتشـر داخل آن افزوده می شود. در محـل کارخانـه نیـز هنگـام دریـافت انـدازه گیـری حجمـی انجـام می پذیرد ، در اینجا نیز برای دقت در اندازه گیری حجمی باید نخست شیر از داخل یک محفظه هواگیر به همان شکلی که قبلا بیان شد عبور داده شود ، شکل (۳-۶-۶) .

هنگام دریافت شیر در کارخانه از تانکرها، بهتر است از اختلاف سطح بـرای انتقـال شـیر استفاده شود برای این عمل باید یک مخزن استوانه ای در سطحی پایین تر از لوله خروجی شـیر از مخزن روی کامیون در واحد دریافت کارخانه کارگذاری شده باشـد و شـیر از داخـل تـانکر بـر اساس نیروی وزن (و اختلاف سطح) تخلیه گردد. این سیستم ممکن است به طور دستی یا خود کار عمل نماید.

کارایی هواگیر تاحد زیـادی ، بـه چگونگـی پخـش حبابچـه هـای هـوا در شـیر وابسـته می باشد . حبابچه های بسیار ریز هوا را نمی توان با این سیستم حذف نمود.

شکل ۳-۶-۶ *دریافت شیر در کارخانه با هواگیر (۱) و اندازه گیر حجمی (۲)*



عملیات خلاء سازی

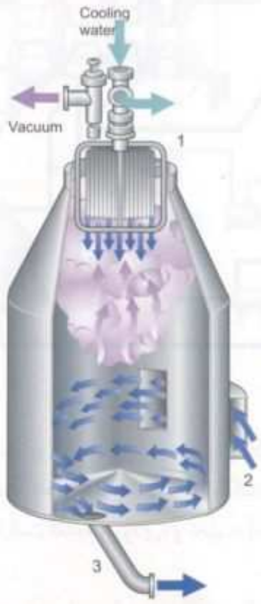
هواگیری توام با خلاء برای حذف حبابچه های بسیار ریز هوا از شیر راندمان عملیـات را افزایش می دهد. در این سیستم شیر پس از حرارت دهی مقدمـاتی (Preheating) بـه محفظـه انبساط فرستاده می شوند، شکل (۴-۶-۶) . محفظه خلاء به گونه ای تنظیـم مـی گـردد کـه در دمایی کمتر از ۸-۷ درجه سانتیگراد نسبت به دمای "حرارت مقدماتی" آب را به جوش آورد. یعنی اگر شیر با "دمای مقدماتی" ۶۸ درجه سانتیگراد وارد محفظه خلاء گـردد بلافاصلـه دمـای آن بـه (۶۰= ۸- ۶۸) درجه سانتیگراد افت می نماید. افت فشـار بـاعث جوشـیدن وخـروج حبـاب هـای هوای حل شده در شیر می گردد.

بخار محفظه خلاء از داخل یک کندانسور (Condenser) عبور داده مـی شـود، قسـمت مایع شده بخار، مجددا به داخل شیر برگشت داده شـده ، هـوا و گازهـای غـیر کندانسـه (عـامل بوهای نامطبوع در شیر) به وسیله پمپ خلاء از محفظه خارج می گردند.

اگر از این سیستم برای هواگیری از شیر جهت تولید ماست اسـتفاده گـردد ، نبـاید بخـار مایع شده به شیر برگشت داده شود ، زیرا معمولا شیر را برای تولیـد ماسـت تـا حـدود (۲۰-۱۵) درصد تغلیظ می نمایند .

شکل ۴-۶-۶ *جریان شیر و هوا در هواگیر تحت خلاء با کندانسور داخلی*

۱- کندانسور داخلی ۲- ورود شیر به طور مماس با دیواره ۳- خروجی شیر با سیستم کنترل کننده سطح



هوا گیری در خط فراوری شیر

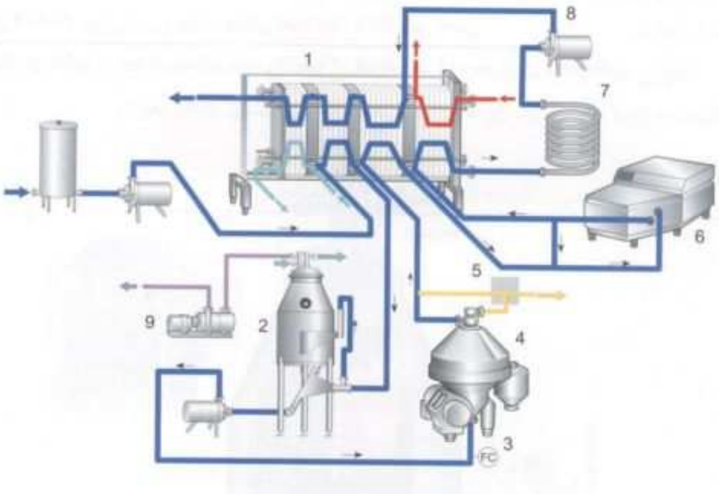
این سیستم شیر کامل را تا دمای مقدماتی ۶۸ درجه سانتیگراد گرم می کند . سپس آن را وارد محفظه انبساط می نمایند تا در معرض خلاء قرار گیرد. بـرای افزایـش کـارایی سیسـتم ،

شیر به صورت یک لایه نازک و به طور مماس با دیواره ، از میـان یـک دریچـه ورودی عریض وارد تبخیر کننده می شود.

شکل ۵-۶-۶ *واحد فراوری شیر با هواگیری*

۱- پاستوریزاتور	۶- هموزن کننده
۲- هواگیر	۷- لوله های نگاه دارنده
۳- کنترل کننده جریان	۸- پمپ تقویت کننده
۴- خامه گیر	۹- پمپ خلاء
۵- واحد استاندارد کننده	

🟦	شیر
🟨	خامه
🟪	خلاء
🟦	محیط سرماساز
🟥	محیط گرماساز



انبساط بخار خارج شده از شیر در قسمت ورودی ، جریان یافتن شیر را بـه سـمت پـایین تسریع می نماید. جریان مماسی باعث کاهش سرعت شیر در حرکت به سـمت پـایین در داخل محفظه می گردد. در این سیستم ظرفیت تغذیه (ورودی) و تخلیـه (خروجـی) بـا هـم هماهنـگ می باشد.

در انتها شیر هوا گیری شده ، با دمـای ۶۰ درجـه سـانتی گـراد ، پـس از خامـه گـیری ، استاندارد شدن چربی و هموژنیزه شدن برای طی فرایند نهایی حرارتی وارد دستگاه پاسـتوریزاتور می گردد.

با کارگذاری دستگاه کنترل کننده جریان ، در قبل از خامه گیر جریان ورودی به سیستم هوا گیر کنترل می شود . در این سیستم دستگاه هموزن کننده باید مجهز به چرخـه گردشـی (Circulation loop) باشد. اگر در این فرایند، خامه گیر(سپراتور) و دستگاه هموزن کننده کنار گذاشته نشود عمل ثابت نگه داشتن جریان برعهده سیستم هواگیر خواهد بود.

فصل ششم

بخش۷

پمپ ها

کاربرد های پمپ

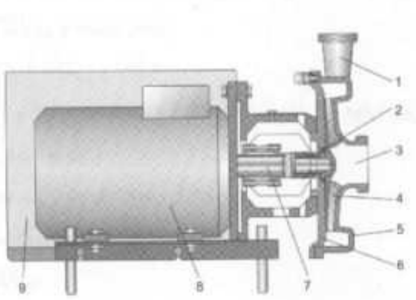
انجام فرایند ها به طور دائم بر دو عامل کیفیت و توجیه اقتصادی تاکید دارنـد . معمـولا، در قدیم از نیروی ثقل برای جابه جایی مایعات استفاده می شد اما، امروزه مایعات را با استفاده از نیروی فشار و لوله کشی های طویل با شیر فلکه های متعدد از میان تبادل کننده های حرارتـی، صافی ها و دیگر دستگاه ها، که اغلب آنها با فشار بالا کار می کنند ، عبور می دهنـد . سـرعت جریان مواد در این سیستم ها اکثر اوقات بالا می باشد. عمل انتقال مایعات در کارخانه به وسـیله پمپ ها انجام می گیرد. یکی ازنکـات مهـم ، اسـتفاده از پـمپ هـای مناسـب ، در مکـان هـای مناسب، می باشد. مشکلات احتمالی دراستفاده از پمپ ها به شرح ذیل است :

- جاگذاری و نصب پمپ،
- خطوط مکش و تخلیه،
- نوع و اندازه پمپ مورد نیاز ، با دقت نظر در موارد زیر باید انتخاب گردد :
  - سرعت جریان،
  - محصولی که باید پمپ گردد،
  - ویسکوزیته،
  - چگالی،
  - درجه حرارت ،
  - فشار سیستم ،
  - مواد سازنده پمپ ،

از انواع پمپ های قابل استفاده در صنایع لبنی ، می توان به پـمپ هـای گریـز از مرکـز (Centrifugal) ، حلقه مایع (Liquid-ring) و جابجا ئی مثبت (Positive displacement) اشاره نمود . این سه نوع ، کاربردهای متفاوتی را دارنـد. پـمپ هـای گریـز از مرکـز کاربردهـای رایج تری را در صنایع لبنی دارا هستند.

پمپ سانتریفوژی در شکل (۱-۷-۶) و (۲-۷-۶) ، نشان داده شده اسـت . اصلـی تریـن کاربرد آنها برای فراورده هایی با ویسکوزیته پایین مـی باشـند ، امـا نمـی تـوان آن هـا را بـرای مایعات گاز دار ، به کار برد. از پمپ های جابجاکننده مثبـت ، بـرای عملیـات ملایـم مـایع هـا و مایع هایی با ویسکوزیته بالا، استفاده می گردد.

شکل ۱-۷-۶ *معمول تریـن پـمپ بهداشـتی در صنایع لبنی ، از نوع پمپ گریز از مرکز است.*



شکل ۲-۷-۶ *قسمتهای اصلـی پـمپ گریـزاز مرکز .*

۱- خط تخلیه
۲- درز بند شافت
۳- خط مکش
۴-پره (چرخاننده)
۵- غلاف
۶- صفحه پشتی
۷- شافت موتور
۸- موتور
۹- پوشش استیل و صداگیر

خط مکش

قبل از ورود به بحث پمپ ها، نکته بسیار مهم شـناخت مسائل و مشکلات مـی باشـد. پمپ باید در کمترین فاصله از محل اصلـی بـه کـارگیری، نصـب گردنـد و در مسـیر مکـش آن

خمش های غیر اصولی و بی جا ، دریچه ها و احیانا منفذهای تراوش مایع ، وجود نداشته باشد . پمپ هایی با قطر بزرگ خطر ایجاد کاویتاسیون (Cavitation) را کاهش می دهند .

خط تخلیه

هیچ دریچه مسدود کننده ای(Throttling valve) نباید در مسیر خط تخلیه (Delivery line) کار گذاشته شود درصورتی که احتمال به کار گیری آن می رود، باید به همراه دریچه کنترل (Check valve) جا گذاری گردد. درپمپ ها از دریچه مسدود کننده برای تنظیم سرعت جریان، استفاده می گردد. کار شیر خودکار ، محافظت از پمپ در مقابل "ضربه آب" (Water hammer)و جلوگیری ازبرگشت مایع ، در زمان توقف کار پمپ می باشد. معمولا ، شیر خودکار را بین پمپ و دریچه مسدود کننده قرار می دهند.

کاویتاسیون

کاویتاسیون (Cavitation) ، با ایجاد یک سرو صدای خاص در پمپ شروع می گردد و وقتی رخ می دهد ، که به طور موضعی فشار سیستم ، پایین تر از فشار بخار مایع قرار گیرد. ورود پیوسته مایع به داخل محفظه پره ای پمپ توام با افزایش فشار می باشد. این حالت باعث مایع شدن سریع حباب های ریز بخار می گردد، دراین حالت حباب های بخار در یک فشار موضعی خیلی بالا (بیشتر از۱۰۰۰۰۰ bar) دچار فروریختگی شده و از بین می روند. تکرار این حالت با تناوب زیاد ، باعث بروز پدیده "آسیب گردابی" (Pitting damage) در مواد احاطه کننده جریان (بدنه پمپ) بویژه اگر آنها از تردی خاصی برخوردار باشند ، می گردد.

به طور کلی کاویتاسیون، زمانی رخ می دهد که در خط مکش، فشار خیلی پایین تراز فشار بخار مایع ، درحال پمپ شدن باشد . تمایل به بروز حالت کاویتاسیون در زمانی که مایع ویسکوز یا فرار ، پمپ می گردد ، افزایش می یابد .

نتیجه کاویتاسیون در پمپ ها باعث کاهش "ارتفاع" (Head) پمپ و کاهش بازده (Efficiency) سیستم میگردد. باافزایش کاویتاسیون به تدریج عمل پمپ کردن، متوقف می گردد.

اغلب قسمت های متحرک پمپ هایی که در صنایع لبنی مورد استفاده قرار می گیرند، از فولاد ضد اسید ساخته شده اند . بعضی آسیب ها در قسمت های متحرک ، بر اثر کارکرد طولانی پمپ ها رخ می دهد. رخداد کاویتاسیون می تواند بروز این آسیب ها را تشدید نماید. کاویتاسیون را می توان به وسیله محاسبه در پمپ پیش بینی نموده و مانع بروز آن گردید.

چگونه می توان از بروز کاویتاسیون جلوگیری کرد؟

عامل های عمومی موثر در جلوگیری از کاویتاسیون عبارتند از :

- **◆ کاهش دادن افت فشار در خط مکش سیال (استفاده از لوله هایی با قطر بزرگ ، لوله کوتاه مکش ، وجود کمترین تعداد دریچه ها و پیچ وخمش ها در مسیر پمپ و ...).**
- **◆ استفاده از فشار بالا برای سیال وردی به پمپ ،(برای مثال قرار داشتن حجم بالایی از سیال در پشت خط پمپ)**
- **◆ دمای مایع ورودی پایین باشد.**

نمودار پمپ

نمودار پمپ ، یک عامل مهم و اساسی ، در انتخاب مناسب ترین پمپ برای کاربردهای مختلف می باشد. برای این انتخاب بررسی سه منحنی لازم می باشد .

- ■ شدت جریان و ارتفاع پمپ ، منحنی QH ،
- ■ قدرت لازم الکترو موتور (کیلووات) ،
- ■ NPSH (ارتفاع مکش مثبت خالص)،

نمودار ، را می توان بر اساس آزمایش با آب رسم نمود، اما اگر اجزای فیزیکی مایع های پمپ شدنی ، تفاوت های زیادی را با آب داشته باشد، داده های بدست آمده ، قابل تعمیم نبوده و باید برای آن مایع خاص دوباره محاسبات لازم انجام پذیرد .

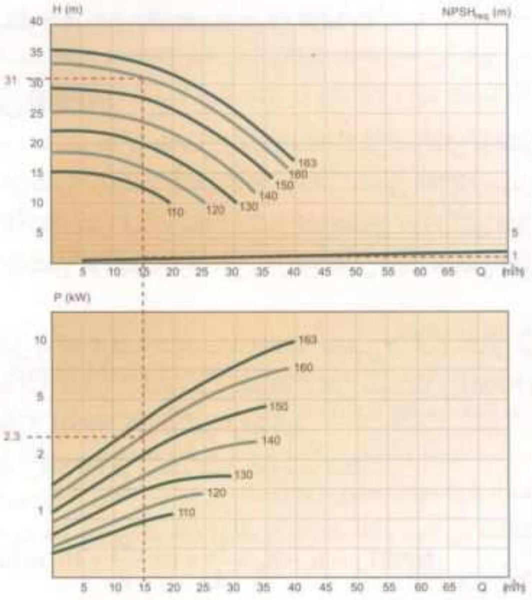
معمولا در انتخاب پمپ ، شدت جریان مایع (Q) لازم را در نظر می گیرند و با توجه به آن دیگر مشخصه های پمپ را معلوم می نمایند. یک مثال از این مورد در شکل (۳-۷-۶) نشان داده شده است . برای مثال در یک پمپ با شدت جریان مایع (Q)، ۱۵ m^3 / h ارتفاع لازم باید محاسبه شود (در اینجا ۳۰ متر در نظر گرفته شده است) .

برای این کار از منحنی های استاندار استفاده می گردد (ازطرف سازنده ارائه می شود) در منحنی از نقطه شدت جریان (Q) - محور افقی منحنی فوقانی شکل (۳-۷-۶) - یک خط نقطه چین عمودی به طرف بالا رسم می گردد، تا در نقطه ای در مقابل ارتفاع ۳۰ متر یکی از منحنی های قطر پره پمپ (QH) را قطع نماید از این نقطه دوباره خط نقطه چینی به محور عمودی ارتفاع پمپ (H)کشیده می شود. . این خط نقطه چین محور (H) را در نقطه ای نزدیک عدد ۳۰ قطع خواهد نمود. نقطه تقاطع هیچگاه دقیقا در برابر عدد ۳۰ نمی باشد . در حالت فوق نقطه تقاطع با منحنی عمودی (ارتفاع) نزدیک عدد ۳۱ متر می باشد. بنابراین در مثال بالا داده های بدست آمده در مورد مشخصات پمپ مورد نظر به این قرار خواهد بود : شدت جریان پمپ ۱۵ متر مکعب در ساعت ، ارتفاع ۳۱ متر ، قطر پره پمپ ۱۶۰ میلیمتر .

در نمودار بعدی (پایینی) محور افقی شدت جریان ۱۵ m^3 / h و محور عمودی نیروی محرکه می باشد در این نمودار خط نقطه چینی از شدت جریان به طرف بالا کشیده شده تا در

نقطه ای منحنی قطر پره های پمپ (۱۶۰ میلیمتر) را قطع نماید از محل تقاطع خطی بـه طـرف محور نیروی محرکه کشیده می شود تا آن را در نقطه ای قطع نماید محل تقاطع نشـان دهنـده نیروی محرکه مورد نیاز خواهد بود که در اینجا ۲/۳ کیلووات می باشد . معمولا مقدار ۱۵ درصد را به عنوان حد ایمنی به مقدار مشخص شده ، اضافه می نمایند ،که به طور تقریـب ، عـدد ۲/۶ کیلووات حاصل می گردد. با این بررسی می توان ، یک موتور ۳ کیلووات ، را مورد استفاده قرار داد .

شکل ۳-۷-۶ *نمودار پمپ برای پمپ های سانتریفوژی*



با توجه به ˚توان˚ انتخاب شده ، این نکته باید مدنظر باشد که موتور پـمپ هرگـز تحـت ˚بار˚ بیشتر قرار نگیرد و حتما در طراحی و حدود مرز ایمنی دقت لازم به عمل آید.

درمنحنی فوقانی شکل(۳-۷-۶)، محور افقی شدت جریان ۱۵ m^3/h ، محـور عمـودی NPSH را (سمت راست) در برابر عدد ۱ متر قطع می نماید. که مشخصه مقدار NPSH برای این پمپ می باشد.

ارتفاع (فشار)

وقتی که یک پمپ ، انتخاب می گردد ، باید ارتفاع (Head) ، H ، آن مشـخص باشـد و بنابرآنچه که در نمودار شکل (۳-۷-۶) نشان داده شده ، برابر ارتفاعی است که مـایع ورودی بـه داخل پمپ (پس از پمپ کردن) بدون بالابردن فشار مکش یا فشار ورودی ، بدست می آورد .

برای بدست آوردن فشار واقعی بعد از پمپ، لازم است ، شـرایط طـرف مکـش پـمپ در نظر گرفته شود . اگر در خط مکش خلاء وجود داشته باشد بخشی از توان پمپ صـرف غلبـه بـر خلاء می گردد. در این حالت فشار خروجی پمپ پـایین تـر از آنچـه در نمـودار نشـان داده شـده است، خواهد بود .

اگر خط مکش پمپ به صورت جاری (Flood) باشد ، ایجاد فشار مثبت در ورودی پمپ باعث افزایش فشار خروجی بیشتر از حد نشان داده شده در نمودار، خواهد شد .

ارتفاع مکش مثبت خالص (NPSH)

همانطور که قبلا شرح داده شد، باید در طراحـی پـمپ و خـط مکـش شـرایطی در نظـر گرفته شود که از بروز، ˚حفره ای شدن˚ درسیستم اجتناب گردد . براساس منحنی NPSH نمودار شکل (۳-۷-۶) ، مقدار NPSH یک پمپ عبارت است از : مقدار فشار اضافی لازم برروی فشار بخار مایع که مانع بروز ˚حفر ای شدن˚ در سیستم گردد . این را ارتفاع مکش مثبت خـالص لازم _ $NPSH_{req}$ _ می نامند .

قبل از این که این عامل به کار گرفتـه شـود، بـاید NPSH حقیقـی در خـط مکـش در شرایط معمولی محاسبه شـود. ایـن داده را˚ ارتفـاع مکـش مثبـت خـالص متوسـط($NPSH_{av}$) می نامند و باید مساوی یا بالاتر از NPSH لازم در نظر گرفته شود .

در فرمول زیر محاسبه $NPSH_{av}$ در سیستم نشان داده شده است .

$$NPSH_{av} = h_s - h_{fs} + \frac{P_a}{d_r} \times 10 - \frac{P_v}{d_r} \times 10 \text{ m liquid column}$$

P_a = فشار برحسب ˚ بار ˚ در سطح مایع
P_v = فشار بخار (بار)
d_r = چگالی نسبی
h_s = ارتفاع ستون مایع در خط مکش ساکن (متر)
h_{fs} = افت فشار در خط مکش ، متر ستون مایع

توجه : مقدار h_s در سیستم با مکش، عدد منفی و برای سیستم با فشـار ورودی، عـدد مثبـت می باشد.

درزبندی (آب بندی) شافت

شافت یکی از اجزاء مهم و حساس در ساختمان پمپ بـوده و بخشـی از آن اتصـال بیـن قسمت چرخنده (محرکه) و قسمت ساکن را برقرار می سازد. به طور معمول از درزبنـد مکـانیکی برای آن استفاده می گردد.

یک حلقه آب بندی کننده (کاسه نمد) سطح متحرک قطعه را بـه سـطح سـاکن اتصـال می دهد. یک لایه نازک مایع در بین دو سطح آب بندی قرار گرفتـه و عمـل لـیز و نـرم کـردن سطح آب بندی را انجـام داده و از تمـاس مسـتقیم بیـن دو سـطح کاسـه نمـد جلوگـیری بعمـل می آورد. این عمل باعث طولانی شدن عمر کاسه نمد خواهد شد. اگر پمپ به طـور خشـک بـه کار انداخته شود ، لایه مایع لیز کننده (نرم کننـده) در سـطح کاسـه نمـد تخریـب شـده و بـاعث تسریع فرسایش حلقه ها (واشرها) آب بندی می گردد.

معمولا درزبند مکانیکی متوازن می گردد یعنی غیر حسـاس بـه فشـار پـمپ مـی باشد. درزبند مکانیکی ، بهداشتی نیازی به تنظیم نداشته و باعث خوردگی بدنه شافت نمی شود. انـواع درزبند به دو شکل، "مکانیکی تکی" و فورانی در دسترس قرار دارند.

درزبندی مکانیکی

درز بندی مکانیکی (منفرد) (Single Mechnical seal) که در شکل (۴-۷-۶) نشـان داده شده ، به طور استاندارد در بیشتر پمپ های بهداشتی در صنایع لبنی به کاربرده می شود.

درزبند مکانیکی ، کاسه نمد در جایگاه مخصوصی واقع در پوسته پمپ و حلقـه متحـرک همراه با یک واشر حلقوی (O-ring) ، در قسمت داخلی یا خارجی محل اتصال شفت پمپ کـار گذاشته می شود. حلقه متحرک در مقابل حلقه ساکن به وسیله فنر فشرده شـده و همـراه شـفت حرکت می نماید.

درزبندی فورانی

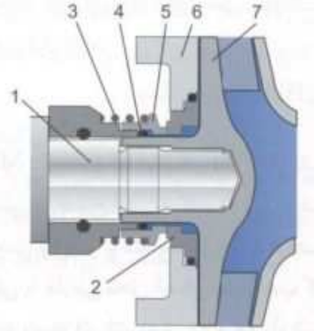
آب بندی نوع فورانی (Flushed seal) که در شکل (۵-۷-۶) ، نشان داده شده ، شامل دو درزبند می باشد، در میان فضای بین دو صفحه آنها ، از آب یا بخار ، برای خنک کردن ، تمیز کردن و یا به عنوان حایل بین محصول و هوای بیرون استفاده می گردد .

استفاده از درزبندی "دورانی" در موارد زیر توصیه شده است :

- در محل هایی که درزبند بـا بخـار یـا محصـول گـرم در تمـاس مـی باشـد، از آن بـه عنـوان سدبخار(Barrier steam) استفاده می شود. مانند درزبندی پمپ هایی که بـرای فـراورده هـای استریل (داغ) به کار می رود.
- نوع "فوران آبی" (Water flushing)، در پمپ هـایی کـه بـرای فـراورده هـای چسبناک یـا انواع فراورده هایی که تشکیل بلور می دهند – مانند محلول های قندی – مناسب است
- در محل هایی که امکان رسوب مواد در روی شفت و یـا در محـل درز بنـدی وجـود دارد ، یـا ممکن است در اثر دمای بالا مواد در محل درزبندی سوخته و رسوب نمایند. از درزبنـدی خنـک شونده با آب (Water cooling of the seal) استفاده می شود. مانند درزبندی پمپ هایی کـه در مسیر دستگاه پاستوریزه کننده قرار دارند .

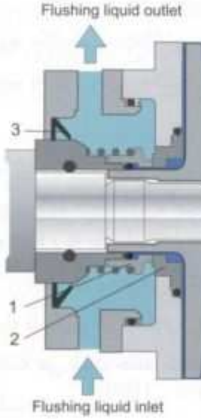
شکل ۴-۷-۶ *آب بندی مکانیکی تکی*

۱- شافت ۲- حلقه ساکن ۳- فنر ۴- واشر حلقوی
۵- حلقه متحرک ۶- صفحه نگهدارنده ۷- پروانه



شکل ۵-۷-۶ *آب بندی شافت فورانی*

۱- حلقه ساکن
۲- حلقه متحرک
۳- آب درزبند



- در پمپ فراورده هایی که در فشار پایین قرار دارند از درزبندی "سـد آبـی" (Water barrier) استفاده می شود. تا هوا به آسانی از فراورده خارج گردد. مانند درزبندی پمپ هایی کـه در مسیر خروجی محفظه خلاء قرار دارند .

فشار سد بخار (Barrier steam pressure) نباید از فشار جو در ۱۰۰ درجه سـانتیگراد بیشتر باشد، زیرا باعث خشک شدن بخار می گردد. اگر سطح درزبندی با بخار خشک در تمـاس قرار گیرند، آسیب خواهد دید. باید مقدار بخار و آب ورودی به درزبند به گونه ای تنظیم شود کـه

در سیستم خروجی ، هیچ نوع انسدادی به وجود نیاید. این نوع سد را در جایی قبل از محل اتصال ها نصب می نمایند.

مواد سازنده درزبندی ها

برای ساخت حلقه های متحرک "درزبندی" (Rotating seal ring) از مواد کربنه و برای ساخت حلقه های ساکن از فولاد ضد زنگ استفاده می گردد. یک ترکیب برتر استفاده از سیلیکون کاربید (Silicon carbide) برای قسمت متحرک و مواد کربنه برای قسمت ساکن می باشد. برای مایعات ساینده اغلب از مواد خیلی سخت مانند سیلیکون کاربید برای هر دو قسمت متحرک و ساکن استفاده می شود.

پمپ های سانتریفوژی (Centrifugal pump)

اصول پمپ کردن

مایع پس از ورود به داخل پمپ به سمت مرکز (اصطلاحا "چشم") پره ها هدایت می شود و در قسمت محفظه پره ها چرخش می نماید، شکل (۶-۷-۶) . در اثر نیروی گریز از مرکز ، مایع با سرعت بالا از مرکز پره ها، وارد مسیر بدنه می شود ، در آنجا سرعت بالا تبدیل به فشار شده و مایع با فشار بالا پمپ را ترک می نماید .

به طور معمول انحنای پره های متحرک متمایل به عقب می باشد و در روی سطح محور چرخنده قرار دارند ، ممکن است در پمپ های کوچک پره ها به صورت مستقیم باشند .

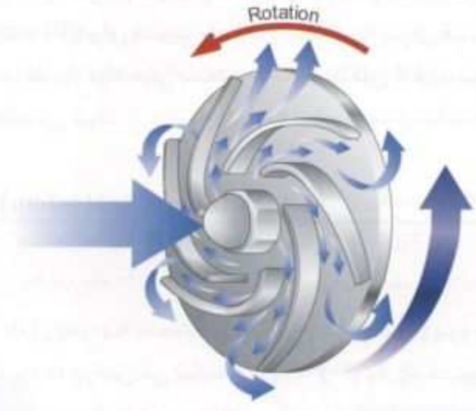
کاربرد های پمپ سانتریفوژی

از پمپ های سانتریفوژی، به طور گسترده ای درصنایع لبنی استفاده می گردد. دلیل این امر ارزان تر بودن قیمت ، سادگی عملکرد، شرایط سهل ترنگهداری و همچنین قابلیت تطبیق آن ، برای عملیات های مختلف می باشد .

برای پمپ کردن مایع هایی با ویسکوزیته نسبتا پایین که لزوم انجام عملیات ملایم در آنها وجود ندارد، می توان از پمپ های سانتریفوژی استفاده نمود. گاهی آنها را برای سیالاتی باذرات نسبتا بزرگ به کار می برند در این صورت اندازه ذرات نباید از ابعاد مجاری ورودی بزرگتر نباشد.

یکی از مشکلات پمپ های گریز از مرکز، عدم توانایی آنها در پمپ کردن مایع های گازدار (Aerated liquids) می باشد. اگر مایع های گاز دار برای پمپ شدن به کار برده شوند سیستم پر نشده و عملیات پمپ کردن متوقف می گردد (یاپمپ خالی عمل می نماید). باید سیستم برای راه اندازی مجددا متوقف شده و با مایع پر گردد. بنابراین پمپ های سانتریفوژی خود راه انداز (Self-priming) نمی باشند و باید خط مکش و محفظه بدنه قبل از راه اندازی با مایع پر گردند. محل استقرار پمپ های سانتریفوژی باید با دقت فراوان طراحی گردد .

شکل ۶-۷-۶ *اصول جریان در یک پمپ گریز از مرکز*



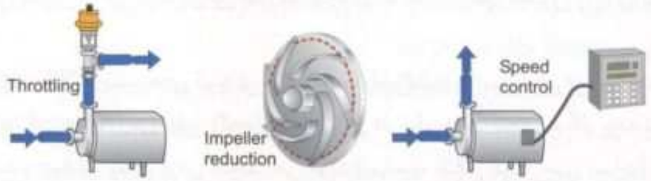
کنترل جریان

به ندرت ممکن است یک پمپ استاندارد، دقیقا با همان ظرفیت مورد نیاز انتخاب گردد. در نتیجه برای تطبیق سیستم از روش های ذیل استفاده می شود :

- استفاده از شیر خودکار - با قابلیت تطبیق بالا ، اما غیر اقتصادی است،
- کاهش قطر پروانه(پره ها)- با قابلیت تطبیق کمتر، اما اقتصادی تر است،
- کنترل سرعت - با انعطاف پذیری بیشتر ، اقتصادی هم می باشد.

سه مورد فوق در شکل (۶-۷-۷) ، نشان داده شده است.

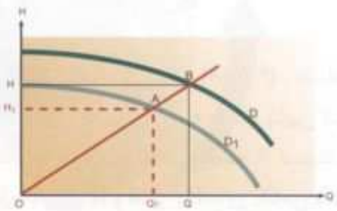
شکل ۶-۷-۷ *روش های کنترل جریان در پمپ های سانتریفوژی*



پمپ ها ی ۶۰ هرتز

اغلب پمپ های سانتریفوژی برای ۵۰ هرتز (Hr) طراحی شده اند . که به معنی چرخش ۳۰۰۰ دور در دقیقه (Revolutions per minute = rpm) برای یک موتور دو قطبی (Tow-pole) می باشد . در بعضی از کشور ها از نیروی ۶۰ هرتز استفاده می گردد . که به معنی افزایش سرعت تا ٪ ۲۰ یعنی ۳۶۰۰ دور در دقیقه می باشد . منحنی پمپ های ۶۰ هرتز از طرف سازندگان این پمپ ها در دسترس مصرف کنندگان قرار می گیرد .

شکل ۸-۷-۶ کاهش جریان وقتی که قطر محرکه از D به D_1 کاهش می یابد



دقت

در نمودار پمپ ها ارتفاع معمولا اندازه ستون مایع بر حسب متر و توان مصرفی برای آب با چگالی ۱ می باشد. یعنی برای پمپ کردن مایعاتی که دارای چگالی بیشتری هستند توان بدست آمده از منحنی باید در چگالی آنها ضرب گردد.

ارتفاع و فشار

چگالی

ارتفاع (Head) پمپ بر اساس متر ستون مایع ، غیروابسته به چگالی (Density) مایع پمپ شدنی می باشد ، چگالی عامل مهمی در تعیین فشار خروجی و توان مصرفی پمپ محسوب میگردد .

اگر پمپ و ویسکوزیته مایع در موارد مختلف مشابه باشند. ستون مایع (هد) بدون توجه به چگالی در همان ارتفاع (به طور مثال ۱۰ متر) بالا خواهد رفت. ارتفاع پمپ نیز برابر همان اندازه ستون مایع می باشد. اما تغییرهای چگالی - جرم مایع - تغییراتی را در عقربه فشار نما نشان خواهد داد. این موضوع در مثال شکل (۹-۷-۶) ، نشان داده شده است .

به طور معمول ، فشار درون پمپ را می توان با ضرب چگالی سیال در ارتفاع برحسب اندازه ستون مایع آب بدست آورد.

شیر خودکار

ساده ترین روش کنترل جریان ، جاگذاری شیر خودکار (Throttling valve) در مسیر خروجی پمپ می باشد. با این وسیله می توان پمپ را در فشار و سرعت جریان لازم تنظیم نمود. این روش برای پمپ هایی که باید در فشار و سرعت جریان های مختلف کار کنند مناسب می باشد، اما به کار گیری این روش در سیستم هایی با فشار و سرعت جریان ثابت اقتصادی نمی باشد.

شیر خودکار را می توان با صفحه های سوراخ دار (Orifice) درون لوله همراه با کنترل دستی یا خودکار نصب نمود، یا می توان از کنترل کننده های مکانیکی جریان ،که اغلب در عملیات شیر کاربرد دارند ، استفاده نمود .

کاهش قطر پروانه

روش دیگر کنترل جریان کاهش قطر پروانه می باشد، در شکل (۸-۷-۶) ، مشاهده می شود که کاهش قطر پروانه از D به D_1 می تواند منحنی پمپ کردن به سطح پایین تری انتقال دهد. قطر جدید(D_1)را می توان با امتداد یک خط مستقیم از O به نقطه A نسبت به حالت استاندارد(B) برای منحنی D رسم نمود. فشار H برای D و فشار H_1 برای D_1 می باشد. قطر پروانه جدید D_1 با فرمول ذیل محاسبه می گردد.

$$D_1 = D \times \sqrt{\frac{H_1}{H}}$$

شکل اقتصادی تر پمپ با کاهش قطر پروانه D_1 حاصل می گردد. منحنی پمپ ها با قطرهای مختلف پروانه، در دسترس می باشند .

کنترل سرعت

تغییرهای سرعت در پمپ باعث تغییر در مقدار نیروی گریز از مرکز- ایجادشده به وسیله پروانه - می گردد و به تبع فشار و ظرفیت پمپ نیز تغییر می یابد.

کنترل سرعت (Speed control) موثر ترین راه برای تنظیم عملکرد یک پمپ می باشد. چرخش پروانه همیشه نمایانگر مصرف نیرو و رفتار مایع می باشد .

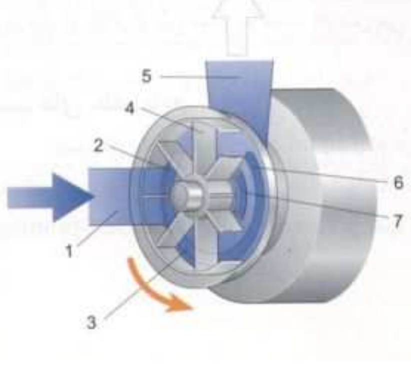
مبدل هایی (با جریان متناوب) با موتور های سه فاز استاندارد می توانند به طور دستی یا خودکار مقدار جریان و فشار را کنترل نمایند .

پمپ ، شامل یک پروانه با پره های شعاعی مستقیم (۴) بوده که در داخل یک غلاف می چرخد ، یک ورودی ، یک خروجی و یک موتور محرکه ، دیگر اجزای آن را تشکیل می دهند. مایع از ورودی (۱) بین پره ها داخل شده و بشکل یک حلقه مایع با چرخشی برابر چرخش پروانه در می آید. دراین حال سرعت مایع افزایش یافته و به سمت بدنه پمپ رانده می شود .

یک شیار در دیواره بدنه این نوع پمپ وجود دارد. این شیار در نقطه ۲ کم عمق می باشد وبه تدریج تا رسیدن به نقطه ۳ عمیق تر و پهن تر می گردد و پس از آن دوباره در نقطه ۶ از عمق آن کاسته می شود. بنابراین وقتی مایع به وسیله پره ها منتقل می گردد شیار (مجرا) همیشه پر می باشد و بدین وسیله حجم قابل دسترس مایع برای پره افزایش می یابد . در اثر حرکت و تخلیه مایع ، یک حالت خلاء نسبی در مرکز به وجود می آید و باعث مکش مایع به داخل پمپ می گردد.

بعد از نقطه ۳ که حجم عبوری از میان پره ها کاهش می یابد مجرا کم عمق می گردد و این باعث سوق دادن مایع به سوی خارج از مرکز و افزایش فشار شده و مایع از میان دهانه ۷ به خروجی ۵ می رود. هوا نیز در این سیستم مانند مایع مکش می گردد .

شکل ۱۰-۷-۶ پمپ "حلقه مایع"



شکل ۱۱-۷-۶ اساس کار در پمپ " حلقه مایع " خود راه انداز

۱- خط مکش ۲- مجرای کم عمق ۳- مجرای عمیق

۴- پره های شعاعی ۵- خروجی پمپ

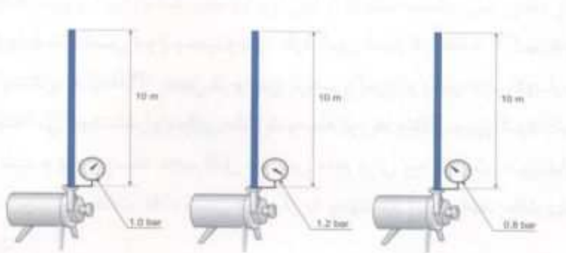
۶- مجرای کم عمق ۷- دهانه تخلیه

شکل ۹-۷-۶ مقایسه مایع و ستون آب برای فراورده هایی با چگالی مختلف

C پمپ کردن الکل چگالی نسبی = ۰/۸
۱۰ متر ستون مایع = $8\,m$
ستون آب ۰/۸ بار

B پمپ کردن محلول قند
چگالی نسبی = ۱/۲
۱۰ متر ستون مایع = $8\,m$
ستون آب ۱/۲ بار

A پمپ کردن آب
چگالی نسبی = ۱
ستون مایع ۱۰ متر
۱۰ متر ستون مایع = ۱ بار



بنابراین پمپ ، برای مایعات غلیظ تر در مقایسه با مایعات رقیق تر ، باید کار بیشتری را انجام دهد . انرژی لازم برای پمپ کردن این مایعات نیز متفاوت می باشد. به طور نمونه در شکل فوق در مثال A موتور یک کیلووات ، در مثال B موتور ۱/۲ کیلووات و برای حالت C فقط موتور ۰/۸ کیلووات انرژی لازم می باشد.

ویسکوزیته

سیالات با ویسکوزیته بالا، در هنگام جریان یافتن مقاومت بیشتری را در مقایسه با سیالات با ویسکوزیته پایین ایجاد می نمایند. بنابراین پمپ کردن مایعات با ویسکوزیته بالاتر باعث کاهش سرعت جریان و کاهش ارتفاع در پمپ می گردد و در مقابل توان موردنیاز افزایش می یابدکه علت آن افزایش مقاومت جریان، در برابرحرکت پروانه و بدنه پمپ می باشد.

پمپ های سانتریفوژی را می توان برای مایعات با ویسکوزیته نسبتا زیاد به کار برد ، اما آنها را برای مایعات با ویسکوزیته بالاتر از ۵۰۰ سانتی پواز (cP) توصیه نمی نمایند. زیرا توان مورد نیاز در بالاتر از این مقدار به شدت افزایش می یابد.

پمپ های حلقه مایع

پمپ های حلقه مایع (Liquid-ring)که در شکل (۱۰-۷-۶) و (۱۱-۷-۶) ، نشان داده شده اند درصورتی که حداقل نیمی از بدنه آنها با سیال پر شده باشد در انواع خود راه انداز (Self-priming) دسته بندی می گردند. این پمپ هابرای مایع هایی گاز دار مناسب می باشند.

موارد کاربرد

در پمپ های "حلقه مایع" فضای آزاد بین پروانه و بدنه بسیارکم می باشد بنابراین آنها قابلیت پمپ کردن فراورده های گاز دار را دارند ، در صنایع لبنی از این ویژه گی برای پمپ کردن فراورده های گاز دار استفاده می شود. زیرا در این مواقع استفاده از پمپ های گریز از مرکز مقدور نمی باشند. استفاده از این نوع ازپمپ ها برای فراورده های ساینده نا مناسب می باشد .

کاربرد عمومی این نوع پمپ ، در سیستم های CIP برای برگشت دادن محلول شستشو پس از شستشوی مخازن می باشد . معمولا محلول های شستشو CIP حاوی مقدار زیادی هوا می باشند.

پمپ های جابجایی مثبت

اصول پمپ کردن

این گروه ازپمپ ها براساس جابه جایی مثبت (Positive displacement) کار می کنند. آنها رابه دو دسته اصلی تقسیم می نمایند : پمپ های چرخنده (Rotary pumps) و پمپ های تناوبی (Reciprocating pumps) . هردسته از آنها خود شامل چندین نوع می باشند .

قاعده کلی پمپ های جابه جا کننده مثبت این است که برای هر تغییر مکان یا تناوب یک مقدار دقیق از مایع - قطع نظر از مقدار ارتفاع H - را پمپ می نمایند.

پمپ کردن مایعات با ویسکوزیته پایین به وسیله پمپ های جابه جا کننده مثبت ، ممکن است ، همراه با افزایش فشار سبب تراوش و نشتی مقداری مایع به داخل اجزای پمپ شود، این امر باعث کاهش جریان در هر تناوب خواهد شد، با افزایش ویسکوزیته این مشکل مرتفع می گردد. کار دریچه کنترل کننده در خروجی پمپ ، افزایش دادن فشار می باشد.

از نکات مهم در این نوع پمپ ها می توان به موارد زیر اشاره نمود :

۱- پس از پمپ، هیچ دریچه ای مسدود کننده ای استقرار داده نشود.

۲- پمپ به یک شیر کنترل فشار، مجهز شود این شیر ممکن است در داخل بدنه یا در مسیر فرعی (By-pass) نصب می گردد .

کنترل جریان

جریان در پمپ جابه جایی مثبت ، معمولا با تنظیم سرعت چرخش پمپ، کنترل می شود. تنظیم حرکات تناوبی پمپ نیز مقدور می باشد .

طول و ابعاد لوله ها

برای انتقال مایع هایی با ویسکوزیته بالا به وسیله پمپ های جا به جا کننده مثبت، باید دقت زیادی در طول و ابعاد لوله کشی سیستم به کار برده شود. جا گذاری صحیح واستفاده از لوله های بزرگ تغذیه از مخازن و جلوگیری از افت فشار از خطر ایجاد کاویتاسیون در پمپ خواهد کاست .

در خروجی پمپ نیز باید مسائل فوق رعایت گردد ، اگر لوله های خروجی باریک و طولانی باشند باعث بالا رفتن خیلی زیاد فشار خواهند شد .

پمپ های دندانه ای

پمپ های دندانه ای (Lobe-rotor pump) شکل (۱۲-۷-۶) ، دارای دو قسمت چرخنده بوده که درهر کدام از آنها معمولا ۲-۳ پره وجود دارد. در اثر چرخش پره ها در ابتدای مسیر ورودی یک خلاء نسبی ایجاد می گردد و مایع رابه داخل پمپ مکش می نماید. مایع ورودی در بین پره و بدنه محبوس می گردد با ادامه حرکت پره ها، مایع محبوس شده به طرف خروجی هدایت می شود. ترتیب این وقایع در شکل (۱۳-۷-۶) ، نشان داده شده است.

پره ها به طور مستقل به وسیله یک چرخ دنده در عقب پمپ حرکت داده می شوند . هیچگونه تماسی بین پره ها با بدنه پمپ وجود ندارد فاصله وفضای آزاد بین همه قسمت های پمپ بسیار کم (باریک) می باشد .

موارد کاربرد

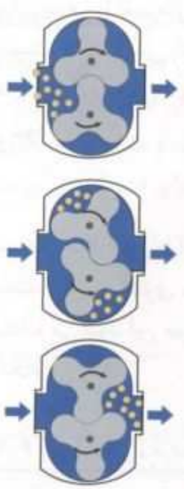
پمپ های دندانه ای ، دارای بازده حجمی ٪ ۱۰۰ (بدون هیچ تراوشی) برای مایع های باویسکوزیته بیشتر از تقریبا ۳۰۰ cP می باشند. طراحی بهداشتی و عملیات ملایم انتقال در این نوع پمپ ها، آنها را برای انتقال فراورده هایی مانند خامه با درصد چربی بالا، محصولات تخمیری و کشت داده شده شیر ، مخلوط لخته وآب پنیر و ... ایده آل ساخته است .

پمپ های مارپیچی (Eccentric-screw pumps)

این پمپ ها مشابه پمپ های دندانه دار بوده ولی برای فراورده هایی با ویسکوزیته پایین تر مناسب می باشند. از نظر بهداشتی به پای پمپ های دنده دار نمی رسد اما برای انتقال محصول ملایمت بیشتری را بخرج می دهند. محدوده کاربرد این نوع پمپ مشابه پمپ های دنده دار می باشد. پمپ های مارپیچی را نمی توان به طور خشک حتی به مدت چند ثانیه راه اندازی نمود زیرا موجب آسیب جدی به آنها می گردد ، شکل (۱۴-۷-۶) .

شکل ۱۲-۷-۶ پمپ های جابجایی مثبت، نوع دندانه ای همراه با قاب و موتور دنده ای

شکل ۱۳-۷-۶ اصول کار پمپ های دندانه ای

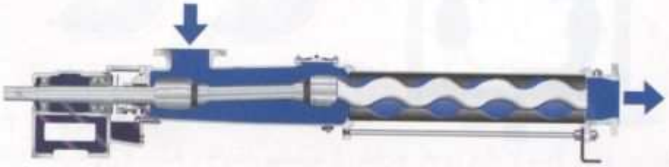


پمپ های پیستونی (Piston pump)

پمپ پیستونی شامل یک پیستون است که در داخل سیلندر قرار دارد و دارای حرکت پس و پیش رونده می باشد ، شکل (۱۵-۷-۶) . این نوع پمپ ها درمحل های ورودی و خروجی دارای شیر خودکار می باشند که مواد را در مسیر درست هدایت می کنند.

از پمپ های پیستونی در صنایع لبنی به طورگسترده ای استفاده می گردد . دستگاه هموژن کننده در اصل نوعی پمپ پیستونی می باشد.

شکل ۱۴-۷-۶ پمپ های مارپیچی



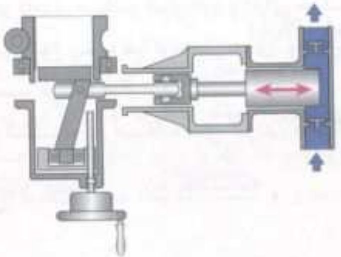
پمپ های دیافراگمی (Diaphragm pumps)

پمپ های دیافراگمی با استفاده از نیروی هوا کار می کنند، شکل (۱۶-۷-۶) و برای عملیات ملایم انتقال در فراورده های حساس استفاده می گردند. فشار خروجی محصول به صورت ضربانی بوده و با تغییرهای فشار محصول ظرفیت پمپ نیز تغییر می نماید ، ولی فشار هوادر این سیستم ها ثابت می باشد. از این نوع پمپ ها عمدتا برای انتقال مواد استفاده شده و در فرایند ها به کار گرفته نمی شوند. اغلب از پمپ های دیافراگمی در واحد های اندازه گیری استفاده می شود .

اصول کار

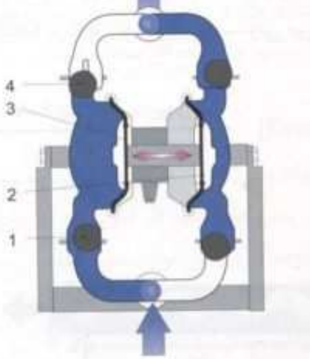
پمپ های دیافراگمی دارای دو واحد عمل کننده یعنی جابه جایی مثبت با دو محفظه متغیر می باشند. برای راه اندازی سیستم، از هوای فشرده به کمک شیر خودکار واقع در پشت دیافراگم استفاده می شود. این عمل کار جابه جایی مایع را از داخل محفظه های متغیر به طور متناوب به انجام می رساند.

شکل ۱۵-۷-۶ پمپ پیستونی با حرکت قابل تنظیم



شکل ۱۶-۷-۶ پمپ دیافراگمی

۱- توپی باز کننده دریچه در زمان مکش
۲- دیافراگم مکنده
۳- دیافراگم پمپ کننده
۴- توپی مسدود کننده دریچه



عمل دیگر دیافراگم ها جدا سازی محصول از هوای فشرده می باشد. با هر ضربان فشار درون محفظه پمپ و هوای فشرده برابر می شود. دیافراگم ها خود در معرض اختلاف فشار نمی باشند. به این دلیل عمر کار کرد آنها طولانی می باشد.

برگشت حالت انقباضی دیافراگم، پس از مرحله فشرده شدن ، باعث ایجاد خلاء در پمپ می گردد این امر منجر به مکش محصول پمپ شدنی به داخل محفظه می گردد. همزمان با این عمل محصول داخل محفظه پمپ ، از طریق دریچه خروجی تخلیه می گردد.

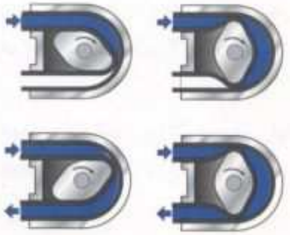
هر دو دیافراگم پمپ ، متصل به یک میله پیستون بوده و هنگامی که محصول در حال تخلیه می باشد از سمت دیگر مکش اعمال می گردد. یعنی هوای فشرده به طور هم زمان دو عمل تخلیه و ورود مواد را به داخل پمپ هدایت می نماید.

پمپ های پریستالتیک (Peristaltic pumps)

پمپ های پریستالتیک (پمپ های انعطافی) را به منظور اندازه گیری نسبتا دقیق محصول می توان به کار برد ، شکل (۱۷-۷-۶) .

محور چرخنده در داخل محفظه ای که با مواد روان کننده پر شده است می چرخد و شیلنگ انعطاف پذیر داخل محفظه را با کمک غلطکهایی می فشارد، در اثر این فشار به طور همزمان در سیستم (شیلنگ) یک تخلیه به طرف جلو و یک مکش از عقب صورت می پذیرد .

این پمپ خود پرکن بوده و برای تخلیه ظروف حاوی آب میوه تغلیظ شده و چربی بدون آب شیر (AMF) مناسب می باشد. استفاده از این نوع پمپ در سیستم های فیلتراسیون رایج است .



شکل ۱۷-۷-۶ *چرخه حرکت در پمپ پریستالتیک*

حجم قابل انتقال درون محفظه، مساوی نصف حجم قابل انتقال در هر چرخش می باشد. این مقدار ثابت از مایع در هر چرخش از سیستم خارج و همزمان از سمت دیگر به داخل سیستم مکش می گردد .

فصل ششم

بخش۸

لوله کشی ، دریچه ها ،اتصالات

سیستم لوله کشی

سیستم لوله کشی عمل نقل و انتقال فراورده های مختلف را در بین اجزا و بخش های متفاوت کارخانه را بر عهده دارد. در کارخانه لبنی مواد مختلفی در سیستم های لوله کشی شده جریان دارند که از جمله می توان به آب ، بخار ، مواد پاک کننده ، مواد سرما زا و هوای فشرده و... اشاره نمود. سیستم های لوله کشی مخصوص جمع آوری و دفع فاضلاب نیز شبیه به موارد فوق بوده ولی در جنس مواد سازنده و اندازه لوله ها آنها تفاوت هایی وجود دارد .

تمام اجزایی که در ارتباط با محصول (شیر) می باشنداز جنس فولاد ضد زنگ (Stainless steel) ساخته شده اند. برای دیگر قسمت های سیستم از مواد مختلفی مانند چدن، فولاد ، مس و آلومینیوم استفاده می شود. لوله های پلاستیکی برای انتقال آب و هوای فشرده مناسب می باشند. از سرامیک برای انتقال فاضلاب وسیستم های تصفیه استفاده می گردد.

در ادامه این بخش بحث فقط روی خط محصول و اجزای آن قرار دارد. سیستم لوله کشی برای محیط های خدمات رسان مانند سیستم های گرما و سرمازا در بحث استقرار ماشین آلات شرح داده خواهد شد .

سیستم لوله کشی و ملحقات آن را می توان به صورت زیر دسته بندی نمود.

- لوله های مستقیم ، زانویی (Bend) ، سه راهی(T) شکل ، تبدیل (Reducer) و اتصال دهنده های دیگر،
- اتصالات ویژه مثل پنجره دید (Sight glass) ، گیره ها و ...
- شیر فلکه های مسدود کننده و جهت دهنده ،
- شیر فلکه های کنترل فشار و جریان،
- پایه ها و بست های لوله ،

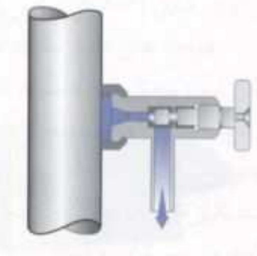
کشور های مختلف استاندارد های متفاوتی را برای اتصالات دارند. از جمله می توان به SMS (Swedish dairy standard) که به طور بین المللی به کاربرده می شود و DIN (آلمانی) ، BS (انگلیسی) ، IDF/ISO و ISO (متداول در امریکا) اشاره کرد.

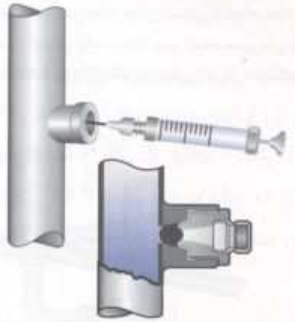
زانویی ها ، سه راهی ها و اتصالات مشابه برای نصب به صورت ثابت - جوش خورده- نیز در دسترس می باشند .

تمام اتصالات باید قابلیت بسته شده به طور کاملا محکم و کیپ را داشته باشند تا از تراوش و نشت مایع به بیرون و مکش هوا به داخل سیستم جلوگیری شود. در صورت ورود هوا به داخل سیستم مشکلاتی در قسمت عملیات های مقدماتی - پایین دست - بروزمی نماید .

اتصالات ویژه

از پنجره دید (Sight glass) در محل هایی که کنترل چشمی فراورده لازم می باشد استفاده می گردد. زانویی ها همراه با لوازم اتصال دهنده برای جاگذاری وسیله هایی مانند دماسنج و درجه نما (Gauges) استفاده می شود. سنسور های اندازه گیر باید مستقیما درون جریان محصول قرار گیرند، تا بتوانند درست ترین داده را اندازه گیری نمایند . از اتصالات برای نصب و جاگذاری دریچه نمونه گیری (Sampling cock) نیز استفاده می گردد .


شکل ۳-۸-۶ *منفذ نمونه برداری*


شکل ۴-۸-۶ *دریچه نمونه برداری جهت آزمون های میکروبی*

دریچه نمونه برداری

دریچه نمونه برداری(Sampling device) برای جمع آوری نمونه هاجهت آزمایش های لازم باید در محل های مناسبی تعبیه گردد. از این دریچه ها در حین فرایند ، برای نمونه گیری جهت کنترل کیفی و تعیین محتویات فراورده های مختلف نظیر میزان چربی، مقدارpH و... استفاده می گردد، شکل (۳-۸-۶) .

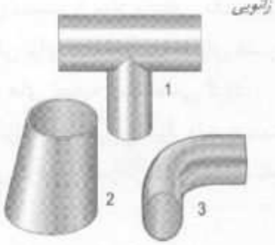
در صنایع لبنی به دلیل ضرورت های بهداشتی باید تمام لوازم در تماس با محصول از جنس فولاد ضد زنگ ساخته شده باشد. برای این نوع فولاد از دو درجه بندی AISI 304 و AISI 316 استفاده می گردد .

نوع دومی را در دسته بندی اغلب تحت عنوان فولاد ضد اسید می شناسند. مشابه (نه دقیقا شبیه) این دسته بندی برای درجه بندی فولاد سوئدی نیز وجود دارد :

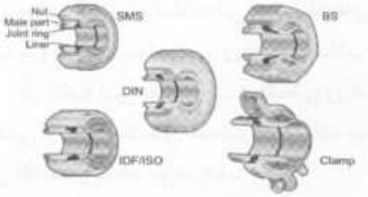
USA	AISI 304	AISI 316	AISI 316 L
Sweden	SIS 2333	SIS 2343	SIS 2359

اتصالات

اتصالات ثابت معمولا جوش داده می شوند. شکل (۱-۸-۶) . زمانی که لازم باشد لوله ها در فاصله های زمانی از هم باز و بسته گردند از انواع قطعات اتصال دهنده مانند حلقه اتصال دهنده با زائده نرو مادگی ، مهره نگهدارنده با حلقه اتصال در وسط ، گیره جفت شونده با حلقه اتصال استفاده می گردد ، شکل (۲-۸-۶) .


شکل ۱-۸-۶ *بعضی انواع اتصالات برای نصب و جوشکاری به صورت ثابت*

۱- سه راهی
۲- تبدیل
۳- زانویی


شکل ۲-۸-۶ *استانداردهای مختلف اتصالات در صنایع لبنی*

International Dairy Federation = IDF
International Standardization Organizations ISO

کار اتصالات سهل نمودن باز و بسته کردن قطعاتی از سیستم ، بدون ایجاد اخلال در عملکرد لوله های حاوی مواد می باشد. اتصالات برای ایجاد ارتباط بین سیستم های فرایند کننده ، اتصال بین ابزار ها و قسمت ها و ... مهم بوده واستفاده از آنهادر مکان هایی که لازم است سیستم به طور مرتب برای تعمیر یا تعویض یا شستشو بازو بسته گردد، ضروری می باشد .

همواره این مسئله به عنوان یک مشکل در پیش روی طراحی کارخانه های لبنی قرار دارد. فراورده های لبنی و محلول های شستشو دهنده در مسیرهای جدا از هم جریان یافته و از همدیگر جدا نگهداری می گردند. ولی در هنگام شستشوی لازم است محلول های شستشو در همان مسیر محصول هدایت گردند. در شکل (۵-۸-۶) چگونگی عبور چهار نوع مایع مختلف در یک مسیر با استفاده از دریچه های "ضد اختلاط" نشان داده شده است .

دریچه های مسدود کننده و تغییر مسیر دهنده

در سیستم لوله کشی کارخانه لبنی محل های زیادی وجود دارد که باید در آن محل ها امکان متوقف کردن جریان مواد یا تغییر مسیر دادن آن امکان پذیر باشد. این عملیات ها به وسیله دریچه های مختلفی مانند دریچه های "مسیر ساز" و دریچه های "مسدود کننده" و... برقرار می گردد.

دریچه های مسیرساز (Seat valves) به طور دستی یا پنوماتیکی کنترل می شوند، از دریچه های پروانه ای نیز برای تغییر مسیر استفاده می گردد.

دریچه های مسیر ساز

دریچه های مسیر ساز (Seat valves) دارای یک محفظه استوانه ای می باشند. در انتهای گردنه این استوانه، زبانه (Plug) متحرکی برای مسدود نمودن مسیر وجود دارد. زبانه در درون بدنه با حرکت به پایین یا بالا، باعث حرکت یک میله یا یک "راه انداز" پنوماتیکی می گردد، شکل (۶-۸-۶) .

دریچه های مسیر ساز به شکل های مختلف در بازار موجود می باشند. این دریچه ها ممکن است سه تا پنج مسیره باشند. نمونه ای از این دریچه ها در شکل (۷-۸-۶) دیده می شود، وقتی زبانه درموقعیت پایین قرار داشته باشد- مطابق شکل - مسیر جریان مایع از ورودی ۲ به خروجی ۱ ادامه می یابد و در حالتی که زبانه در موقعیت بالا قرار گیرد، جریان مایع مستقیما از میان خروجی ۳ خواهد بود ، نمای ساده موقعیت جریان مایع، در سمت راست دریچه ها رسم گردیده است .

این نوع از دریچه ها می توانند بیشتر از پنج مسیر را دارا باشند،که بر اساس نیاز در فرایند های مختلف، شکل دلخواهی از آنها انتخاب می گردند.

روش های مختلفی برای تناوب راه اندازی دریچه ها در دسترس می باشند. برای مثال ممکن است دریچه با هوای فشرده باز شده و با حالت ارتجاعی فنری بسته گردد. یا هردو حالت بسته و باز شدن با استفاده از هوای فشرده انجام پذیرد ، شکل (۸-۸-۶).

نمونه برداری برای بررسی کیفیت بهداشتی فراورده ها باید به صورتی انجام پذیرد که مانع بروز آلودگی ثانویه - از فضای بیرون- درنمونه گردد. برای این کار از یک منفذ نمونه برداری (Sampling plug) استفاده می شود، شکل (۴-۸-۶) . این منفذ یک قطعه مسدود کننده پلاستیکی در انتهای خود دارد. برای نمونه برداری نخست باید تمام قسمت هایی که ممکن است باعث آلودگی نمونه شوند، استریل می گردند (به طور معمول با استفاده از یک اسفنج مرطوب شده با محلول کلر، درست قبل از نمونه برداری سطح منفذ را استریل می نمایند) سپس یک سوزن متصل به سرنگ را از میان منفذ و حائل پلاستیکی به داخل مجرا فرستاده و نمونه برداری انجام می گیرد .

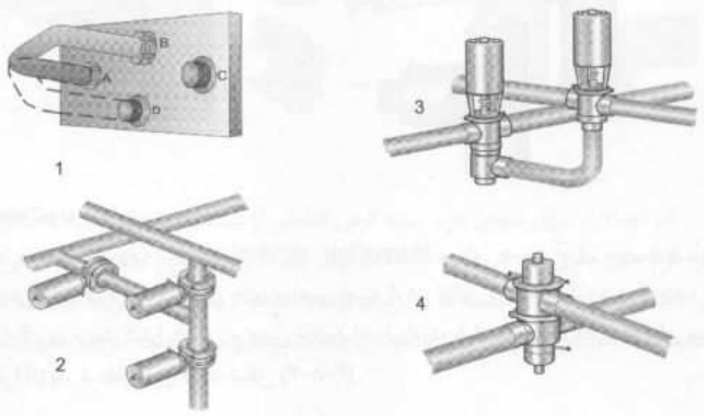
شیر فلکه ها

سیستم های دریچه ای ضد اختلاط

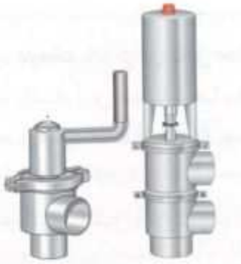
معمولا در سیستم های لوله کشی تقاطع ها و تلاقی های متعددی وجود دارد. گاهی اوقات لازم است برای عبور بعضی مایع ها تعدادی از مسیر ها مسدود گردند و همچنین امکان هیچ گونه تراوش و اختلاط برای دو مایع مختلف در حال گذر از داخل لوله ها وجود نداشته باشد .

شکل ۵-۸-۶ *سیستم دریچه ای ضد اختلاط بهداشتی*

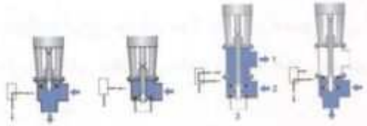
۱- رابط متحرک برای تعویض دستی مسیر ها
۲- سه دریچه مسدود کننده می توانند عمل یکسانی را انجام دهند
۳- یک دریچه مسدود کننده و یک دریچه تغییر دهنده مسیر می توانند همان کار رابه انجام رسانند.
۴- یک دریچه ضد اختلاط می تواند کار راه اندازی جریان سیستم را تامین نماید.



شکل ۶-۸-۶ دریچه مسیر ساز با مسدود کننده دستی مسیر و دریچه های مسیر سازبا سیستم پنوماتیکی تغییر دهنده مسیر . مکانیزم عملیات دربین زبانه مسدود کننده و زبانه تغییر دهنده مسیر در دریچه قابل تغییر می باشد.



شکل ۷-۸-۶ دریچه مسدود کننده و تغییر دهنده مسیر با زبانه ، وضعیت های مختلف متناسب با چگونگی عملکرد در نمودار دریچه ها رسم شده است .



"راه اندازهایی" برای کنترل وضعیت حد واسط زبانه و برای حالت دو مرحله ای باز و بستن در دسترس می باشند .

کلاهک فرمان دهنده – شکل (۹-۸-۶) – در بالای دریچه راه انداز (Actuator valve)کار گذاشته می شود. این دستگاه دارای یک حسگر آشکار کننده بوده و با ارسال سیگنال در موقع لازم مسیر دریچه مغناطیسی را برای ورود هوای فشرده باز می نماید و بدین وسیله حالت باز یا بسته بودن دریچه اصلی را تعیین می نماید. هوای فشرده برای ورود به سیستم از میان صافی روغن گیر عبور داده می شود تا روغن و دیگر نا خالصی های احتمالی موجود در آن که می تواند در صحت عمل دریچه تاثیر گذارد، حذف گردد . با غیر فعال شدن قسمت مغناطیسی جریان هوای فشرده برای مسدود کردن جریان محصول به کاربرده می شود. در این حالت هوا از طریق دریچه محصول با عبور از میان یک سیستم هوا گیر (Exhaust port) تخلیه می گردد .

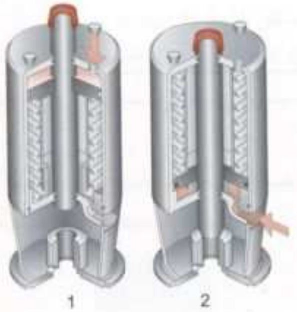
دریچه های پروانه ای

دریچه های پروانه ای (Butterfly valves) نوع دیگری از دریچه های مسدود کننده مسیر می باشند. برای تغییر دادن مسیر ، دو تا از این دریچه ها باید به طور هماهنگ و با هم به کارگرفته شوند ، شکل (۱۰-۸-۶).

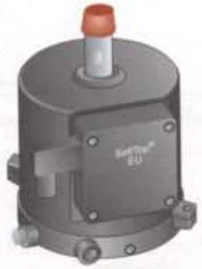
شکل ۸-۸-۶ راه انداز های پنوماتیکی

۱- دریچه با فنر باز شده و با هوای فشرده بسته می گردد .

۲- دریچه با فنر بسته شده و با هوای فشرده باز می گردد.

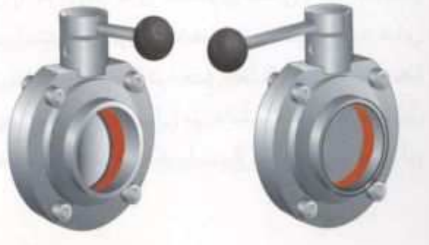


شکل ۹-۸-۶ کلاهک فرمان دهنده : زبانه دریچه که در بالای قسمت راه اندازنده کار گذاشته شده ، وضعیت کار دریچه را نشان می دهد .

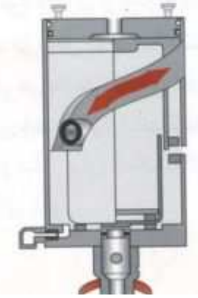


دریچه های پروانه ای اغلب در مسیر فراورده های حساس ، مانند ماست و دیگر فراورده های کشت داده شده شیر به کاربرده می شوند ، زیرا دراین دریچه ها بعلت پایین بودن مقاومت، افت فشار بسیار کم بوده و هیچگونه تلاطمی ایجاد نمی گردد . همچنین این دریچه ها برای عبور فراورده های با ویسکوزیته بالا مناسب می باشند. دریچه های پروانه ای را اصطلاحا دریچه های "مستقیم گذر" (Straight-through valve) می نامند و می توان آنها را در لوله های مستقیم به کاربرد .

شکل ۱۰-۸-۶ دریچه پروانه ای با کنترل دستی ، (چپ)حالت باز ، (راست)حالت بسته



شکل ۱۱-۸-۶ اصول رانش هوا در راه انداز ، برای دریچه های پروانه ای.



دریچه پروانه ای از دو نیمه مشخص و یک حلقه مسدود کننده در بین آنها تشکیل شده است . یک توپی باز یا بسته نمودن مسیرجریان را در مرکزدریچه برعهده دارد. این توپی به وسیله "بوش هایی" (Bushes) برای جلوگیری ازچسبیدن به بدنه حمایت می گردد.

در حالت "باز بودن" دریچه ، توپی مقاومت بسیار پایینی را در مسیر ایجاد می نماید و در وضعیت بسته، توپی در مقابل حلقه دریچه قرار می گیرد مسیر به طور کاملاکیپ مسدود می نماید .

کنترل دستی

معمولا دریچه های پروانه ای همراه با یک دسته ، برای باز و بستن دستی در سیستم کار گذاشته می شوند.

این نوع دریچه ها به عنوان دریچه کنترل کننده جریان مناسب نمی باشند. اما می توان آنها را برای کنترل غیر دقیق جریان مواد در وضعیت های دلخواه به کاربرد.

کنترل خودکار

برای کنترل خودکار دریچه های پروانه ای از یک راه انداز هوای فشرده استفاده می گردد شکل (۱۱-۸-۶). انجام این عمل به صورت های زیر ممکن می باشد :

- مسدودکردن با فنر - باز کردن باهوای فشرده (در حالت عادی بسته ،NC) ،
- مسدود کردن با هوای فشرده - باز کردن با فنر (در حالت عادی باز ، NO)،
- باز و بستن با استفاده از هوای فشرده (A/A)،

توپی به طور آزادانه در داخل حلقه ها قادر به حرکت می باشد و زمانی که به لاستیک بدنه برخورد نماید به نیروی بیشتری برای فشردن لاستیک آب بندی نیاز دارد. یک راه انداز (Actuator valve) معمولی با سیستم فنری (Spring powered) طراحی شده است ، در ابتدا این سیستم که قدرت کمتری لازم است فنر قوی تر بوده وبرعکس درانتها که قدرت زیادتری لازم بوده فنر ضعیف تر می باشد. این ویژگی یکی از فوائد به کارگیری آن به عنوان راه انداز در سیستم می باشد .

نوع دیگری از دریچه های پروانه ای را که دریچه های ساندویچ شکل (Sandwich) می نامند در شکل (۱۲-۸-۶) نشان داده شده است . این دریچه ها همانند دیگر دریچه های پروانه ای می باشند که شرح داده شد. با این تفاوت که آنها را در محل اتصال دو لبه لوله ها جوش می دهند. کارکرد آنها همانند یک دریچه پروانه ای معمولی می باشد. از این دریچه های ساندویچ شکل برای کمک به اتصالات استفاده می گردد و ممکن است از قسمت دریچه ای آن استفاده ای نشود .

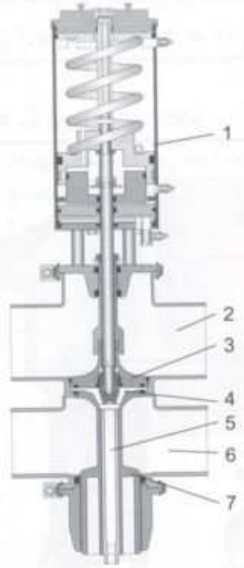
دریچه های ضد اختلاط

سه نوع دریچه های ضد اختلاط (Mixproof valves) در شکل (۱۴-۸-۶) نشان داده شده اند آنها به صورت دوخانه ای یا تک خانه ای می باشند، اما معمولا وقتی که در باره این دریچه ها شرح داده می شود منظور نوع دوخانه ای می باشد در شکل (۱۳-۸-۶) ساختمان اجزای آن نشان داده شده است .

شکل ۱۲-۸-۶ *دریچه پنوماتیکی پروانه ای (ساندویچ) با نگهداری ساده*

شکل ۱۳-۸-۶ *دریچه ضد اختلاط با توپی تعادل دهنده در ساختمان داخلی دریچه*

۱- عمل کننده ۲- مسیر خروجی ۳- توپی بالایی
۴- محفظه جمع آوری کننده تراوشات ۵- دوکی میان تهی
۶- مسیر پایین ۷- توپی پایین با متعادل کننده



نوع دو خانه ای (Double-seat) این دریچه ها از دو محفظه مستقل که دو مایع را از هم جدا می سازد ساخته شده است. یک محفظه نیز برای جمع آوری مایع های تراوش شده بین آنها تعبیه گردیده است. فشار این محفظه باهوای بیرون (جو) یکسان می باشد در نتیجه از نشت مایع ها به بیرون جلوگیری بعمل می آورد.

تعیین و کنترل وضعیت

تعیین وضعیت

یک دریچه ، بسته به نوع طراحی سیستم ممکن است در مکان های مختلفی کار گذاشته شود، شکل (۱۵–۸–۶) . کلید های مختلفی (مانندکلید های القایی) به صورت میکروسوئیچ برای کنترل به کار برده می شود. سیگنال های برگشتی از این کلید ها برای کنترل سیستم به کار می روند.

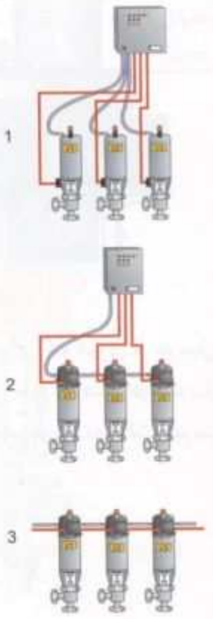
موقعی که از کلید ها فقط برای راه اندازی شیر فلکه ها و دریچه ها استفاده می شود، لازم است به ازای هر شیر فلکه یا دریچه یک "شیر مغناطیسی" نصب گردد. عملیات به این صورت انجام می پذیرد هنگامی که "شیر مغناطیسی" یک سیگنال را دریافت می دارد، هوای فشرده را برای شیر فلکه تامین می نماید و در صورت قطع سیگنال جریان هوای فشرده نیز قطع می شود.

شکل ۱۵–۸–۶ نشان دهنده وضعیت دریچه

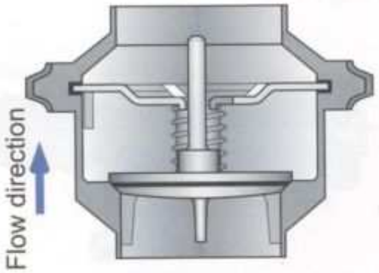
۱- فقط نشان دهنده

۲- نشان دهنده با واحد های بالاتر،

۳-نشان دهنده و کنترل سیستم،



شکل ۱۶–۸–۶ دریچه یک طرفه



محفظه جمع آوری بین قسمت بالایی و پایینی بدنه دریچه، در هنگام فعالیت بسته بوده و ارتباط بین دو طرف دریچه در مسیر لوله کشی برقرار می گردد. در حالت بسته بودن، نخست محفظه بالایی و سپس محفظه جمع کننده مایع ها بسوی بیرون باز می شود. این حالت باعث اتلاف بسیار کم فراورده در هنگام عملیات می گردد .

یک مسئله مهم در این دریچه ها تنظیم و تعادل فشار "توپی" محفظه پایینی می باشد، تا در موقع باز شدن ، باعث وارد آمدن شوک بر روی فراورده نشود، معمولا این عمل با استفاده از فشار آب انجام می پذیرد.

در زمان تمیز کردن مسیر دریچه ها ، توپی های مسدود کننده بالا برده شده و در نتیجه همه مسیرها باز شده وسیستم به یک خط شستشوی درجا (CIP) متصل می گردد .

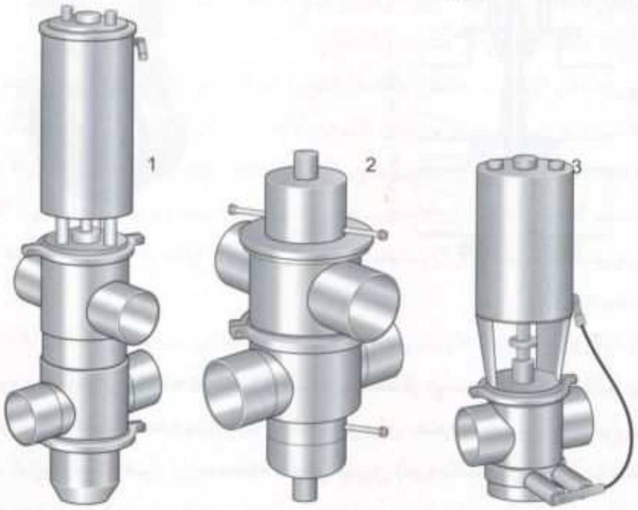
در نوع تک خانه ای ، سطح خارجی بین دو محفظه آب بندی با فشار هوای بیرون یکسان می باشد. محفظه جمع کننده مایع های تراوش شده به وسیله یک دریچه کوچک قبل از فعالیت دریچه بسته می شود. برای شستشو مسیر این نوع دریچه نیز از سیستم "شستشوی در جا" استفاده می گردد.

شکل ۱۴–۸–۶ سه نوع دریچه ضد اختلاط

۱- دریچه دو خانه با دریوش بلند شونده برای تمیز کردن

۲- دریچه دو خانه با سیستم شستشوی خارجی

۳- دریچه یکخانه با سیستم شستشوی خارجی



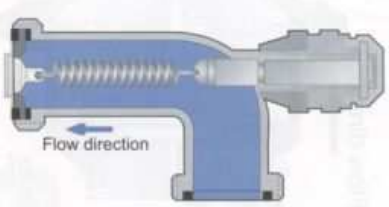
در سیستم شماره (۱) – شکل (۱۵–۸–۶) – یک کابل برق و یک شیلنگ هوا برای هر دریچه لازم می باشد.

در واحد ترکیبی شماره (۲) شیر فلکه راه انداز در بالای هر سیستم نصب می گردد. این سیستم نیز مانند نوع قبلی همان کار را انجام می دهد، با این تفاوت که دریچه مغناطیسی در بالای آن کار گذاشته شده است . بنابراین می توان برای همه آنها از یک شیلنگ هوا استفاده نمود اما باید برای هر دریچه یک کابل برق جداگانه وجود داشته باشد .

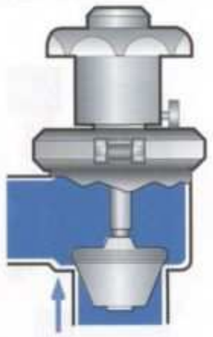
کنترلی نهایی

این واحد نشان دهنده وضعیت سیستم شکل (۹–۸–۶) وبه طور اختصاصی برای کنترل کامپیوتری طراحی شده و شامل یک آشکار ساز وضعیت ، دریچه مغناطیسی و یک واحد الکترونیکی می باشد. با یک واحد از این سیستم می توان تا بیشتر از ۱۲۰ دریچه را با فقط یک اتصال کابل و یک شیلنگ هوای فشرده تحت کنترل قرار داد ، شکل (۱۵–۸–۶) شماره ۳ . این واحد با قابلیت برنامه ریزی مرکزی هزینه نصب و جاگذاری پایینی را دارا می باشد .

شکل ۱۷–۸–۶ *دریچه آزاد کننده فشار*



شکل ۱۸–۸–۶ *دریچه باکنترل دستی وتوپی تغییر دهنده جریان*



دریچه های یک طرفه

دریچه یک طرفه (Check valves) شکل (۱۶–۸–۶) برای جلوگیری از جریان محصول در مسیر غلط جا گذاری می گردد. دریچه بر اثر نیروی جریان مایع در مسیر درست باز می گردد اگر جریان متوقف یا معکوس گردد توپی دریچه در خلاف مسیرجریان به حالت فنریت به عقب برگشته و مسیر را مسدود می سازد .

دریچه های کنترل

دریچه های مسدود کننده و تغییرمسیر دهنده دو وضعیت آشکار باز یا بسته را دارا می باشند ولی در دریچه های "تنظیم کننده" جریان، ممکن است به تدریج تغییر یابند. دریچه کنترل (Control valve) برای کنترل دقیق جریان و فشار در نقاط مختلف سیستم به کار گرفته می شود .

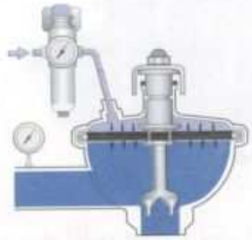
دریچه آزادکننده فشار(Pressure relief valve)، کار تنظیم و نگهداری فشار در سیستم را بر عهده دارد. اگر فشار پایین باشد، فنر، توپی دریچه را در مقابل جایگاهش محکم نگاه می دارد و مسیر را مسدود می کند ، وقتی که فشار سیستم به یک اندازه معین رسید ، نیروی ایجادشده بر روی نیروی فنر توپی غلبه کرده و دریچه را باز می نماید. فشار باز کننده را می توان با تنظیم فشار فنر در حد لازم تنظیم نمود شکل (۱۷–۸–۶).

دریچه کنترل دستی با توپی تغییردهنده جریان ، این نوع دریچه ها دارای یک بدنه با یک نوع توپی ویژه بوده که می توان به طور دستی سرعت جریان و فشار را درآنها تنظیم نمود. یک سیستم درجه بندی ، وضعیت و موقعیت توپی را نشان می دهد، شکل (۱۸–۸–۶) .

دریچه با کنترل پنوماتیکی و توپی تغییر دهنده جریان، این دریچه مانند آنچه در مورد دریچه قبلی گفته شد عمل می نماید. توپی و جایگاه آن مانند نوع دستی مرتب شده است. جریان به تدریج با پایین آمدن توپی قطع می گردد، شکل (۱۹–۸–۶) .

شکل ۱۹–۸–۶ *دریچه کنترل پنوماتیکی با توپی تغییر دهنده جریان*

شکل ۲۰–۸–۶ *دریچه فشار ثابت*



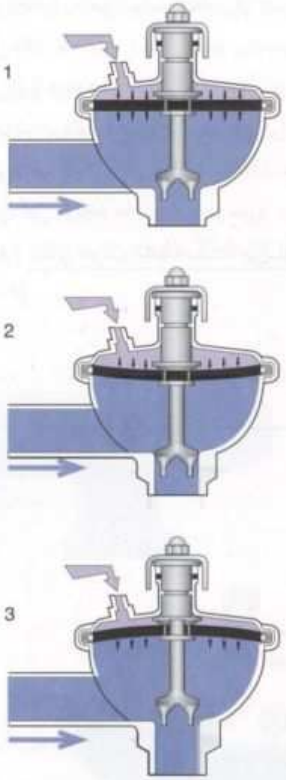
این نوع دریچه برای کنترل خودکار فشار و جریان فرایند به کاربرده می شود. یک رسانه (Transmitter) به طور پیوسته مقادیر داده های فشار و مقدار جریان را اندازه گیری می نماید و سپس آنها را در حد از قبل تنظیم شده متعادل می کند.

شکل ۲۱-۸-۶ *اعمال دریچه با فشار ثابت وقتی که فشار قبل از دریچه تنظیم گردد*

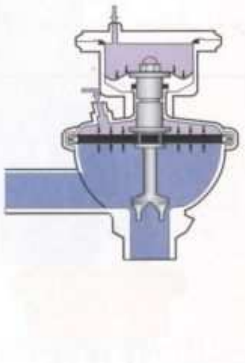
۱- توازن هوا و محصول

۲- افت فشار محصول باعث مسدود شدن دریچه می گردد و در نتیجه فشار محصول افزایش می یابد.

۳- فشار محصول افزایش یافته، دریچه باز شده و فشار محصول به حد از قبل تعیین شده افت می نماید.



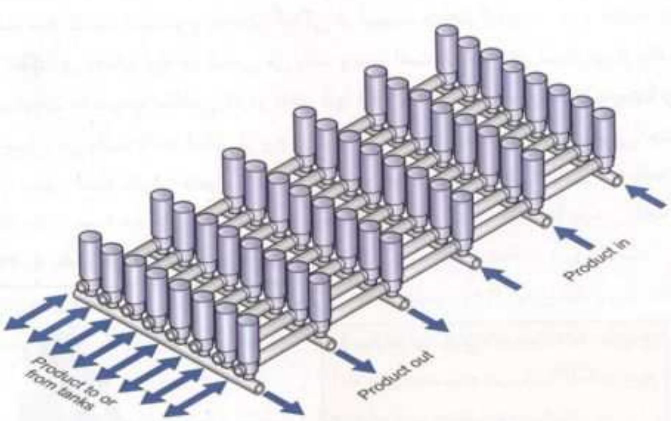
شکل ۲۲-۸-۶ *دریچه فشار ثابت با یک تقویت کننده برای کنترل محصول با فشار بالا تر از فشار هوای قابل دسترس .*



در اغلب موارد از یک دریچه فشار ثابت (Constant-pressure valve) در این سیستم استفاده می گردد ، شکل (۲۰-۸-۶) . هوای فشرده به فضای بالای یک دیافراگم (Diaphragm) رانده می شود. فشار هوا به وسیله دریچه در حد از قبل تعیین شده ، (با قطع نظر از تغییر های شرایط عملیات در سیستم) تنظیم می گردد. در شکل (۲۱-۸-۶) چگونگی عمل دریچه "فشار ثابت" نشان داده شده است .

دریچه به سرعت نسبت به تغییر های در فشار محصول عکس العمل نشان می دهد . کاهش فشار در محصول باعث افزایش نیروی ناشی از فشار هوا بر روی دیافراگم گشته وباعث می شود توپی دریچه همراه با دیافراگم به سوی پایین حرکت نماید، در نتیجه این عمل جریان خروجی کاهش یافته و فشار محصول به حد از قبل تنظیم شده افزایش می یابد . افزایش فشار در محصول، با ازدیاد نیرو بر روی دیافراگم همراه بوده و باعث حرکت توپی و دیافراگم بسوی بالا می شود در نتیجه جریان عبوری افزایش یافته و فشار محصول کاهش می یابد تا این که به حد از قبل تعیین شده برسد. دریچه های ثابت نگهدارنده فشار در دو مدل با فشار ثابت ورودی و فشار ثابت خروجی ، قابل جاگذاری در جلو یا عقب "دریچه های کنترل" در دسترس می باشند.

شکل ۲۳-۸-۶ *ترتیب دریچه ها در یک واحد بزرگ تقسیم کننده مخازن ، برای چرخش مستقل محصول و مایع شستشو در مخازن*



اگر فشار هوای قابل دسترس پایین تر از فشار لازم بر روی محصول باشد دریچه قادر به کار نخواهد بود . در این حالت یک تقویت کننده در بالای دریچه جا گذاری می گردد . در این سیستم دریچه به دو برابر فشار لازم دسترسی می یابد.

دریچه هایی با فشار ثابت ورودی ، در مسیر های بعد از دستگاه سپراتور و پاستوریزاتور کار گذاشته می شوند. از دریچه های با فشار ثابت خروجی در مسیر قبل از ماشین هـای پرکن استفاده می گردد.

سیستم های دریچه ای (شیر فلکه)

دریچه ها و شیر فلکه ها به ترتیبی مرتب و دسته بندی می نمایند تا فضای به هدر رفته به حد اقل رسانده شود و همچنین آنها بتوانند به آسانی و دقت فراورده هـارا بین قسمت های مختلف تقسیم نمایند. دریچه ها و شیر فلکه ها همچنین برای جدا سازی اختصـاصی خطوط از هم نیز به کاربرده می شوند. مثلا ممکن است در یک لحظه از دو خط هم مسیر یکی در حال شستشو و دیگری در حال عبور دادن محصول از خود باشد .

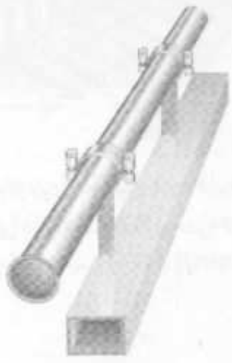
پایه ها و بست های لوله

معمولا لوله ها را درارتفاع ۳-۲ متری از سطح کف کارخانـه کـار مـی گذارنـد . در این حال تمام اجزا باید به آسانی قابل دسترس برای بازدید و نگهداری باشند. خطوط لوله باید باشیب ملایم (۱۰۰۰ : ۱ – ۲۰۰ : ۱) برای "خود جاری شدن" مواد در داخل آنها، نصـب گردنـد. نباید حفره یا فضایی برای جمع شدن مایع شستشو یا محصول در سیستم لوله کشی وجود داشته باشد زیرا باعث عدم کفایت شستشو و پایداری آلودگی در سیستم خواهد گردید.

جاگذاری محکم لوله ها اساسی می باشد و بهتر است با فاصله ای نسبتا دور از یکدیگـر قرار داده شوند، مخصوصا هنگامی که در داخل آنها فراورده هایی – یا مایع شستشو – بـا دمای بالا در جریان می باشد. تا حد امکان از پیچ و خم های نا به جا و نصب بی مورد زانویی اجتنـاب شود زیرا ممکن است تاثیرات ناخواسته ای را در جریان مواد به همراه داشته باشد.

شکل ۲۴-۸-۶ *یک نوع نگهدارنده استاندارد لوله .*

در سیستم لوله کشی باید همیشه یک ورودی آزاد بین محصول و جریـان (CIP) و بیـن فراورده های مختلف موجود باشد



فصل ششم

بخش۹

مخازن

در صنایع لبنی از مخازن برای هدف های مختلفی استفاده مـی گـردد. محـدوده انـدازه آنها از ۱۵۰۰۰۰ لیتر برای مخازنْ ذخیره در واحد دریافت کننده شیر تا حد اقـل ۱۰۰ لیـتر بـرای مخازن کوچک تغییر دارد.

به طور عمومی مخازن را به دو دسته بر اساس کاربردشان تقسیم می نمایند:

- مخازن ذخیره
- مخازن فرایند

مخازن ذخیره

مخازن سیلو

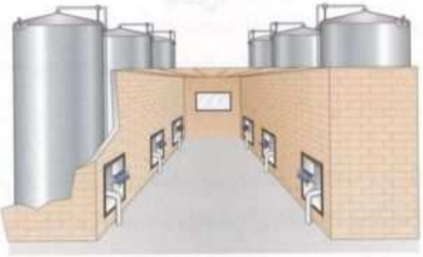
مخازن سیلو (Silo tanks) برای دریافت شیر در زمره مخازن ذخیره دسته بندی شده و در فصل " جمع آوری و دریافت شیر " شرح داده شده است. اندازه آنها متفاوت بـوده و از ۲۵۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰۰ لیتر را شامل می گردد . سطح داخلی این مخازن که در تماس با محصول می باشند از فولاد ضد زنگ ساخته می شود. برای کاهش هزینه ساختمانی اغلب آنها را در خـارج از سـالن تولید قرار می دهند .

در این موارد مخـازن را بـه صورت دو جـداره سـاخته و ضخـامت بیـن دو جـداره را بـا حداقل ۷۰ میلیمتر پشم شیشه، عایق بندی می نمـایند. معمـولا جـداره بـیرونی را بنـا بـر دلائـل اقتصادی از فولاد متوسط ساخته و روی آنرا بارنگ ضد زنگ و خوردگی می پوشانند.

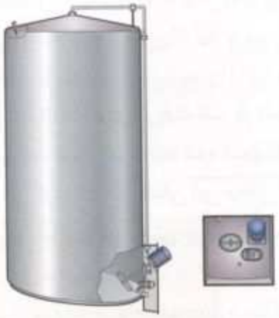
برای تخلیه آسان مخازن ، ته آن را با شیب ۶ درصد به طرف مسـیر خروجـی شـیب دار می سازند. این عمل در اکثر کشور ها یک الزام قانونی دارد .

همراه با مخازن سیلو، انواع مختلفی ازهمزن ها (Agitators) و نمایشگرها (Monitoring) و ... کار گذاشته می شود.

شکل ۱-۹-۶ *نمای تعدادی از مخازن سیلو کار گذاشته شده در بیرون با راهرو ، دریچه آدم رو و سیستم های کنترل*



شکل ۲-۹-۶ *مخزن سیلو با دریچه آدم رو ، موتور و هم زن*



مخازن ذخیره موقت

این مخازن برای ذخیره کوتاه مدت فراورده ها به کار برده می شوند . معمولا پس از عملیات حرارتی و خنک کردن شیر، نخست آن را به یک مخزن موقتی (Buffer tank) پمپ نموده و سپس به طرف پرکن ها هدایت می نمایند. در این حالت اگر پرکن دچار وقفه گردد شیر در مخزن "موقت" منتظر ادامه عملیات باقی می ماند .

معمولا مخازن ذخیره موقت - شکل (۳-۹-۶) - با ظرفیت های ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ لیتردو جداره بوده و جدار داخلی آنها از فولاد ضد زنگ می باشد. این مخازن به منظور ثابت نگهداشتن دمای محصول عایق بندی می شوند. در این موارد جداره خارجی نیز از فولاد ضد زنگ بوده و فضای بین دو جداره با لایه ای با پشم شیشه پر می گردد.

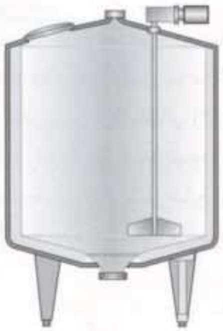
مخازن ذخیره موقت ، مجهز به همزن با اجزای مربوطه ، سیستم تمیز کننده ، سیستم کنترل سطح مایع و کنترل دما می باشند. این لوازم همانند آنچه در مخازن سیلو شرح داده شد می باشند .

به طور عمومی ظرفیت مورد نیاز برای مخازن ذخیره موقتی را ۱/۵ برابر ساعات عملیات معمولی کارخانه در نظر می گیرند، یعنی اگر ظرفیت ساعتی فرایندی ۲۰۰۰۰ لیتر باشد. ظرفیت ذخیره موقتی برابر (لیتر ۳۰۰۰۰=۲۰۰۰۰ × ۱/۵) خواهد بود .

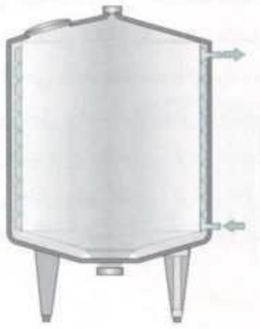
مخازن اختلاط

مخازن اختلاط (Mixing tanks) همان طور که از نامشان پیداست، برای مخلوط کردن فراورده ها به کار برده می شوند، شکل (۴-۹-۶). این مخازن ممکن است به صورت عایق بندی شده دارای جداره فولادی ضد زنگ باشند. معمولا برای عایق سازی، از پشم شیشه در فضای بین دو جداره استفاده می گردد، اما گاهی اوقات کانال هایی در بین جداره داخلی مخازن کار گذاشته شده است که در داخل آنها مایعات سرد یا گرم به وسیله پمپ گردش داده می شود. کار این مجاری حفظ دمای محصول می باشد. این مخازن مجهز به همزن می باشند.

شکل ۳-۹-۶ *یک نوع مخزن ذخیره با ظرفیت ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ لیتر*



شکل ۴-۹-۶ *مخزن اختلاط با مجاری جوش داده شده در روی جداره داخلی*



مخازن فرایند

از مخازن فرایند (Process tanks) برای هدف های تغییر در خواص فراورده ها استفاده می گردد، شکل (۵-۹-۶) . آنها کار برد وسیعی در صنایع لبنی دارند. برای مثال می توان به مخازن "عمل آوری" (Ripening tank) کره ، خامه ، مخازن فرایند فراورده های کشت داده شده مانند ماست ، مخازن بلورین سازی (Crystallisation) ، مخازن تهیه خامه زدنی (Whipping cream) و مخازن تهیه کشت های آغاز گر (Starter) اشاره نمود.

انواع مختلفی از مخازن فرایند وجود دارند که انتخاب آنها بر اساس نیاز می باشد . معمولا این مخازن دارای همزن و حسگرکنترل کننده دما و دیگر تجهیزات کنترلی بوده بدنه آنها از فولاد ضد زنگ ، باعایق یا بدون عایق می باشد .

مخازن تعادلی

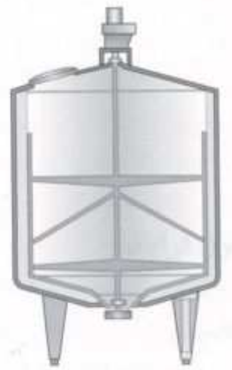
برای انتقال فراورده ها باید به موارد زیر توجه شود:

- فراورده (شیر) باید عاری از هوا و دیگر گازها باشد تا پمپ های سانتریفوژی بتوانند به طور شایسته عمل نمایند .
- برای اجتناب از کاویتاسیون (حفره دار شدن) فشار فراورده تحت فرایند در تمام نقاط ورودی پمپ ها بالاتر از فشار بخار مایع – همان فراورده– باشد.
- یک دریچه انحراف دهنده باید برگشت مایع هایی را که بطور کامل تحت عملیات حرارتی قرار نگرفته به انجام رساند .
- فشار باید در سمت مکش پمپ ، ثابت نگه داری گردد تا یکنواختی جریان محصول در خط برقرار باقی بماند .

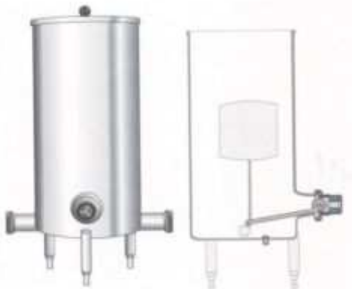
این مشکلات را به آسانی می توان با جا گذاری یک مخزن تعادل (Balance tank) در سمت مکش پمپ حل نمود. مخزن تعادل ، سطح فراورده ورودی را ثابت نگه می دارد. به بیان دیگر ارتفاع مکش در سمت مکش باید ثابت باشد.

مخزن تعادل شامل یک شناور متصل به یک اهرم و یک محور استوانه ای متصل به دریچه ورودی می باشد. متناسب با تغییرات سطح مایع ، شناور به سوی پایین یا بالا حرکت می نماید این عمل باعث باز و بستن دریچه ورودی مایع به مخزن می گردد، شکل (۶-۹-۶).

اگر پمپ مایع بیشتری را از خود عبور دهد ارتفاع مایع پشت پمپ افت نموده و شناور درون مخزن تعادل پایین افتاده ، در این حال دریچه باز شده و باعث ورود بیشتر مایع از مخزن ذخیره به داخل مخزن تعادل می گردد. این عمل سطح مایع را همواره ثابت نگه می دارد .



شکل ۵-۹-۶ *مخزن فرایند عایق شده با همزن تراشنده برای فراورده های ویسکوز*

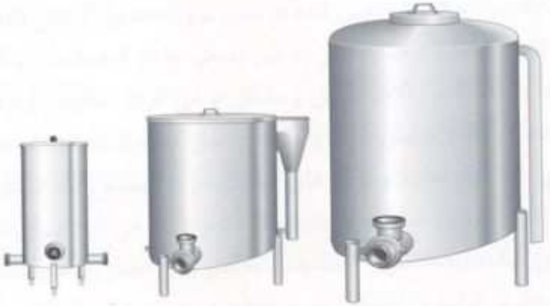


شکل ۶-۹-۶ *مخزن تعادل برای ایجاد فشار ورودی یکسان به داخل پمپ*

معمولا مجرای ورود مایع در ته مخزن کار گذاشته می شود. بنابراین مایع از زیر وارد مخزن می شود. این عمل مانع ورود هوا به داخل فراورده ها می گردد . این کار عملکرد پمپ ها را بهبود می بخشد.

مخازن تعادل اغلب دارای یک سیستم گردشی (Recirculating) می باشند آنها می توانند مایع ورودی به داخل خود را در یک سیستم بسته گردش دهند. یک نمونه دیگر از کاربرد های این مخازن، استفاده از آنها در سیستم مایع شستشو دهنده در خط فرایند تولید هنگام عملیات تمیز کردن می باشد.

شکل ۷-۹-۶ *مخازن تعادل در اندازه های متفاوت وجود دارند.*



فصل ششم

بخش۱۰

کنترل فرایند

اتوماسیون

ماهیت عملیات و فرآوری محصولات در صنایع لبنی، نسبت به گذشته تغییرات سریعی را به همراه داشته است. واحدهای کوچک تر که در آنها اغلب فرایندها با روش دستی انجام می پذیرفت، جای خود را به واحد های بزرگتر با تولیداتی در مقیاس صنعتی داده اند. اکثر عملیات فراوری در کارخانه های کوچک بر اساس مهارت های فردی و به طور دستی انجام می پذیرفت که به تدریج با لزوم توسعه در تعداد و ظرفیت ماشین آلات تغییراتی در آنها پدید آمد ، ولی هنوز پاره ای از عملیات ها ، مانند شستشو که یک کار پر زحمت محسوب می شد، به طور دستی انجام می پذیرفت. زیرا هر ماشینی که در ارتباط با فراورده های لبنی قرار داشت می بایست روزانه پس از کار از هم باز و تمیز می گردید.

از ابتدای دهه پنجاه، شستشوی در جا (CIP) ابداع شدکه امروزه در تمام کارخانه های لبنی به کار برده می شود. در این حالت، ماشین ها برای مدت طولانی نیازی به تفکیک و باز شدن اجزا به منظور تمیز کردن را ندارند. طراحی در این سیستم به گونه ای است که مایع شوینده بر اساس یک برنامه از پیش تعیین شده در مسیر عبور محصول گردش داده می شود.

ماشینی کردن عملیات درصنایع لبنی به طور وسیعی جا باز کرده است. با این حساب انجام کار دستی به همراه ماشین آلات مشکل و مشکل تر می گردد . ماشینی کردن همراه با توسعه ظرفیت محصول باعث افزایش بیشتر واحد های عمل کننده شده است . در این حالت دریچه های زیادی باید عمل نمایند و موتور های متعددی مرتبا سیستم را راه اندازی یا توقف دهند ، در این شرایط زمان بین عملیات به صورت نقاط بحرانی در می آید . برای مثال ، عمل کردن زودتر یا دیرتر یک دریچه ممکن است باعث به هدر رفتن مقدار زیادی محصول گردد. هر گونه رفتار ناهنجار در فرایند و یا انتخاب مسیر غلط به وسیله کاربر اثرات جدی بر روی کیفیت محصول وارد آورده و تبعات اقتصادی را به همراه خواهد داشت.

با گذشت زمان دریچه های کنترل از راه دور طراحی شدند. در این حال دریچه های عمل کننده دستی، جای خود را به دریچه های الکتریکی و پنوماتیکی دادند. کلید راه انداز یا توقف دهنده دریچه ها ، پمپ ها ، همزن ها و موتور ها در تابلو کنترل نصب می گردد. رسانه ها (Transmitters) برای تعیین وضعیت فرایند ها و اندازه گیری داده های سیستم – مانند فشار ، سطح مایع ها ، دما ، pH ، سرعت جریان و... – در محل های مناسب جا گذاری می گردند. برای اخطار دادن به کاربر (Operator) که آیا دریچه ها و موتور ها به درستی عمل می نمایند (حالت بسته یا باز و در حال کار یا توقف) سیستم ویژه ای پاسخ های برگشتی از اجزای عمل کننده را بررسی می کند و اگر اختلالی در عملکرد واحد ها پیش آمده باشد فورا به وسیله علائم صوتی یا نوری اعلام می گردد . بدین گونه سیستم به تدریج به صورت خود کار در می آید.

اتوماسیون چیست؟

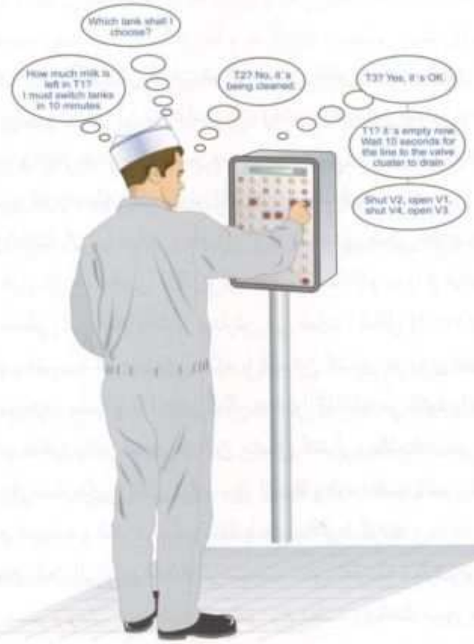
دقیقا بیان ماشینی کردن و کنترل جزئی سیستم در مقدمه این بحث که لزوم انجام اتوماسیون (Automation) را نشان می داد، شرح داده شد ، اما انجام آن منوط به انجام مراحل مقدماتی طراحی می باشد. اتوماسیون به این بیان که تمام اعمال یک فرایند ، تحت نظارت و کارایی مناسب قرار گیرند، نیازمند به کار گیری یک سیستم آموزشی برنامه ریزی شده است. در ذیل به نکاتی درباره طراحی اتوماسیون اشاره شده است .

- استفاده از یک رابط مناسب (Operator interface) که ارتباط بین سیستم کنترل فرایند و کاربر برقرار سازد.
- سیستم های پیشرفته اتوماسیون باید حاوی اطلاعات و داده های مدیریتی برای گزارش ، محاسبه ، تجزیه و تحلیل سیستم باشد.

در یک فرایند خودکار باید هریک از اجزای کنترل ، اطلاعات خاصی را به سیستم انتقال دهند. برای مثال یک سیگنال ارتباط بین سیستم کنترل و فرایند را برقرار می سازد:

- سیگنال خروجی – فرمان دهنده Command– که اجزایی را در خط عملیات راه اندازی می نماید.
- سیگنال ورودی – بازخور Feedback – که از سمت دریچه ها و موتورها به سیستم برگشت می نماید و نشان دهنده چگونگی وضعیت کار – درحال کار یا متوقف – آنها می باشد .
- سیگنال ورودی – آنالوگAnalog – اطلاعات مربوط به وضعیت های زود گذر در فرایند مانند تغییرات درجه حرارت ، فشار و ... را نشان می دهد.
- سیگنال ورودی از نظارت کننده ها – Monitors – که نشان دهنده وضعیت کلی سیستم می باشد. برای مثال حد اکثر سطح مایع در یک مخزن ، حد اقل دما و ... این داده ها با مقادیر از قبل تعیین شده برای هر واحد مقایسه می شود.

شکل ۱-۱۰-۶ چگونگی کاربرد تصمیم منطقی برای حل مشکل به وسیله کاربر


Which tank shall I choose?
How much milk is left in T1? I must switch tanks in 10 minutes
T2? No, it's being cleaned.
T3? Yes, it's OK.
T1? It's empty now. Wait 10 seconds for the line to the valve cluster to drain.
Shut V2, open V1, shut V4, open V3

ضرورت کنترل فرایند خود کار

عامل های متعددی باید در طراحی خط لبنی در نظر گرفته شوند. راه حل های ارائه شده در طراحی برای ارتباط بین عامل های وابسته به محصول ، عامل های وابسته به فرایند ، عامل های اقتصادی و عامل های بیرونی موثر در فرایند باید متقاعد کننده باشد. از عامل های بیرونی می توان به : کارگر ، نوع و مقدار محصول ، کیفیت فراورده ها ، مسائل بهداشتی ، قوانین، توانایی های تولید ، قابلیت های تطبیق فرایند و مسائل اقتصادی اشاره نمود.

عامل های وابسته به محصول شامل مواد خام ، نوع عملیات و کیفیت فراورده نهایی می باشد. عامل های وابسته به فرایند ، انتخاب لوازم و ماشین آلات مناسب را شامل می گردد. حتی اگر خط های فرایند کننده محصول قبلا در طرح انتخاب شده باشند ، برای تولید فراورده های گوناگون باید تمام حالت های حد واسط در نظر گرفته شود. اهمیت دادن به سیستم و لوازم شستشو کننده و توانایی های آن برای رسیدن به تمام هدف های بهداشتی بسیار مهم می باشد. استفاده از روش های بازیابی برای کاهش مصرف انرژی و استفاده بهینه از مایعات

سیگنال های ورودی در واحد پردازشگر (Logic unit) بررسی می گردند . قبل ازادامه موضوع به معنی اصطلاح پردازش سیگنال ها پرداخته می شود .

پردازش

پردازش به عنوان یک رکن اصلی در اتوماسیون نقش دارد. پردازش در اصل دلالت دارد بر پیدایش یک تصمیم و اجرای آن بر اساس یک روش متکی بر منطق . مغز انسان نیز به وسیله تعلیم وتربیت و تجارب در یک مسیر معینی برنامه ریزی شده است . در شکل (۱-۱۰-۶) نشان داده شده است که چه طور یک کاربر یک اصلوب منطقی را برای حل یک مشکل کنترلی به کار می برد. او اطلاعاتی را مانند : مخزن T1 (بزودی خالی خواهد شد) ، مخزن T2 (در حالت شستشو قرار دارد) ، مخزن T3 (پر از محصول است) و ... را از فرایند دریافت می دارد. او نخست به طور منطقی این اطلاعات را پردازش می نماید : شکل (۱-۱۰-۶) چگونگی هجوم سوالات به ذهن او و تصمیم گیری نهایی ، که با فشردن کلیدی در روی تابلو کنترل (Panel) در به راه انداختن دریچه ، پمپ و یا اجزای دیگر به اجرا گذاشته می شود را نشان می دهد.

ظاهرا کاربر مانعی را در مسیر حل این مشکل کنترلی، ملاحظه نمی نماید . اما در عین حال ممکن است ، فرصت های زیادی برای بروز اشتباه وجود داشته باشد . مثلا ممکن است بر اثر یک اشتباه مایع شوینده و شیر در مسیرغلط با هم مخلوط گردند .

از حالت های احتمالی بروز اشتباه در سیستم ، می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- اگر در محاسبه مسیر و زمان عبور شیر اشتباهی رخ دهد ، باعث بروز سوختگی در سطوح انتقال حرارتی دستگاه پاستوریزه کننده خواهد شد.
- بروز اشتباه ممکن است باعث دور ریخته شدن شیر باقیمانده در مخازن در زمان اجرای برنامه شستشو گردد.
- امکان بروز اشتباه در هنگامی که کاربر به طور همزمان چندین عملیات را در واحدهای مشابه رهبری می نماید افزون می گردد .

در یک نظر اجمالی، کنترل فرایند ممکن است ساده به نظر رسد، ولی عملیات کنترل متناوب و همزمان تعداد زیادی از فرایندها بسیار مشکل می باشد. یک مطالعه دقیق، آشکارا صحت موارد فوق را به اثبات رسانیده است. تناوب نظم و ترتیب در انجام عملیات ها در هنگام کار کارخانه، ضامن برقراری کیفیت مطلوب در محصول ، ایمنی و توجیه پذیری اقتصادی سیستم می باشد. از طرف دیگر کاربر ممکن است کنترل منطقی فرایند را به طور نامرتب گاهی کمتر یا بیشتر رعایت نماید. انتخاب او بر اساس برقراری حالات معمول راه اندازی و یا توقف خط در یک ساعت خاص می باشد و سعی می نماید حداقل محصول به هدر رود. هر فرایند را می توان در این مسیرتحت تجزیه و تحلیل قرار داده و تاثیر روند منطقی را در آن مشاهده نمود.

گرم کننده یا سرد کننده (جلوگیری از پرت حرارتی) و شناخت قابلیت های وسائل و لوازم به کار رفته در سیستم بسیار اساسی است. این عامل ها وقتی که سیستم برای کار در شرایط خودکار در نظر گرفته شود اهمیت زیادی خواهند داشت .

به کار گیری صحیح اتوماسیون و داشتن اطلاعات و آگاهی کافی از محصول ، نحوه فرایند، وسیله ها و تجهیزات به کار رفته ، دارای مزایای زیادی است که از جمله می توان به چند مورد زیر اشاره نمود :

- ایمنی
- تضمین کیفیت محصول
- قابلیت اعتماد
- اقتصادی بودن تولید
- قابلیت انعطاف در تولید
- کنترل تولید

ایمنی به این معنی است که به وسیله سیستم کنترل ، هر فرایند دقیقا در همان مسیر از قبل تعیین شده ، حرکت نماید. از اختلاط ناخواسته فراورده های مختلف با هم ، پر شدن بیش از حد مخازن ، آشفتگی های تولید و دیگر اختلال هایی که باعث به هدر رفتن محصول شود جلوگیری به عمل آید ، با به کارگیری اتوماسیون باید این مشکلات مرتفع گردد.

با سیستم کنترل و اصلاح خود کار ، تمام مراحل فرایند دقیقا و همیشه در همان مسیر از قبل تعیین شده طی مسیر نموده و حتی در صورت بروز ناپایداری در فرایند محصول نهایی از کیفیت پیش بینی شده برخوردار خواهد بود .

کنترل دقیق فرایند به معنی مصرف بجا و درست محیط های خدمات رسان مانند مواد گرمازا یا سرما زا ، محلول های شستشو کننده و مصرف صحیح انرژی می باشد . جنبه های اقتصادی تولید در یک طراحی خوب، منطبق برسیستم کنترل دقیق فرایندها خواهد بود .

قابلیت انعطاف سیستم کنترل نیز یکی دیگر از ویژگی های آن می باشد که باید مد نظر قرار گیرد. سیستم باید بتواند با فراورده های مختلف و دستورالعمل های جدید قابلیت انطباق داشته و در آن محلی برای برنامه ریزی مجدد پیش بینی شده باشد .

اتوماسیون سیستم می تواند اطلاعات و آمار لازم را برای تجزیه و تحلیل و محاسبات در خصوص تصمیم گیری های درست در اختیار قرار دهد .

شرح وظایف کنترل

وظایف کنترل در یک سیستم خودکار را می توان درچهار دسته زیر تقسیم بندی نمود :

۱- کنترل دیجیتال(Digital)

۲- کنترل آنالوگ (Analog)
۳- مانیتورینگ (Monitoring)
۴- پردازش اطلاعات

کنترل دیجیتال

کنترل دیجیتال برپایه عمل دو وضعیتی باز یا بسته قرار دارد، شکل (۲-۱۰-۶) . در این حالت ممکن است یک موتور، راه اندازی یا متوقف شود یا یک دریچه باز و یا بسته گردد. این سطح از اتوماسیون با مسائل زیر مواجه می باشد :

آ - کنترل جزئی (Remote control) به این معنی که سیگنال ارسالی از دستگاه های مختلف در یک تابلو کنترل بررسی می گردد.

ب - گروه کنترل ، به این معنی که یک گروه از موضوعات به طور هم زمان کنترل می شوند .

ج - کنترل عملیات ، در دو حالت باز یا بسته ، برای مثال باز یا بستن خط تولید یا کنترل همزن ها.

د- کنترل سلسله ای (Sequence control)، به این معنی که عملیات کنترل به طور ترتیبی انجام می پذیرند . مثال های زیر این موضوع را نشان می دهد.

❖ تناوب مصرف مواد مختلف شوینده ، تناوب زمانی عملیات شستشو
❖ انتخاب مسیر گردش محصول در خط فرایند و سطح پر کردن دستگاه بسته بندی
❖ تناوب مراحل راه اندازی دستگاه پاستوریزاتور

امروزه از سیستم های پیشرفته کنترل سلسله ای برای بهره مندی از توانایی های کامل سیستم ها به فراوانی استفاده می گردد .

کنترل آنالوگ

کنترل آنالوگ - شکل (۳-۱۰-۶) - به معنی کنترل موضوع مورد نظر به وسیله سیگنال آنالوگ می باشد. به طور معمول این نوع کنترل برپایه برگشت پیوسته سیگنال های بازخور (Feedback signal) از واحد عمل کننده به واحد نظارت کننده قرار دارد. به عنوان مثال این سیستم را برای کنترل بخار یا آب داغ در یک دستگاه پاستوریزاتور به کار می برند. در این حالت سیگنال "باز خور" ناشی از میزان دمای پاستوریزاتور به واحد کنترل برگشت می کند.

کنترل آنالوگ در فرایند های عملیاتی کارخانه صنایع لبنی، نقش بسیار مهمی دارد. تعداد چرخه های (Circuits) این نوع کنترل کم و همچنین ساده می باشد. از مهم ترین کاربردهای آن می توان به موارد زیر اشاره نمود :

❖ در دستگاه های پاستوریزه کننده

یک قسمت مهم در مانیتورینگ وجود سیستم خود تشخیصی (Self-diagnosis) است ، دراین حالت سیستم به طور دائم خود را امتحان کرده و در صورت بروز نقص آن را تشخیص می دهد.

پردازش اطلاعات

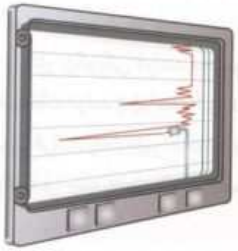
امروزه رایانه امکان ارتقاء سطح بهره وری را افزایش داده است و کار آن محدود به مجاب کردن انجام فرایند یکنواخت در مدیریت تولید نمی باشد. این وسیله می تواند با جمع آوری و تجزیه و تحلیل داده ها، ارتباط بین آنها را مورد بحث قرار دهد، شکل (۴-۱۰-۶) . این توانایی در سیستم های جدید، بسیار پیشرفته شده است . در زیر به چندین نمونه از این کاربرد اشاره شده است :

- ❖ نمایش داده های ناشی از نوسان ها در سیستم و برگشت داده ها از فرایند.
- ❖ نمایش اثرات و تغییرات محصول ، سیستم خودکار در این حالت تمام اطلاعات را دریک دفتر روزانه (Log-book) برای تمام مراحل فرایند و محصول ثبت می نماید . با استفاده از این داده ها می توان برای تمام مراحل تولید و فرایند ها و محصولات نمودار رسم نمود ، مانند :
  - ○ نمودار وضعیت مواد خام
  - ○ نمودار چگونگی فرایند محصول
- ❖ نمایش نوسانات تولید و فرایند ، این داده ها می توانند وضعیت ورودی و خروجی فراورده نهایی و ضمن فرایند را به طور دلخواه به ازای هر شفت یا هر روز یا ماهانه نشان دهند .
- ❖ تجزیه و تحلیل بهای تمام شده محصول ، که امکان ارزیابی اقتصادی سیستم را فراهم می آورد .
- ❖ طراحی تولید را بر اساس کارایی بیشتر و استفاده بهینه از ماشین آلات با استفاده از اطلاعات ورودی به فرایند و تجزیه و تحلیل آنها سهل تر می نماید. همچنین نمای تفضیلی اجزای سیستم نوع کنترل را مشخص می سازد برای مثال در ماشین های پرکن (تولید ، نوع بسته بندی ، اندازه ، و ...) تحت کنترل قرار داده می شود .
- ❖ نگهداری و ثبات شرایط سیستم بر پایه حد اکثر کارایی ، در این حالت مدیریت به فهرستی که در آن ساعت کار کرد هر ماشین و مجموع زمان کارکرد پس از آخرین تعمیر و نگهداری نشان داده شده است ، دسترسی دارد.
- ❖ تضمین کیفیت . در صورت بروز هر گونه اختلال در سیستم فورا منشا آن مشخص شده و با کمک های رایانه برای رفع آن ، کاربر را هدایت می نماید .

- ❖ در سیستم های توزین کننده
- ❖ در سیستم کنترل پمپ ها
- ❖ در سیستم استاندارد کردن ماده خشک یا چربی

اغلب سیستم های کنترل شامل هر دو نوع کنترل آنالوگ و دیجیتال می باشند. این دو نوع کنترل مکمل یکدیگر هستند . برای مثال : کنترل آنالوگ بررسی میزان دمای پاستوریزاتور را انجام می دهد ، برای این کار یک حسگر(سنسور) حرارتی به طور مداوم کار اندازه گیری دما را انجام داده و تغییراتی مانند افت دما بلافاصله منجر به عکس العمل در سیستم می گردد . کنترل دیجیتال یک سیگنال به واحد نظارت می فرستد و جریان مایع را در دستگاه پاستوریزاتور تا زمان تصحیح دما به مسیر انحرافی انتقال می دهد .

شکل ۲-۱۰-۶ *کنترل دیجیتال با دگمه های روشن یا خاموش کننده*



شکل ۳-۱۰-۶ *برای مثال کنترل آنالوگ را می توان با کنترل دمای پاستوریزاتور نشان داد.*

مانیتورینگ

مانیتورینگ به معنی مشاهده علائمی از وضعیت های فرایند (مثلا در روی صفحه نمایشگر) می باشد. در صورت بروز هر گونه اختلال در فرایند ، سیستم فورا اعلام خطر نموده یا علائم اخطاری ارسال می دارد.

مانیتورینگ مبتنی به برگشت سیگنال های بازخور از موضوع تحت کنترل می باشد استفاده از این سیگنال ها به چندین شکل امکان پذیر می باشد :

- ❖ مانیتورینگ نقاط بحرانی ،
- ❖ اعلام بروز نقص،
- ❖ نشان دادن ارتباط بین عامل های جلوگیری کننده از شروع کار یا نقصی که مانع انجام کار می گردد. مثلا ممکن است در برنامه شستشو سطح مایع مخزن شستشو از حد لازم پایین تر باشد ، در این صورت سیستم مسیر را مسدود می نماید .
- ❖ شروع کردن دوباره عملیات به طور خودکار، هنگامی که نقص بر طرف گردد.

شکل ۴-۱۰-۶ اطلاعات مدیریتی امکان ارتقاع بهره وری را فراهم می آورد.

شکل ۵-۱۰-۶ داده های فرایند را می توان در سیستم نمایشگر نشان داد.

سطح تصمیم گیری در اتوماسیون

سطح اتوماسیون متکی برانتخاب لوازم و ارتباط بین آنها می باشد. در این حالت باید شیوه های مختلف ارتباط پذیری بین لوازم و تجهیزات برای اتوماسیون خوب بررسی و تحقیق شده باشد. در عین حال لازم است اطلاعات و دانش وسیعی در باره تمام سیستم های لبنی در دسترس باشد.

در طراحی سیستم اتوماسیون باید انتظارات مورد نظر از سیستم با دقت تعریف شده باشد. معمولا این خواسته ها شامل تاثیرات متقابل کاربری می باشند. یعنی حالت های متداولی از بروز نقص که ممکن است در فرایند رخ دهد و سیستم کاربر را برای برطرف کردن آن یاری نماید. از عامل های مهم دیگر در اتوماسیون چگونگی گزارش کردن و پردازش اطلاعات حاصله از فرایند ها است که باید کاربر را در انتخاب بهترین شرایط در کوتاه ترین زمان هدایت کند .

نقش کاربر

هدف از اتوماسیون ایجاد کارهای اضافی نیست اما در محدوده آن تعداد زیادی از برتری ها حاصل می گردد. توضیحات بیشتردر سیستم نیازمند پرداختن تفضیلی به آن است. برنامه اتوماسیون باید بگونه ای طراحی گردد که بتواند تمام اعمال متداول فرایند را راه اندازی نماید و هنگامی که کاربر عهده دار اجرای تصمیم عمومی دیگری در سیستم می گردد قابلیت اجرای آن را فراهم آورد. مثال عملی این مورد حالتی است که کاربر مثلا مخزنی را برای تولید در نظر می گیرد. سیستم CIP باید تغییرات لازم را در زمان و دما و دیگر عامل ها انجام داده به گونه ای که به جریان اصلی تولید خدشه ای وارد نگردد و همچنین اگر دستوری به طور اشتباه به وسیله کاربر به سیستم وارد گردد ،تصحیح شده و یا اعلام اخطار گردد. عامل های دیگری که در این سیستم برای کمک به کاربر قرار دارد عبارتند از:

- نمایشگر رنگی VDU
- چاپگر ها
- صفحه کلید

نمایشگر (رنگ گرافیک ویدیو)

نمایشگر رنگی (Video Display Unit = TV screen=VDOs) که در شکل (۶-۱۰-۶) نشان داده شده از لوازم معمول در سیستم های امروزی می باشند . به طور کلی باید توجه ویژه ای به ترکیب بندی رنگ و گرافیک در بیان تصویری عملیات ها بر روی صفحه نمایشگر معطوف گردد. طراحی تصاویر ، رنگ آمیزی ، نشانگرهای به کاررفته (Symbols) ، تداخل تصاویر در ضمن انجام عملیات ، ترتیب نما ها و غیره از عوامل مهم در کار می باشند. یک طراحی مناسب با شایستگی هایش کاربر را به وسیله ارائه اطلاعات صحیح ، در زمان درست ، در مسیر مناسب یاری می نماید شکل (۷-۱۰-۶) .

پایانه ها (چاپگر)

چاپگرها دو وظیفه اصلی دارند: اولی چاپ اطلاعات دریافتی (داده ها ی عددی) از کنترل کننده ها مانند گزارش برای کاربر یا نتایج عملیات محاسباتی برای مدیران می باشد. دومین کار آن چاپ اطلاعات گرافیکی صفحه نمایشگر ، مانند نمودارهای منحنی دما یا روند عملیات و ... است .

صفحه کلید

صفحه کنترل مورد استفاده کاربر در محل هایی که دسترسی به آن سهل باشد نصب می گردد و معمولا در آن محل لزوم دسترسی به کنترل موضعی یا وارد کردن اطلاعات لازم وجود دارد. برای مثال محل های دریافت ، ایستگاه CIP ، پاستوریزاتور و ماشین های پر کن ، شکل (۸-۱۰-۶) . صفحه کلید درشکل های متفاوت ، مثلا به شکل جعبه های کوچک باتکمه فشارنده وچراغ های آشکار ساز ، یا به صورت میکروپروسسور همراه با یک صفحه نمایشگر کوچک و ... می باشند .

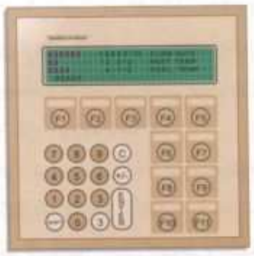
قابلیت برنامه ریزی سیستم کنترل

اتوماسیون یک زمینه عکس العمل سریع در اجرای عملیات می باشد. از چند سال پیش سیستم کنترل فرایند برای اتوماسیون شامل دستگاه الکترومکانیکی همراه با اتصال های مربوطه در یک مجموعه پردازشگر منطقی وارد بازار گردید. آنها امروزه با اجزای الکترونیکی که سریعتر و قابل اعتماد تر می باشند جایگزین گشته اند و همچنین به گونه ای طراحی شده اند که هیچ قسمت متحرکی در آنها وجود ندارد .

یک مرحله در برنامه ریزی سیستم کنترل ، تجمع اطلاعات به صورت بیت (Bits) فشرده در حافظه رایانه ای می باشد. با این عمل قابلیت تغییر برنامه در هر مرحله را به سادگی امکان پذیر می گردد و همچنین از بهای سخت افزار خواهد کاست.

در روش های جدید سیستم کنترل برای کاهش قیمت و همچنین افزودن قابلیت های سیستم ، طراحی و به کار گیری رایانه و میکروپروسسور به طور موضعی انجام می پذیرد . این عمل قابلیت هماهنگی و پتانسیل سیستم را به طور قابل ملاحظه ای افزایش می دهد . پرسسور های جدید می توانند مسئولیت هدایت یک مجموعه از سیستم های کنترلی را برعهده گیرند.

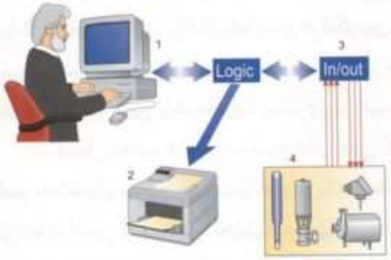
شکل ۸-۱۰-۶ *صفحه کلید برای دستگاه پاستورایزر*



شکل ۹-۱۰-۶ *اصول سیستم کنترل فرایند*

۱- نمایشگر مخصوص کاربر ۲- چاپگر

۳- واحد ورودی و خروجی ۴- لوازمات فرایند کننده

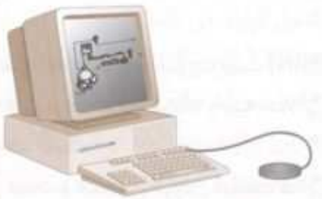


سیستم اتوماسیون معمولا شامل هر دوسیستم

(Programmable Logic Controller = PLCs)

و رایانه شخصی (به طور مثال Personal Computer = PC)

شکل ۶-۱۰-۶ *داده های فرایند در روی نمایشگر نشان داده می شود*



شکل ۷-۱۰-۶ *نمایش اطلاعات کاربری و تلفیق آنها با هم*

سیستم کنترل چگونه کار می کند ؟

سیستم کنترل با استفاده از پردازشگر پس از بررسی سیگنال خروجی از دستگاه ها تصمیم به راه اندازی یا توقف یا مسدود کردن مسیر هارا می گیرد و در مرحله بعد پس از شناسایی سیگنال بازخور آن را برای تنظیم شرایط به کار می برد ، این عملکرد در شکل (۹-۱۰-۶) نشان داده شده است .

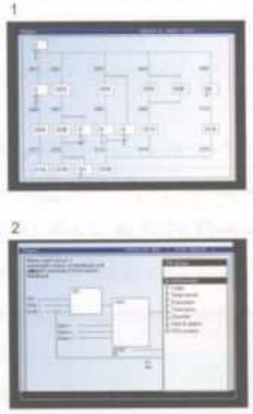
اگر درجواب سیگنال ارسالی از دستگاه ها، سیگنال بازخور مناسبی ارسال نگردد ممکن است یک سیگنال اخطاری فعال گردد. در این حالت فرایند ممکن است متوقف شده یا بر طبق برنامه قسمت دیگری را فعال نماید. پردازشگر می تواند بروز پاره ای از نقایص را از قبل پیش بینی نماید. در فرایندهای پیچیده این عملکرد در تضمین کیفیت و اقتصادی بودن عملیات کمک کننده است. بنابراین باید جامعیت بیشتری در سیستم پردازشگر موجود باشد .

انتقال دهنده ها تمام موضوع های قابل کنترل در فرایند را مانند : اطلاعات مورد نیاز راجع به دماها ، جریان ها ، فشار ها و ... را به صورت سیگنال در اختیار واحد پردازشگر قرار می دهند ، پس از تجزیه و تحلیل این سیگنال ها ، پردازشگر ، سیگنال های خروجی متناسب با موضوعات گوناگون را به قسمت های مختلف فرایند ارسال می دارد.

همان طور که در شکل نشان داده شده است ، قسمت مخصوص ورودی و خروجی (۳) سیگنال های دریافتی از فرایند (۴) را به شکل تصحیح شده برای پردازشگر رایانه ارسال می دارد. از دیگر ملزومات مورد نیاز کاربر برای ارتباط با پردازشگر می توان به نمایشگرVDU (۱) ، چاپگر (۲) و صفحه کلید اشاره نمود .

یا چاپ داده های تولید به آسانی ممکن گردد. برنامه همچنین بایدعلاوه بر سادگی ، امکان آزمایش کردن سیستم را نیز دارا باشد. به طور کلی برنامه نوشته شده با زبان سطح بالا امکان ارتباط کاربر با سیستم را باسرعت بیشتری فراهم می آورد .

شکل ۱۰-۱۰-۶ *نمای کمک دهنده جامع در واحد نمایشگر، در داخل هر تابلو شرح عملیات مربوطه داده شده است (۱) نمودار عملیاتی مربوط به هر قسمت رسم می گردد (۲) این برنامه قوی و راحت با زبان معمولی (انگلیسی) امکان ارتباط با کاربر را به سادگی فراهم می سازد .*



برای بهره برداری از حد اکثر قابلیت انعطاف و اعتماد و اقتصادی بودن سیستم های مدرن کنترل فرایند باید موارد زیر را در نظر داشت.

- **پردازشگر باید در ارتباط با کاربر انطباق پذیر (User-friendly) باشد و کارایی لازم را دارا باشد.**
- **سیستم باید به آسانی قابلیت گسترش را دارا باشد.**
- **زبان برنامه نویسی باید از کارایی لازم برخوردار باشد .**
- **سیستم باید دارای راه حل های الکترونیکی موثر و مفید باشد.**
- **سیستم باید دارای نرم افزار لازم برای آزمایش دقت سیستم وآشکار سازی خطا ها و شبیه سازی باشد .**

تدابیر الکترونیکی رفع مشکلات

کارایی فرایند کنترل در اولین سطح (First-class) نیازمند داشتن تدابیر الکترونیکی برای رفع مشکلات احتمالی فرایند می باشد. در غیر این صورت اگر بنا به دلایلی مثلا انتقال دهنده های الکترونیکی و سنسور ها به درستی کار نکنند تمام فرایند در خطر قرار می گیرد.

یک مثال از یک راه حل الکترونیکی مناسب جاگذاری دریچه کنترل به گونه ای که در شکل (۱۱-۱۰-۶) نشان داده شده است ، می باشد. دریک کارخانه لبنی ممکن است در هر لحظه صدها یا هزاران دریچه و واحد عمل کننده با ترکیب بندی و تسلسل خاصی در حال فعالیت باشند. کنترل این سیستم فقط با برنامه پردازشگر رایانه ای مقدور می باشد تابتوان از

می باشد. PLC به طور کلی یک نمونه کوچکتر از رایانه های بزرگ می باشد . اما مرزی بین PLCs و رایانه شخصی ارائه نشده است .

توانایی های مورد انتظار از سیستم کنترل

قابلیت انطباق ، قابلیت اعتماد و اقتصادی بودن از مهم ترین خواسته ها از یک سیستم کنترل فرایند می باشد .

- VDU (نمایشگر) در مقابل کاربر باید راحت بوده و از کارایی لازمه برخوردار باشد .
- سیستم باید ساده و قابل گسترش باشد .
- زبان برنامه ریزی باید از کارایی لازم برخوردار باشد.
- سیستم باید شامل راه حل های موثر الکترونیکی باشد .
- سیستم باید نرم افزاری برای آزمایش تشخیصی و امکان شبیه سازی فرایند را همراه داشته باشد .

توسعه دادن سیستم کنترل

انواع مختلفی ازسیستم های اتوماسیون با قابلیت های متفاوت در بازار موجود می باشند که می توان آنها را با اغلب فرایندها تطبیق داد. یکی از مهم ترین توقعات از هر سیستم توانایی آن به پذیرش توسعه در مواقع لزوم می باشد. یعنی سیستم قادر باشد در هر اندازه لازمه به طور مرحله ای با اضافه نمودن اجزای استاندارد گسترش یابد . مثلا باجاگذاری یک کنترل کننده کوچک در خط دریافت شیر بعدا بتوان با اضافه نمودن تجهیزات کنترلی جدید از همان سیستم برای کنترل عملیات بر روی شیر یا پرکردن وغیره استفاده نمود .

نکته مهم در گسترش سیستم کنترل فرایند ، هماهنگی کامل بین اجزای عمل کننده و سنسور ها می باشد که باید هر دو از یک نوع سیستم باشند .

زبان برنامه ریزی

زبان برنامه ریزی با امکانات کمک دهنده گرافیکی مثل آنچه که در شکل (۱۰-۱۰-۶) نشان داده شده باید طراحی شود تا امکان استفاده را برای افراد غیر ماهر در رایانه به آسانی فراهم آورد .

زبان به کار گرفته شده در برنامه نویسی رایانه باید از نوع سطح بالا(High-level) بوده یعنی به زبان نوشتاری معمولی (انگلیسی) بسیار شباهت داشته باشد. این کار فهم برنامه را برای افراد غیر حرفه ای آسان می سازد. طراحی زبان باید امکان اجرای برنامه را به صورت مدل های مجزا از هم فراهم آورد برای مثال انجام اعمالی مانند پرکردن یک مخزن ، تمیزکردن خط لوله

مثال هایی از سیستم کنترل

کنترل کننده قابل برنامه ریزی کوچک

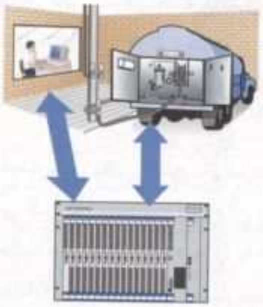
در شکل (۶-۱۰-۱۲) یک PLC کوچک برای یک سیستم اتوماتیک نشان داده شده است. برای مثال با این سیستم می توان یک ماشین منفرد یا یک فرایند تکی را تحت کنترل در آورد مانند : دریافت شیر ، راه اندازی یک دستگاه پاستوریزه کننده یا سیستم شستشو . انجام عملیات هایی مانند دریافت مواد، حالت عملیات غیر مداوم بر روی مواد ، تخمیر ، استریل کردن، پخت و غیره را می توان در PLC مشاهده نمود .

این واحدیک میکروپروسسور برنامه ریزی شده برای کنترل بیشتر از ۲۴۰ ورودی و خروجی می باشد. قسمت ورودی، سیگنال های نشان دهنده وضعیت (دما ، وضعیت دریچه و...) را دریافت می دارد ، سیگنال های خروجی ادامه یا قطع وضعیت را به پمپ ها، دریچه ها و موتور ها و ... اعلام می نمایند .

شکل (۶-۱۰-۱۳) یک نوع PLC کنترل کننده را برای خط دریافت شیرنشان می دهد. میکرو پرسسور دراین واحد به طور ثابت و بادقت مقادیر ورودی را کنترل و آن را با حالت صحیح موجود در برنامه مقایسه می نماید و به طور خودکار فرامین اصلاحی را صادر می نماید .

دریک چنین سیستمی PLC می تواند دستورکاربر را از طریق یک صفحه کلید نصب شده در کنار سیستم دریافت نماید . واحد PLC را می توان به یک VDU برای گرفتن دستورها ، برنامه ریزی و... متصل نمود. همچنین می توان به طور متناوب دستورهای لازم را از یک واحد کنترل دیگر به سیستم دیکته نمود.

شکل ۶-۱۰-۱۳ *نمونه ای از سیستم کنترل کننده* PLC

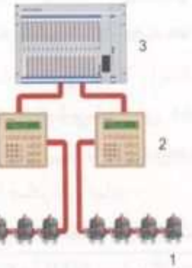


عمل هر دسته از دریچه ها در کوتاه ترین زمان آگاه شد. برای انجام این کار، واحد کنترل نیازمند یک مسیر ارتباطی با تمام دریچه ها و واحد های عمل کننده می باشد. این امر مستلزم جاگذاری دریچه های جدید گرانقیمت است .

شکل ۶-۱۰-۱۱ *سیستم کنترل دریچه*

۱- واحد های دریچه ۲- مودم

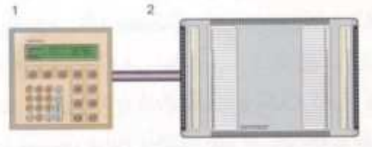
۳- سیستم کنترل PLC



شکل ۶-۱۰-۱۲ *سیستم کنترل برای اتوماسیون محلی*

۱- واحد مخصوص کاربر

۲- PLC باشانگر ورودی و خروجی



سیستم جدید شامل تعدادی واحد های دریچه ای (Valve units) (۱) - به ازای هر دریچه یکعدد - می باشد. هر واحد دریچه ای به یک کابل عمومی و یک خط هوای فشرده متصل می باشد. کابل به وسیله یک مودم (Modem) (۲) با سیستم کنترل ارتباط داده می شود (۳) . جاگذاری این سیستم بسیار ساده و ارزان است .

این سیستم می تواند تا بیشتر از ۱۲۰ دریچه را از طریق کابل اتصال تحت کنترل خود قرار دهد. همچنین نیروی برق نیز از طریق همین کابل به آنها منتقل می گردد . چندین مودم که به طور سری به یک سیستم خودکار متصل شده اند کار ارتباط و انتقال فرامین را انجام می دهند .

از دیگر فوائد مهم این سیستم، دو مسیره بودن آن است یعنی وقتی دستور باز یا بستن دریچه ای صادر می گردد ، واحد کنترل دریچه با بررسی گزارش وضعیت قبلی آن عمل می نماید. دستگاه مودم امکان دریافت اطلاعات لحظه ای حالت های تمام دریچه ها را به طور مداوم مهیا می سازد. این وضعیت امکان شناخت و رفع اختلال در سیستم را بسیار سریعتر می سازد، به خصوص در مواردی که یک دریچه به طور منفرد دچار اشکال شده باشد شناسایی و رفع مشکل آن سریعتر می باشد .

تکمیل طرح کنترل

مرحله بعدی شکل دادن به طرح تکمیل شده سیستم کنترل می باشد. معمولا طراحی و ساختار اتوماسیون، بر پایه بیش از یک سطح از فرایندهای تولید قرار دارد. برای مثال تولید کره، پنیر و شیر هر کدام در سطح مخصوصی طبقه بندی می گردند و هریک از چندین فرایند کنترل (۱) تشکیل شده اند و اغلب دارای ایستگاه مجزای کاربری (۲) می باشند.

شبکه برای ایجاد ارتباط به واحد های مختلف متصل است . شبکه می تواند سطوح مختلف عملیات را به هم پیوند دهد. بنابراین عامل هایی چون داده ها ، فرامین ، نمودار ها و... مربوط به واحد های مختلف همگی بوسیله شبکه در دسترس قرار می گیرند و می توان بین آنها ارتباط برقرار نمود. یک پردازشگر مرکزی می تواند تمام سطوح عملیات را به هم مرتبط سازد و در صفحه نمایشگر به صورت رنگ و گرافیک- هررنگ مشخص کننده یک نوع عملیات - در معرض دید کاربر قرار دهد.

وقتی که تمام کنترل کننده ها در کارخانه به صورت شبکه به هم مرتبط شدند می توان یک سیستم مرکزی نگهداری را به صورت سیستم پایانه (Terminal) در شبکه فعال نمود. این سیستم قادر خواهد بود امکانات دوباره برنامه ریزی کردن ، اصلاح اشتباهات ، آراستن و مطابقت دادن تمام اطلاعات مربوط به کارخانه را فراهم آورد.

نکته اساسی در یک واحد تولید، حفظ مسیر تولید در جنبه های توجیه پذیر اقتصادی می باشد . سیستم کنترل فرایند حاوی میزان معتنابهی اطلاعات و داده ها از تمام لحظه های فرایند به صورت ، شبانه روزی، هفتگی و ماهیانه می باشد . دانستن وقایع می تواند طراح را بسوی کارایی بیشتر و اقتصادی تر هدایت نماید .

معمولا سیستم های کنترل فرایند دربردارنده مقدار زیادی از داده ها و گزارشات می باشند ، در سیستم مدیریت اطلاعات، بهترین شکل برای کسب اطلاعات و استفاده از پایگاه داده ها (Data-base) و تجزیه و تحلیل آنها استفاده از رایانه (۳) می باشد .

روش جدید مدیریت اطلاعات (Management information system = MIS) می تواند حجم بالایی از داده ها را هدایت نماید و با کمک رایانه ها، تجزیه و تحلیل اقتصادی دقیقی را از گزارش های مختلف تهیه نماید. این عمل در کمک و هدایت برنامه ریزی و جلوگیری از عامل های بازدارنده بسیار مفید می باشد.

(MIS) اغلب، بر پایه استفاده از یک رایانه شخصی (PC) طرح ریزی شده و معمولا از نرم افزارهایی مانند اکسل (Excel) تحت ویندوز (Windows) و غیره استفاده می نماید.

فرایند کنترل غیر متمرکز

PLC با ظرفیت حافظه بالا تر و همراه با امکان محاسبه بیشتر و سیستم گسترده تر ارتباط و سیستم توسعه یافته برای به کار گیری درخط کامل فرایند و یا حتی چندین خط قابل استفاده می باشد شکل (۱۴-۱۰-۶) .

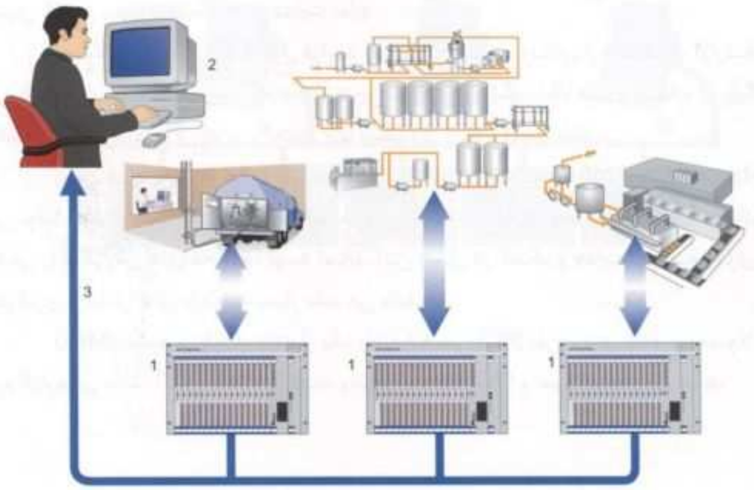
سیستم اتوماسیون با تعدادی از واحد های استاندارد شکل می گیرد:

- کنترل کننده های فرایند (۱)، شماره یا تعداد کنترل کننده ها وابسته به ابعاد فیزیکی فرایند تحت اتوماسیون می باشد .
- مفسرهای کاربر (Operator interfaces) (۲) ، معمولا آنها از یک یا چند دستگاه رنگی نمایشگر - VDUs - تشکیل شده و وابسته به تعداد کاربر ها و سطوح مسئولیت ها می باشد .
- شبکه کابل اتصال دهنده (۳)، در اصل قلب ارتباط بین واحد های مختلف را تشکیل می دهد. کنترل کننده فرایند و VDUs به وسیله شبکه به هم اتصال می یابند.

در این سیستم فرایند های کنترل بر اساس سطح فرایند ها (چند نوع عملیات)، تماما در روی شبکه به هم اتصال دارند و ممکن است دارای یکی یا چند ایستگاه کاربری در مسیر باشند.

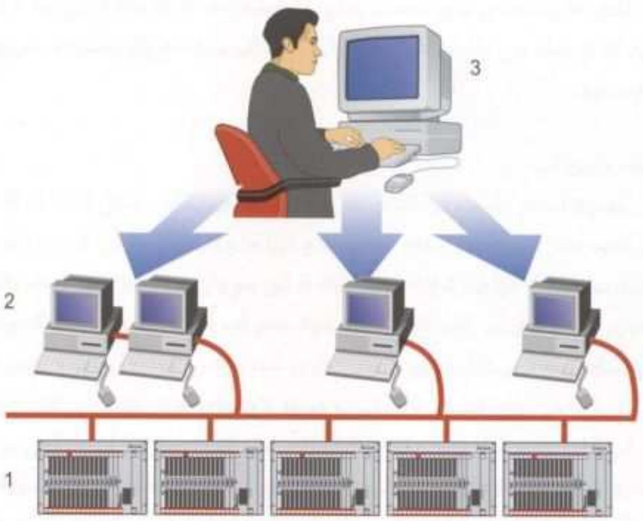
شکل ۱۴-۱۰-۶ *سیستم اتوماسیون بزرگ غیر متمرکز*

۱- کنترل کننده فرایند ۲- نمایشگر کاربر ۳- کابل شبکه



شـکل ۱۵-۱۰-۶ *سیستم ترکیبی همراه با سیستم مدیریت اطلاعات*

۱- کنترل فرایند
۲- نمایشگر مخصوص کاربر
۳- سیستم مدیریت اطلاعات



بخش۱۱

سیستم های خدمات رسان

پیش نیازها برای فرآوری شیر

عامل های متعددی برای خدمات رسانی به عملیات ها در کارخانه لبنی به کار گرفته می شوند که از جمله می توان به آب ، بخار ، آب داغ ، آب سرد ، هـوای فشرده ، نیروی برق و ... اشاره نمود.

تجهیزات تامین آب

معمولا آب در طبیعت در یک چرخه بسته حرکت می نماید ، شکل (۱-۱۱-۶) . گرمای خورشید باعث بخار شدن آب از سطح دریاچه ها و دریا ها و اقیانوس ها می گردد. در این شکل آب به صورت بخار در هوا قرارگرفته و همراه باد به این سو وآن سو منتقل می گردد. وقتی که دمای هوای حاوی بخار آب بقدر کافی کاسته شود، بخار آب به صورت باران ، تگرگ و یا برف نزول می نماید و به صورت آب های سطحی جاری شده و به رودخانه ها ریخته و سرانجام به دریاچه و دریا ها می ریزد، قسمتی ازآب نیز به وسیله لایه های خاک جذب می گردد.

آب برای بیشتر مواد نقش یک حلال را بازی می کند، بنابراین آب خالص در طبیعت وجود ندارد. اگر در هوا گازهایی مانند اکسید سولفور موجود باشد به آسانی در آب (بخار آب) حل شده و باران های اسیدی را ایجاد می نمایند. امروزه این امر یک مشکل جدی را در کشورهای صنعتی تشکیل داده است. آب ضمن جاری شدن در سطح زمین مواد مختلفی مانند: مواد آلی ، سموم آفت کش ، پس مانده های شیمیایی کارخانه ها و... را در خود حل می نماید. میکروارگانیزم های موجود درخاک نیز به آسانی وارد آب می گردند .

زمانی که آب به طور عمقی از میان لایه های مختلف خاک عبور می نماید بیشتر مواد آلی و میکرو اورگانیزم ها و مواد شیمیایی همراه آن حذف می گردند، یعنی لایه های خاک مانند یک صافی عمل می نمایند. اما در این حالت مقداری از نمک ها موجود در خاک به آب اضافه

می گردد، بنابراین آب معمولا غنی از انواع املاح می باشد. بعضی از املاح مانند سدیم ، پتاسیم، منیزیم ، کلسیم ، کلر ، کربنات ، نیترات و سولفات به صورت یون درخاک یافت می شوند و به آسانی در آب حل می شوند .

به طور کلی، ترکیبات همراه آب بر اساس وجود آلودگی های ناشی از فاضلاب ها ، ویژگی های محلی خاک و دیگر عامل ها، از محلی به محل دیگر تفاوت دارد. اگر چنین آبی که در آن مواد معدنی مختلفی حل شده است مستقیما برای صنایع لبنی به کار برده شود، باعث بروز مشکلات جدی در فرایند می گردد. بنابراین آب ورودی به سیستم کارخانه های لبنی باید تصفیه شود و مواد مضر موجود در آن با روش های تغلیظ ، خنثی سازی و... حذف گردد .

در بیشتر کشور ها قوانین سختی در باره محدوده محتوای میکروبی و ترکیبات مواد آلوده ساز موجود درآب وجود دارد. معمولا در این کشور ها بر اساس قانون برای بررسی دقیق آب ، روش های تجزیه ای، نمونه برداری و محدوده فواصل بین نمونه برداری ها دقیقا و باصراحت معلوم و مشخص شده است. دسته بزرگی از بیماری های گوارشی به وسیله آب آلوده منتقل می گردند ، بنابراین به طور معمول برای تشخیص آلودگی میکروبی آب، از جستجوی وجود یا عدم وجود اشرشیا کلی (E.coli) (دسته ای از میکرو اورگانیزم ها که در روده و سیستم گوارش جانداران و انسان زندگی می نمایند) استفاده می گردد. وجود اشرشیا کلی نشانه آلودگی مدفوعی آب می باشد .

در صنایع لبنی، مقدار معتنابهی آب برای هدف های گوناگون مانند فرایند های پیش حرارتی ، آبکشی لوازم ، برودتی، شستشو و ... مصرف می گردد. مقدار مصرف بر اساس روش های مصرف و اینکه از آب برای تولید نیز استفاده گردد، متفاوت می باشد. استفاده از آب برای تولید به معنی مصرف آب برای تولید شیر بازساخته (Recombining milk) از پودر یا محصول تغلیظ شده ، می باشد.

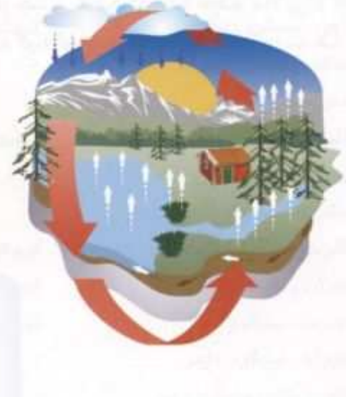
در صنایع لبنی اغلب ازسیستم آبرسانی شهری استفاده می شود. معمولا منشا این آب رودخانه ها یا دریاچه می باشد که پس از تصفیه برای آشامیدن مناسب شده است . فشار آب مصرفی در صنایع لبنی نیز باید در حد لازم باشد. معمولا مقدار ورودی آب بر اساس واحد حجمی اندازه گیری شده و پرداخت بهای آب مصرفی بر اساس حجم مصرفی و مالیات تصفیه فاضلاب شهری می باشد.

بیشترکارخانجات لبنی چاه آب مخصوص به خود دارند . معمولایک چاه به صورت استوانه ای ساده است که به طور عمودی در زمینی که در آن سفره آب زیر زمینی قرار دارد حفر شده و سطح آن بسته می باشد ، شکل (۲-۱۱-۶) . اکثرا آب چاه را با کمک پمپ های شناور بالا آورده و در یک آب انبار (نوع تعبیه شده در سطح زمین و یا مخازن هوایی) ذخیره می نمایند. سپس آب از آب انبار به وسیله پمپ یا نیروی ثقل به نقاط مختلف کارخانه فرستاده می شود .

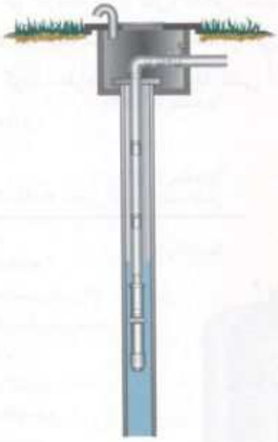
تصفیه آب

آب با کیفیت های مختلف ، کاربردهای متفاوتی را در صنایع لبنی دارد. امروزه از روش های تصفیه غشایی (فیلتراسیون)، نرم سازی (Softening) - کاهش سختی آب - تبادل یونی ، استریل کردن ، تقطیر کامل و اسمز معکوس ، برای دست یابی به آب با کیفیت بسیار بالا استفاده می گردد. این کار هزینه بالایی دارد ، در اصل نوع کیفیت آب مورد نیاز روش های تصفیه آن را معین می سازد .

شکل ۱-۱۱-۶ *چرخه آب در طبیعت*



شکل ۲-۱۱-۶ *تنوره چاه با پمپ شناور*



آب به کار رفته برای تولید فراورده های لبنی باید از کیفیت بسیار بالایی برخوردار باشد و حتی در برخی جهات از آب اشامیدنی برتری هایی را داشته باشد. این آب باید کاملا صاف ، عاری از بو ، رنگ ، مزه ، نرم (بدون سختی) و به نوعی استریل باشد. نرم کردن آب (گرفتن سختی) به معنی کاهش محتوای کلسیم و منیزیوم و حذف کلر، برداشت باقیمانده کلر ضدعفونی کننده به وسیله فیلتراسیون و عبور دادن آن از میان کربن فعال می باشد. در تابلو (۱-۱۱-۶) ویژگی های آب آشامیدنی و آب قابل استفاده در صنایع لبنی نشان داده شده است.

تابلو ۱-۱۱-۶ *ویژگی های آب*

ترکیبات	آب آشامیدنی	آب برای صنایع لبنی
باکتری کلیفرم، کلنی / ۱۰۰ میلیلیتر	کوچکتر از ۱	۰
باکتری ژلاتین ،/ میلیلیتر	کوچکتر از ۱۰۰	۰
رسوب ، میلیگرم / لیتر	نداشته باشد	نداشته باشد
تیرگی ،	نداشته باشد	نداشته باشد
بو	نداشته باشد	نداشته باشد
مزه	نداشته باشد	نداشته باشد
درجه رنگ	کوچکتر از ۲۰	کوچکتر از ۱۰
مواد خشک ، میلیگرم / لیتر	کوچکتر از ۵۰۰	کوچکتر از ۵۰۰
پرمنگنات مصرفی ، میلیگرم / لیتر	کوچکتر از ۲۰	کوچکتر از ۱۰
آمونیوم ، میلیگرم / لیتر	کوچکتر از ۰/۵	-
کلسیم + منیزیوم ، میلیگرم / لیتر	کوچکتر از ۱۰۰	کوچکتر از ۱۰۰
سختی کل ، کربناته ، میلیگرم / لیتر	-	کوچکتر از ۱۰۰
آهن ، میلیگرم / لیتر	کوچکتر از ۰/۲	کوچکتر از ۰/۱
منگنز، میلیگرم / لیتر	-	کوچکتر از ۰/۰۵
مس ، میلیگرم / لیتر	۰	۰
آلومینیم ، میلیگرم / لیتر	کوچکتر از ۰/۱	کوچکتر از ۰/۱
روی ، میلیگرم / لیتر	۰	۰
بیکربنات ، میلیگرم / لیتر	-	کوچکتر از ۸۰
کلرید ، میلیگرم / لیتر	کوچکتر از ۱۰۰	-
نیترات ، میلیگرم / لیتر	کوچکتر از ۳۰	-
نیتریت ، میلیگرم / لیتر	کوچکتر از ۰/۰۲	-
فلوراید ، میلیگرم / لیتر	۱	۱
کلرین مازاد ، میلیگرم / لیتر	-	۰
جلبک، پروتوزوآ و غیره	نداشته باشد	نداشته باشد
مواد سمی	نداشته باشد	نداشته باشد
pH	۷-۸/۵	۷-۸/۵

برای مثال: چنانچه در یک کارخانه لبنی، حجم بالایی از آب بـه طـور ناگهـانی مصـرف شود و این حالت چندین بار و در فاصله های زمانی کوتاه رخ دهد، ممکن اسـت منجـر بـه افـت شدید فشارآب در سیستم گردد. این حالت برای عملکرد دستگاه هایی که با فشـار خـاصی از آب کار می کنند، نامناسب می باشد.

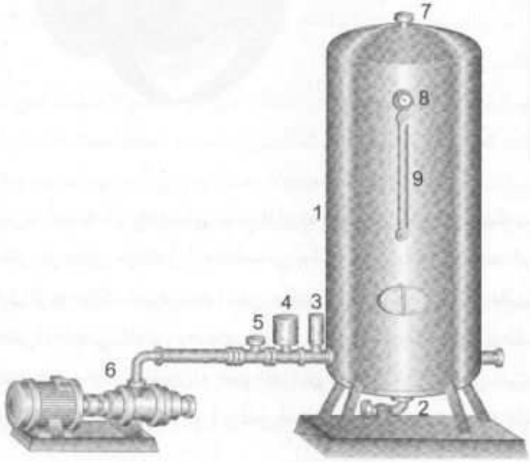
معمولا انتقال آب از طریق لوله ها انجام می پذیرد. آب سختی گیری شده مانع تشـکیل رسوب و بروز انسداد در لوله ها می گردد. برای جلوگیری از رسوب دهی ، آب تغذیه دیگ هـای بخار (Boilers) باید سختی گیری (نرم شده) شود. تولید پوسته رسوبی در دیـگ هـای بخـار از نظر ایمنی و اقتصادی مطلوب نیست .

طراحی سیستم لوله کشی آب

در صنایع لبنی ، برای انتقال آب از سیستم لوله کشی اسـتفاده مـی شـود. لولـه هـایی از جنس فولاد ضد زنگ با قطر ۲/۵ اینچ (۶۵ میلیمـتر) یـا بزرگـتر را بـرای ایـن منظـور بـه کـار می برند. برای لوله کشی های کوچکتر، لوله هایی از جنس فولاد گالوانیزه اسـتفاده مـی گـردد. سیستم های لوله کشی دارای شیر فلکه های باز و بسته کننده ، عقربه فشار نما و دریچـه هـای مسیرساز هستند. گاهی از صافی ها و "شیر فشار شکن" نیز – بـرای ثـابت نگـه داشـتن فشـار در سیستم – استفاده می گردد .

در کارخانه های لبنی، ممکن است در فاصله زمان نسبتا کوتاهی به مقدار زیـادی آب بـا فشار بالا نیاز پیدا شود و یا در فاصله زمانی اندک در چندین نقطـه کارخانـه حجـم بـالایی از آب مصرف گردد . طراحی سیستم لوله کشی آب باید به گونه ای باشد که بتوانـد ایـن فوریـت هـا را تامین نماید .

شکل ۳-۱۱-۶ *مخزن تامین کننده فشار*



۱- مخزن
۲- دریچه تخلیه
۳- دریچه ایمنی ، در ۶۰۰ کیلوپاسکال عمل می نماید
۴- کلید فشار
۵- دریچه کنترل
۶- پمپ حلقه مایع
۷- دریچه تهویه
۸- عقربه فشار نما
۹- شیشه نشان دهنده ارتفاع سطح مایع

تعبیه یک مخزن تامین کننده فشار از بروز این نقیصه جلوگیری می نماید. مخزن تامین کننده فشار ، مانند یک متعادل کننده عمل می کند. یک نوع حجمی از این نوع مخزن، در حدود ۳-۱ متر مکعب حجم دارد. فشار آب در داخل این مخازن با استفاده از بالشتک هوا در یک حد معین حفظ می گردد. وقتی که نیاز فوری به دسترسی مقدار زیادی آب وجود داشته باشد، مخزن تامین کننده فشار، برای دستگاه هایی که با فشار معینی از آب کار می کنند آب لازم را تامین می نماید. یک نوع مخزن تامین کننده فشار در شکل (۳-۱۱-۶) نشان داده شده است .

در زمانی که تقاضای مصرف زیاد آب وجود ندارد، مخزن تامین کننده فشار با آب پر می گردد. پس از پرشدن مخزن و رسیدن فشار داخل آن در حد لازم، کلید فشار (۴) پمپ (۶) را متوقف می نماید. در هنگامی که آب مخزن برای تامین فشار به سیستم تزریق می گردد ، فشار داخل مخزن تامین کننده فشار افت می نماید. افت فشار به وسیله حسگر فشار درک شده و یک کنتاکتور (Contactor) پمپ تغذیه مخزن را به کار می اندازد تا دوباره فشار آب داخل مخزن در حد از قبل تعیین شده تامین گردد. پس از اتمام عملیات، سطح آب و فشار داخل مخزن تنظیم شده و مخزن برای تقاضا بعدی به حالت آماده باقی می ماند.

تولید گرما

در کارخانه لبنی ، برای حرارت دهی به فراورده های مختلف ، محلول های شستشو و ... به مقدار زیادی انرژی حرارتی نیاز می باشد. معمولا گرما به وسیله رسانا های حرارتی (Thermal conductor) که بنام محیط های گرمازا (Heating medium) نامیده می شوند، تامین شده و در تبادل کننده های حرارتی مورد استفاده قرار می گیرند. محیط های گرمازا ، ازطریق سیستم لوله کشی به نقاط مختلف کارخانه (مانند تبادل کننده های حرارتی در واحد پاستوریزاتور) برده می شوند. در این حالت، دمای لازم برای حرارت دهی به محصول از این محیط ها تامین می گردد. محیط های گرمازا را پس از استفاده برای احیای مجدد (حرارت) به سیستم گرم کننده عودت می دهند . این چرخه به طور پیوسته ادامه می یابد .

تا این اواخردر کارخانه های لبنی از بخار با دمای ۱۵۰-۱۴۰ درجه سانتیگراد به عنوان محیط گرمازا استفاده می شد. اما در سال های اخیر کار برد سیستم آب داغ رواج بیشتری یافته است. مزایای استفاده از سیستم آب داغ عبارتند از :

- اغلب فرایند ها به دمایی در حدود ۱۰۰ درجه سانتیگراد نیاز دارند. که به وسیله آب داغ قابل تامین است .
- اگر فشار در سیستم بالاتر از فشار جو باشد، آب در ۱۰۰ درجه سانتیگراد به جوش نمی آید. بنابراین می توان از دمای بالاتر از نقطه جوش آب استفاده نمود .

- هزینه کارگذاری سیستم آب داغ به طور قابل ملاحظه ای پایین تر از سیستم بخار می باشد .
- تنظیم این سیستم آب داغ آسانتر است و کاربری آن نیز ساده تر می باشد.
- مشکلات جانبی انتقال حرارت در سیستم آب داغ کمتر از سیستم بخار می باشد.

تولید بخار

تولید محیط گرمازا به وسیله دیگ های بخار یا دیگ آب داغ که در واحد تاسیسات قرار داده می شوند، انجام می پذیرد. معمولا دیگ های بخار با سوخت گازوئیل، ذغال سنگ یا گاز کار می کنند. انرژی گرمایی در اثر احتراق سوخت آزاد شده و به وسیله محیط گرمازا جذب می گردد. به طور معمول راندمان دیگ در محدوده ۹۲-۸۰ درصد قرار دارد و تقریبا ۱۵ درصد انرژی در سیستم لوله کشی به هدر می رود. به بیانی دیگر فقط ۶۵ تا ۷۷ درصد جمع انرژی سوختی مورد استفاده قرار می گیرد. این نکته در برآورد هزینه عملیات بسیار مهم می باشد ، باید راندمان دیگ در کارخانه به دقت تحت کنترل قرار داشته باشد و هرگز نباید ازیک حداقل قابل قبول کمتر گردد.

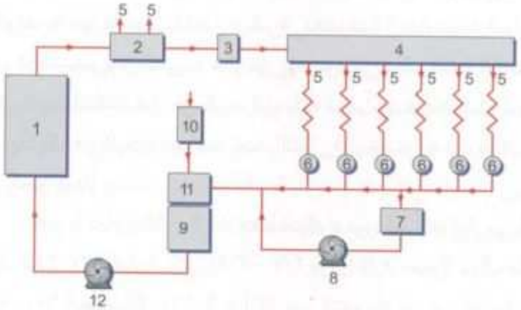
بخار با دمای ۱۵۰-۱۴۰ درجه سانتیگراد مورد استفاده قرار می گیرد. بخار اشباع فشاری برابربا ۳۸۵-۲۷۰ کیلوپاسکال (۳/۸ - ۲/۷ بار) را دارد. معمولا دیگ های بخار در فشار بالای ۱۱۰۰-۹۰۰ کیلوپاسکال (۱۱-۹ بار) کار می کنند، بنابراین می توان از سیستم لوله کشی با ابعاد کوچکتر استفاده نمود. شکل (۴-۱۱-۶) یک دیاگرام ساده شده از سیستم بخار و شبکه توزیع آن نشان داده شده است. آبی که برای تولید بخار بکار برده می شود باید به طور کامل تحت فرایند تصفیه قرار گیرد. حضور نمک های کلسیم در آب باعث افزایش سختی می گردد. آب ورودی به سیستم دیگ بخار حاوی مقدار معتنابهی اکسیژن و دی اکسید کربن می باشد. که باید با استفاده از هواگیر حذف گردند .

اگر آب ورودی به دیگ به خوبی تصفیه نشود ، املاح موجود در آن به صورت پوسته در داخل دیگ رسوب نموده و راندمان حرارتی دیگ را کاهش می دهند. وجود اکسیژن در آب ورودی به دیگ، خورندگی شدید در قسمت های در تماس با آب و بخار ایجاد می نماید. صافی های نرم کننده آب (Water-softening) (۱۱) نمک های کلسیم و منیزیوم را حذف می نمایند ، از یک هواگیر (De-gassing) (۱۲) برای حذف گاز های موجود در آب استفاده می گردد. آلودگی ها در شکل لجن باید هراز چندگاه از دیگ خارج شوند (زیر آب زنی دیگ) . حفظ شرایط شیمیایی آب دیگ بخار و تصفیه موثر آن در عملکرد مناسب سیستم بخار نقش مهمی را دارد.

پمپ تغذیه کننده همواره سطح آب را در دیگ ثابت نگه می دارد. آب در داخل دیگ بخار به وسیله مصرف سوخت، به بخار تبدیل می گردد. برای تبدیل یک کیلوگرم آب به بخار در

فشار اتمسفر، تقریبا ۲۲۶۰ کیلو ژول (۵۴۰ کیلوکالری) انرژی نیاز می باشد . این دما (گرمای تبخیر) متعاقبا در سطح انتقال حرارت در محل مصرف (۵) آزاد شده و باعث مایع شدن بخار می گردد .

شکل ۴-۱۱-۶ *تولید بخار و سیستم تغذیه*



۱- دیگ بخار
۲- مجرای تقسیم بخار برای بخار با فشار بالا
۳- دریچه کاهش فشار
۴- مجرای تقسیم بخار برای بخار با فشار کم
۵- محل های مصرف
۶- تله بخار
۷- محفظه بخار مایع شده
۸- پمپ مخصوص بخار مایع شده
۹- مخزن تغذیه آب دیگ
۱۰- صافی سختی گیر آب
۱۱- هواگیر آب ورودی
۱۲- پمپ مخصوص آب ورودی

بخار مایع شده به وسیله تله بخار (Steam traps) (۶) در یک محفظه (۷)جمع آوری شده و به وسیله پمپ به دیگ برگشت داده می شود .

دیگ بخار

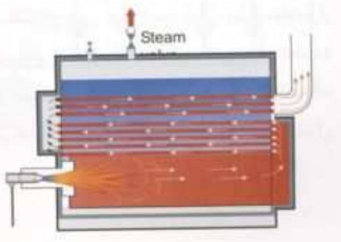
برای تولید بخار از دو نوع دیگ استفاده می شود: دیگ با لوله آتشخوار (Fire tube) (که در کارخانه های لبنی متداول می باشند) و دیگ بالوله "آبی" (Water tube). انتخاب هر کدام از این دو به مقدار فشار بخار (Steam pressure) و قدرت بخار (Steam power) مورد نیاز بستگی دارد، به عبارت دیگر مقدار بخاری که در واحد زمان مورد نیاز می باشد، اساس انتخاب قرار می گیرد. دیگ های نوع لوله ای (آتشخوار) دارای فشار پایین و خروجی کم قدرت می باشند که در آنها گاز داغ از داخل لوله ها جریان دارد. دیگ های نوع "لوله آبی" دارای فشار و قدرت بخار بالا بوده و در آنها آب در داخل لوله ها جریان دارد.

در شکل (۵-۱۱-۶) دیگ بخار با لوله آتشخوار نشان داده شده است. گاز داغ به وسیله یک دمنده از داخل لوله ها جریان می یابد. گرمای موجود در هوای داغ از وراء دیواره لوله ها جابه جا می گردد و آب اطراف لوله ها را به نقطه جوش و بخار می رساند. بخار تولید شده در داخل "محفظه ذخیره بخار" جمع آوری شده تا برای توزیع به محل مصرف فرستاده شود .

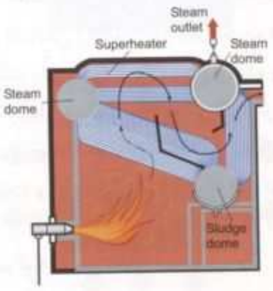
وقتی فشار داخل محفظه ذخیره بخار (Steam dome) به حد لازم (از قبل تعیین شده) برسد، در این حالت "دریچه بخار" باز شده و بخار به محل مصرف جریان می یابد. برای ثابت ماندن فشار و جایگزین شدن بخار تخلیه شده از سیستم ، مشعل دیگ به طور خودکار قطع و وصل می گردد. به جای بخار مصرفی ،آب تصفیه شده وارد دیگ می گردد تا همواره سطح آب ثابت بماند. در حالاتی که فشار محفظه بخار (دیگ) به حد خطرناکی بالارود ، یک دریچه ایمنی باز شده و فشار را کاهش می دهد. این امر از بروز انفجار دیگ جلوگیری می کند.

دیگ های " لوله آبی " در انواع گوناگون در دسترس می باشند، شکل (۶-۱۱-۶). اصول کار آنها بر این پایه قرار دارد که آب از میان لوله هایی که در اطراف آنها گاز داغ جریان دارد، عبور داده می شود.

شکل ۵-۱۱-۶ *اساس دیگ های لوله آتشخوار*



شکل ۶-۱۱-۶ *اساس دیگ های لوله آبی" همراه با سه محفظه جمع کننده بخار*



بر اثر حرارت بالا، آب در داخل لوله ها ، تبدیل به بخار شده و وارد محفظه جمع آوری بخار می گردد. بخار موجود در داخل دو محفظه فوقانی، (با توجه به شکل) قبل از اینکه به سیستم توزیع وارد گردد، به داخل سیستم فرا دما (Superheater) هدایت می شود . در این محل بخار برای بار دوم به وسیله گاز های داغ در معرض دمای بالا قرار می گیرد. محصول این مرحله را بخار خشک (Dry steam) می نامند .

محفظه انتهایی کار لجن کشی دیگ را انجام می دهد. لجن های ناشی از ناخالصی های آب ورودی در کاسه انتهایی این محفظه ها برای تخلیه، جمع آوری می گردند. در بعضی دیگ ها لجن در ته دیگ جمع می شود .

جمع آوری بخار مایع شده

هنگامی که بخار از میان سیستم لوله کشی عبور می کند، به وسیله هوای اطراف سرد شده و قسمتی از آن مایع می شود. ورود بخار مایع شده به داخل سیستم می تواند اختلالاتی را ایجاد نماید. با عایق بندی دور لوله ها می توان این پدیده (مایع شدن) را کاهش داد اما نمی توان به طور کامل از آن اجتناب کرد. بنابراین باید لوله های بخار با یک شیب ملایم به سوی نقطه جمع آوری کننده "بخار مایع شده" نصب گردند .

با جا گذاری تله بخار در نقاط جمع آوری "بخار مایع شده" شرایط خروج مایع (همچنین هوا) را از سیستم فراهم می آورند. بخار مایع شده پس از جمع آوری به وسیله پمپ و سیستم لوله کشی به مخزن ذخیره هدایت می گردد. این مایع را می توان مستقیما به آب ورودی دیگ اضافه نمود. از پمپ یا فشار بخار برای انتقال مایع به آب ورودی دیگ استفاده می گردد، سیستم اخیر کاربرد بیشتری دارد .

ملزومات جانبی

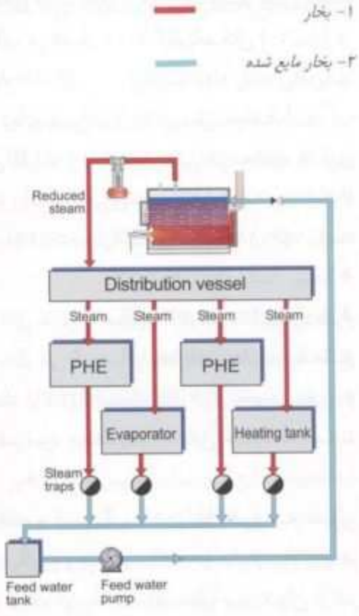
اغلب مشعل کوره دیگ بخار صنعتی از نوع گازوئیل سوز می باشد.گازوئیل به وسیله سیستم افشانکی (Atomiser) به صورت ذرات مه مانند در می آید. این ذرات با استفاده از جرقه الکتریکی (با ولتاژ بالا) محترق شده و گاز های داغ حاصل از احتراق به وسیله دمنده (Fan) از میان دیگ عبور داده می شود. از لوازم دیگر می توان به تجهیزات ایمنی برای حذف خطرات و حوادث احتمالی اشاره نمود. دیگ های بخار جدید مجهز به سیستم خود کار کنترل کننده بوده و به رسیدگی های روزانه نیاز ندارند.

سیستم لوله کشی بخار

یک نوع سیستم توزیع بخار و جمع آوری بخار مایع شده ، به طور شماتیک در شکل (۷-۱۱-۶) نشان داده شده است . بخار پس از عبور از میان دریچه اصلی در محفظه ذخیره بخار جمع می گردد و سپس از طریق دریچه فشار شکن به طور پیوسته به مراکز مصرف هدایت می شود. برای تنظیم فشار بخار، از شیر فشار شکن استفاده می گردد.

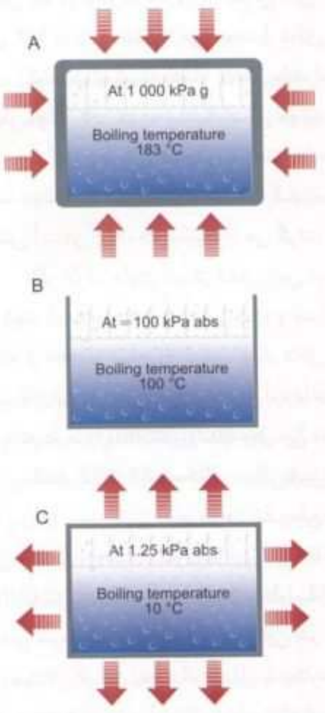
معمولا سیستم لوله کشی بخار در معرض تغییرهای شدید حرارتی قرار دارد. بنابراین باید به طور قابل ملاحظه ای دارای قابلیت انبساط گرمایی باشد. لوله های کار گذارده شده باید امکان حرکت محوری را دارا باشند .

شکل ۷-۱۱-۶ نمای سیستم تقسیم بخار و جمع آوری بخار مایع شده


۱- بخار
۲- بخار مایع شده
Reduced steam
Distribution vessel
Steam
Steam
Steam
Steam
PHE
PHE
Evaporator
Heating tank
Steam traps
Feed water tank
Feed water pump

شکل ۸-۱۱-۶ کاهش فشار باعث جوشش آب در دمای پایین تر می گردد

g= gauge


A
At 1 000 kPa g
Boiling temperature 183 °C
B
At ≈ 100 kPa abs
Boiling temperature 100 °C
C
At 1.25 kPa abs
Boiling temperature 10 °C

سرما زایی

کنترل دمای فراورده ها در صنایع لبنی بسیار مهم و اساسی می باشد. به طور کلی هرگونه افزایش دما باعث افزایش فعالیت میکروارگانیزم ها و افزایش سرعت واکنش شیمیایی آنزیم ها در محصول می گردد. برای دستیابی به کیفیت مطلوب در فراورده نهایی لازم است تا حد ممکن از رخداد این نوع فعالیت ها جلوگیری بعمل آید، برای این کار باید دمای

فراورده های لبنی با سرعت هرچه بیشتر کاهش داده شود. هزینه عملیات برودتی در صنایع لبنی بالا می باشد و باید در طراحی کارخانه بودجه لازم پیش بینی گردد .

اصول سرما زایی

جذب دما به وسیله ماده سرمازا، پایه عملیات برودتی را تشکیل می دهد. معمولا در این حالت ماده سرمازا با جذب دما از حالت مایع به شکل بخار در می آید. واژه " گرمای تبخیر" قبلا در بحث دیگ بخار شرح داده شده است. فشار در داخل دیگ بخار از فشار جو بیشتر می باشد، بنابراین آب در دمای بالاتری به جوش می آید [آب در فشار ۱۰۰۰ کیلوپاسکال (۱۰ بار) در دمای ۱۸۳ درجه سانتیگراد می جوشد]، شکل A (۸-۱۱-۶) .

از طرف دیگر اگر فشار کاهش یابد، آب در دمای پایین تری به جوش خواهد آمد. آب درفشار جو در ۱۰۰ درجه سانتیگراد می جوشد شکل B (۸-۱۱-۶) . اگر فشار در محفظه حاوی آب به ۵۰ کیلو پاسکال (۰/۵ بار) کاهش داده شود ، آب در دمای تقریبا ۸۰ درجه سانتیگراد خواهد جوشید. کاهش فشار به ۱/۲۵ کیلوپاسکال (۰/۰۱۲۵ بار) شکل C (۸-۱۱-۶) ، باعث جوشش آب در ۱۰ درجه سانتیگراد می گردد.

اگر ظرف حاوی آب در فشار پایین در یک اتاق عایق با هوای ۲۰ درجه سانتیگراد قرار داده شود. آب دمای هوا را جذب نموده و تبدیل به بخار می گردد. اگر بخارهای حاصله به طور پیوسته از محفظه استخراج گردند، فشار داخل محفظه از ۱/۲۵ کیلوپاسکال فراتر نخواهد رفت و هوای اتاق بر اثر انتقال حرارت آن به آب داخل ظرف، سرد خواهد شد ، در این حالت آب مانند یک ماده سرما زا (refrigerant) عمل می نماید .

فشار ۱/۲۵ کیلوپاسکال ، بسیار پایین می باشد و کاربرد آب با شرایط فوق به عنوان ماده سرمازا بسیار گران تمام خواهد شد. مایع های دیگری وجود دارند که در فشار بالاتر و در همان دما می جوشند. فشار بخار این مایع ها بالاتر از آب می باشد. برای مثال می توان از اتر (Ether) نام برد ، اگر یک قطره از محلول اتر در روی پوست قرار گیرد بلافاصله در آن نقطه احساس سرما دست خواهد داد. علت این امر انتقال دمای پوست به مایع اتر و جوشیدن آن می باشد، در اثر این پدیده اتر تبدیل به بخار می شود. اتر در دمای زیر ۳۷ درجه سانتیگراد در فشار جو به جوش می آید. اگر فشار سطح این مایع به وسیله پمپ خلاء کاهش داده شود به راحتی در دمای زیر صفر درجه سانتیگراد خواهد جوشید.

یکی از سرما ساز های متداول، آمونیاک (Ammonia) می باشد. این ماده در فشار جو و در دمای تقریبا (۳۳-) درجه سانتیگراد می جوشد. اگر فشار به ۵۰ کیلوپاسکال (۰/۵ بار) کاهش داده شود آمونیاک در دمای (۴۵-) درجه سانتیگراد خواهد جوشید. یک نوع دیگر از سرمازاهای متداول فرئون R ۲۲ می باشد، این سرمازا شباهتی به آمونیاک ندارد، از ویژگی های آن می توان به غیر سمی بودن، نداشتن بو و ایمن بودن از خطر انفجار ، اشاره نمود.

امروزه در بیشتر کشور ها کاربرد سرما زاهایی مانند R ۱۲ وR ۲۲ محدود شده است زیرا که آنها باعث تخریب لایه های اوزن می گردند. این سرمازا ها اساسا بر پایه ترکیبات فلوروکربن کلرینه (Chlorinated fluorocarbons) یا CFCs می باشند. کلرین موجود باعث تجزیه اوزون می گردد. بعلاوه CFC اثرات گلخانه ای را تشدید می نماید. توصیه شده است به طور اساسی در باره جایگزینی CFCs در سیستم های سرمازا، چاره اندیشی گردد .

چگونگی عمل ماده سرمازا

یک سیستم برودتی از مدار بسته ای تشکیل شده که در آن ماده سرمازا متناوبا حالت بین گاز و مایع را طی می نماید. این تغییرها بر روی ماده سرمازا با استفاده از کاهش فشار (انبساط) و افزایش فشار (فشردن) انجام می پذیرد .

اصول اجزای ترکیب دهنده یک سیستم سرما زا عبارتند از :

- تبخیر کننده (Evaporator)
- کمپرسور (Compressor)
- کندانسور (Condenser)
- دریچه انبساط (Expansion valve)

شکل (۹-۱۱-۶) چگونگی عمل سیستم برودتی را نشان می دهد. ماده سرما زا (به صورت مایع) در شرایط پایین فشار تبخیر کننده ، گرمای فضای اطراف را به خود جذب می نماید. این کار باعث تبخیر قسمتی از ماده سرما زا می گردد. گاز سرمازا به وسیله کمپرسور به طور پیوسته از "تبخیر کننده" خارج می گردد. تا فشار و دما این قسمت ثابت بماند.

در داخل کمپرسور، گاز سرمازا، تحت فشار بالا قرار می گیرد. فشردن گاز باعث بالارفتن دمای آن می گردد. سپس گاز فشرده شده وارد کندانسور شده در این محل ضمن کاهش دما ماده سرمازا از حالت گاز به مایع تبدیل می شود.

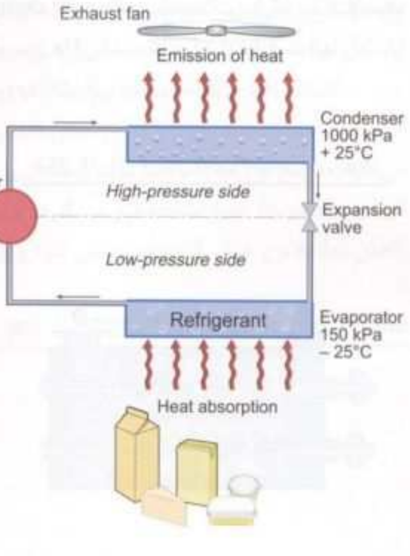
اگر از آمونیاک به عنوان ماده سرمازا استفاده شود ، دمای عملی بخش تبخیر کننده به حدود (۲۰-) درجه سانتیگراد می رسد، که آن معادل فشار تبخیر۲۰۰ کیلوپاسکال (۲ بار) خالص می باشد.

فشار جوشش گاز آمونیاک در کمپرسور تقریبا ۱۰۰۰ کیلوپاسکال (۱۰ بار) است. که این برابر دمای تبخیردر ۲۵ درجه سانتیگراد می باشد. گاز فشرده آمونیاک در کندانسور ضمن خنک شدن به مایع تبدیل می شود. خنک کردن درکندانسور به وسیله آب یا هوا انجام می شود.

کمپرسور

ماده سرما زا که در تبخیر کننده به صورت بخار در آمده است باید با استفاده از فشار درکمپرسور فشرده شود. کار انجام شده در کمپرسور به صورت حرارت به گاز منتقل می شود این بدان معنی است که وقتی گاز کمپرسور را ترک می نماید، گرمایی بیشتر از آنچه در تبخیر کننده جذب کرده ، دارد. تمام این گرما باید در کندانسور برداشته شود.

شکل ۹-۱۱-۶ *توضیح نمای شماتیک یک سیستم سرما سازی با ماده سرما ساز آمونیاک*



شکل ۱۰-۱۱-۶ *یک هوا ساز هوای سرد*

معمولا برای فشردن گاز – سرما زا– از کمپرسور های پیستونی استفاده می گردد. در این سیستم گاز به داخل سیلندر کشیده شده و به وسیله پیستون فشرده می شود. ممکن است سیستم مجهز به چند عدد سیلندر باشد. آنها با ظرفیت برودتی بین ۰/۱ و ۴۰۰ کیلووات در دسترس قرار دارند .

نوع دیگر کمپرسورها بصورت "پیچ های فشارنده" می باشند شکل ،(۱۲-۱۱-۶) . امروزه این نوع کمپرسور را برای ظرفیت های بالا استفاده می نمایند. اجزای اصلی آنها از دو مارپیچ چرخنده که در یک محفظه مسدود کار گذاشته شده اند ، تشکیل شده است. مارپیچ های چرخنده در خلاف چرخش هم حرکت می نمایند در نتیجه گاز در بین شکاف دندانه ها

در این مرحله باید آمونیاک مایع از کندانسور به تبخیر کننده برگشت داده شود. برای این کار نخست آن را از میان دریچه انبساط عبور می دهند. عمل دریچه انبساط کاهش و تنظیم فشار آمونیاک برای ورود به داخل واحد تبخیر کننده می باشد. همچنین این کار دمای مایع را کاهش می دهد. بخش کوچکی از مایع آمونیاک هنگام عبور از دریچه انبساط در اثر کاهش فشار تبخیرمی گردد. این وضعیت نیز با جذب گرمای تبخیر، باعث سردشدن محیط می گردد.

تبخیر کننده

تبخیر کننده (Evaporator) عمل جذب گرما را در سیستم برودتی انجام می دهد، در نتیجه این عمل مایع سرمازا در درون تبخیر کننده به شکل گاز در می آید. طرح تبخیر کننده ها بر اساس نوع ماده سرمازا متفاوت است. ازسه نوع تبخیر کننده درصنایع لبنی استفاده می گردد:

- تبخیر کننده بوسیله گردش هوا،
- تبخیر کننده های نوع پوسته – لوله و صفحه(Shell-and-tube and plate) ،
- تبخیر کننده کویل (Coil) برای یخسازی ،

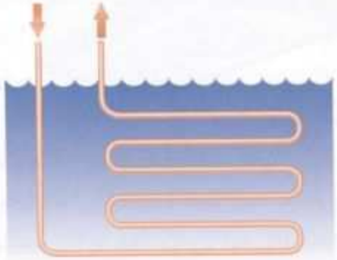
یک نوع تبخیرکننده با گردش هوا در شکل (۱۰-۱۱-۶) نشان داده شده است ، هوا با عبور از میان یک دسته لوله که سطح تبادل دما در آنها افزایش داده شده ، سرد می گردد. ماده سرمازا هنگام گردش در داخل لوله ها، گرما را از هوای اطراف جذب نموده و خود به صورت بخار در می آید. از این نوع تبخیرکننده برای ایجاد برودت در انبار های سرد و تهویه مطبوع استفاده می گردد .

تبخیر کننده نوع "پوسته – لوله و صفحه" به طور وسیعی در صنایع لبنی به کار برده می شود، عمل سرد کردن در این نوع تبخیر کننده ها بر اثر گردش ماده سرما زا در داخل تبادل کننده های حرارتی می باشد. در این سیستم می توان از آب یخ ، آب نمک سرد و الکل (اتانل و گلیکول) که دارای نقطه انجمادی زیر صفر درجه سانتیگراد می باشند، استفاده نمود.

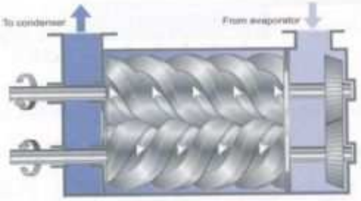
تبخیر کننده نوع کویل، برای تولید یخ در مقیاس بالا طراحی شده است و درداخل محفظه آب برای تولید آب یخ قرار داده می شوند، شکل (۱۱-۱۱-۶) . با قرار دادن کویل یا لوله حاوی ماده سرما زا در داخل محفظه آب، در طول شب باعث ایجاد لایه ای از یخ در اطراف "کویل تبخیر کننده" می گردند . این امر امکان استفاده از نیروی الکتریکی ارزان را برای تولید آب سرد ، در طول شب ممکن می سازد. ذوب یخ ها در طول روز امکان دسترسی به آب سرد فراوان را میسر می سازد .

(به مبحث پمپ های جابجا کننده مثبت در فصل شش بخش هفت مراجعه شود) محبوس می گردد. حجم بین دندانه ها کم کم کاهش یافته و گاز محبوس شده در بین آنها در طول محور های چرخنده به سمت جلو برده می شود. به تدریج گاز فشرده می گردد و فشارآن نیز افزایش می یابد. پس از این مرحله، گاز فشرده شده به طور پیوسته به کندانسور هدایت می شود. برای جلوگیری از فرار گاز از وراء درزهایی که بین مارپیچ های چرخنده است ، در روی سطح آنها روغن افشانده می شود. با این عمل می توان حتی کارایی بالا تری را در سرعت های پایین حاصل نمود. باید قبل از ورود گاز فشرده شده به داخل کندانسور، به وسیله صافی ، روغن از آن حذف گردد .

کمپرسور های پیچ دار (Screw compressors) در تاسیسات بزرگ به کار برده می شوند. یکی ازبزرگترین فواید این نوع کمپرسور ها آن است که می توان ظرفیت آنها را تا ۱۰ درصد کل جریان کاهش داد ، بدون اینکه نیروی الکتریکی زیادی هدر داده شود .



شکل ۱۱-۱۱-۶ *مخزن آب یخ با کویل تبخیری*



شکل ۱۲-۱۱-۶ *نمای داخلی کمپرسور های پیچ دار*

کندانسور

گرمای جذب شده در تبخیر کننده وکمپرسور باید به وسیله کندانسور برداشته شود. کندانسور ها را به سه دسته تقسیم می نمایند :

- کندانسور های سرد شونده با هوا (Air - cooled) یا کندانسور هوایی
- کندانسور های سرد شونده (Liquid - cooled) یا آب یا کندانسور های آبی
- کندانسور های تبخیری (Evaporation)

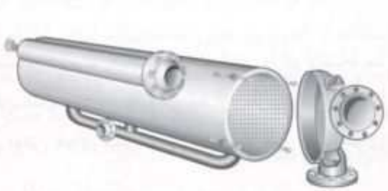
انتخاب کندانسور هابر اساس عامل هایی مانند دسترسی به آب ، بهای آب و مدت زمان پیش بینی شده در عملیات، انجام می پذیرد .

کندانسورهای هوایی ، اغلب در طرح های کوچک برودتی مورد استفاده قرار می گیرند ، اما آنها را نیز می توان در طرح های بزرگتر به کار برد. استفاده از کندانسورهای هوایی در حال گسترش یافتن می باشد ، دلیل این امر افزایش فزاینده بهای آب و مشکلات تهیه آب قابل استفاده می باشد. در کندانسور های هوایی ، ماده سرمازا را از میان کویل خنک کننده با المنت های ظریف (که در روی آنها هواجریان دارد) عبور می دهند. کاهش دما در کندانسور باعث مایع شدن گاز سرمازای تحت فشار، می گردد. متعاقبا مایع سرمازا به طرف دریچه انبساط جریان می یابد .

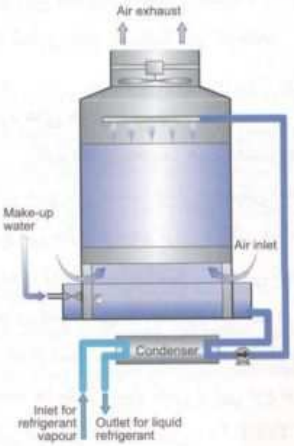
اگر آب ارزان قیمت در دسترس باشد ، استفاده از کندانسورهای آبی اقتصادی تر خواهد بود. یک نوع رایج از این کندانسور ها، نوع لوله ای می باشد. در این کندانسور آب سرد در داخل لوله ها و ماده سرمازا در خارج لوله ها جریان دارد ،شکل(۱۳-۱۱-۶) .

کندانسور های آبی، اغلب به صورت ترکیبی با برج خنک کننده (Cooling tower) به کار برده می شوند، شکل (۱۴-۱۱-۶). دمای آب در برج "خنک کننده" بر اثر جریان هوا کاسته می شود ، سپس این آب به وسیله پمپ به کندانسور وارد می گردد. آب در کندانسور برای جذب گرمای ماده سرمازا مورد استفاده قرار می گیرد، آب خروجی از کندانسور به وسیله پمپ برای کاهش دما، به برج خنک کننده هدایت می شود و این چرخه ادامه می یابد .

شکل ۱۳-۱۱-۶ *کندانسور لوله ای با انتهای باز*



شکل ۱۴-۱۱-۶ *ترکیب کندانسور لوله ای با برج خنک کنند*



کندانسور های "تبخیری" ترکیبی از کندانسور های هوایی همراه با برج خنک کننده می باشند. زمانی از این نوع کندانسور استفاده می گردد که کمبود آب وجود داشته یا هزینه تهیه آب بسیار بالا باشد .

تجهیزات اضافی

آنچه در قبل بیان شد، سادگی عملیات برودتی را نشان می دهد. اجزای دیگری برای تکمیل عملیات برودتی ضروری می باشند. که از آن جمله می توان : مخازن ماده سرما زا ، صافی ها ، تله روغن گیر ، شیراطمینان ، دریچه های بازو بسته کننده ، پایه ها ، دما سنج ، فشارسنج و تجهیزات ایمنی را نام برد. برای ارتقاء نظارت و انجام اقتصادی تر عملیات، می توان واحد برودت را به سیستم کنترل کننده خودکار مجهز نمود.

تولید هوای فشرده

امروزه در صنایع لبنی اساس توسعه و پیشرفت لوازم و تجهیزات ، بر پایه کنترل خودکار فرایند های گوناگون عملیات تولید قرار دارد. استفاده از هوای فشرده در سیستم های خودکار در شرایط هوای پر رطوبت کارخانه مناسب تشخیص داده شده است . البته هوای فشرده باید عاری از ناخالصی ها باشد تا به دستگاه هایی که با آن کار می کنند آسیب وارد نگردد. کاربرد های مختلف هوای فشرده در کارخانه عبارتند از :

- راه اندازی بعضی ماشین آلات مانند ، ماشین های پرکن ،
- تخلیه کردن فراورده ها از داخل لوله ها،
- هم زدن محتویات مخازن ذخیره ،
- راه اندازی ابزار پنوماتیک در کارخانه،

کاربرد های هوای فشرده

کاربردهای مختلف هوای فشرده در صنایع لبنی، انتظارات متفاوتی را در ارتباط با ویژگی هایی آن مانند : فشار ، خشکی (فاقد رطوبت بودن) ، خلوص (عاری از روغن) و ... را مطرح می سازد. از مهم ترین ویژگی ها، خالص بودن هوای فشرده می باشد. به طور کلی هوای فشرده را در سه سطح دسته بندی می نمایند.

- هوای فشرده ای که به طور مستقیم در تماس با محصول قرار می گیرد. این نوع هوای فشرده باید کاملا تمیز ، عاری از روغن ، خشک ، بدون بو و گاهی اوقات استریل باشد. معمولا در کارخانه ها مقدار بسیار کمی از این نوع هوا باکیفیت (A) به کار برده می شود. فشار به کار رفته در این سیستم ها اغلب بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلو پاسکال (۳-۲ بار) می باشد.
- هوای فشرده ای که به طور مستقیم در تماس با محصول نمی باشد . اما باید تمیز ، خشک و ترجیحا عاری از روغن ، باشد . این نوع هوای فشرده در ابزار های کنترل ، بعنوان منبع انرژی برای راه اندازی اجزای پنوماتیکی و دریچه هاو غیره به کار برده می شود . فشار به کار رفته در این سیستم ها اغلب بین ۵۰۰ تا ۶۰۰ کیلو پاسکال (۶-۵ بار) می باشد.
- هوای فشرده عاری از ذرات جامد و عاری از رطوبت برای استفاده در ابزار پنوماتیک و غیره . فشار به کار رفته در این سیستم ها حد اکثر ۶۰۰ کیلو پاسکال (۶ بار) می باشد.

هوای تصفیه نشده جو همیشه حاوی ناخالصی هایی می باشد که آنها را می توان در هوای فشرده غیر تصفیه شده یافت. در این نوع هوای فشرده علاوه بر ناخالصی های هوای جو ناخالصی های دیگری مانند ذرات کنده شده از پوسته سیلندر و ذرات روغن نیز اضافه می گردد. هوای جو همچنین حاوی بخار آب بوده که باید آن را از هوای فشرده در شرایط استاندارد حذف نمود .

بیشترین حجم هوای فشرده که در ماشین آلات کارخانه بکار برده می شود ، در فشار تقریبا ۶۰۰ کیلو پاسکال (۶ بار) می باشد ، در طراحی کمپرسوری که ۷۰۰ کیلو پاسکال (۷ بار) فشار تولید می نماید باید افت فشار سیستم توزیع هوای فشرده نیز مد نظر باشد. مقدار کمی از این هوای فشرده در فشار پایین برای ابزار های کنترل و یا به عنوان منبع انرژی برای دستگاه های پنوماتیکی به کاربرده می شود. به کار گیری کمپرسور های جداگانه برای تولید هوای فشرده با کیفیت های متفاوت از نقطه نظر اقتصادی مقرون به صرفه نمی باشد بنابراین اغلب از یک سیستم مرکزی هوای فشرده برای تولید آن استفاده می گردد و در صورت نیاز به هوای فشرده با کیفیت بالاتر قسمتی از آن را به طور جداگانه مورد تصفیه قرار می دهند .

تاسیسات هوای فشرده

هوای فشرده در کمپرسور هوا تولید می گردد. وقتی که باید هوا عاری از روغن باشد استفاده از کمپرسور هایی که محفظه آنها برای افزایش راندمان با روغن لفاف داده می شود غیر ممکن می باشد و باید کمپرسوری های بدون روغن به کار برده شود. عملا حذف تمام روغن در هوای فشرده مقدور می باشد اما با این وجود ممکن است مقدار ۰/۰۱ ppm روغن در هوای فشرده باقی بماند .

معمولا از دو نوع کمپرسور روغنی و مار پیچ دار - با محفظه فشرده سازعاری از روغن- در صنایع لبنی بیشتر استفاده می گردد. در این دومی پیستون مخصوص کمپرسور با سیلندر غیر روغنی - با توانایی حذف روغن از محفظه مار پیچ و محفظه کمپرسور - در انتها به یک توربو کمپرسور (Turbocompressors) منتهی می گردد.

در شکل (۱۶-۱۱-۶) یک مثال از نصب سیستم هوای فشرده نشان داده شده است. هوا ابتدا در یک "رطوبت گیر" با استفاده از سرما و شتاب دادن ، از بخار آب عاری می گردد. هوای خشک پس از این مرحله به طور پیوسته به یک "دریافت کننده" هوا وارد می گردد . هوای فشرده از محفظه جمع آوری برای راه اندازی ابزار های کنترل ، دریچه ها و ... برداشته می شود.

هوای فشرده با کیفیت بالا تر ، که در تماس مستقیم با محصول قرار می گیرد و برای هم زدن پنوماتیکی مخازن و یا برای تخلیه محصول از لوله ها ، به کار گرفته می شود . گاهی به طور ثانوی برای خشک کردن و یااستریل کردن هوا از فیلتر های مخصوص استفاده می گردد.

خشک کردن هوا

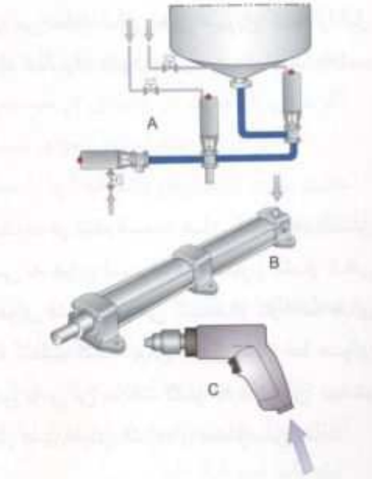
هوا همیشه حاوی مقداری رطوبت می باشد. مقدار رطوبت یا بخار آب (گرم/ مترمکعب) موجود در هوا با تغییرات دما تغییر می کند. هوایی را که حاوی حداکثر مقدار ممکن بخار آب در خود باشد اشباع (Saturated) می گویند. دردمای ۳۰ درجه سانتیگراد هوا حاوی ۳۰/۱ گرم آب در متر مکعب می باشد. اگر دما به ۲۰ درجه سانتیگراد افت نماید ، محتوای بخار اشباع فقط ۱۷/۱ گرم در متر مکعب خواهد بود. این بدان معنی است که (۱۳= ۱۷/۱ - ۳۰/۱) گرم در متر مکعب آب (کندانس) به صورت آب خالص از آن جدا می گردد. دمایی را که در آن بخار آب مایع (کندانسه) می گردد را نقطه شبنم (Dew point) می نامند. هوا در جو در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد حاوی حد اکثر ۱۷/۱ گرم در متر مکعب آب (بخار آب) خواهد بود. خشک ترین هوا در این دما فقط ۶/۸ گرم در متر مکعب آب را در خود خواهد داشت، این شکل از حضور رطوبت را به صورت رطوبت نسبی (Relative humidity = RH) بیان می نمایند . یعنی نسبت بین آب حقیقی محتوای هوا و حد اکثر آب ممکن موجود در هوا. رطوبت نسبی هوا را در این حالت می توان محاسبه نمود :

$$\frac{6.8\times100}{17.1}=40\%$$

نقطه شبنم در این هوا ۵ درجه سانتیگراد می باشد . اگر چنین هوایی تا زیر ۵ درجه سانتیگراد خنک شود، قسمتی از بخار آب موجوددر آن به مایع تبدیل می گردد. اگر هوای جو با فشار معمول ۱۰۰ کیلو پاسکال (۱ بار) به نصف حجم خودش ، بدون تغییر در دما فشرده شود فشارآن به۲۰۰ کیلو پاسکال (۲ بار) افزایش خواهد یافت. یک متر مکعب از هوا در این فشار حاوی (۱۳/۶= ۶/۸× ۲) گرم در متر مکعب آب خواهد بود. نقطه شبنم در این هوا از ۵ درجه سانتیگراد به ۱۶ درجه سانتیگراد افزایش می یابد .

اگر دراین حالت، هوا مجددا به نصف حجم خود فشرده شود ، فشار به مقدار ۴۰۰ کیلو پاسکال (۴ بار) افزایش خواهد یافت. یک متر مکعب از این هوا حاوی (۲۷/۲= ۱۳/۶ × ۲) گرم در متر مکعب آب می باشد. بنابراین این هوا در ۲۰ درجه سانتیگراد فقط حاوی ۱۷/۱ گرم در متر مکعب آب - بدون در نظر گرفتن فشار - می باشد. مقدار مازاد(۱۰/۱= ۱۷/۱ - ۲۷/۲) گرم در متر مکعب به صورت مایع و به شکل آب آزاد در خواهد آمد.

در حالت عکس آن می توان دمای نقطه شبنم هوا را کاهش داد، این حالت زمانی اتفاق می افتد که هوا را منبسط نمایند و فشار آن کاهش می یابد (بزرگتر شدن حجم) . هوایی که در یک کمپرسور، شکل (۱۶-۱۱-۶) فشرده می شود ، حاوی مقدار زیادی آب می باشد.

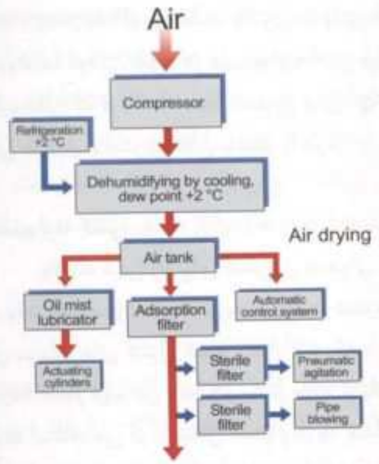


شکل ۱۵-۱۱-۶ *هوای فشرده کاربرد های مختلفی را در صنایع لبنی دارا می باشد*

A هوا برای راه اندازی دریچه

B هوا بعنوان نیروی سیلندر ها

C هوا برای ابزار پنوماتیک



شکل ۱۶-۱۱-۶ *سیستم جاگذاری هوای فشرده*

گرمای آن در این حالت تقریبا ۱۵۰-۱۴۰ درجه سانتیگراد می باشد که باید سرد گردد. برای این منظور آن را از یک خنک کننده عبور می دهند ، در این حالت بیشتر آب موجود در آن به صورت مایع در خواهد آمد . پس از این مرحله هوای فشرده به طور پیوسته بـه یک خشک

کن سرد (Cooler-drier) هدایت می شود ، این خنک کننده ثانوی هوا را تا نقطه شبنم تقریبا ۲ درجه سانتیگراد خنک می نماید. هوای خشک در این حالت فشاری برابر ۷۰۰ کیلو پاسکال (۷ بار) در دمای ۲ درجه سانتیگراد با محتوای آب ۵/۶ گرم در متر مکعب را دارا خواهد بود .

هوای فشرده در کارخانه لبنی باید نقطه شبنم ۱۰ درجه سانتیگراد کمتراز دمای محیط را داشته باشد .

نقطه شبنم ۲ درجه سانتیگراد در اغلب حالات مطلوب می باشد. اگر هوا از محفظه ای با دمای زیر صفر درجه سانتیگراد عبور داده شود ، در این شرایط هوا در نقطه شبنم پایین تری خشک می گردد، این کار برای اجتناب از مایع شدن آب در داخل خط لوله هوا (که باعث ایجاد مشکل خواهد شد) انجام می پذیرد. گاهی اوقات برای پیشگیری از "جاذب های سطحی" نیز در این موارد استفاده می گردد ورطوبت هوا را به وسیله یک ماده رطوبت گیر مانند سلیکا ژل (Silica gel) حذف می نمایند.

هوای استریل به وسیله عبور دادن هوای فشرده از صافی استریل به دست می آید . مواد سازنده این صافی ها پنبه خالص (Pure cotton) یا پلی استر (Pplyester) یا پلی پروپیلن (Polypropylene) می باشند. باکتری ها وقتی هوا در کمپرسورحرارت داده می شود از بین می روند اما آلودگی ثانویه در سیستم لوله کشی بروز می نماید. صافی های استریل کننده را قبل از ملزو ماتی که قرار است هوای استریل برای آنها به کاربرده شود نصب می نمایند . اغلب صافی ها قابلیت استریل شدن با بخار را دارند

سیستم لوله کشی

عاقلانه ترین راه برای دسترسی به هوای فشرده در تمام قسمت های کارخانه، داشتن یک واحد کمپرسور و شبکه توزیع می باشد. دسترسی به هوای فشرده در مقدار و فشار کافی برای سیستم های کنترل کننده و ابزارآلاتی که با هوای فشرده کار می کنند در کارخانه های پیشرفته بسیار مهم می باشد. در بیشتر موارد از یک "تنظیم کننده" برای کنترل فشار خط هوای فشرده استفاده می گردد. محل نصب و درجه حساس بودن آن به افت فشار، به نیاز های سیستم بستگی دارد. در مواقع افت فشار سیستم کنترل فشار مسیر هوای فشرده را مسدود می نماید.

نیروی الکتریکی

صنایع لبنی نیروی برق مورد نیاز خود را از شبکه برق صنعتی خریداری می نمایند . در اغلب موارد از نوع ولتاژ بالا ، بین ۳۰۰۰ و ۳۰۰۰۰ ولت می باشد ، اما احتیاج کارخانه در بالاتر

از ۳۰۰ کیلو وات قرار دارد ، همچنین ممکن است از ولتاژ پایین تر۴۴۰-۲۰۰ ولت نیز استفاده گردد .

اجزای اصلی سیستم الکتریکی عبارتند از :

- کلید ولتاژ بالا
- تبدیل کننده جریان
- کلید ولتاژ پایین
- ژنراتور
- مرکز کنترل محرکه MCC

کلید ولتاژ بالا

در تابلو اصلی ، کلید "ولتاژ بالا" را برای توزیع ولتاژهای بالا در شبکه استفاده می نمایند. این کلید شامل تعدادی مقره (جایگاه) بایک میله هادی جریان در وسط است که کار اتصال کلید را انجام می دهد (اصطلاحا کلید "چاقویی روغنی ولتاژ بالا" نامیده می شود). از یک یا چند مقره برای ورود جریان از توزیع کننده استفاده می گردد. هر مقره یک کلید برای جدا سازی دارد. پس از ورود جریان الکتریکی، تجهیزاتی برای اندازه گیری آن تعبیه شده است . پس از کنتور، جریان به مبدل ها هدایت می گردد. به طور معمول در هر کارخانه یک تا چهار مبدل وجود دارد. هر مبدل به وسیله یک کلید (قطع کننده جریان یا فیوز Fuse) محافظت می گردد تا اگر نقص یا مصرف بار بیشتری در سیستم ایجاد گردد جریان را قطع نماید .

اگر در کارخانه تعدادی موتور بسیار بزرگ - برای مثال ۳۰۰ کیلو وات و بیشتر - وجود داشته باشد، شاید ارجح باشد که آنها را مستقیما از مقره های ولتاژ های بالا به طور انفرادی تغذیه نمایند .

مبدل های جریان

مبدل ها ، جریان الکتریکی را به وسیله کابل فشار قوی از کلید فشار قوی دریافت می دارند. کار مبدل ها تبدیل جریان ولتاژ بالا به ولتاژ پایین ، حدود ۴۴۰-۲۰۰ ولت می باشد . اندازه مبدل ها وابسته به جریان مورد نیاز است . ظرفیت معمولی آنها در محدوده ۲۰۰۰-۴۰۰ کیلو وات آمپر قرار دارد .

دونوع مبدل اصلی وجود دارد که عبارتند از :

- نوع روغنی (Oil insulate) برای جاگذاری در مصارف خانگی و صنعتی
- نوع غیر روغنی (Dry insulate) برای جاگذاری در سیستم مصرف خانگی

ژنراتور

از ژنراتور برای تولید موقتی نیروی برق استفاده می گردد . ژنراتور ممکن است بـه طـور دائم کار کند یا به صورت آماده به کار بوده که در صورت قطع سیسـتم بـرق مرکـزی وارد مـدار می گردد. ژنراتور ها معمولا از نوع دیزلی بوده و هرکدام تابلو کنترل مخصوص به خود را دارند. ولتاژ تولیدی آنها پایین است و می توان چندین ژنراتور را به طور موازی در سیستم قرارداد .

مراکز کنترل موتور

مرکز کنترل موتور، یک واحد نظارت کننده بـرای محـافظت و توزیـع بـرق بـه مصـرف کننده های نهایی در کارخانه می باشد. جریان برق از کلید ولتاژ پایین برای موتـور هـا از طریـق کابل ازاین واحد عبور می نماید.

یک مرکز کنترل موتور، دارای یک قسمت ورودی بـا کلیـد اصلـی بـرای جـدا سـازی و قسمت خروجی برای به کارگیری برق در ماشین ها و موتـور هـا مـی باشـد. انـواع رایـج تـر آن عبارتند از :

- قطع کننده (فیوز) یک یا سه فاز ،
- راه انداز موتور با اتصال مستقیم ،
- راه انداز موتور های ستاره ، مثلث ،
- راه انداز موتور های دو دور،

معمولا تعـدادی از اتصـالات بـرق نقـاط مهـم کارخانـه از واحـد "مرکـز کنـترل موتـور " تـامین می شوند. بعضی از ماشین ها یک مرکز کنترل موتور داخلی همراه خود دارند .

مرکز کنترل موتور، را می توان به طرق زیر تحت اختیار داشت :

- به طور دستی به وسیله فشردن تکمه در دستگاه ،
- به طور دستی به وسیله فشردن تکمه در تابلو کنترل در محل فرایند ،
- به وسیله سیستم کنترل الکترونیک در داخل "مرکز کنترل موتور " در اتاق کنترل مرکزی

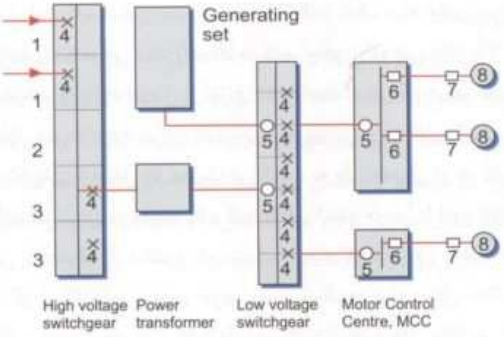
ماشین ها و موتور ها ، برق را از طریق کابل از "مرکز کنترل موتور" دریافت مـی دارنـد . کابل ها را به طور معمول در ناودانک مخصوص یا در داخل لوله ها جاگذاری مـی نمـایند . یـک کلید مجزا (کلید ایمنی) در هر موتور برای قطع فوری در هنگام کار نصب می گردد .

تمـام مـواد بـه کـار رفتـه در سیسـتم بـــرق بـایـد یــک پوشــش مناســب اســتاندارد (IP= international protection classification) در مقابل تماس با مایعـات و آب عـایق شده باشند. برای این عمل استاندارد بین المللی وجود دارد. به طـور معمـول اسـتاندارد (IP 54) باید در فرایند و بسته بندی رعایت گردد.

مبدل روغنی ارزانتر است ، اما باید در یک اتاق جداگانه و ضد آتش نصب گردند. زیرا روغـن بـه کار رفته در آنها قابل اشتعال می باشد . اتاق جداگانه باید دارای یک چاهک در زیر مبدل باشد ، تا در صورت نشت روغن ، در آن جمع آوری گردد .

مبدل غیر روغنی حاوی روغن قـابل اشـتعال نمـی باشـد و بنـابراین مـی تـوان آنهـا را مستقیما در سیستم نصب نمود . مبدل ها به ازای هر ۱۰۰ کیلوولت آمپر ، یـک کیلـووات پـرت انرژی دارند این پرت انرژی باعث تولید حرارت می شود که باید به وسیله تهویه از دسـتگاه دور گردد.

شکل ۱۷-۱۱-۶ *مثال توزیع نیرو در کارخانه لبنی*



۱- مقره برای ورودی جریان
۲- مقره برای اندازه گیری جریان
۳- مقره برای مبدل
۴- قطع کننده جریان
۵- کلید اصلی
۶- راه انداز موتور
۷- کلید جدا کننده
۸- نقطه مصرف (موتور)

کلید ولتاژ پایین

کلید ولتاژ پایین ، جریان را از کابل متصل به مبدل دریافت مـی دارد. ایـن کلیـد عـامل اصلی توزیع ولتاژ پایین، در سیستم بوده و معمولا مجهز به کلید جداگانه کنترل و حفاظت کننده برق خروجی (فیوز) می باشد.

کلید را ه انداز دارای واحد های زیر است :

- یک واحد ورودی باکلید اصلی برای جدا سازی کلید راه انداز، وابزار کنترل ولتاژ، جریان و....
- چندین واحد خروجی برای مصرف کننده های بزرگ مانند کنترل محرکه مرکـزی (MCC) ، هموژن کننده ها و ... . هر مصرف کننده دارای یک قطع کننده جریان یا فیوز بـرای حفـاظت از کابل ها و ابزار آلات می باشد .
- یک واحد مشخص کننده عبور جریان صحیح برای ملزومات (همیشه وجود ندارد).

فصل هفتم

طراحی خط تولید

در صنایع لبنی ، شیر خام قبل از اینکه به عنوان یک محصول نهایی فرایند شده در دسترس مصرف کننده قرار گیرد ، مراحل مختلفی از عملیات و فرایند ها را طی می نماید . فراورده ها به طور پیوسته در فرایندهای "بسته" جا به جا می گردند و اجزای اصلی به وسیله سیستم لوله کشی باهم در ارتباط می باشند. نوع عملیات و طراحی فرایند به نوع فراورده نهایی بستگی دارد .

فرایندی که در این فصل به آن پرداخته می شود پاستوریزاسیون عمومی شیر می باشد . این فرایند به عنوان عملیات پایه در فرایند تولید شیر فروشگاهی (Market milk) محسوب می گردد و همچنین در زنجیره فرایند فراورده های لبنی مانند تولید پنیر و فراورده های تخمیری، به عنوان عملیات مقدماتی (Pretreatment) به کاربرده می شود . هدف این فصل شناساندن بعضی نکات مهم در طراحی خط تولید به طور نمونه در طراحی یک خط پاستوریزاسیون شیر کامل می باشد .

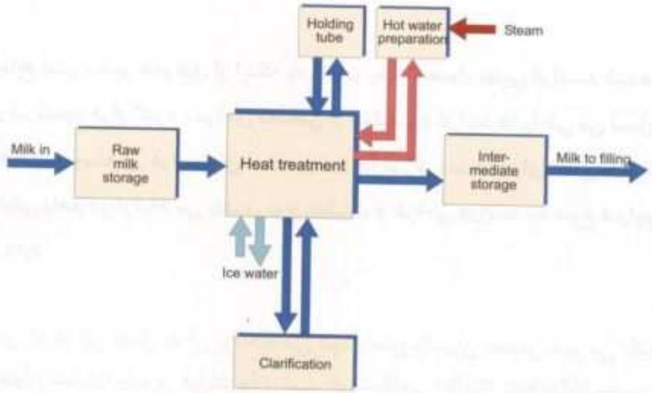
نکات مهم در طراحی فرایند

نظرات متفاوتی در مورد چگونگی طراحی یک خط فرایند وجود دارد. طراحی مقدماتی می تواند با توجه به نوع خواسته ها و انتظارات و همچنین شرایط موجود، متفاوت و بسیار پیچیده باشد. نقشه های مهندسی همیشه در بردارنده یک حالت میانه و کلی بین نیازهای مختلف و شرایط موجود می باشند مانند :

- تولید – نکات مورد توجه : موادخام، نوع عملیات مربوط به محصول و کیفیت فراورده نهایی.
- فرایند – نکات مورد توجه : ظرفیت کارخانه، انتخاب اجزاء و توانمندی آنها، درجه کنترل فرایند ، توانایی های مربوط به محیط های خدمات رسان، ملزومات شستشو کننده و غیره .
- نکات اقتصادی – قیمت تمام شده محصول، محدودیت های کیفیت ، استاندارد ها و قوانین
- قوانین – تطبیق محدودیت های فرایند با قوانین، انتخاب اجزا و ارائه راه حل .

فرایند نشان داده شده در شکل (۱-۷) نمای عملیات انجام پذیرفتنی مانند : عملیات حرارتی پاستوریزاسیون در شیر کامل برای تولید شیر فروشگاهی را نشان می دهد .

شکل ۱-۷ *نمودار کلی فرایند پاستوریزاسیون شیر.*



الزامات قانونی

در بیشتر کشور ها شرایط مشخصی به وسیله قانون برای حفاظت از مصرف کننده در مقابل آلودگی ناشی از میکروارگانیزم های بیماری زای موجود در شیر وضع شده است . بیان ها و توصیه ها برای این مورد ممکن است ، مختلف باشند . اما با ترکیب آنها می توان به موارد عمومی زیر دسترسی پیدا نمود. این موارد عمومی عبارتند از :

- **عملیان حرارتی بر روی شیر**

شیر باید به گونه ای تحت عملیات حرارتی قرار گیرد که تمام میکروارگانیزم های بیماری زا در آن کشته شوند. این عمل را می توان باترکیبی از دما و زمان (۷۲ درجه سانتیگراد برای مدت ۱۵ ثانیه) به انجام رساند .

- **ثبت**

تغییرهای دمای شیر در هنگام حرارت دادن باید به طور خودکار ثبت گردد و برای بررسی های احتمالی حفظ و نگهداری گردد.

- **حذف ناخالصی قبل از عملیات حرارتی**

غالبا شیر حاوی ذرات جامد مانند چرک ، لکوسیت ها (گلبول های سفید خون) و سلول های بافت پستانی می باشد که باید از آن جدا سازی گردند. قبل از پاستوریزاسیون باکتری ها خود را در بین توده ها و ذرات موجود در شیر پنهان می نمایند ، جداسازی و صاف کردن شیر باید در مرحله بالا دست (Upstream) فرایند حرارتی انجام پذیرد. شیر را می توان به وسیله صافی ها یا برای کارایی بیشتر در یک جدا کننده نوع ' گریز از مرکز' از وجود ذرات و ناخالصی ها پاک نمود.

- **جلوگیری از آلودگی ثانویه**

در تبادل کننده های حرارتی در سمت شیر پاستوریزه، فشار بالا تری در مقایسه با شیر غیر پاستوریزه ویا محیط گرم یا سرد کننده در نظر گرفته می شود. تا احیانا اگر رخنه ای در تبادل کننده حرارتی روی دهد ، جریان از سمت شیر پاستوریزه به سمت شیرغیر پاستوریزه یا محیط سرد کننده باشد ، نه بر عکس . در این خصوص همیشه یک پمپ تقویت کننده به طور دائم یک اختلاف فشارمثبت را در سمت شیر پاستوریزه ایجاد می نماید . در اغلب کشور ها انجام این کار اجباری می باشد .

اگر ضمن فرایند حرارتی، افت دما در فراورده پاستوریزه رخ دهد، با تمهیدات طراحی باید به گونه ای عمل شود تا هنگام برگشت دما به حالت عادی یک دریچه انحرافی شیر را به مسیر مخزن تعادل هدایت نماید.

تجهیزات مورد نیاز

لوازم مورد نیاز برای کنترل اجزای فرایند عبارتند از :

- مخزن سیلو برای ذخیره شیر خام،
- تبادل کننده های حرارتی برای گرما و سرما دادن به محصول ، یک لوله نگاه دارنده حرارت (Holding tube) برای تکمیل عملیات حرارتی و واحد آب داغ .
- آشغال گیر سانتریفوژی (فقط برای شیر خام) ،
- مخازن نگه داری بینابینی برای ذخیره موقت شیر فرایند شده .
- لوله کشی و اتصالات برای ایجاد ارتباط بین اجزاء و رساندن هوای فشرده به دریچه های پنوماتیکی برای کنترل و توزیع جریان محصول و مایعات شستشوکننده .
- پمپ ها برای نقل و انتقال شیر و دیگر فراورده ها .
- ملزومات نظارتی برای کنترل ظرفیت ، دمای پاستوریزاسیون و وضعیت دریچه ها .
- سیستم های گوناگون خدمات رسان مانند :
  - تهیه آب
  - تولید بخار
  - ماده سرما زا برای سرد سازی
  - هوای فشرده برای واحد عملیات پنوماتیکی
  - نیروی برق
  - تصفیه آب و فاضلاب

اساس و پایه این نوع خدمات در بخش ۱۱-۶ شرح داده شده است .

ظرفیت محیط های خدمات رسان (آب سرد وگرم و بخار) را باید ضمن طراحی فرایند مطابق موارد یاد شده بالا محاسبه نمود. همچنین برنامه حرارتی برای پاستوریزاسیون و موارد اختصاصی برای تمام مکان هایی که در آنها لزوم کارگذاری سیستم های گرمازا و سرمازا وجود دارد مانند : سردخانه ، سیستم های شستشوی کننده و... باید به طور دقیق محاسبه گردد . تعداد و مقدار ماشین های عمل کننده با نیروی برق ، واحدهای عمل کننده با سیستم هوای فشرده (پنوماتیک) ، ساعات کار و... باید معلوم ومشخص گردد. چنین محاسبه هایی در این کتاب آورده نشده است .

انتخاب لوازم

مخازن سیلو

تعداد و اندازه مخازن سیلو، بر اساس مقدار شیر خام محاسبه می گردد. معمولا برای انجام عملیات پیوسته خط تولید، ذخیره مواد خام برای ۷ ساعت کاری در کارخانه ضروری می باشد.

ترجیحا شیر باید به مدت ۲-۱ ساعت قبل از فرایند نگه داری گردد تا به طور طبیعی گاز ها از آن خارج شوند. هم زدن برای دستیابی به یکنواختی، تقریبا ۱۰-۵ دقیقه قبل از شروع به تخلیه کافی به نظر می رسد. این عمل با بی حرکت نگهداشتن شیر برای حذف طبیعی گازهای مخلوط شده با آن، تناقض پیدا نمی نماید .

تبادل کننده های حرارتی

هدف اصلی از پاستوریزاسیون شیر ازبین بردن میکرواورگانیزم های بیماری زا می باشد. برای رسیدن به این مقصود ، شیر باید به طور معمول در دمای ۷۲ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ ثانیه حرارت داده شده و سپس به سرعت سرد گردد. عامل های موثر در سیستم حرارتی ، به وسیله قانون در کشور های مختلف تصریح شده است .

وقتی که عامل های موثر شناخته شدند، در آن صورت می توان ابعاد تبادل کننده های حرارتی مناسب را محاسبه نمود . در مثال زیر عامل های موثر عبارتند از :

• ظرفیت طرح	۲۰۰۰۰ لیتر در ساعت
• برنامه حرارتی	۴، ۷۲ ، ۴ درجه سانتیگراد
• راندمان بازیافت حرارت در تبادل کننده	٪ ۹۴
• دمای محیط گرمازا	۷۵ ، ۷۴ درجه سانتیگراد
• دمای محیط سرمازا	۲+ سانتیگراد

نیاز های سیستم های خدمات رسان جانبی مانند : بخار، آب و آب یخ ، نیز محاسبه می گردد ، مقدار ونوع این خدمات تحت تاثیر انتخاب دریچه های مناسب برای تنظیم و تغذیه بخار و آب یخ قرار دارند .

صفحه های حائل بین قسمت های تبادل کننده های حرارتی دارای دریچه های ورودی و خروجی محصول و محیط گرم و سرد کننده می باشند. اتصالات ورودی و خروجی را می توان به صورت عمودی یا افقی در نظر گرفت. شکل قاب و محل آن نیز می تواند مورد انتخاب قرار گیرد .

محاسبه داده ها برای تبادل کننده های حرارتی در فصل ۱-۶ شرح داده شده است .

براساس مصوبات کمیته مشترک اروپایی ملزومات عملیات حرارتی شیر باید با تصویب و نظارت مراجع صلاحیت دار با ویژگی های زیرکار گذاشته شوند :

- **کنترل دمای خود کار داشته باشند**
- **ثبت کننده تغییرات دما داشته باشند**
- **مجهز به سیستم خود کار ایمنی وهشدار دهنده در مواقع عدم کفایت دما باشند**
- **مجهز به سیستم ایمنی لازم برای جلوگیری از اختلاط شیر پاستوریزه یا استریل با شیر غیر پاستوریزه باشند**
- **سیستم ثبت خودکار برای همه سیستم های ایمنی وجود داشته باشد**

سیستم آب داغ

از آب داغ یا بخار اشباع در فشار جو، برای محیط گرما دهنده در پاستوریزاتوراستفاده می گردد. بعضا بخار داغ به دلیل ایجاد اختلاف دمای بالا برای این موارد به کار برده نمی شود. در حالت کلی برای محیط های گرمازا در پاستوریزاتور از آب داغی که دمای آن تقریبا ۳-۲ درجه سانتیگراد بالاتر از دمای محصول خروجی از سیستم می باشد ، استفاده می گردد.

بخار با فشار ۷۰۰-۶۰۰ کیلو پاسکال (۷-۶ بار) از دیگ بخار خارج می گردد . یکی از موارد استفاده این بخار ، تولید آب داغ برای سیستم پاستوریزاتور می باشد .

آب گرمکن (Water heater) شکل (۲-۷) دارای یک سیستم بسته است و در یک طرح ساده به صفحه هایی شبیه تبادل کننده حرارتی (۳) مجهز می باشد. یک دریچه تنظیم بخار (۲) و یک تله بخار (۴) نیز در سیستم کار گذارده می شود. آب به وسیله پمپ گریز از مرکز (۵) از میان صفحه های گرم کننده (۳) و واحد گرمازای پاستوریزاتور عبور داده می شود.

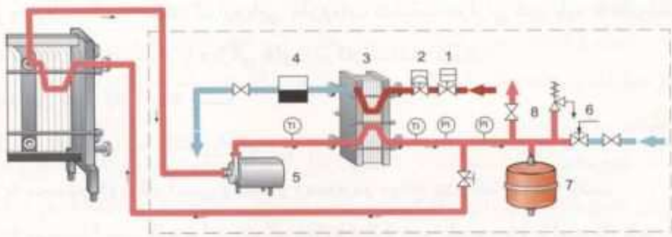
عمل محفظه انبساط (۷) ایجاد فضای کافی برای افزایش حجم آب در ضمن حرارت دهی می باشد. سیستم همچنین دارای فشارسنج و دما سنج و دریچه های تهویه (۸) است .

شکل ۲-۷ *اصول سیستم آب داغ متصل به پاستورایزر*

۱- دریچه باز وبسته کننده
۲- دریچه کنترل بخار
۳- تبادل کننده حرارتی
۴- تله بخار
۵- پمپ سانتریفوژی
۶- دریچه تنظیم آب
۷- محفظه انبساط
۸- دریچه ایمنی و تهویه

TI= temperature indicator
PI= pressure indicator

بخار 🟥
محیط گرمایش 🟥
آب و بخارمایع شده 🟦



کنترل دما

ثبات گرمایی در یک پاستوریزاتور به وسیله کنترل دما با تنظیم دریچه بخار انجام می پذیرد. هر تمایلی به افت دما در محصول بلادرنگ به وسیله یک سنسور کارگذاشته شده در خط تولید (قبل از لوله نگهدارنده دما یا هولدر) مشخص می گردد. سنسور باتغییر سیگنال کنترلی باعث باز شدن دریچه تنظیم بخار ، برای ورود بیشتر بخار به داخل آب می شود . این کار دمای آب گردش کننده در سیستم را افزایش داده و مانع افت حرارت می گردد .

سیگنال کنترل به طور مستقیم و متناسب با دمای محصول در حال ترک کردن دستگاه پاستوریزاتور به قسمت کنترل ارسال می گردد. این سیگنال اغلب به یک ثبت کننده دما و یک ترسیم کننده نمودار در تابلو کنترل متصل می باشد و دمای پاستوریزاتور و وضعیت دریچه انحراف دهنده مسیر جریان را به طور لحظه ای در روی تابلو کنترل نشان می دهد.

پمپ تقویت کننده برای جلوگیری از آلودگی ثانویه

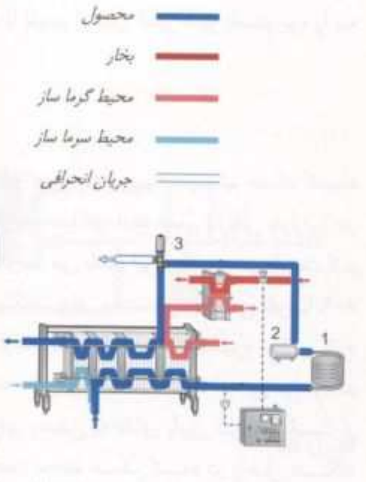
باید دقت زیادی برای اجتناب از خطر آلودگی فراورده های پاستوریزه شده توسط فراورده های غیر پاستوریزه یا محیط خنک کننده بعمل آید . اگر تراوشی در پاستوریزاتور روی دهد باید سمت جریان از محصول پاستوریزه به سمت محصول غیر پاستوریزه یا محیط خنک کننده باشد .

شکل ۳-۷ *چرخه کنترل خودکار دما*

۱- لوله هولدر

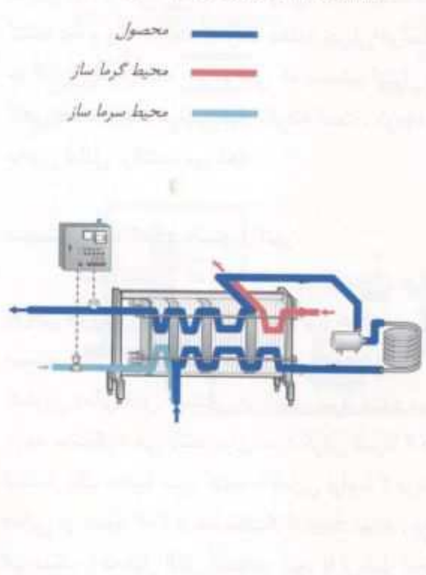
۲- پمپ تقویت کننده

۳- دریچه انحراف دهنده



شکل ۴-۷ *سیستم خنک کننده برای پاستوریزاتور*

TT= temperature transmitter



این بدان معنی است که باید همواره محصول پاستوریزه در مقایسه با سمت دیگر دیواره تبادل کننده حرارتی ، تحت فشار بالاتری قرار داشته باشد. یک پمپ تقویت کننده شکل(۳-۷)، در خط محصول ، بعد از قسمت هولدر یا قبل از قسمت گرما دهنده نصب می گردد. در وضعیت اخیر بعلت اینکه پمپ در دمای پایین تری عمل می نماید دوام بیشتری را خواهد داشت .

هولدر

درازا و اندازه هولدر بیرونی در دستگاه پاستوریزاتور به زمان نگهداری محصول درآن و همچنین به ظرفیت ساعتی دستگاه و ابعاد لوله ها بستگی دارد. معمولا قطرلوله هم اندازه لوله تغذیه پاستوریزاتور می باشد. داده های ابعادی برای لوله هولدر در فصل ۱-۶ بیان شده است . معمولا لوله هولدر را با پوشش فولاد ضد زنگ برای جلوگیری از پرت حرارتی به وسیله تشعشع و جلوگیری از تماس افراد و بروز سوختگی بخوبی محافظت می نمایند .

کنترل پاستوریزاسیون

نکته بسیار مهم در عملیات پاستوریزاسیون اطمینان از حرارت دیدن شیر در صفحات تبادل کننده حرارتی به طور کاملا صحیح می باشد . اگر دما به کمتر از ۷۲ درجه سانتیگراد افت نماید ، دستگاه قادر به پاستوریزه نمودن شیر نخواهد بود، در این حالت شیر غیر پاستوریزه باید به طور جدا از آنچه که قبلا پاستوریزه شده است ، نگهداری گردد . برای این کار یک کنترل کننده دما و یک دریچه انحراف دهنده جریان در سیستم پاستوریزاتور در پایین دست لوله هولدر جا گذاری شده است. در مواقعی که سیستم کنترل دما مشخص نماید که شیر عبوری بقدر کافی تحت فرایند حرارتی قرار نگرفته است ، دریچه با تغییر مسیر، شیر غیر پاستوریزه را به مخزن تعادل برگشت می دهد .

سیستم خنک کننده پاستوریزاتور

همان طوری که قبلا بیان شد محصول به طور عمده به وسیله سیستم خنک کننده بازیابی حرارتی (در تبادل کننده حرارتی) خنک می گردد. حد اکثر بازده عملی بازیابی حرارتی در سیستم تبادل کننده های حرارتی در حدود ۹۵-۹۴ درصد می باشد. این بدان معنی است که کمترین دمای قابل دستیابی در بخش سرد کننده دستگاه ، برای محصول خروجی تقریبا ۹-۸ درجه سانتیگراد می باشد. برای سرد کردن شیرتا ۴ درجه سانتیگراد جهت ذخیره سازی لازم است از یک محیط سرد کننده با دمایی برابربا ۲ درجه سانتیگراد استفاده گردد. آب یخ می تواند دمایی در حدود ۴-۳ درجه سانتیگراد ایجاد نماید . برای رسیدن به دمای پایین تر لازم است از آب نمک یا محلول الکل استفاده شود تا از خطر انجماد محیط خنک کننده در داخل دستگاه پرهیز گردد .

محیط سرمازا از قسمت برودت کارخانه به نقاط مختلف مصرف فرستاده می شود، شکل (۴-۷) . جریان ماده سرما زا در قسمت سرد کننده پاستوریزاتور ها با کنترل دمای خروجی ثابت نگهداری می گردد. این کار به وسیله کنترل کننده دما در خط خروجی محصول و دریچه تنظیم کننده در مسیر ماده سرمازای ورودی به سیستم پاستوریزاتور انجام می پذیرد .

کار پمپ افزایش و نگهداری فشار بالا در سمت محصول پاستوریزه در مقایسه با محصول غیر پاستوریزه و محیط خنک کننده می باشد.

جاگذاری پمپ تقویت کننده برای پاستوریزاسیون در اغلب کشور هارایج است.

پاستوریزاتور کامل

یک پاستوریزاتور پیشرفته شیر، با ملزومات کامل و مجهز به سیستم نظارت و کنترل فرایند که دریک مجموعه سوارشده اند ممکن است یک واحد گیج کننده به نظر رسد.

مخزن تعادل

شناور دریچه ورودی، جریان مایع را به داخل مخزن تنظیم می کند و آن را همواره در یک سطح ثابت در داخل مخزن تعادل (Balance tank) نگهداری می نماید. اگر جریان شیر ورودی قطع گردد سطح مایع شروع به افت می نماید.

دستگاه پاستوریزاتور باید در هنگام کارکردن همواره کاملا پر باشد در غیر این صورت باعث سوخته شدن محصول در سطح دیواره پاستوریزاتور خواهد شد. در داخل مخزن تعادل یک الکترود اندازه گیری سطح کار گذاشته شده است و به طور سریع افت سطح را با ارسال یک سیگنال اطلاع داده و دریچه انحراف مسیر، جریان داخل دستگاه را به مخزن تعادل برگشت می دهد.

در این حالت آب بجای شیر در دستگاه جریان یافته تا اختلال موجود در سیستم رفع گردد.

پمپ تغذیه

پمپ تغذیه (Feed pump) برای انتقال شیر از مخزن تعادل به کار برده می شود. با این کار فشار ثابتی را در مخزن تعادل برقرار می نمایند.

کنترل جریان

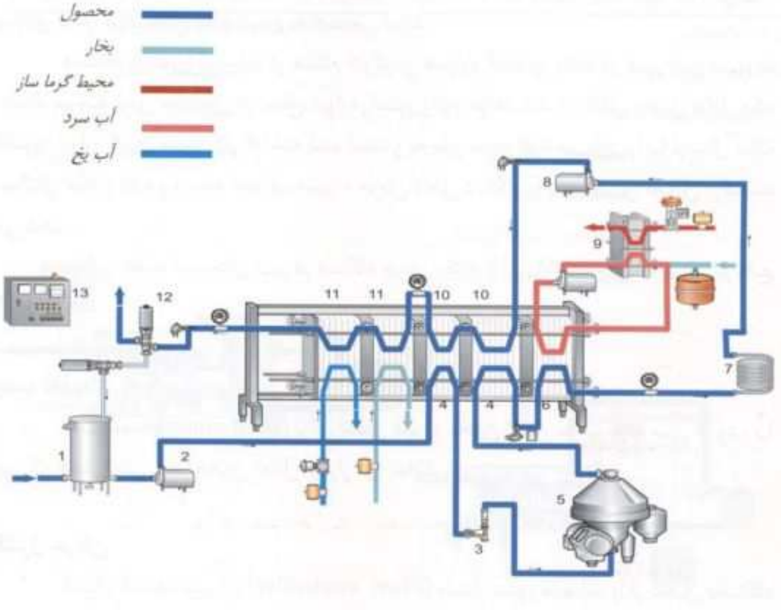
کنترل کننده جریان (Flow controller) مقدار عبور مایعات را از داخل دستگاه پاستوریزاتور در حد صحیح حفظ می نماید. این کار باعث تضمین ثابت ماندن دما در هولدر - با طول ثابت - می شود و همچنین بازده پاستوریزاسیون ارتقا می یابد. در اغلب موارد کنترل کننده جریان را پس از اولین واحد بازیافت حرارتی در دستگاه پاستوریزاتور کار می گذارند.

حرارت دهی مقدماتی با استفاده از بخش بازیافت حرارتی

در ضمن عملیات پاستوریزاسیون نخست شیر سرد غیر پاستوریزه توسط پمپ وارد اولین بخش در دستگاه می گردد، این قسمت حرارت دهی مقدماتی (Preheating section) نامیده می شود. در این جا گرمای شیر پاستوریزه خروجی از دستگاه، با سرمای شیر ورودی به دستگاه تبادل می گردد و به اصطلاح بازیافت حرارتی انجام می پذیرد.

شکل ۵-۷ *اجزای یک پاستوریزاسیون کامل*

۱- مخزن تعادل
۲- پمپ تغذیه
۳- کنترل کننده جریان
۴- قسمت بازیابی حرارتی، پیش گرم کن
۵- سپراتور آشغال گیر
۶- واحد گرمایی
۷- لوله هولدر
۸- پمپ تقویت کننده
۹- سیستم آب داغ
۱۰- قسمت بازیابی سرما
۱۱- قسمت سرد کننده
۱۲- دریچه انحراف دهنده مسیر
۱۳- تابلو کنترل



در بخش بازیافت حرارتی دستگاه عملیات مختلفی انجام می پذیرد. برای مثال شیر خام که برای آشغال گیری به سپراتور می رود باید دمایی در حدود ۵۵ درجه سانتیگراد را داشته باشد. در این حالت بخش بازیافت حرارتی که به دو قسمت تقسیم شده، در اولین قسمت دمای شیرخام را با استفاده از دمای شیر پاستوریزه خروجی از دستگاه تا حرارت ۵۵ درجه سانتیگراد

تنظیم می نماید و این شیر پس از انجام عملیات جدا سازی بـر روی آن در سـپراتور بـه قسـمت دوم دستگاه پاستوریزه برگشت می نماید در اینجا از دمای آن برای بالابردن دمـای شـیر ورودی به دستگاه (حرارت دهی مقدماتی) استفاده می گردد.

پاستوریزاسیون

دمای نهایی آب در پاستوریزاتور با آب داغ ، به طور معمول ۳-۲ درجه سـانتیگراد بـالاتر از دمای پاستوریزاسیون می باشد ($\Delta_t = 2 - 3^\circ C$)، که در قسمت تبادل حرارتی بیـن سـیال دو طرف دیواره جا به جا می گردد. شیر داغ به طور پیوسته از داخل یک لوله هولـدر خـارجی بـرای تکمیل فرایند حرارتی عبور داده می شود. دمای شیر به وسیله یک سنسور کار گـذارده شـده در خط کنترل می شود. سنسور به طور پیوسته سیگنال کنترلی را به واحدکنـترل ارسـال مـی دارد . سیگنال به یک ابزار ثبت کننده دمای پاستوریزاسیون نیز ارسال می گردد و دستگاه آن را ثبت و ذخیره می نماید .

انحراف جریان

سنسور کارگذاشته شده پس از هولدر به طور پیوسته سیگنال مشخصه دما را به قسـمت کنترل کننده درجه حرارت ارسال می دارد. به محض اینکه این سیگنال به کمتر از مقدار از پیش تعیین شده افت می نماید، کنترل کننده دریچه انحراف دهنده جریـان را بـه کـار مـی انـدازد. در بیشتر واحد ها وضعیت دریچه انحـراف دهنـده و دمـای پاستوریزاسـیون بـه طـور خودکـار ثبـت می گردد .

برای تشخیص و تنظیم وضعیت دریچه " انحراف دهنده جریان" در موارد بـروز خطـا راه حل های مختلفی در دسترس می باشند که در زیر به سه مورد آن اشاره می گردد .

۱- دریچه انحرف دهنده جریان ، درست بعد از هولدر کار گذاشته می شود. یـک پـمپ تقویـت کننده در مسیر قرار داده شده و دریچه قبل از پمپ قرار می گیرد. اگر دما تا زیر حد کنترل افـت نماید ، دریچه انحراف دهنده جریان را به مخزن تعادل هدایت کرده و پمپ از کار باز می ایسـتد و جریان سیال در قسمت های بازیابی حرارتی و سرد کننده در پاستوریزاتور متوقف می گردد .

بعد از یک زمان کوتاه ، بدون اینکه دما در تبادل کننده افزایش یابد سیستم تخلیه شـده و در برنامه شستشو (CIP) قرار می گیرد تا برای راه اندازی مجدد آماده گردد .

۲ -دریچه انحراف دهنده مسیر ، بعد از قسـمت سـرد کننـده در دسـتگاه قـرار داده مـی شـود . متعاقب افت دما جریـان بـه سـمت مخـزن تعـادل منحـرف شـده و سیسـتم از محصـول خـالی می گردد و در برنامه شستشو قرار می گیرد تا برای راه اندازی مجـدد وقتـی کـه دمـا در شـرایط قابل قبول قرار گرفت آماده باشد .

۳- دریچه انحراف دهنده مسیر، در بین هولدر و پمپ تقویت کننده قرار داده می شود . اگـر دمـا در سیستم افت نماید، دریچه مسیرجریان را منحرف می سازد. در این حالت پمپ تقویـت کننـده متوقف نشده ، اما دریچه های دیگری در اطراف تبادل کننده حرارتـی ، بـه طـور خودکـار تغییر وضعیت داده می شوند ، بنابراین شیر در سیستم بازیـابی حرارتـی و خنـک کننـده ، گـردش داده می شود تا فشاردر سیستم افت ننماید. این عمل یک دمای تعادلی مناسـب را در سیسـتم برقـرار می سازد. زمانی که شرایط حرارتی سیستم در حد قابل قبول قـرار گرفـت ، فراینـد بـدون انجـام شستشوی بینابینی از سر گرفته شود.

خنک کردن

پس از قسمت هولدر ، بخش بازیافت حرارتی ، برای خنک کردن قرار داده می شـود. در اینجا شیر پاستوریزه حرارت خود را با شـیر خنـک ورودی بـه سیسـتم تبـادل مـی نمـاید . شـیر پاستوریزه خروجی تا حدی خنک شده و سپس بااستفاده ازآب سرد، آب یخ ، محلول گلیکـول یـا بعضی سرمازاهای دیگر ، به دمای لازمه رسانیده می شود . دمـای شـیر خنـک شـده همـراه بـا دمای پاستوریزاسیون و وضعیت دریچه انحراف دهنده به طور خودکار ثبـت مـی گـردد و متعاقبـا نمودار سه منحنی ، در نمایشگر یا ثبات نشان داده می شود.

صافی‌کردن سانتریفوژی

در مثال قبل شیر از مسیر جدا سازی خامه و تولید شـیر پـس چـرخ (اسـکیم) عبـور داده نشـده اسـت ، معمـولا نخسـت شـیر را از میـان یـک آشـغال گـیر(صـافی) سـانتریفوژی (Centrifugal clarifier) عبور می دهند ، شکل (۶-۷) .

بعضی از کارخانه های لبنی برآشغال گیری سـانتریفوژی شـیر خـام سـرد (زیـر ۶ درجـه سانتیگراد) بلافاصله پس از رسیدن شیر به کارخانه تاکید دارند. خصوصا وقتی قصد داشته باشـند شیر را تا روز بعد برای فرایند ذخیره نمایند. جدا سازی در دمای تقریبا ۵۵ درجه سانتیگراد کارایی مناسبی را دارد، زیرا که ویسکوزیته شیر در این دما پایین می باشد.

طراحی سیستم لوله کشی

در مثال عنوان شده در این فصل ، ۲۰۰۰۰ لیـتر شـیر در سـاعت از میـان سیسـتم لولـه کشی و لوازم های فرایند کننده در هنگام تولید عبور می نماید . سرعت جریان محصول در میان لوله ها به اندازه لوله یا به عبارت دیگر قطر داخلی لوله بستگی دارد. لولـه بـا قطـر بزرگـتر دارای سرعت عبور پایین تری خواهد بود .

برای دستیابی به عبور ۲۰۰۰۰ لیتر شیر در ساعت ، سرعت محصول باید در لولـه ای بـا قطر ۷۶ میلیمتر(۳ اینچ) ۱/۲۵ متر بر ثانیه باشد. اگر قطر لوله به ۵۱ میلیمتر (۲ اینـچ) کـاهش داده شود سرعت لازم برای رسیدن به حجم قبلی باید ۲/۷۵ متر بر ثانیه باشد .

به کار گیری سرعت های خیلی بالا باعث افزایش اصطکاک بین لایه های خود مـایع و بین مایع و دیواره لوله خواهد شد. که ممکن است بر روی فرایند حرارتـی بـه کـار رفتـه در روی محصول تاثیر گذارد (دما را افزایش دهد) . برای دستیابی به کیفیت مورد نظـر نبـاید سـرعت محصول از حد معینی تجـاوز نمـاید بـرای شیر ایـن سـرعت تقریبـا ۱/۸ متـر بـر ثانیـه توصیـه شده است .

ممکن است انتخاب معقولانه در به کار بردن لوله هایی با اندازه هـای بـزرگ باشـد کـه حداقل مراقبت را درکنترل سرعت نیاز دارند . اما انتخاب لوله بزرگتر به معنای مصـرف اتصـالات بزرگتر و افزایش قیمت ها خواهد بود. بنابراین بهتر است مناسب ترین قطرلوله در محدوده تعادل با قیمت و سرعت انتخاب گردد. در مثال مورد نظر برای عبور حجم پیش بینی شده بهترین لولـه با قطر ۲/۵ اینچ (۶۳/۵ میلیمتر) و سرعت محصول ۱/۷۵ متر بر ثانیه می باشد، شکل (۷-۷) .

جریان های لایه ای و متلاطم

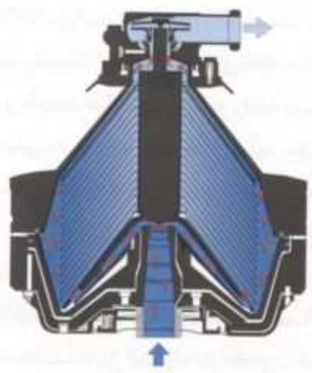
جریان لایه ای ، نوعی جریان می باشدکه در آن ذرات به طور پیوسته بـا مقدارتحـرک ثابت و در مسیر موازی نزد هم قرار دارند. این نوع جریان در سراسر لولـه هـای مسـتقیم ، یـا در بین دیواره های موازی در سرعت های پایین برقرار می باشد.

از سوی دیگر ، در جریان های متلاطم ذرات با حرکت های نامنظم و به صـورت درهـم آمیخته، با هم دیگر حرکت می نمایند .

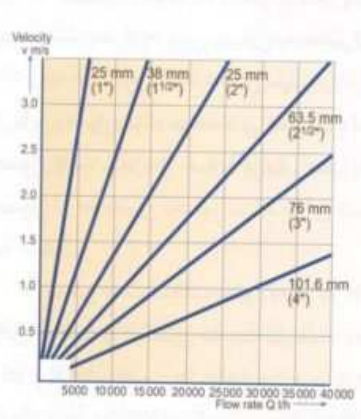
در شکل (۸-۷) میانگین سرعت ذرات در نقاط مختلف مسیر لوله نشان داده شده اسـت. در جریان های لایه ای بالاترین سرعت در مرکز محل عبور لایه ها می باشـد. زیـرا اصطکـاک بین لایه ها ، در مرکز کمتر از اصطکاک بین لایه ها در سمت دیـواره لولـه مـی باشـد. سـرعت جریان در نزدیک دیواره لوله تقریبا صفر است .

در جریان متلاطم، لایه ها در هم آمیخته شـده و از ایـن رو شـتاب مـایع هـادر قسـمت مرکزی با شتاب نزدیک دیواره تقریبایکسان می باشد. البته در اینجا هم در نزدیـک دیـواره لولـه یک لایه بسیار نازک مایع ایجاد شده و شتاب حرکت آن صفر است .

برای بدست آوردن جریان لایه ای در یـک لولـه گـرد، بـاید قطـر لولـه کوچـک بـوده و سرعت عبور سیال پایین و ویسکوزیته مایع بالا باشد .



شکل ۶-۷ بدنه یک اشغال گیر سانتریفوژی



شکل ۷-۷ نمودار سرعت محصول و سرعت جریان

مقاومت در جریان سیال

وقتی که مایع از میان لوله با فشار به جلو رانده مـی شـود، اجـزای موجـود در خـط لولـه باعث ایجاد مقاومت در برابرجریان مایع می گردند. در لوله هـای مسـتقیم ایـن مقـاومت بـر اثـر اصطکاک بین مایع و دیواره لوله به وجودمی آید .

در صورت وجود پیچ و خم در لوله ها ، اصطکاک ناشی از تغییر مسـیر نـیز بـه مقـاومت ایجاد شده افزوده می گردد. از همین طریق اصطکاک ، در مسیر دریچه ها و تغییر دهنده هـای مسیر ها باعث افزایش و ایجاد مقاومت بیشتر در مسیر جریان مایع می گردند. اهمیت وجود ایـن مقاومت ها تاثیر آنها بر روی شتاب مایع در حال عبور از مسیر می باشد .

مقاومت هریک از اجزای موجود در خط را می توان از طریق محاسـبه ضریـب مقـاومت هرکدام از آنها به دست آورد. مقاومت کل خط را می توان به وسیله ضرب ، ضرایب مقـاومت ، در مجذور سرعت جریان ، تقسیم بر ۲ g (متر بر مجذور ثانیه ۹/۸۱ = شتاب ثقـل زمیـن = g) محاسبه نمود.

مثال : سرعت مایع در یک سیستم لوله کشی ۱/۷۵ متر بر ثانیه می باشد (قطر لوله ۲/۵ اینـچ و سرعت جریان ۲۰۰۰۰ لیتر در ساعت) . جمـع ضرایـب مقـاومت بـه مـیزان ۱۹۰ اسـت مقـاومت جریان برابر خواهد بود .

$$\frac{1.75 \times 1.75 \times 190}{2 \times 9.81} = 29.7$$

⇦ متر ستون مایع یا هد

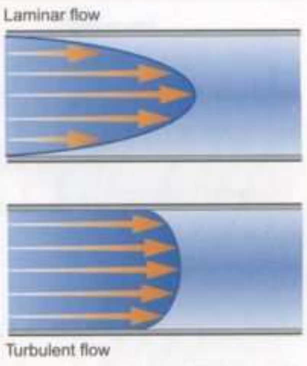
در این فرمول مقاومت جریان به صورت ارتفاع ستون مایع یا هد (Head) بیان شـده اسـت کـه لازم است در برابر فشار از دست رفتـه در سیسـتم، اعمـال گـردد. بـا نظـر بـه گذشـته مشـاهده

می گردد که جواب دست آمده از فرمول فوق جـزء داده هـای اصلـی پـمپ هـا مـی باشـد و آن عبارت است از توانایی پمپ برای انتقال مایع از سـطح پایین بـه سـطح بـالاتر . در مـورد فـوق مجموع مقاومت موجود در سیستم لوله کشی ، مساوی کار یک پمپ برای بلند کردن ، یک مایع به ارتفاع ۳۰ متر می باشد .

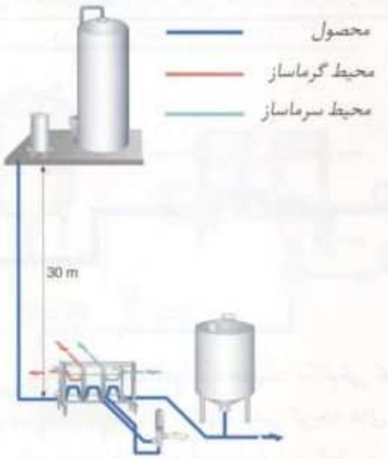
همچنین بیان دیگری از داده حاصله ایـن اسـت کـه: فشـار یـک سـتون آب ۳۰ مـتری می تواند بر مقاومت موجود در برابر جریان غلبه نماید ، شکل (۹- ۷) .

افت فشار

وجود مقاومت در جریان مایع باعث افت فشار در مسیر می گردد . اگـر مقـدار فشـار بـه وسیله یک فشار سنج عقربه ای در قبل و بعد از اجزای کاهش دهنده فشـار، انـدازه گـیری شـود مشاهده خواهد شد که فشار در سمت تخلیه مایع کمـتر مـی باشـد شـکل (۱۰-۷). بـرای نمونـه می توان از دریچه باز و بسته کنند به عنوان اجزای کاهنده فشار ، نام برد .



شکل ۸-۷ *نمای سـرعت بـرای جریـان هـای لایه ای و متلاطم*



شکل ۹-۷ *خط فراوری نشـان دهنـده مقـاومت در برابر جریان با ارتفاع (هد) ۳۰ متر*

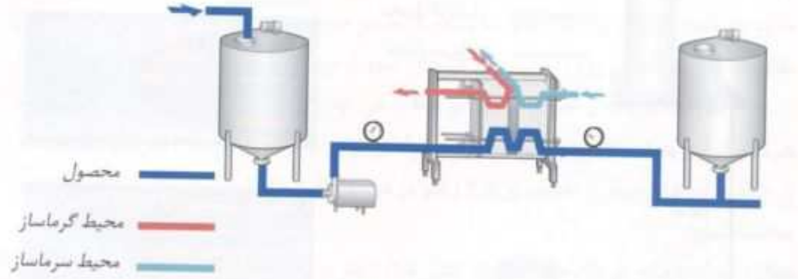
افت فشار، اندازه گیری شده به صورت هد (پمپ) بیان مـی گـردد کـه معـادل مقـاومت ایجاد شده می باشد. بزرگی آن به سرعت جریان و اندازه لوله ها بستگی دارد. اغلب افت فشار به صورت اندازه افت "هد" بـرای سـرعت جریـان هـای مختلـف بـه جـای ضریـب مقـاومت بیـان می گردد. نمودار شکل (۱۱-۷) در بر دارنده افت فشاردر سرعت جریان از ۵۰۰۰ لیـتر در سـاعت برای لوله با قطر کوچکتر ۱/۵ اینچ (۳۸ میلیمتر) ، تـا ۲۰۰۰۰۰ لیـتر در سـاعت بـرای لولـه هـای بزرگ ، ۴ اینچ (۱۰۱/۶ میلیمتر) ، می باشد .

نمودار نشان می دهد برای یک لوله با سرعت جریان ۲۰۰۰۰ لیتر در سـاعت و قطـر۲/۵ اینچ (۶۳/۵ میلیمتر) ، و سرعت ۱/۷۵ متر در ثانیه، افت فشـار ، یـا افـت هـد ، ۰/۴ مـتر در روی دریچه کاملا باز خواهد بود .

افت فشار برای هر یک از اجرای موجود در خط تولید را می توان از همین طریق بدست آورد . جمع آنها با هم افت فشار کل سیستم را معلوم می نماید .

باید در طراحی ابعاد و جاگذاری اتصالات و مجموعه ها ، بـه گونـه ای عمـل گـردد کـه کمترین افت فشار ممکن در سیستم ایجاد شود. هر افت فشار مسـتلزم یـک افزایـش درسـرعت جریان سیال به صورت جریان متلاطم یا ایجاد شتاب موضعی در هنگام عبـور مـایع مـی باشد. شتاب بالاتر باعث افزایش بیشتر اصطکاک در سطح داخلی لوله ها و دیگر ملزومـات مـی گـردد که خود به نیروی بیشتری برای عبور از پیچ ها و ... نیازمند است . این عمل باعث افزایش تـاثیر عملیات مکانیکی بر روی فراورده ها خواهد گردید.

شکل ۱۰-۷ *افت فشار را می توان به وسیله فشار سنج عقربه ای در خط فرایند مشاهده نمود*



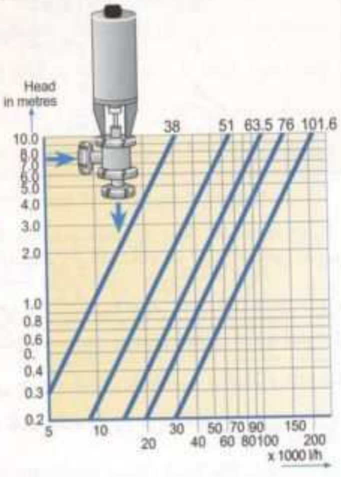
یکی از اثرات ناخواسته عملیات مکانیکی که همراه با ایجاد مقاومت در جریان عبوری بر روی شیر بروز می نماید شکسته شدن گویچه های چربی شـیر مـی باشـد در نتیجـه ایـن عمـل چربی شیر در معرض تاثیر آنزیم لیپاز قرار گرفته و تجزیه می شود. در این حالت بر مقـدار اسـید چرب آزاد شیر افزوده می گردد که در نهایت بر روی طعم شیر اثر نامناسب خواهد گذاشـت. اگـر در سیستم هوا نیز حضـور داشـته باشـد مشـکلات بیشـتری در هنگـام عملیـات مکـانیکی روی می دهد. هوا ممکن است از طریق مکش از منـافذ - چکـه کننـده - وارد سیسـتم گـردد. بـرای

فراورده هایی مانند ماست ، که ضرورت انجام عملیات ملایم تری در مورد آن وجود دارد باید دقت بالاتری در طراحی و جاگذاری اجزای ایجاد کننده مقاومت اعمال گردد .

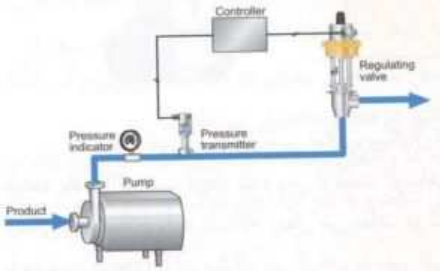
در سیستم لوله کشی ، اندازه لوله ها باید در حدی باشد که باعث افزایش سرعت مایع از محدوده بحرانی برای فراورده ها (برای شیر ۱/۸ متربر ثانیه) نگردد. تعداد دریچه ها در خط باید درحداقل ممکن انتخاب شده و افت فشار در سرتاسر آنها باید تاحد ممکن پایین باشد و به گونه ای نصب شوند که از تغییر مسیر غیرضروری اجتناب گردد .

ملزومات کنترل فرایند

برای انجام عملیات موفق و تولید محصول با کیفیت بالا، لازم است داده هایی مانند : سطح مایع ها ، جریان ها، دما ها ، فشار ها ، غلظت ها و مقادیرpH در یک محدوده مشخص و از پیش معین شده حفظ گردند . ملزومات لازم برای مشاهده و کنترل این داده ها در بردارنده انواع گوناگونی از ارسال کننده ها ، کنترل کننده ها و حسگرها (سنسور) می باشند . چرخه کنترل در شکل (۱۲-۷) نشان داده شده است .



شکل ۱۱-۷ *نمودار افت فشار برای دریچه باز و بسته کننده*



شکل ۱۲-۷ *چرخه کنترل برای کنترل فشار ، شامل یک ارسال کننده ، یک کنترل کننده و یک دریچه کنترل کننده پنوماتیکی.*

انتقال دهنده (Transmitter) یک دستگاه حساس بوده که مقادیر مورد نظر را اندازه گیری می نماید . طراحی و عملکرد آن بر اساس نیازهای نظارتی در هر سیستم متفاوت می باشد . مثلا عواملی مانند دما ، فشار و pH به وسیله این دستگاهها به سیگنال های پنوماتیک یا الکتریکی متناسب با مقادیر اندازه گیری شده ، تبدیل می گردند.سپس این سیگنال ها به یک کنترل کننده منتقل شده و در آنجا مقدار اصلی داده های فرایند تشخیص داده می شوند .

دستگاه کنترل کننده (Control device) بر اساس یک سیستم تعدیل کننده عمل می نماید و ممکن است ، واحد عمل کننده یک پمپ دور متغیر یا یک دریچه تنظیم کننده در خط تولید باشد. دستگاه تنظیم کننده (موتور دور متغیر یا دریچه یاپره های تغییر وضعیت دهنده) مقدار داده ارسالی تشخیص داده و به طور پیوسته با ارسال یک سیگنال(پنوماتیک یا الکتریک) معین نحوه تنظیم وضعیت دریچه تنظیم کننده را در اختیارآن قرار می دهد.

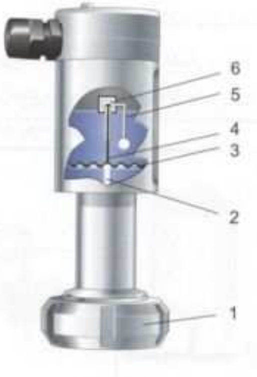
تابلو ۱-۷ *تغییرات مقاومت باتوجه به درجه حرارت بر اساس یک خصوصیت فرضی .*

مقاومت Ω	دما °C
۱۰۰/۰۰	۰
۱۰۳/۹۰	۱۰
۱۰۷/۷۹	۲۰
۱۱۱/۶۷	۳۰
۱۱۵/۵۴	۴۰
۱۱۹/۴۰	۵۰
۱۲۳/۲۴	۶۰
۱۳۰/۸۹	۸۰
۱۳۸/۵۰	۱۰۰

شکل ۱۳-۷ *اندازه گیر و انتقال دهنده فشار*

۱- مغزی ۲- فشار فرایند ۳- غشاء

۴- لوله مویینه ۵- فشار مرجع ۶- سنسور



اگر مقدار مورد سنجش تغییر نماید ، سیگنال ارسالی از دستگاه بر این اساس تغییر خواهد یافت. اگر تغییر ایجاد شده پس از مدت کوتاهی به حالت اول برگشت نماید سیگنال ارسالی این اصلاح را به دستگاه ارسال می نماید. در نتیجه وضعیت سیستم تنظیم کننده (سرعت یا وضعیت دریچه) با آن سازگار می گردد . به طور کلی چرخه کنترل با مقایسه و اصلاح داده به شکل هوشمند سیستم را در مقادیر از قبل تنظیم شده ثابت نگاه داری می نماید.

انتقال دهنده ها

دستگاه های اندازه گیر و انتقال دهنده (Transmitter) سیستم کنترل فرایند در شکل های مختلف و توانایی های گوناگونی طراحی شده اند. بعضی از این دستگاه ها به طور

مستقیم تغییرات را در مقدار اندازه گیری و انتقال نشان می دهند. در دستگاه نشان داده شده در شکل (۱۳-۷) ، فشار محصول از طریق یک لوله مویینه به روی غشاء و سپس سنسور منتقل می گردد. سنسور متناسب با فشار محصول یک سیگنال الکتریکی را به طور مستقیم ارسال می دارد . شناور کنترل کننده سطح مایع که در اغلب مخازن به کار برده می شود ، یک مثال از این نوع کنترل کننده های مستقیم می باشد.

اغلب این دستگاه ها، به طور غیر مستقیم داده ها را اندازه گیری می نمایند . آنها تغییرات مقادیر فیزیکی را نسبت به یک مقدار ثابت اندازه گیری می نمایند . این نوع از دستگاه ها پیش از این در کنترل انتقال مایعات از خط تولید معرفی شده است که در آن سرعت جریان لازم به وسیله اندازه گیری فشار محصول در خروجی پمپ ، ثابت نگاه داری می شود .

فشار سنج های شرح داده شده در بالا را می توان برای کنترل سطح محتوای مخازن نیز به کار برد. برای این کار آن را در ته مخزن نصب می نمایند و فشار استاتیک ستون مایع در روی غشاء دستگاه حس می گردد . این فشار متناسب با عمق (ارتفاع) مایع می باشد . یک سیگنال الکتریکی داده اندازه گیری شده را به ابزاری که سطح را مشخص می نماید انتقال می دهد .

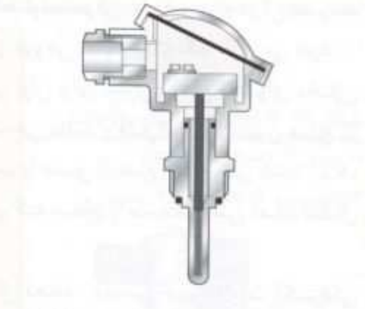
دسته ای از دستگاه های اندازه گیری و انتقال دهنده ، براساس تغییر مقاومت الکتریکی فلزدر مقابل دما کار می نمایند . یک چنین انتقال دهنده هایی به طور عمومی کار اندازه گیری و انتقال داده دما را بر عهده دارند ، شکل (۱۴-۷) . ساختمان آنهااز یک سیم از جنس پلاتین (Platinum) و نیکل (Nickel) یا دیگر فلزات تشکیل شده که در داخل یک لوله محافظت کننده سوار شده اند . این وسیله به گونه ای در خط تولید کار گذاشته می شود که بتواند با مایع در تماس باشد و دمای آن را اندازه گیری کند . در تابلو (۱-۷) مقاومت یک سیم پلاتین در دماهای مختلف نشان داده شده است .

مقاومت را می توان به وسیله اتصال سیم فلزی مذکور به یک مدار الکترونیکی اندازه گیری نمود . هر تغییر در مقاومت مشابه تغییر در دمای محصول می باشد .

انواع مختلفی از اندازه گیری کننده ها و انتقال دهنده های شرح داده شده در بالا، به طور عمومی در صنایع لبنی به کار برده می شوند و به جز آنها انواع دیگری نیز برای استفاده صنایع مختلف طراحی و ساخته شده اند.

کنترل کننده ها

دستگاه کنترل کننده (Controller) که درشکل (۱۵-۷)نشان داده شده است دراصل مغزسیستم کنترل کننده دما را تشکیل می دهد و در اشکال مختلف وجود دارد. بنا برآنچه که قبلا بیان شد این دستگاه می تواند به طور پیوسته مقادیر اندازه گیری شده را با یک مرجع یا داده از قبل تعیین شده، مقایسه نماید . بروز هر گونه انحراف به وسیله دستگاه تشخیص داده شده و بلافاصله یک سیگنال اصلاحی به واحد تنظیم کننده ارسال می شود تا دما به مقدار از قبل تعیین شده اصلاح گردد. دستگاه های کنترل و تنظیم کننده ممکن است ازنوع پنوماتیکی یا الکتریکی باشند. اگر ارسال کننده از نوع پنوماتیکی و کنترل کننده از نوع الکتریکی باشد، سیگنال ها ابتدا برای یکسان شدن وارد یک مبدل پنوماتیک / الکتریک می گردند.



شکل ۱۴-۷ *انتقال دهنده دما از نوع مقاومتی*

شکل ۱۵-۷ *کنترل کننده*

به طور معمول در یک کنترل کننده ، یک تکمه برای وارد کردن مقادیر ورودی به دستگاه وجود دارد مقادیر به وسیله فلش هایی بر روی صفحه مدرج نشان داده می شوند. تمام مقادیر اندازه گیری شده و داده های خروجی از انتقال دهنده ها ، همیشه قابل مشاهده می باشند، همچنین یک سیستم مدرج ، سیگنال خروجی به دستگاه تنظیم کننده را نیز نشان می دهد .

زمانی که عملیات در حالت خودکار قرار داده می شود ، نیازی به هیچ نوع تنظیم دستی نمی باشد . این سیستم هارا می توان با زدن تکمه ای به صورت کنترل دستی در آورد که در این صورت باید به وسیله کاربر تنظیم گردد . وضعیت تحت کنترل در روی نمایشگر به وسیله سیگنال خروجی نشان داده می شود .

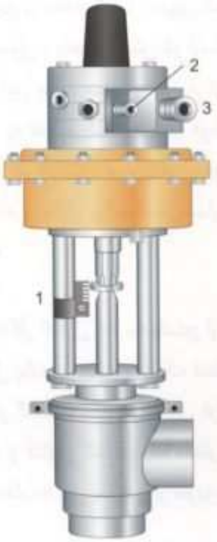
بعضی کنترل کننده ها می توانند یک سیگنال مخصوص را در مقادیر حد اقل یا حداکثر از خود خارج نمایند این سیگنال ها پس از تقویت ، برای تغییر عملیات در فرایندها به کار برده می شوند. برای مثال اگر در فرایند مورد نظر، دما در خروجی تبادل کننده حرارتی، در قسمت هولدر به زیر ۷۲ درجه سانتیگراد افت نماید ، می توان دریچه خروجی جریان را به سیستم جریان چرخشی (دورانی) هدایت نمود.

در این حالت وقتی دما به زیر مقدار تعیین شده افت نماید، مثلا اگر حساسیت برای افت دما به زیر ۷۱/۹ درجه سانتیگراد تنظیم شده باشد،کنترل کننده دما یک سیگنال را به سیستم

راه انداز ، تغییر دهنده مسیر ارسال می دارد. سیگنال از طریق کنترل کننده به دریچه مغناطیسی (Solenoid) رفته که کار آن نگهداری فشار هوا برای کنترل دریچه انحراف دهنده جریان می باشد . در این موقع دریچه مغناطیسی با قطع جریان هوا باعث تغییر مسیر از جریان جلو رونده به مسیر انحرافی می شود .

شکل ۱۶-۷ *دریچه تنظیم کننده پنوماتیکی*

۱- مکان نمای وضعیت پیستون
۲- محل اتصال سیگنال الکتریکی
۳- محل اتصال هوای فشرده



وسیله تنظیم کننده

تنظیم کننده ها، با توجه به نوع و حجم کار، مورد استفاده قرار می گیرند. وسیله تنظیم کننده ممکن است یک پمپ دور متغیر باشد . در این موارد سیگنال خروجی از کنترل کننده با تنظیم سرعت پمپ باعث می گردد تا جریان لازم برای تنظیم سیستم بدست آید . در حالت های عمومی تر در صنایع لبنی از دریچه تنظیم کننده استفاده می گردد .

دریچه پنوماتیکی تنظیم کننده در شکل (۱۶-۷) نشان داده شده است ، شامل یک بدنه بایک جایگاه برای توپی (که به انتهای پایینی تنه ضمیمه شده است) می باشد . دریچه بین حالت باز و بسته به واسطه اختلاف فشار بین منطقه بالاو پایین پیستون عمل می نماید . قسمت به کار اندازنده، یک پیستون دوکاره دارد . وقتی فشار در سمت پایینی ، بیشتر باشد ، پیستون به سوی بالا حرکت نموده و توپی را از محل خود بلند می نماید. فشار بالا در قسمت نوک پیستون باعث بسته شدن دریچه می گردد .

به کار افتادن این سیستم لازمه ارسال سیگنال پنوماتیک از یک کنترل کننده به یک وسیله اندازه گیری و تغییر محل مکان نما در بالای دریچه می باشد . تغییر محل مکان نما شرایط توپی پیستون را معلوم می نماید که همیشه متناسب با درجاتی از سیگنال کنترل کننده می باشد. وقتی که سیگنال مجددا به حالت از قبل تعیین شده برگردد ، وسیله تغییر محل دهنده مکان نما به وضعیت تعادل برگشته و بنابراین وضعیت توپی ثابت می گردد. در شرایط متعادل افت فشار بر روی دریچه در مقدار از قبل تعیین شده می باشد.

افت فشار محصول ، باعث کاهش در ارسال سیگنال به کنترل کننده می گردد و دریچه اندازه گیری کننده در این حالت مطابق با مقدار از قبل تعیین شده قرار گرفته و کنترل کننده به وسیله افزایش سیگنال به تنظیم کننده دریچه دوباره عمل می نماید . مکان نما توپی را بسوی جایش حرکت داده ، در اثر افزایش جریان در دریچه و بازگشت فشار به سیستم ، پیستون به طرف پایین متمایل شده و تعادل برگشت می نماید.

کنترل خودکار دما

در سیستم خودکار کنترل دما ، دماسنج از نوع مقاومتی بوده و در خط تولید کار گذاشته می شود . وسیله کنترل یک دریچه پنوماتیک تنظیم کننده درخط بخار می باشد . کنترل به وسیله کنترل کننده کار گذاشته شده در تابلوی فرایند انجام می پذیرد . دمای مورد نظر به کنترل کننده وارد شده و کنترل کننده مرتبا مقدار اندازه گیری شده را با مقدار از قبل تعیین شده (۷۲ درجه سانتیگراد) مقایسه می نماید و از طریق دریچه تنظیم بخار دما را ثابت نگاه داری می کند.

پایان
جلد
اول
صنعت
شیر

شرکت سهامی صنایع شیر ایران

DAIRY INDUSTRIES

Vol. 1

Translated by

FARHAD FARAHNOODI