



شرکت سهامی صنایع شیر ایران

# صنعت شیر

جلد دوم

ترجمه

فرهاد فرهنگدوی



# صنعت شیر

## جلد دوم

ترجمه  
فرهاد فرهنودی

پاییز ۱۳۷۷

milkindustry.ir

این کتاب ترجمه‌ای از کتاب - DAIRY PROCESSING HANDBOOK  
که توسط شرکت - TETRA PAK PROCESSING SYSTEMS AB  
گردآوری 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 دبیری ۲ - مهندس وحید مفید

ویراستار ادبی: شهرام توکلی

تأیید و پرداختن متن: منصوره لطفی زاده

تأیید چاپ: اول

تاریخ چاپ: پاییز ۱۳۷۷

نظارت فنی: شاهین میمندی نژاد

لیتوگرافی: گرافیک گستر

چاپ: صنوبر

صحافی: ایرانمهر

تیراژ: ۲۰۰۰ نسخه

قیمت: یک دوره دو جلدی ۲۰۰۰ تومان

ناشر: انتشارات شرکت جهاد تحقیقات و آموزش تهران صندوق پستی ۱۴۷۸-۱۳۱۴۵ تلفن: ۶۴۹۵۵۷۴

ISBN 964-91900-1-5(vol.2)

ISBN 964-91900-2-3(2Vol.Set)

شابک جلد دوم: ۹۶۴-۹۱۹۰۰-۱-۵

شابک دوره دو جلدی: ۹۶۴-۹۱۹۰۰-۲-۳

milkindustry.ir

صنعت شیر

|                                           |    |                                            |     |
|-------------------------------------------|----|--------------------------------------------|-----|
| سیستم UHT در واحد نیمه صنعتی              | ۵۴ | خنک کردن لخته                              | ۹۰  |
| <b>فصل دهم</b>                            |    | طعم دادن                                   | ۹۰  |
| کشت و تولید استارترها                     | ۵۷ | ماست "ست"                                  | ۹۲  |
| تکنولوژی فرایند                           | ۶۲ | افزودن طعم دهنده‌ها و بسته‌بندی            | ۹۲  |
| مراحل در فرایند                           | ۶۳ | یکنوع سیستم تولید پیشتهادی...              | ۹۳  |
| عملیات حرارتی محیط کشت                    | ۶۴ | گرمخانه‌گذاری و خنک کردن                   | ۹۴  |
| خنک کردن محیط کشت تا دمای مناسب تلقیح     | ۶۴ | ماست آشامیدنی                              | ۹۶  |
| تلقیح                                     | ۶۵ | ماست با ماندگاری بالا                      | ۹۶  |
| گرمخانه‌گذاری                             | ۶۵ | تولید در شرایط آسپتیک                      | ۹۷  |
| خنک کردن کشت پس از تکمیل رشد باکتری       | ۶۷ | شرایط تولید در اتاق تمیز                   | ۹۸  |
| نگهداری و حفاظت از کشت‌های آغازگر         | ۶۸ | عملیات حرارتی بر روی ماست                  | ۹۹  |
| تولید کشت‌ها تحت شرایط آسپتیک             | ۶۹ | ماست متجمد                                 | ۱۰۰ |
| <b>فصل یازدهم</b>                         |    | تولید ماست مخلوط                           | ۱۰۰ |
| فراورده‌های کشت داده شده شیر              | ۷۳ | ماست یا انجماد سخت                         | ۱۰۲ |
| یک افسانه                                 | ۷۳ | سیستم توزیع محصول                          | ۱۰۲ |
| ملرویات عمومی برای تولید شیر کشت داده شده | ۷۵ | ماست‌های تغلیظ شده                         | ۱۰۲ |
| ماست                                      | ۷۶ | کفیر                                       | ۱۰۳ |
| ماست طعم دار                              | ۷۷ | تولید کشت مایه                             | ۱۰۴ |
| عوامل موثر در کیفیت ماست                  | ۷۸ | تولید کفیر                                 | ۱۰۶ |
| انتخاب شیر                                | ۷۸ | خامه کشت داده شده                          | ۱۰۸ |
| استاندارد کردن شیر                        | ۷۹ | دوغ کره                                    | ۱۱۱ |
| محتوای ماده خشک                           | ۷۹ | دوغ کره تخمیری                             | ۱۱۱ |
| پایدار کننده                              | ۸۰ | پیشرفتهای جدید در محصولات کشت              |     |
| هواگیری                                   | ۸۰ | داده شده شیر                               | ۱۱۱ |
| عملیات حرارتی                             | ۸۳ | <b>فصل دوازدهم</b>                         |     |
| آماده سازی کشت                            | ۸۳ | کره و فراورده‌های گسترده                   | ۱۱۵ |
| خط تولید                                  | ۸۴ | تعاریف                                     | ۱۱۵ |
| طراحی خط تولید ماست                       | ۸۷ | کره                                        | ۱۱۸ |
| ماست همزده (استیرد)                       | ۸۸ | کره تولید شده از خامه شیرین و کشت داده شده | ۱۱۹ |

فهرست مطالب

|                                  |    |                                        |    |
|----------------------------------|----|----------------------------------------|----|
| <b>فصل هشتم</b>                  |    | فراورده‌های یبوسته (محواله‌ای)         | ۳۵ |
| فراورده‌های یبوسته               | ۱  | فراورده‌های یبوسته                     | ۳۵ |
| فراوری شیر یاسوریزه فروشگاهی     | ۲  | استریل کننده هیدرواستاتیک عمودی        | ۳۶ |
| استاندارد کردن                   | ۵  | استریل کننده افقی                      | ۳۸ |
| تعیین کارایی همگن سازی           | ۶  | عملیات UHT                             | ۳۸ |
| حفظ کیفیت شیر یاسوریزه           | ۷  | فراورده‌های UHT                        | ۳۹ |
| ماندگاری شیر یاسوریزه            | ۷  | توسعه فرایند UHT                       | ۳۹ |
| شیر با مدت ماندگاری طولانی       | ۱۰ | واحد‌های UHT                           | ۴۰ |
| خامه رده                         | ۱۱ | انواع سیستم‌های UHT                    | ۴۱ |
| روش ردن                          | ۱۲ | مراحل عمومی عملیات UHT                 | ۴۲ |
| خط تولید خامه زدنی (روش اسکانیا) | ۱۴ | فراورده بیش استریل کردن                | ۴۲ |
| خامه نیم چرب و خامه قهوه         | ۱۷ | شستشوی بیابینی آسپتیک                  | ۴۳ |
| بسته‌بندی                        | ۲۰ | شستشو درجا                             | ۴۳ |
| <b>فصل نهم</b>                   |    | واحد UHT مستقیم بر پایه تزریق بخار     |    |
| شیر با ماندگاری طولانی           | ۲۳ | و تبادل کننده حرارتی صفحه‌ای           | ۴۳ |
| کیفیت مواد خام                   | ۲۳ | سیستم UHT مستقیم بر پایه تزریق بخار    |    |
| کارایی استریل کردن               | ۲۴ | و تبادل کننده حرارتی لوله‌ای           | ۴۴ |
| کاهش لگاریزیمی اسپورها           | ۲۵ | سیستم UHT مستقیم بر پایه انفوزیون بخار | ۴۶ |
| اندیس $Q_{11}$                   | ۲۷ | سیستم UHT غیر مستقیم بر پایه تبادل     |    |
| اندیس $F_0$                      | ۲۸ | کننده حرارتی صفحه‌ای                   | ۴۷ |
| اندیس‌های $B^*$ و $C^*$          | ۲۹ | سیستم UHT غیر مستقیم بر پایه تبادل     |    |
| استریل کردن تجاری                | ۲۹ | کننده حرارتی لوله‌ای                   | ۴۹ |
| تغییرهای ناکتریولوژیکی و شیمیایی |    | سیستم UHT غیر مستقیم بر پایه تبادل     |    |
| در عملیات حرارتی شدید            | ۳۰ | کننده حرارتی تبخیر تراش                | ۵۱ |
| جنبه‌های تعدیه‌ای                | ۳۲ | مخزن آسپتیک                            | ۵۲ |
| تولید شیر با ماندگاری طولانی     | ۳۴ | بسته‌بندی آسپتیک                       | ۵۳ |

## صنعت شیر

|                                          |     |                                           |     |
|------------------------------------------|-----|-------------------------------------------|-----|
| روش‌های پنیرسازی                         | ۱۷۳ | تجزیه پروتئینی                            | ۲۰۱ |
| تولید لخته                               | ۱۷۳ | شرایط نگهداری                             | ۲۰۲ |
| اضافه نمودن اسنارتر                      | ۱۷۴ | روش تهویه هوا                             | ۲۰۴ |
| افزودنی‌ها و آنزیم زنی                   | ۱۷۴ | طراحی انبار و فضای لازم                   | ۲۰۵ |
| برش لخته                                 | ۱۷۵ | خط فرایند برای پنیر امتثال                | ۲۰۶ |
| همزدن پس از برش (همزدن اولیه)            | ۱۷۵ | خط فرایند برای پنیر چدار                  | ۲۰۸ |
| تخلیه اولیه آب پنیر                      | ۱۷۷ | خط فرایند برای پنیر گودا                  | ۲۰۹ |
| حرارت دادن، پخت، شستشو یا آب گرم         | ۱۷۷ | خط تولید پنیر تلیستر                      | ۲۱۱ |
| همزدن نهایی                              | ۱۷۹ | خط فرایند پنیر موزارلا                    | ۲۱۲ |
| پنیر با بافت دانهای                      | ۱۸۰ | پنیرهای نیمه سخت، نیمه نرم و نرم          | ۲۱۳ |
| پنیر با چشمک‌های گروی شکل                | ۱۸۰ | پنیر رگه آبی                              | ۲۱۴ |
| وت‌هایی با فشار دهنده مقدماتی لخته       | ۱۸۲ | پنیر کاممیرت                              | ۲۱۶ |
| سیستم فشار دهنده مقدماتی از نوع پیوسته   | ۱۸۳ | پنیر کاتنج                                | ۲۱۷ |
| پنیر با بافت سفت و فشرده                 | ۱۸۴ | کوارگ                                     | ۲۱۹ |
| عاشین مکانیکی چداری کننده                | ۱۸۶ | اولترافیلتراسیون در تولید پنیر            | ۲۲۱ |
| توئل فشردن پنیر با تغذیه خودکار          | ۱۸۹ | پنیرسازی با روش اولترافیلتراسیون و        |     |
| سیستم شکل دهنده قالب‌ها                  | ۱۸۹ | عاشین لخته ساز                            | ۲۲۲ |
| پخت و کشدار کردن پنیرهای نوع پاستافیلانا | ۱۹۰ | پنیر پرورده                               | ۲۲۵ |
| نمک زنی                                  | ۱۹۳ | فصل یازدهم                                |     |
| نمک زنی خشک                              | ۱۹۳ | فراوری آب پنیر                            | ۲۲۹ |
| آب نمک زدن                               | ۱۹۴ | فراوندهای مختلف آب پنیر                   | ۲۳۰ |
| آب نمک زنی کم‌عمق یا سطحی                | ۱۹۴ | باز یافت خرده‌های کازنین و جدا سازی چربی  | ۲۳۲ |
| آب نمک زنی عمیق                          | ۱۹۵ | تغلیظ ماده خشک کل                         | ۲۳۳ |
| سیستم آب نمک زنی قفسه‌ای                 | ۱۹۶ | باز یافت پروتئین                          | ۲۳۴ |
| نکاتی درباره آماده سازی آب نمک           | ۱۹۶ | حذف چربی از غلیظ شده‌های پروتئینی آب پنیر | ۲۳۷ |
| نفوذ نمک در پنیر                         | ۱۹۷ | باز یافت پروتئین‌های دناتوره شده آب پنیر  | ۲۴۰ |
| فراوری آب نمک                            | ۱۹۹ | جداسازی لاکتوپراکسید و لاکتوفورین         |     |
| رسانیدن و نگهداری پنیر                   | ۲۰۰ | با روش کرماتوگرافی                        | ۲۴۱ |
| تجزیه لاکتوز                             | ۲۰۱ | باز یافت لاکتوز                           | ۲۴۳ |

## فهرست مطالب

|                                     |     |                                                   |     |
|-------------------------------------|-----|---------------------------------------------------|-----|
| کره سازی                            | ۱۱۹ | حذف کلسترول                                       | ۱۴۹ |
| مواد خام                            | ۱۲۳ | بسته‌بندی                                         | ۱۵۰ |
| آماده‌سازی مایه کشت                 | ۱۲۴ | فصل چهاردهم                                       |     |
| توش شدن خامه                        | ۱۲۶ | پنیر                                              | ۱۵۱ |
| دعای عملیات حرارتی                  | ۱۲۷ | اصطلاحات طبقه‌بندی پنیر                           | ۱۵۲ |
| بلورین سازی چربی کره                | ۱۲۷ | تعاریف                                            | ۱۵۳ |
| فراوری چربی سفت                     | ۱۲۸ | طبقه‌بندی پنیر                                    | ۱۵۳ |
| فراوری چربی نیمه سخت                | ۱۳۰ | تولید پنیر - روش‌های عمومی                        |     |
| فراوری چربی بسیار نرم               | ۱۳۰ | تولید برای پنیر نوع سخت و نیمه سخت                | ۱۵۴ |
| کره زنی (تولید غیر پیوسته)          | ۱۳۰ | فراوری شیر قبل از پنیر سازی                       | ۱۵۷ |
| شکل‌گیری کره                        | ۱۳۱ | عملیات حرارتی همراه با عملیات مکانیکی             |     |
| بهره در کره‌سازی                    | ۱۳۱ | برای کاهش باکتری                                  | ۱۵۸ |
| مالش دادن کره                       | ۱۳۱ | پاستوریزاسیون                                     | ۱۵۹ |
| مالش دادن کره در خلاء               | ۱۳۲ | روش مکانیکی کاهش باکتریها                         | ۱۶۰ |
| روش جدید تولید فراورده‌های چربی زرد | ۱۳۴ | باکتوفوگ دوفازی با تخلیه پیوسته فاز غنی از باکتری | ۱۶۲ |
| برگوت                               | ۱۳۵ | باکتوفوگ یک فازی با تخلیه تناوبی مواد تغلیظ شده   | ۱۶۳ |
| لات‌اندلاگوم                        | ۱۳۵ | باکتوفوگاسیون دوپل با استفاده از دوباکتوفوگ       |     |
| فرایند تترایلند                     | ۱۳۶ | یک فازی پشت سرهم (سری)                            | ۱۶۴ |
| روش‌های تجربی در کره‌سازی           | ۱۳۹ | میکرو فیلتراسیون                                  | ۱۶۴ |
| فصل سیزدهم                          |     | افزودنی‌ها در شیر پنیرسازی                        | ۱۶۷ |
| چربی بدون آب شیرو روغن کره          | ۱۴۱ | کشت‌های آغازگر (استارتر)                          | ۱۶۸ |
| مشخصه‌های AMF                       | ۱۴۲ | اخلال در کشت                                      | ۱۶۹ |
| تولید AMF                           | ۱۴۳ | کلرور کلسیم                                       | ۱۷۰ |
| ساخت AMF از خامه                    | ۱۴۳ | دی اکسید کربن                                     | ۱۷۰ |
| تولید AMF از کره                    | ۱۴۵ | نمک‌شوره (نیترات سدیم یا پتاسیم)                  | ۱۷۰ |
| تصفیه AMF                           | ۱۴۷ | عوامل رنگ زا                                      | ۱۷۱ |
| جلا دادن                            | ۱۴۸ | مایه پنیر (رنت)                                   | ۱۷۲ |
| خنثی سازی                           | ۱۴۸ | جایگزین برای مایه پنیر حیوانی                     | ۱۷۲ |
| جداسازی جزئی                        | ۱۴۸ | دیگر سیستم‌های آنزیمی                             | ۱۷۳ |



صنعت شیر

|     |                                            |                                            |
|-----|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| ۳۰۷ | فصل بیستم                                  | دمای بازسازی و زمان آگیری                  |
| ۳۰۸ | کازئین                                     | اضافه نمودن چربی و تشکیل امولسیون          |
| ۳۰۸ | انواع کازئین                               | هوا در شیر باز ساخته                       |
| ۳۰۹ | کازئین آنزیمی                              | کنترل پودر                                 |
| ۳۱۱ | شستشوی غیر مداوم کازئین                    | تولید در مقیاس کوچک                        |
| ۳۱۲ | شستشوی مداوم                               | تولید در مقیاس بزرگ                        |
| ۳۱۵ | کازئین اسیدی                               | واحد تولید همراه اختلاط چربی در داخل سیستم |
| ۳۱۷ | اسیدی کردن بیولوژیکی - کازئین اسیدلاکتیک   | ذخیره سازی                                 |
| ۳۱۸ | اسیدی کردن با اسیدهای معدنی - کازئین اسیدی | توزیع                                      |
|     | رسوب مختلط                                 | فصل نوزدهم                                 |
| ۳۱۹ | کازئینات                                   | بستنی                                      |
| ۳۱۹ | کازئینات سدیم                              | طبقه‌بندی بستنی‌ها                         |
| ۳۲۰ | کازئینات کلسیم                             | دریافت و ذخیره مواد اولیه                  |
| ۳۲۲ | انواع دیگر کازئینات                        | فرمولاسیون                                 |
| ۳۲۴ | کازئینات سدیم اکستروود شده                 | چربی                                       |
| ۳۲۴ | مصارف کازئین و کازئینات                    | مواد جامد بدون چربی                        |
| ۳۲۴ | کازئین رسوبی همراه با کلسیم                | شکر                                        |
| ۳۲۵ | فصل بیست و یکم                             | امولسیفایر                                 |
| ۳۲۵ | شستشوی تجهیزات لبنی                        | پایدار کننده‌ها                            |
| ۳۲۶ | اهداف تمیز کردن                            | نعم دهنده‌ها                               |
| ۳۲۶ | روش‌های تمیز کردن                          | رنگ خوراکی                                 |
| ۳۲۶ | باز یافت باقیمانده محصول                   | توزین، اندازه گیری و اختلاط                |
| ۳۲۸ | آیکشی مقدماتی با آب                        | رسانیدن                                    |
| ۳۲۸ | تمیز کردن با پاک کننده‌ها                  | انجماد مداوم                               |
| ۳۲۹ | غلظت مواد پاک کننده                        | بسته‌بندی در لیوانها، مخروطی‌ها و ظروف     |
| ۳۲۹ | دمای مواد پاک کننده                        | فراورده‌های اکستروود شده بستنی             |
| ۳۳۰ | اثرات تمیز کردن مکانیکی                    | بستنی چوبی                                 |
| ۳۳۱ | مدت زمان تمیز کردن                         | سفت کردن و سردخانه گذاری                   |
| ۳۳۲ | آیکشی با آب تمیز                           | پوشش دادن و بسته‌بندی                      |

فهرست مطالب

|     |                                      |     |                                                    |
|-----|--------------------------------------|-----|----------------------------------------------------|
| ۲۴۴ | پودر شیر کامل                        | ۲۸۲ | بلورین سازی                                        |
| ۲۴۵ | پودر شیر فوری                        | ۲۸۲ | جداسازی لاکتوز                                     |
| ۲۴۶ | چگالی حجمی (تراکم توده)              | ۲۸۳ | تصفیه لاکتوز                                       |
| ۲۴۷ | تعاریف                               | ۲۸۳ | حذف املاح                                          |
| ۲۴۷ | عوامل موثر بر چگالی حجمی             | ۲۴۷ | حذف جز به جز املاح بوسیله نانوفیلتراسیون           |
| ۲۴۹ | میزان هوای محبوس شده در پودر شیر     | ۲۴۹ | درجات بالاتر حذف املاح                             |
| ۲۵۲ | تولید پودر شیر                       | ۲۵۲ | تبادل یونی                                         |
| ۲۵۴ | مواد اولیه                           | ۲۵۴ | ویژگیهای رزین تبادل کننده یونی                     |
| ۲۵۵ | خشک کن استوانه‌ای یا غلطکی           | ۲۵۵ | فرایندهای ملح زدایی با استفاده از تبادل کننده یونی |
| ۲۵۶ | خشک کن پاششی                         | ۲۵۶ | تبادل کننده یونی و مرسوم برای ملح زدایی            |
| ۲۵۸ | تاسیسات اساسی خشک کردن               | ۲۵۸ | محدودیت‌های فرایند                                 |
| ۲۵۸ | اصول عملیات در خشک کن پاششی          | ۲۵۸ | یک روش جایگزین در فرایند تبادل یونی                |
| ۲۶۰ | ذره‌ای کردن قطرات شیر                | ۲۶۰ | محدودیت‌ها و هزینه‌های فرایند                      |
| ۲۶۲ | تولید پودر فوری                      | ۲۶۲ | هیدرولیز لاکتوز                                    |
| ۲۶۳ | خشک کن بستر سیال                     | ۲۶۳ | هیدرولیز آنزیمی                                    |
| ۲۶۴ | باز یافت حرارتی                      | ۲۶۴ | هیدرولیز اسیدی                                     |
| ۲۶۵ | بسته‌بندی پودر شیر                   | ۲۶۵ | لاکتوزیل اوره                                      |
| ۲۶۵ | تغییرات پودر شیر در هنگام انبار مانی | ۲۶۵ | لاکتات آمونیوم                                     |
| ۳۰۰ | حل کردن پودر شیر                     |     | فصل شانزدهم                                        |
|     | فصل هجدهم                            | ۲۶۷ | شیر تغلیظ شده                                      |
| ۳۰۱ | محصولات شیر باز ساخته                | ۲۶۸ | نکات عمده در شیر تغلیظ شده                         |
| ۳۰۲ | تعاریف                               | ۲۶۹ | ماده اولیه برای تولید شیر تغلیظ شده                |
| ۳۰۳ | پودر شیر                             | ۲۷۱ | شیر تغلیظ شده غیر شیرین                            |
| ۳۰۴ | چربی‌ها و روغن‌ها                    | ۲۷۴ | شیر تغلیظ شده شیرین                                |
| ۳۰۵ | آب                                   | ۲۷۶ | بسته‌بندی و بازرسی                                 |
| ۳۰۶ | رطوبت پذیری                          |     | فصل هفدهم                                          |
| ۳۰۶ | قابلیت تعلیق (غوطه‌وری)              | ۲۷۹ | پودر شیر                                           |
| ۳۰۶ | قابلیت پخش شدن                       | ۲۷۹ | خشک کردن                                           |
| ۳۰۷ | حلالیت                               | ۲۸۰ | پودر شیر پس چرخ                                    |

## فصل هشتم

### فراورده های پاستوریزه شیر

فراورده های پاستوریزه شیر ، محصولات مایعی هستند که از شیر و خامه تولید می شوند و معمولاً به همان شکل مصرف می گردند. این دسته از فراورده ها شامل : شیر کامل ، شیر بدون چربی ، شیر استاندارد و انواع مختلف خامه می باشند .

دسته بندی فوق در برگرفته محصولات کشت داده شده (تخمیری)، نیز می تواند باشد ، از آنجایی که این محصولات با استفاده از باکتریهای ویژه ای ساخته می شوند ، بنابراین آنها به طور جداگانه در فصل ۱۱ تحت عنوان (محصولات کشت داده شیر) مورد بحث قرار می گیرند.

تمام ویژگی های ساختاری که در فصل ۶ شرح داده شده ، در این فصل برای فرایند فراورده های پاستوریزه شیر قابل تعمیم می باشند .

در بیشتر کشور های جهان ، حذف ذرات جامد (صاف کردن) ، پاستوریزاسیون و خنک کردن از مراحل اجباری در فرایند فراورده های شیری می باشد. معمولاً در اغلب کشورها چربی داخل شیر را هموزنیزه می نمایند، اما در برخی دیگر از کشور ها هموزنیزاسیون برای فراورده هایی مانند خامه به کار برده نمی شود، زیرا در بازار مصرف شکل غیر هموزنیزه خامه را نشانه کیفیت بالایی محصول می دانند.

در مواقعی که شیر حاوی مقدار زیادی هوا باشد و یا احتمال وجود مواد پدیده در آن داده شود، عملیات هواگیری با استفاده از خلاء انجام می پذیرد. علت حضور مواد فرار پدیده در شیر به دلیل تعلیف دام با گیاهان خانواده پیاز و دیگر گیاهان بو دار می باشد .

در تولید فراورده های شیر فروشگاهی (Market milk) ، باید مواد خام از سطح کیفیت بسیار بالایی برخوردار بوده تا بتوان در محصول نهایی نیز کیفیت بالایی را انتظار داشت .

## فهرست مطالب

|     |                    |     |                                            |
|-----|--------------------|-----|--------------------------------------------|
| ۳۸۱ | فهرست منابع و مآخذ | ۳۵۶ | شد عفونی                                   |
|     |                    | ۳۵۷ | سیستم های شستشودرجا                        |
|     |                    | ۳۵۷ | چرخه CIP                                   |
|     |                    | ۳۵۸ | سازگاری مواد و طراحی سیستم                 |
|     |                    | ۳۵۹ | برنامه های CIP                             |
|     |                    | ۳۶۰ | طراحی سیستم های CIP                        |
|     |                    | ۳۶۲ | سیستم CIP مرکزی                            |
|     |                    | ۳۶۳ | سیستم CIP غیر متمرکز                       |
|     |                    | ۳۶۵ | آرزیابی اثوات تمیز کردن                    |
|     |                    |     | فصل بیست و دوم                             |
|     |                    | ۳۶۷ | فاضلاب در صنایع لبنی                       |
|     |                    | ۳۶۷ | آلاینده های آلی                            |
|     |                    | ۳۶۷ | تقاضای بیولوژیکی اکسیژن                    |
|     |                    | ۳۶۸ | تقاضای شیمیایی اکسیژن                      |
|     |                    | ۳۶۸ | کسر خاکستر                                 |
|     |                    | ۳۶۹ | کوبن آلی کل                                |
|     |                    | ۳۶۹ | آلاینده های غیر آلی                        |
|     |                    | ۳۶۹ | فاضلاب کارخانه لبنی                        |
|     |                    | ۳۶۹ | فاضلاب قسمت های بهداشتی                    |
|     |                    | ۳۷۰ | فاضلاب صنعتی                               |
|     |                    | ۳۷۱ | PH فاضلاب صنایع لبنی                       |
|     |                    | ۳۷۱ | کاهش مقدار آلاینده ها در فاضلاب            |
|     |                    | ۳۷۳ | طرح عمومی تصفیه فاضلاب                     |
|     |                    | ۳۷۶ | تصفیه مکانیکی                              |
|     |                    | ۳۷۷ | تصفیه شیمیایی                              |
|     |                    | ۳۷۷ | تصفیه بیولوژیکی                            |
|     |                    | ۳۷۹ | تصفیه لجن                                  |
|     |                    |     | برخی منابع که در هنگام ترجمه کتاب صنعت شیر |
|     |                    | ۳۸۰ | به آنها مراجعه شده است                     |

مانند: تولید شیر کامل، شیر بدون چربی، شیر استاندارد با درصد های مختلف چربی و خامه با درصد های مختلف چربی.

فرضیه های زیردرمورد کارخانه ای که در ادامه توصیف شده است به کار برده می شود:

- شیر خام
- میزان چربی ۳/۸ درصد
- دما ۴ درجه سانتیگراد
- شیر استاندارد
- میزان چربی ۳ درصد
- دما ۴ درجه سانتیگراد
- خامه استاندارد شده
- میزان چربی ۴۰ درصد
- دما ۵ درجه سانتیگراد
- ظرفیت کارخانه
- ۲۰۰۰۰ لیتر در ساعت
- ۷ ساعت کار در روز

شکل (۸-۱) جریان فرایند مطلوب را در خط تولید، شیر فروشنده نشان می دهد. نخست شیر از طریق مخزن تعادل (۱) وارد سیستم شده و با کمک پمپ به تبادل کننده های حرارتی (۴) فرستاده می شود. شیر در این محل تحت فرایند حرارتی مقدماتی قرار گرفته و سپس به طور پیوسته برای جدا سازی چربی، وارد سیراتور (۵) می شود.

شیر استاندارد فروشنده، در یک سیستم داخلی به شکلی که قبلا در فصل ۲-۶ شرح داده شد، حرکت می نماید. محتوای چربی خامه به وسیله سیراتور با اندکی نوسان و متناسب با سرعت جریان شیر ورودی ثابت نگه داری می شود. درصد چربی را برای خامه در حدود ۳۵-۴۰ درصد تنظیم می نمایند، اما می توان آن را متناسب با هدف های تولید - بطور مثال برای تولید کره یا انواع خامه - با درصد های مختلفی تهیه نمود. با یکبار تنظیم دستگاه، سیستم کنترل مسئولیت ثابت نگه داشتن محتوای چربی خامه را بر عهده می گیرد. یک واحد کنترل، شامل جریان سنج [Flow transmitter] (۷)، چگالی سنج [Density transmitter] (۸) درجه های تنظیم کننده (۹) و سیستم نظارت بر واحد استاندارد کننده، می باشد.

در مثال بالا هموژناسیون جزئی (Partial Homogenisation) به کار برده می شود. یعنی فقط خامه هموژن می گردد (و سپس به شیر اضافه می گردد). دلیل انتخاب این سیستم صرفه جویی در مصرف انرژی است زیرا می توان با استفاده از یک هموژن کننده با ظرفیت پایین (۱۲) به کارایی مطلوب دست یافت.

به منظور ارزیابی کیفی و میکروبی شیر، جامعه تجاری اروپا به وسیله شورای اروپای متحد (Council of the European Union = EU) استاندارد میکروبی شیر را برای حفاظت انسان و سلامت دام وضع کرده است، تابلو (۸-۱).

از راه های دیگر اندازه گیری کیفیت شیر خام، شمارش سلول های بافتی (Somatic cell) می باشد. از این آزمایش به عنوان یک معیار برای تشخیص شیر غیر طبیعی استفاده می گردد. تعداد مجاز این سلول ها در دستور العمل عمومی جامعه تجاری اروپا، حد اکثر ۲۵۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰۰ عدد در هر میلی لیتر شیر خام ذکر شده است. این استاندارد از ژانویه ۱۹۹۴، در جامعه مشترک اروپا محدودتر و به حد اکثر ۴۰۰۰۰۰ سلول بافتی در هر میلی لیتر شیر خام تقلیل یافت.

تابلو ۸-۱ استاندارد اتحادیه اروپا برای تعداد مجاز باکتری ها در شیر، از اول ژانویه ۱۹۹۳

| نوع فراورده                                                             | شمارش در هر میلی لیتر (CFU/ml)* |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| شیر خام                                                                 | کمتر از ۱۰۰۰۰۰                  |
| شیر خام ذخیره شده در کارخانه در مدت زمانی بیشتر از ۳۶ ساعت              | کمتر از ۲۰۰۰۰۰                  |
| شیر پاستوریزه                                                           | کمتر از ۳۰۰۰۰                   |
| شیر پاستوریزه پس از نگهداری در دمای ۸ درجه سانتیگراد به مدت ۵ روز       | کمتر از ۱۰۰۰۰۰                  |
| شیر UHT و استریل بعد از نگهداری در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ روز | کمتر از ۱۰                      |

\* CFU = colony forming units واحد تشکیل دهنده پرگه

### فراوری شیر پاستوریزه فروشنده

قوانین حاکم بر تولید و ارتباط آن با طراحی تولید شیر فروشنده، در کشورهای مختلف و حتی از کارخانه ای به کارخانه دیگر تفاوت دارد. به طور نمونه، استاندارد کردن چربی (اگر به کار برده شود) ممکن است تحت فرایند پیش استاندارد (Pre-standardisation)، پس استاندارد (Post-standardisation) یا استاندارد مستقیم (Direct-standardisation) قرار گیرد و یا هموژن کردن ممکن است به صورت کلی (کامل) یا جزئی (فقط قسمتی از شیر هموژن شده و به بقیه شیر اضافه می گردد) انجام پذیرد.

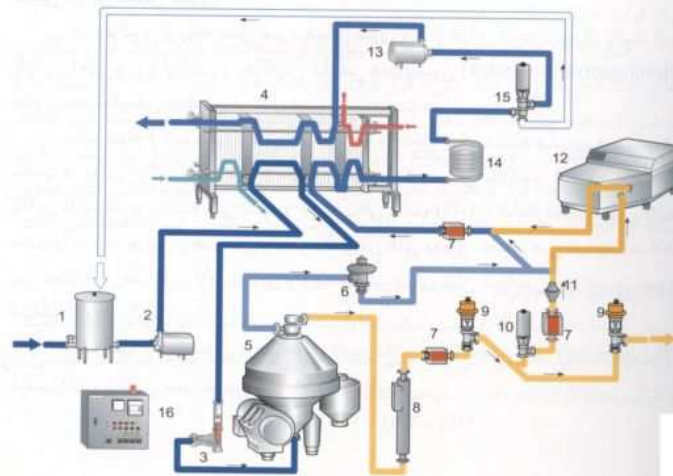
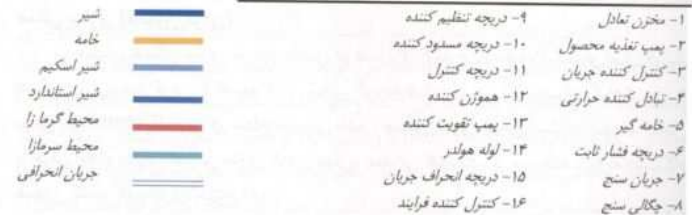
ساده ترین شکل این فرایند، پاستوریزاسیون شیر کامل می باشد. در این حالت خط فرایند شامل یک پاستوریزاتور، یک مخزن بینابینی و یک ماشین پرکن می باشد. در شرایطی که تولید چند نوع فراورده از شیر فروشنده مد نظر باشد، فرایند پیچیده تر می گردد.

## استاندارد کردن

هدف از استاندارد کردن تنظیم میزان چربی در یک حد معین می باشد. در کشورهای مختلف جهان میزان چربی استاندارد برای شیر متفاوت می باشد. به طور کلی میزان چربی با محتوای ۱/۵ درصد برای شیر کم چرب و ۳ درصد برای شیر معمولی عمومیت دارد، شیر هایی با محتوای چربی پایین تر مانند ۰/۱ و ۰/۵ درصد نیز ممکن است برای مصارف خاص تولید گردند. چربی یک عامل بسیار مهم اقتصادی در شیر می باشد، بنابراین باید در استاندارد کردن شیر و خامه نهایت دقت به عمل آورده شود.

بعضی عملیات مربوط به استاندارد کردن چربی در فصل ۲-۶ تحت عنوان " جدا کننده های سانتریفوژی و سیستم استاندارد کردن چربی" مورد بحث قرار گرفته است.

شکل ۸-۱ خط تولید شیر فروشگاهی با سیستم هموزن کردن جزئی



اصول کار در این سیستم در فصل ۳-۶ شرح داده شده است. در این سیستم خامه پس از عبور از "وسیله استاندارد کننده" به دو بخش (مسیر) تقسیم می گردد. یکی از این مسیرها برای استاندارد کردن شیر فروشگاهی به کار برده شده و دیگری به عنوان خامه مازاد به قسمت عمل آوری خامه فرستاده می شود. معمولاً محتوای چربی خامه هموزنیزه را حد اکثر ۱۰ درصد تنظیم می نمایند. خامه معمولی با ۴۰ درصد چربی را برای تولید این نوع خامه با شیر پس چرخ رقیق کرده و سپس هموزنیزه می کنند. ظرفیت دستگاه هموزن کننده باید با دقت محاسبه شده و سرعت جریان همواره ثابت نگه داشته شود.

در هموزن کردن جزئی، فرایند به خط شیر پس چرخ مرتبط می باشد، بنابراین همیشه به قدر کافی محصول برای عملیات مورد نظر، در دسترس قرار دارد. در این مسیر، جریان نسبتاً پایین خامه با تنظیم مقدار شیر پس چرخ جریان می شود تا به ظرفیت مورد نظر برسد. در ادامه فرایند هموزن کردن، - قبل از انجام پاستوریزاسیون - برای تولید شیر استاندارد فروشگاهی با چربی ۳ درصد با استفاده از خامه ۱۰ درصد و شیر پس چرخ مازاد انجام می پذیرد. پس از این مرحله شیر استاندارد، به تبادیل کننده حرارتی صفحه ای منتقل شده و در آنجا پاستوریزه می گردد. تکمیل عملیات حرارتی در پاستوریزاسیون-بوسیله "هولدر بیرونی" [Separate holding tube] (۱۴) انجام می پذیرد. دمای پاستوریزاسیون به طور پیوسته به وسیله ثابت دستگاه ثبت می گردد.

تغذیه محصول به داخل تبادیل کننده حرارتی به وسیله پمپ (۱۳) انجام می شود. این پمپ همچنین به عنوان پمپ تقویت کننده (Booster pump)، باعث افزایش فشار در سمت محصول پاستوریزه می گردد، در این شرایط اگر احیاناً رخنه ای در صفحه های تبادیل کننده حرارتی بروز نماید به علت بالاتر بودن فشار در سمت محصول پاستوریزه، مانع ورود فرآورده غیر پاستوریزه و یا محیط سرمازا به داخل آن می شود.

افت احتمالی دمای پاستوریزاسیون به وسیله حسگر حرارتی (سنسور) بلافاصله تشخیص داده می شود و از طریق یک وسیله ارسال کننده، سیگنالی فعال می گردد تا دریچه جریان انحرافی (۱۵) را باز شده و شیر داخل دستگاه به داخل مخزن تعادل (فصل ۷) برگشت نماید.

شیر پس از پاستوریزاسیون به طور پیوسته به بخش خنک کننده در تبادیل کننده حرارتی وارد می شود، در آنجا عملیات بازیافت حرارتی انجام می گیرد. یعنی در ابتدا شیر گرم خروجی در مجاورت شیر سرد ورودی قرار گرفته و دمای آن کاهش می یابد و سپس برای سرد شدن نهایی به واحدی که در آن از آب یخ برای سرد کردن استفاده می شود وارد می گردد. شیر سرد، پس از این مرحله به سوی ماشین های پرکن هدایت می شود.



شاخص هموزناسیون شیر باید در محدوده ۱ تا ۱۰ قرار داشته باشد.

### حفظ کیفیت شیر پاستوریزه

شیر به واسطه ترکیبات خاص خود به طور وسیعی، مستعد آلودگی های شیمیایی (مس، آهن و...) و باکتریایی می باشد، و همچنین تابش نور (خورشید و نور لامپ فلوروسنت) به شیر هموزنیزه می تواند باعث ایجاد تغییراتی در آن گردد.

در دسترس بودن تسهیلات مناسب شستشو (CIP) با استفاده از شوینده ها و مواد ضدعفونی کننده و آب (با کیفیت عالی) از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. بسته بندی مناسب محصول باید بتواند آن را در برابر نور مصنوعی و نور آفتاب محافظت نماید. نور اثرات زیان آوری در روی بسیاری از مواد غذایی شیر داشته و همچنین باعث تغییر مزه آن می گردد.

قرار گرفتن شیر، در معرض نور آفتاب، باعث احیای اسید آمینه متیونین (Methionine) به متیونال (Methional) می گردد و در نتیجه تغییر مزه ای بنام طعم آفتاب (Sunlight flavour) در شیر پدید می آید. وجود اسید اسکوربیک (Ascorbic acid) یا ویتامین C و ریبوفلاوین (Riboflavin) یا ویتامین B<sub>2</sub> و حضور اکسیژن، نقش مهمی را در فرایند فوق دارا می باشند. متیونال دارای یک طعم ویژه است که بعضی مردم آن را با مزه مقوا و یا سنباده مقایسه می کنند. این طعم در شیر استریل هموزنیزه ایجاد نمی گردد. احتمالاً دلیل آن احیای ویتامین C و تغییرات شیمیایی ترکیبات S-H (باند گوگردی) در پروتئین های سرمی بر اثر فرایند حرارتی بالا می باشد.

تابلو (۸-۲) تاثیر نور را بر روی شیر پاستوریزه در بسته بندی بطری شیشه ای شفاف و مقوای چند لایه نشان می دهد. پس از قرار گرفتن در معرض نور (۱۵۰۰ Lux - نور معمولی) به مدت ۲ ساعت، اولین مرحله کاهش ویتامین ها، داخل شیر درون بطری شیشه ای، ایجاد می گردد در حالیکه این تغییرها در بسته بندی مقوایی غیر قابل نفوذ در برابر نور، بسیار ناچیز است. پس از ۴ ساعت قرار گرفتن در معرض نور، تغییرهای واضح طعم داخل شیر بطری شیشه ای ایجاد می شود در حالی که این تغییرها در بسته بندی مقوایی شیر ملاحظه نمی گردد.

### ماندگاری شیر پاستوریزه

اساساً، مدت ماندگاری شیر پاستوریزه، وابسته به کیفیت شیر خام اولیه می باشد. طبیعتاً شرایط تولید مطابق با اصول فنی و بهداشتی همراه با مدیریت مناسب تولید، نیز نقش مهمی را در افزایش ماندگاری شیر برعهده خواهد داشت.

### پاستوریزاسیون

یکی از مهم ترین فرایندها در فراوری شیر، پاستوریزاسیون همراه با خنک کردن می باشد. اگر عملیات با صحت و دقت انجام پذیرد باعث طولانی شدن عمر ماندگاری شیر خواهد شد.

دما و زمان دو عامل خیلی مهم در عملیات پاستوریزاسیون می باشند و باید تناسب بین آنها دقیقاً محاسبه گردد. دمای پاستوریزاسیون برای شیر هموزنیزه شده به روش HTST، به طور معمول ۷۲-۷۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰-۱۵ ثانیه می باشد.

فرایند پاستوریزاسیون ممکن است با توجه به قوانین ملی کشورهای مختلف تفاوت داشته باشد. اما به طور کلی براین قاعده استوار است که بتواند علاوه بر تضمین نابودی میکرواورگانیزم های ناخواسته و باکتری های بیماری زا به محصول نیز آسیبی وارد ننماید.

### همگن سازی (هموزن کردن)

عملیات همگن سازی به طور مفصل در فصل ۳-۶ شرح داده شده است. در اصل فرایند همگن سازی، خرد کردن یا تقسیم کردن نهایی گویچه های چربی شیر، برای کاهش رویه بستن (Creaming) چربی در سطح شیر می باشد. همگن سازی ممکن است به صورت کامل یا جزئی انجام پذیرد. همگن سازی کردن جزئی، عملیاتی اقتصادی تر می باشد زیرا به دستگاه هموزن کننده کوچکتری احتیاج دارد.

### تعیین کارایی همگن سازی

در جلوگیری از رویه بستن شیر، همگن سازی باید از کارایی لازمه برخوردار باشد. این کارایی را می توان با آزمایش و پیدا کردن شاخص هموزناسیون (Homogenisation index) معلوم نمود. چگونگی انجام آن در مثال زیر ذکر شده است:

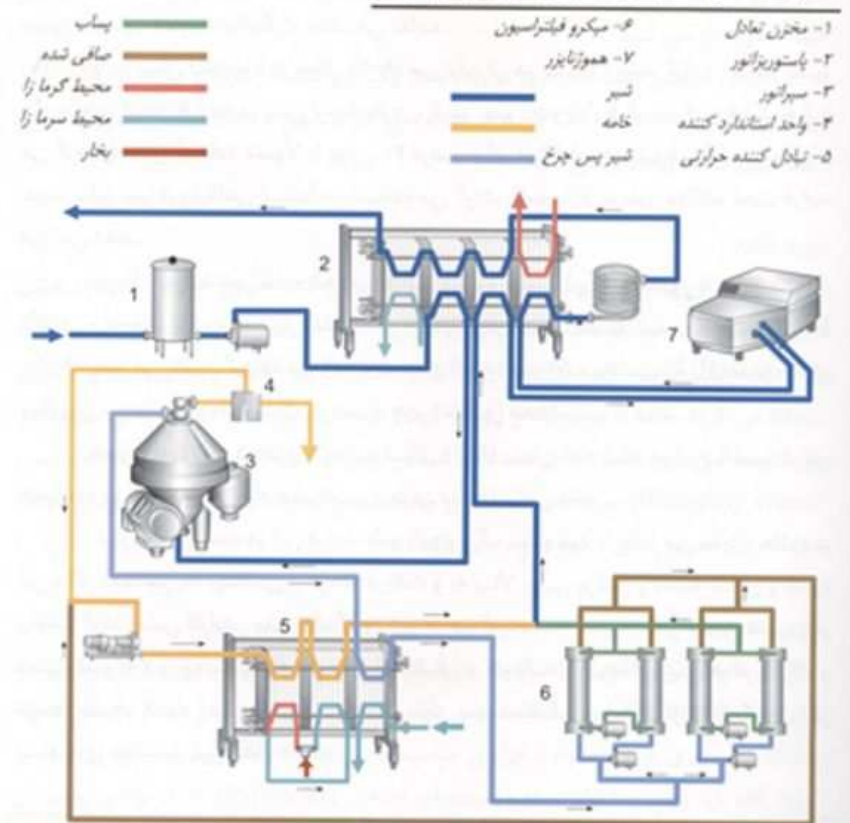
یک نمونه از شیر هموزنیزه مورد آزمایش را در داخل یک شیشه مدرج به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۴-۶ درجه سانتیگراد نگهداری می نمایند. سپس با دقت، ۰/۱ حجم از لایه بالایی ظرف مدرج برداشته می شود و حجم باقی مانده (۰/۹) را کاملاً مخلوط می کنند. محتوای در صد چربی در هر بخش را به وسیله روش های معمول تعیین می نمایند. اختلاف بین محتوای درصد چربی لایه بالایی و لایه پایینی برای بیان شاخص هموزناسیون مورد استفاده قرار می گیرد.

یک مثال: اگر محتوای درصد چربی لایه بالایی ۳/۱۵ درصد و در لایه تحتانی ۲/۹ درصد باشد، شاخص هموزناسیون برابر خواهد بود با:

$$7/9 = 3/15 : 100 \times (3/15 - 2/9)$$

کاهش بیشتر از ۹۹/۹۹ - ۹۹/۵ درصد باکتری ها و اسپورها در شیر با به کارگیری غشاهای "میکرو فیلتر" با سوراخ های ۱/۴ میکرون یا کمتر امکان پذیر می باشد . یک نمای عمومی برای فراوری شیر همراه با میکرو فیلتراسیون در شکل (۲-۸) نشان داده شده است .

شکل ۲-۸ فرایند شیر همراه با طرح میکرو فیلتراسیون



استفاده از صافی هایی با منافذ بسیار کوچک (برای افزایش راندمان حذف باکتری ها) باعث به دام افتادن گویچه های چربی در سطح این صافی ها خواهد شد، بنابراین باید عملیات میکرو فیلتراسیون فقط در مورد شیر پس جرخ به اجرا گذاشته شود. معمولا در کارخانه ها علاوه بر واحد میکرو فیلتراسیون یک واحد "حرارتی با دمای بالا" برای بخش خامه و بخش غنی از باکتری ، یعنی پساب واحد میکرو فیلتراسیون (Retentate) وجود دارد. پس از انجام عملیات

وقتی که فراوری شیر از شیر خام اولیه با کیفیت بالا انجام گرفته و تحت شرایط فنی و بهداشتی مناسب ، عملیات لازم بر روی آن واقع شده باشد. در این شرایط می توان برای شیر پاستوریزه معمولی، ماندگاری ۸-۱۰ روزه را در دمای ۷-۵ درجه سانتیگراد - بدون ارتباط به نوع بسته بندی - انتظار داشت.

آلودگی شیر خام به میکروارگانیسم هایی مانند گونه های سودو موناس (Pseudomonas) که سیستم آنزیمی مقاوم به حرارت (لیپازها و پروتئازها) دارند و یا باسیل های مقاوم به حرارت مانند باسیلوس سرئوس (B.Cereus) و باسیلوس سوبتیلیس (B.Subtilis)، که در شرایط پاستوریزاسیون به شکل اسپور زنده می مانند، باعث کاهش شدید مدت ماندگاری شیر پاستوریزه خواهد شد .

تابلو ۲-۸ از دست رفتن طعم و ویتامین ها در اثر تابش نور ۱۵۰۰ لوکس

| بسته بندی  | مقایسه     | ویتامین | زمان | بسته بندی | بتری                   | ویتامین |
|------------|------------|---------|------|-----------|------------------------|---------|
|            |            |         |      |           |                        |         |
| مزه        | ویتامین C  | ۱٪      | ۲    | مزه       | ویتامین B <sub>2</sub> | ۱۰٪     |
|            |            | ۱/۵٪    | ۳    | کمی       |                        | ۱۵٪     |
|            |            | ۲٪      | ۴    | واضح      |                        | ۱۸٪     |
|            |            | ۲/۵٪    | ۵    | شدید      |                        | ۲۰٪     |
|            |            | ۲/۸٪    | ۶    | شدید      |                        | ۲۵٪     |
|            |            | ۳٪      | ۸    | شدید      |                        | ۳۰٪     |
| بدون تغییر | بدون تغییر | ۳/۸٪    | ۱۲   | شدید      |                        | ۳۵٪     |

\* اندازه گیری شده توسط موسسه علوم لبنی دانشگاه (Justus liebig) در (Giessen) آلمان سال ۱۹۸۸

برای بهبود وضعیت باکتریولوژیکی شیر پاستوریزه و در نتیجه بالا بردن ایمنی یا طولانی کردن مدت ماندگاری آن ، پاستوریزاسیون را می توان بایک فرایند یاکتوفوگاسیون (Bactofugation) یا میکرو فیلتراسیون (Microfiltration) کامل نمود.

فرایند یاکتوفوگاسیون برپایه جداسازی میکروارگانیسم ها و اسپور آنها، به وسیله نیروی گریز از مرکز قرار دارد ، گرچه می توان این کاهش تعداد میکروارگانیسم ها را با سیستم دو مرحله ای سانتریفوژ کردن ، تا بالاتر از ۹۹ درصد (فصل ۱۴ پنیر) کاهش داد. در صورتی که هدف افزایش مدت ماندگاری شیر پاستوریزه در دمای بالای ۷ درجه سانتیگراد مد نظر باشد ، این روش نمی تواند چندان مفید واقع گردد .

(Extended Shelf Life = ESL) گفته می شود، مصرف این نوع شیر (ESL) به طور روز افزون در اروپا و دیگر کشورها رو به گسترش است .

برای این نوع شیر (ESL) هیچ تعریف منفردی وجود ندارد و عامل های متعددی در آن دخالت دارند. این بدان معنی است که هر گونه افزایش مدت ماندگاری یک محصول و جلوگیری از بروز آلودگی ثانویه و حفظ کیفیت آن تا رسیدن به دست مصرف کننده در این طبقه بندی قرار می گیرد .

برای افزایش مدت ماندگاری فراورده ها از یک نوع عملیات حرارتی در دمای ۱۳۰-۱۲۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲-۴ ثانیه استفاده می گردد. این فرایند را اولتراپاستوریزاسیون (Ultrapasteurisation) می نامند.

#### تولید خامه

خامه ای که برای فروش به مصرف کننده تولید می گردد ممکن است با درصد های مختلف چربی تهیه نمایند. خامه با محتوای چربی زیر ۱۸-۱۰ درصد اغلب بنام خامه نیم چرب (Half cream) یا خامه قهوه (Coffee cream) معروف می باشد و برای دسر و آشپزی استفاده می گردد. خامه با چربی بالاتر (نوعاً ۳۵-۴۰ درصد) به طور قابل ملاحظه ای غلیظ تر می باشد. این نوع خامه را در دستگاه عمل آوری فرایند کرده و آنرا خامه زدنی (Whipping cream) می نامند. کار برد این خامه به صورت "زده" یا "نزده" به عنوان یک دسر یا برای شیرینی پزی ، آشپزی و ... می باشد .

#### خامه زده

"خامه زدنی" علاوه بر داشتن مزه مناسب و بافت خوب باید توانایی پذیرفتن عملیات زدن (Whippability) را دارا باشد. به بیانی دیگر "خامه زده" باید به راحتی آماده پذیرش ادامه عملیات عمل آوری بوده و همراه با افزایش مناسب حجم (Overrun) تولیدکف خامه ای نرم را بنماید. کف باید پایدار و با ثبات بوده و مستعد آب انداختن (Syneresis) نباشد. توانایی پذیرش عملیات عمل آوری مناسب ، به محتوای بالای درصد چربی خامه بستگی دارد . معمولاً خامه "زدنی" با محتوای ۴۰ درصد چربی ، قابلیت پذیرش عملیات عمل آوری دارد. این ویژگی با کاهش درصد چربی به ۳۰ درصد و پایین تر در خامه "زده" افت می نماید. تولید خامه "زدنی" ، با درصد چربی پایین تر (تقریباً ۲۴٪) با استفاده از اضافه نمودن موادی که خواص "زدن" را افزایش می دهند (مانند لسیترین جدا شده از دوغ کره شیرین ) امکان پذیر است.

در حین عملیات تولید خامه "زدنی" باید از ورود ناخواسته هوا به داخل خامه اجتناب گردد. وجود هوا باعث ایجاد کف و عدم تثبیت بافت خامه می گردد. اگر خامه بیش از حد لازم

حرارتی بالا بر روی این دو بخش ، مجدداً آنها را با بخش عبوری از میکرو فیلتراسیون (Permeate) مخلوط می کنند.

خامه و بخش غنی از باکتری (پساب) را در دمای تقریباً ۱۳۰ درجه سانتیگراد به مدت دو ثانیه استریل می نمایند. پس از اختلاط مجدد با شیر "پس چرخ" میکرو فیلتر شده ، محصول را پس از همگن سازی در دمای ۷۲ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰-۱۵ ثانیه پاستوریزه می کنند و سپس تا دمای ۴ درجه سانتیگراد خنک می نمایند.

واحد نشان داده شده در شکل (۲-۸) می تواند در هر ساعت ، بیشتر از ۱۰۰۰۰ لیتر شیر خام را تحت فرایند قرار دهد. پس از جداسازی ، شیر "پس چرخ" از قالب میکرو فیلتر خارج می گردد. قسمتی از خامه معمولاً با چربی ۴۰ درصد، برای اختلاط مجدد با شیر "پس چرخ" ، جهت تولید شیر فروشگاهی استاندارد ، استفاده می گردد، خامه مازاد به طور جداگانه تحت فرایند قرار می دهند.

تقریباً ۵ درصد شیر تغذیه شده به قالب میکرو فیلتر، آن را به صورت مایع غنی از باکتری و اسپور ، ترک می نماید ، مقدار ماده جامد تام در بخش تغلیظ شده به طور متوسط ۹-۱۰ درصد می باشد که مقدار ۳/۹ درصد آن از پروتئین (که بخشی از آن پروتئین های میکروبی می باشند) و مقدار ۰/۲۵ درصد از چربی تشکیل شده است .

همان طوری که در طرح کارخانه شکل (۲-۸) نشان داده شده در اینجا شیر کامل هموژنیزه می گردد ، اما انجام هموژناسیون جزئی نیز مقدور می باشد .

شیر فراوری شده در این فرایند طعم تازه و رنگ سفید خود را حفظ می نماید . علاوه بر این ، اگر دقیقاً شرایط بهداشتی از مرحله دریافت و به بالا یعنی پرکن و بسته بندی و غیره رعایت گردد اساس افزایش مدت ماندگاری شیر فراهم آورده شده است . اگر چنین شیر در دمای کمتر از ۷ درجه سانتیگراد (در زنجیره انتقال از کارخانه و خرده فروشی در فروشگاه و توسط مصرف کننده ) نگاه داری گردد ، می توان مدت ماندگاری بیشتر از ۴۵-۴۰ روز را در بسته های باز نشده شیر انتظار داشت .

هدف از استاندارد کردن ، تعیین و تنظیم و تضمین درصد میزان چربی در شیر می باشد

مدت ماندگاری شیر پاستوریزه اساساً و همیشه به کیفیت شیر خام اولیه بستگی دارد

#### شیر با مدت ماندگاری طولانی (ESL)

معمولاً در کانادا و آمریکا به فراورده های مایع لبنی تازه که در دمای ۷ درجه سانتیگراد و کم تر کیفیت خود را به خوبی حفظ نمایند فراورده با مدت ماندگاری طولانی



شکل ۳-۸ آزمایش آب انداختگی در خامه زده، بعد از ۲ ساعت در دمای ۲۰-۱۸ درجه سانتیگراد در رطوبت نسبی ۷۵ درصد.



مدت زمان زدن (Whipping time) و افزایش حجم (Overrun) دو محک برای کنترل خواص زدن خامه می باشند. یک کاسه مناسب زدن، (با حجم ۱ لیتر) و ابزار مربوطه (ترجیحا یک همزن الکتریکی) برای انجام آزمایش لازم می باشند. یک حجم مناسب از خامه (۲ دسی لیتر) خنک شده تا  $1 \pm 6$  درجه سانتیگراد را به داخل کاسه منتقل می نمایند.

ارتفاع خامه در ظرف قبل از زدن اندازه گیری می شود. و همزن را به کار می اندازند هنگامی که کف تولید شده در کاسه از پایداری قابل قبولی برخوردار گردید، همزن (Beater) را متوقف می نمایند.

معمولا زمان لازم برای زدن به وسیله یک متوقف کننده هوشمند (Stopwatch) کنترل شده و فرمان راه اندازی یا توقف همزن را صادر می کند.

ارتفاع خامه زده پس از افزایش حجم اندازه گیری می شود. اگر برای مثال ارتفاع خامه در ابتدا ۵ سانتیمتر بوده و پس از زدن به  $10/5$  سانتیمتر افزایش یافته باشد، درصد افزایش حجم برابر  $110 = 100 \div (5 - 10/5) \times 100$  خواهد بود. خامه ۴۰ درصد در زمان زدن به مدت تقریبا ۲ دقیقه حدود ۱۳۰-۱۰۰ درصد افزایش حجم خواهد داشت.

کیفیت توده کف در خامه زده شده با اندازه گیری خروج مایع از توده خامه زده شده در شرایط نگهداری به مدت ۲ ساعت در دمای (۲۰-۱۸) درجه سانتیگراد در رطوبت نسبی ۷۵ درصد در قیف مخصوص مشخص می گردد.

روش انجام آزمایش به این صورت می باشد که بلافاصله پس از عملیات زدن و اندازه گیری درصد افزایش حجم، تمام خامه زده را در داخل یک ظرف فلزی مشبک می ریزند و سپس آن را در روی یک قیف یا اندازه مناسب قرار می دهند، ته قیف در داخل یک ظرف

تحت ابر عملیات محایچی قرار گیرد. خصوصا زمانی که خامه در حال ترک واحد خنک کننده می باشد ممکن است غشاء گویچه های چربی آسیب دیده و در اثر امتزاج چربی ها، حالت کلوخه ای در خامه ایجاد گردد. خامه ای که تحت عملیات خشن قراروری شده باشد و به همین شکل بسته بندی گردد رویه سفتی در آن تشکیل می گردد که حالتی زبر و چسپناک دارد. به طور کلی رفتار خشن با بافت خامه زدن که به اثرات هموزنی موسوم است به طور وسیعی به خواص و کیفیت زدن خامه آسیب وارد می سازد.

اگر هوا به طور عمدی در حین فرایند عملیات خامه زدن وارد خامه گردد. باعث تولید کف و حباب های کوچک هوا در خامه می گردد، گویچه های چربی موجود در خامه بدور دیواره این حبابچه ها تجمع کرده و باعث ایجاد کلوخه در خامه می شوند. عملیات مکانیکی شدید باعث تخریب غشای بیشتر گویچه های چربی شده و مقداری از چربی را به صورت مایع در خامه رها می سازد که این چربی مایع آزاد، نیز باعث چسبیدن گویچه های چربی به هم می گردد.

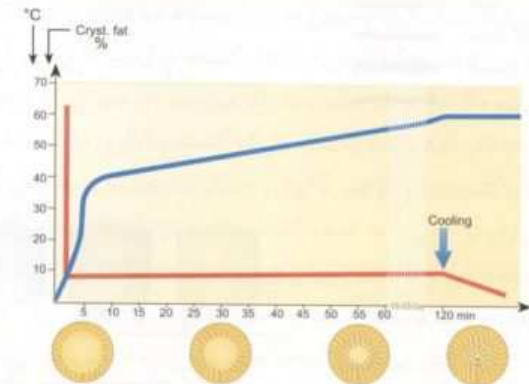
گویچه چربی باید ترکیب متناسبی از چربی مایع و بلورهای چربی را داشته باشد تا بتوان به کف پایدار دست یافت. خامه گرم چون حاوی مقدار زیادی چربی مایع می باشد کاربرد آن برای تولید خامه زدن بسیار نامناسب است. خامه زدن (Whipping) را باید در دمای پایین (۴-۶) درجه سانتیگراد به مدت نسبتا طولانی برای شکل گیری بلور های مناسب در ساختمان چربی نگهداری نمود. این مدت را زمان رسیدن (Ripening time) می نامند. معمولا خامه را در مخزن دو جداره و دارای تیغه تراشنده به عمل می آورند. چون در زمان بلورین شدن چربی، مقداری گرما آزاد می گردد، از این رو سرد کردن و هم زدن باید تقریبا دو ساعت پس از پر شدن مخزن انجام پذیرد، زیرا در این مرحله از بلورین شدن، گویچه چربی بسیار حساس بوده و به آسانی شکسته می شوند، با شکسته شدن گویچه و افزایش محتوای چربی آزاد، حالت کلوخه ای در محصول نهایی شکل می گیرد. در زمان خنک کردن، همزن باید با ملایمت حرکت نماید. شکل (۴-۸) نمودار فرایند بلورین شدن خامه ۴۰ درصد را نشان می دهد. در تابستان بعلاوه نرم بودن چربی (در مقایسه با زمستان) می توان از دمای پایین تری استفاده نمود.

### روش زدن

بهترین نتیجه از زدن خامه وقتی بدست می آید که دمای خامه در زیر ۶ درجه سانتیگراد باشد. ظرف مخصوص زدن خامه و دیگر ملزومات باید از نظر تناسب با هم هماهنگ بوده و زدن تا حد ممکن با سرعت انجام گیرد. باید در نظر داشت که در زمان زدن دما به طور محسوسی افزایش می یابد و باعث تولید کف نامرغوب و حتی در شرایط نامساعد تر منجر به تشکیل کره می گردد. بنابراین باید از رخداد آن پرهیز نمود.

عملیات شدید از خود نشان می دهد، اما هنوز هم اگر آنها در دمای بالاتر از ۴۰ درجه سانتیگراد قرار داده شوند بسیار حساس خواهند بود.

شکل ۴-۸ فرایند تبلور برای خامه ۴۰ درصد در دمای ۸ درجه سانتیگراد



بزرگترین مشکل در فرایند خامه زدنی، تشکیل کلوخه (Cluster) می باشد، که باعث کاهش ثبات امولسیون خامه می گردد. کلوخه ای شدن هنگامی بروز می نماید که گویچه های چربی قدری بلوری شده، در این حالت غشا از وضعیت ضعیفی برخوردار می باشد، در این موقعیت این گویچه های نیمه بلورین شده اگر در معرض عملیات شدید مکانیکی قرار گیرند با کاهش پایداری امولسیون خامه باعث بروز نواقصی مانند: برسطح آمدن خامه در ظرف، کاهش قابلیت زدن و لیویلز چربی می گردند.

طرحی از یک فرایند با دقت بالا، که در آن عملیات شدید در خامه "زدنی" حذف شده در شکل (۵-۸) نشان داده شده است. این روش به وسیله آلفا لاول (Alfa Laval) با کمک بعضی کارخانه های سوئدی تکمیل گردید و آن را اصطلاحاً روش اسکانیا (Scania method) می نامند.

در این سیستم خامه استاندارد از خط تولید خامه یا از خامه مازاد خط تولید شیر فروشگاهی وارد می گردد، شکل (۱-۸). در هر دو حالت باید دمای خامه گیری بین ۶۴-۶۲ درجه سانتیگراد بوده باشد (نه بیشتر)، تا بتواند بالاترین کیفیت ممکن را برای خامه (با مقدار چربی آزاد کم) تضمین نماید.

خامه استاندارد از بالا به مخزن هولدر (Holding tank) (۱) در دمای خامه گیری وارد می گردد. زمان معمول توقف در هولدر ۳۰-۱۵ دقیقه قبل از شروع پاستوریزاسیون است. سرعت جریان در پاستوریزاتور باید بسیار دقیق محاسبه شده و با سرعت متوسط ورودی به مخزن

مدرج قرار می گیرد. مقدار مایع جمع شده در ظرف مدرج پس از ۲ ساعت نگهداری در دما و رطوبت بیان شده، خوانده می شود، شکل (۳-۸). تفسیر نتایج به شرح زیر است:

|                      |          |
|----------------------|----------|
| ۰-۱ میلی لیتر        | خیلی خوب |
| ۱-۴ میلی لیتر        | خوب      |
| بیشتر از ۴ میلی لیتر | بد       |

#### خط تولید خامه زدنی روش اسکانیا (Scania)

مراحل فرایند در تولید "خامه زدنی" شامل حرارت دادن شیر کامل تا دمای خامه گیری (۶۴-۶۲ درجه سانتیگراد)، خامه گیری به وسیله سبراتور، استاندارد کردن چربی خامه، پاستوریزاسیون و خنک کردن خامه در تبادل کننده های حرارتی صفحه ای و سپس ورود پیوسته آن به داخل مخزن فرایند کننده می باشد.

فراوری خامه با درصد چربی بالا، چندین مشکل را در بر دارد که باید در طراحی خط تولید مد نظر قرار گیرد. جدی ترین مشکل اجتناب از ایجاد نیروهای برشی، تلاطم و غلیان در زمان بلورین شدن (Crystallisation) چربی می باشد. چربی در دمای بالابه صورت مایع در گویچه چربی قرار می گیرد. گویچه چربی تحمل دمای بالاتر از ۴۰ درجه سانتیگراد را ندارد.

به محض خنک شدن خامه، چربی آن شروع به بلورین شدن می نماید. این عمل فرایندی کند و آهسته بوده و به طور پیوسته بیشتر از چهار تا پنج ساعت به طول می انجامد. بلورهای چربی، حجم مخصوص کمتری را در مقایسه با چربی مایع دارند، بنابراین یک نیروی انبساطی در گویچه چربی در هنگام بلورین شدن ایجاد می گردد و باعث می شود که گویچه چربی نسبت به عملیات شدید در دمای ۴۰-۱۰ درجه سانتیگراد بسیار حساس گردد.

تاهنگامی که مخزن فرایند کننده (خامه زدنی) در حال پر شدن است نباید خامه همزده شود. همزدن و خنک کردن تقریباً دو ساعت پس از اینکه مخزن کاملاً پر شد شروع می گردد. فرایند بلورین شدن خامه ۴۰ درصد که تا دمای ۸ درجه سانتیگراد خنک شده در شکل (۵-۸) نشان داده شده است.

بلورین شدن چربی باعث آزاد سازی، گرمای نهان خوب، می گردد و این امر دمای محصول را تقریباً ۳-۲ درجه سانتیگراد بالا می برد. خنک کردن نهایی خامه در مخزن فرایند کننده بسیار اساسی می باشد. در این مخزن خامه به طور معمول تا دمای ۶ درجه سانتیگراد یا کمتر خنک می گردد. به نظر می رسد که گویچه چربی در این دما حساسیت کمتری را نسبت به



سانتیگراد) انجام می پذیرد. در این شرایط خامه حساسیت کمتری را به عملیات مکانیکی دارد. هردو پمپ محصول (۲) و پمپ تقویت کننده (۴) می توانند از نوع پمپ سانتریفوژی باشند. پس از پاستوریزاسیون (نوعاً در دمای بالای ۹۵-۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰ ثانیه) خامه به واحد خنک کننده در تبادل کننده حرارتی هدایت می گردد و در آنجا تا دمای ۸ درجه سانتیگراد خنک شده و سپس به طور پیوسته به مخازن "رسائیدن" (Ripening tanks) (۶) وارد می گردد. خنک کردن در تبادل کننده حرارتی تا دمای ۸ درجه سانتیگراد برای خامه با چربی ۳۵-۴۰ درصد مناسب به نظر می رسد. در صورتی که درصد چربی خامه از مقدار یاد شده بالاتر باشد باید از دمای خنک کننده بالاتری استفاده شود تا از مسدود شدن واحد خنک کننده بر اثر افزایش ناگهانی ویسکوزیته جلوگیری به عمل آید. در اثر این امر افت فشار شدیدی در درون واحد خنک کننده به وجود می آید که ممکن است منجر به آسیب رساندن به گویچه چربی و یا باعث تراوش روغن کره (Butteroil) از خامه گردد. در این صورت فرایند باید متوقف و سیستم تخلیه، تمیز و مجدداً شروع به کار نماید.

به دلیل بی ثباتی گویچه های چربی تازه خنک شده، باید از بروز رفتار برشی و تلاطم در خامه زده شده، در هنگام انتقال از قسمت خنک کننده به مخزن فرایند بلورین سازی چربی اجتناب گردد (اندازه لوله های انتقال دهنده بزرگ و مناسب باشد) برای ایجاد فشار لازم جهت انتقال از پمپ تقویت کننده استفاده می گردد.

پس از انجام عمل "رسائیدن" خامه به کمک پمپ به ماشین بسته بندی هدایت می گردد. در این حالت دمای فراورده پایین بوده و بخش اعظم چربی به صورت متبلور درآمده است، این شکل از محصول حساسیت کمتری را نسبت به عملیات مکانیکی دارد. بنابراین می توان از پمپ سانتریفوژی در فشار پایین (بالاتر از ۱/۲ بار) استفاده نمود، تجهیز سیستم با فشار سنج برای کنترل شرایط مفید می باشد. محور چرخنده این پمپ ها می تواند با ۳۰۰-۲۵۰ دور در دقیقه حرکت نمایند و افت فشار را از ۲/۵ - ۱/۲ به بالاتر از ۳ بار (Bar) برساند.

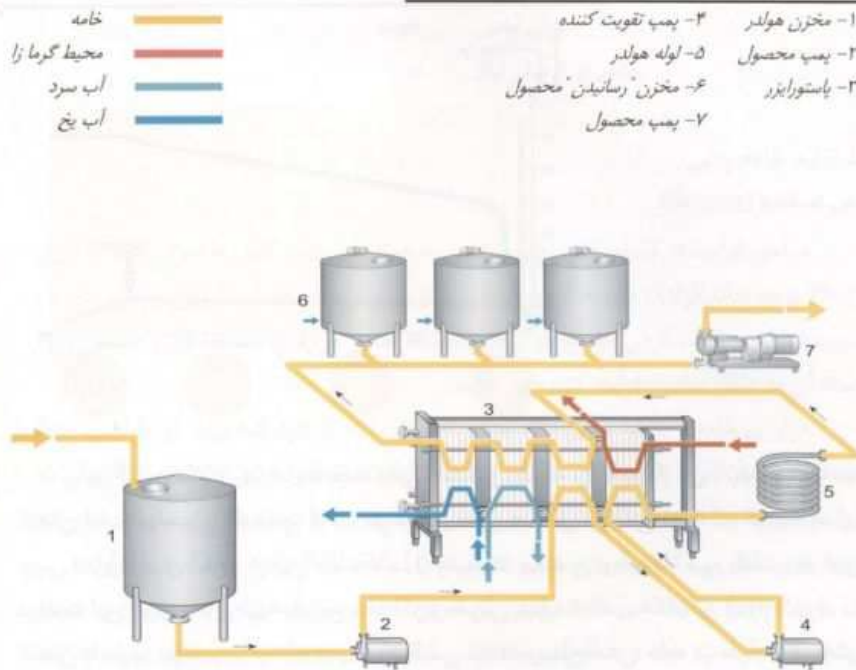
#### خامه نیم چرب و خامه قهوه

خامه با محتوای ۱۸-۱۰ درصد چربی را خامه نیم چرب یا خامه قهوه (Half or coffee cream) می نامند.

در شکل (۸-۶) خط فرایند تولید خامه نیم چرب نشان داده شده است. شیر فرایند نشده از درون مخزن ذخیره به تبادل کننده حرارتی منتقل شده و در قسمت بازیافت حرارتی دمای آن تا ۶۴-۶۲ درجه سانتیگراد بالا می رود. سپس شیر وارد سپراتور خامه گیر می شود، خامه با محتوای چربی ۴۰-۳۵ درصد از آن جدا می گردد.

می گردد و حداقل همزدن مکانیکی خامه را به همراه دارد.

شکل ۵-۸ خط تولید خامه زده براساس روش اسکاتلند



milkindustry.ir

مخزن هولدر همزن ندارد و در اینجا تقریباً ۵۰ درصد محتوای هوای موجود در خامه و همچنین بوهای نامطبوع فرار، حذف می گردند و خطر سوختگی در پاستوریزاتور نیز کاهش می یابد. نگهداری خامه در هولدر در دمای تقریباً ۶۳ درجه سانتیگراد باعث غیر فعال شدن بخش اعظم آنزیم لیپاز و توقف هیدرولیز چربی آزاد می شود. حد اکثر زمان هولدر با در نظر گرفتن زمان پرو خالی شدن مخزن، تقریباً چهار ساعت به طول می انجامد. برای تولید بیشتر باید دو مخزن هولدر در سیستم وجود داشته باشد تا همواره به تناوب یکی در حال شستشو و دیگری در حال کار کردن باشد.

خامه از مخزن هولدر به یک واحد بازیافت حرارت، در داخل تبادل کننده حرارتی (۳) پمپ می شود. متعاقباً پمپ تقویت کننده (۴) خامه را از میان واحد پاستوریزاتور و لوله هولدر (۵) عبور می دهد. با توجه به اینکه پمپ کردن و جابه جایی در یک دمای بالا (بالای ۶۰ درجه

milkindustry.ir

فراوری خامه در همان مسیری که برای خامه "زدنی" شرح داده شد انجام می گیرد، با این استثنا که برای بدست آوردن خامه نیم چرب آن را با شیر "پس چرخ" برای دست یابی به درصد چربی لازم مخلوط می نمایند. سپس خامه حاصله همگن می گردد.

شکل ۶-۸ خط تولید برای خامه نیم چرب



اختلاط خامه و شیر "پس چرخ" توسط یک پمپ اندازه گیر (Metering pump) که شیر را به داخل خط خامه تزریق می نماید، انجام می پذیرد. در این مرحله دمای خامه برابر دمای هموژن کردن می باشد.

خامه پس از هموژن شدن به تبادل کننده حرارتی برگشت داده می شود و در آنجا با دمای ۹۰-۸۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰-۱۵ ثانیه پاستوریزه می گردد و سپس تا ۵ درجه سانتیگراد خنک شده و بسته بندی می گردد.

دو اصل باید در تولید خامه در نظر گرفته شود:

- خامه باید ویسکوزیته لازم را برای برانگیختن اشتهای مصرف کننده داشته باشد.
- خامه باید ثبات خوبی را در موقع افزوده شدن به داخل قهوه داشته و وقتی به داخل قهوه داغ ریخته می شود کلوخه (Flocculate) نگیرد.

معمولا خامه با درصد چربی پایین، ویسکوزیته مورد انتظار مصرف کننده را ندارد. بنابراین لازم است برای برطرف ساختن این نقیصه در هنگام هموژن کردن از دما و فشار مناسب استفاده گردد.

ویسکوزیته خامه با افزایش فشار هموژن کننده افزایش می یابد و متقابلا با افزایش دما در هموژن کننده کاهش می یابد. ویسکوزیته های حاصله از خامه با دمای ثابت تقریبا ۵۷ درجه سانتیگراد و انجام هموژناسیون در سه فشار مختلف ۱۰، ۱۵ و ۲۰ مگا پاسکال (۱۰۰-۱۵۰-۲۰۰ بار) در تابلو (۳-۸) نشان داده شده است. اندازه گیری ویسکوزیته با وسیله ویسکو متر (Viscosity meter) SMR در فصل ۱۱، در مبحث محصولات کشت داده شده شیر توضیح داده شده است. زمان طولانی تر برحسب ثانیه، در ویسکومتر بیانگر ویسکوزیته بالاتر محصول می باشد. خامه ای که در فشار ۲۰ مگا پاسکال هموژنیزه شده بالاترین ویسکوزیته را دارد.

تابلو (۴-۸) تاثیر تغییرهای دمای هموژن کننده در فشار ۱۵ مگا پاسکال را با ویسکوزیته محصول نشان می دهد.

ویسکوزیته خامه با افزایش دمای هموژن کننده کاهش می یابد، بنابراین باید همواره دما در پایین ترین سطح، نگهداری گردد. البته برای به دست آوردن بالاترین راندمان هموژن کردن باید چربی شکل مایع داشته باشد. بنابراین نباید هیچ گاه دمای هموژن کردن از ۳۵ درجه سانتیگراد پایین تر باشد.

پایداری خامه در قهوه به طور قابل توجهی تحت تاثیر شرایط هموژن کردن دما، فشار و محل استقرار هموژن کننده (قرارگرفتن در بالا دست یا پایین دست تبادل کننده حرارتی) قرار دارد.

ثبات خامه در قهوه را می توان در یک دامنه معینی به وسیله افزودن بیکربنات سدیم (حد اکثر ۰/۰۲ درصد) ارتقاء داد، البته اگر قوانین کشوری این کار را منع نکرده باشد. پایداری قهوه در خامه دارای یک نوع ارتباط حرارتی پیچیده می باشد و عوامل متعددی بر آن تاثیر دارند مانند:

- دمای قهوه، امکان کلوخه ای شدن خامه در قهوه داغ تر بیشتر است.
- نوع قهوه و آداب و رسوم آماده کردن آن، وجود اسیدهای بیشتر در قهوه (در وارپته های مختلف) امکان کلوخه ای شدن خامه را در هنگام حل شدن افزایش می دهد.
- سختی آب به کار رفته برای آماده سازی قهوه، خامه در آب سخت تر بیشتر از آب سبک کلوخه ای می گردد، چون نمک کلسیم قابلیت پروتئین را برای لخته شدن افزایش می دهد.

در فراورده های لبنی دارای مواد طعم دهنده و یا ویتامین اضافه شده، باسد، آنها نیز به شدت به وجود اکسیژن حساس بوده و در بسته بندی این فراورده ها باید از ورود اکسیژن به داخل بسته جلوگیری شود.

بسته بندی مقوایی شامل مقوا و یک لایه پلاستیک (پلی اتیلن Polyethylene) می باشد. مقوا چون از چوب ساخته می شود به آسانی قابل بازیافت مجدد می باشد. مقوا استقامت خاصی را به بسته بندی داده و آن را به خوبی در برابر ضربه های مکانیکی مقاوم می سازد. همچنین مقوا نفوذ نور به داخل بسته بندی را غیر ممکن می نماید.

یک لایه نازک از پلی اتیلن نوع مجاز در ماده غذایی، در داخل و خارج مقوای بسته بندی کشیده می شود و بدین وسیله آن را در مقابل تراوش مایع به بیرون مقاوم (Leakproof) می سازد. لایه پلاستیکی موجود در سطح بیرونی مقوا، آن را از خیس خوردگی و جمع شدن، ناشی از آب کندانس (وقتی که محصول خنک از انبار خارج می گردد) محافظت می نماید.

به علت خلوص این نوع پلی اتیلن، وقتی ضایعات یا بقایای بسته بندی سوزانیده یا در زمین دفن می گردد حداقل آلودگی را در محیط زیست ایجاد می نماید.

برای افزایش مدت ماندگاری شیر غیر یخچالی و یا در فراورده های بسیار حساس، یک لایه نازک از ورق آلومینیم، در بین لایه های پلی اتیلن پلاستیک، لایه گذاری می گردد. این کار باعث ایمنی کامل بسته بندی در برابر نور و نفوذ اکسیژن "جو" می گردد.

تمام بسته بندی ها در آخر الامر باید دور ریخته شوند. در این رابطه افزایش حجم زباله خانگی به صورت یک مشکل زیست محیطی در اجتماعات بروز نموده است. راه های پرداختن به این مشکل را می تواند به طور خلاصه در اصول پنجگانه زیر خلاصه نمود.

- کاهش (Reduction)، کاهش استفاده از مواد خام و انتخاب موادی که برای محیط زیست خطر ساز نباشند می تواند به حفاظت و احیای منابع طبیعی کمک نماید.
- بازگشت چرخه ای مواد (Recycling)، مواد بسته بندی بهتر است قابلیت جمع آوری، باز یافت و استفاده مجدد را داشته باشد، اما باید به خاطر داشت که در عاقبت امر مواد بسته بندی مجدداً به صورت زباله برگشت می نمایند.
- باز یافت مواد (Recovery of materials)، مواد بسته بندی باید بتواند پس از جمع آوری برای تولید و ساخت محصولات نو قابل استفاده باشد.
- بازیافت انرژی (Recovery of energy)، تمام مواد سازنده بسته بندی ها، دارای انرژی بوده و می توان آن را به وسیله سوزاندن استخراج نمود. مقدار آن به نوع مواد موجود در ماده بسته بندی بستگی دارد.

تابلو ۸-۱ آزمایش ویسکوزیته با افزایش فشار هموزن کننده در ۵۷ درجه سانتیگراد.

| فشار هموزن کننده | ویسکوزیته خامه |
|------------------|----------------|
| MPa              | ثانیه          |
| ۱۰               | ۱۸             |
| ۱۵               | ۲۸             |
| ۲۰               | ۴۵             |

تابلو ۸-۲ آزمایش ویسکوزیته با تغییر دما در هموزن کننده در فشار ۱۵MPa

| دمای هموزن کننده | ویسکوزیته خامه |
|------------------|----------------|
| درجه سانتیگراد   | ثانیه          |
| ۳۵               | ۴۹             |
| ۵۰               | ۳۵             |
| ۶۵               | ۱۰             |

### بسته بندی

وظایف اساسی و اصولی بسته بندی عبارت است از:

- توزیع ماده غذایی را تسهیل سازد.
- قادر به نگهداری بهداشتی ماده غذایی باشد.
- از مواد مغذی و طعم موجود در ماده غذایی حفاظت به عمل آورد.
- غذا را از آسیب و آلودگی به دور نگهدارد.
- دسترسی به ماده غذایی را آسان سازد.
- اطلاعات مربوط به ماده غذایی را در بر داشته باشد.

سابقه استفاده از بطری شیشه ای برای شیر به ابتدای قرن بیستم بر می گردد. هرچند استفاده از بطری های شیشه ای از دیدگاه بهداشتی و اقتصادی تا مدت ها مطلوب بوده است اما زیان های زیادی را نیز به همراه دارد. معمولاً شیشه به علت سائیدگی ها و سنگینی، نازیب و همچنین شکننده می باشد، باید قبل از استفاده مجدد کاملاً شسته و بهداشتی گردد که این امر مشکلاتی را برای کارخانه ایجاد می نماید. از سال ۱۹۶۰ انواع دیگر بسته بندی وارد بازار فروش شیر گردید، که از مهم ترین آنها می توان به مقوای بسته بندی و بطری های پلاستیکی و کیسه های پلاستیکی اشاره نمود.

یک بسته بندی مناسب باید بتواند ضمن محافظت از محصول مانع کاهش یا از بین رفتن ارزش غذایی و ویتامین ها تا هنگام رسیدن به دست مصرف کننده گردد. مواد غذایی مایع از احتمال فساد پذیری بالاتری برخوردارند، بنابراین به کار گیری یک بسته بندی غیر آلوده و بدون بو امری اساسی می باشد. همچنین بسته بندی باید قادر باشد، محصول را در برابر ضربه های مکانیکی، نور و اکسیژن محافظت نماید. شیر یک محصول حساس می باشد و اگر در معرض نور آفتاب و یا نور مصنوعی قرار گیرد، بعضی ویتامین های اساسی در آن تخریب خواهند شد و همچنین تغییرات نا مطلوبی در طعم شیر نیز پدید می آید (طعم آفتاب تابلو ۸-۲).



سطح این زمین هابرای کاربردهای مختلف مانند احداث زمین های ورزشی و غیره استفاده نمود. مقوای بسته بندی بسیار سبک می باشد ، به طور مثال یک بسته یک لیتری تترا بریک (Tetra Brik pack) وزنی برابر ۲۷ گرم را دارد . در عین حال اجزا اصلی آن از مواد قابل باز یافت تشکیل شده است. بنابراین در مقایسه با دیگر انواع بسته بندی ، مقدار زباله تولید شده به وسیله این نوع بسته بندی بسیار کمتر می باشد .

از مقوای بسته بندی می توان به طور گسترده ای به منظور بازیافت انرژی سود جست ، چوب و روغن (مواد خام برای پلاستیک) منابع مرسوم برای تولید انرژی می باشند. سوزاندن دو تن مواد بسته بندی به قدر یک تن نفت انرژی تولید می نماید .

دفن ضایعات این نوع بسته بندی ، هرچند راه حل ضعیف استفاده از این منبع را نشان می دهد اما آنها به علت فقدان مواد سمی باعث آلودگی آب های سطحی زمین نخواهند شد.

## شیر با ماندگاری طولانی

استریل کردن یک فراورده به معنی انجام عملیات حرارتی شدید برای از بین بردن تمام میکروارگانیسم ها و غیر فعال نمودن آنزیم های مقاوم به حرارت می باشد. فراورده های استریل از کیفیت نگهداری عالی برخوردارند و آنها را می توان به مدت طولانی در دمای محیط ذخیره نمود. این ویژگی کارخانه های لبنی قادر می سازد، فراورده های استریل خود را برای فروش و بازاریابی به فاصله های دور ارسال نمایند و بازار های جدیدی را برای عرضه محصولات خود بیابند.

فراورده ای که بتواند برای مدت زمان طولانی بدون فساد و بدون نیاز به یخچال ، نگهداری گردد، فواید زیادی را برای تولید کننده و هم مصرف کننده دارا است. از جمله می توان در ارتباط با فوایدی که نصیب تولید کننده می شود به دسترسی به بازار های وسیع تر، حمل و نقل آسان تر و ارزان تر با وسایط نقلیه معمولی (بدون نیاز به سردخانه) و حذف برگشت فراورده های فروش نرفته (در اثر اتمام مدت ماندگاری) اشاره نمود. در عین حال نگهداری این فراورده ها برای خرده فروشی نیز ساده می باشد و به تجهیزات گران قیمت خنک کننده نیاز ندارند ، اختصاص یک مکان ساده نگهداری برای فروش کافی خواهد بود.

از فواید متناسب به مصرف کننده می توان به راحتی خرید و ذخیره آن در شرایط معمولی اشاره نمود. در نتیجه مصرف کننده مسافت کمتر و وقت کمتری را برای خرید صرف خواهد نمود. به علت نگهداری در شرایط دمای محیط، باعث اشغال حجم در یخچال خانه نشده و در مواقع غیر مترقبه مانند مصرف برای مهمان سرزده، بسیار کمک کننده می باشد.

### کیفیت مواد خام

شیری که در معرض عملیات حرارتی شدید قرار می گیرد باید از کیفیت بسیار مناسبی برخوردار باشد. نکته بسیار مهم در این موارد، ثبات حرارتی پروتئین های شیر خام می باشد .



باقی می ماند و الی آخر... به عبارت دیگر: اعمال حرارت برای استریل کردن یا در معرض مواد ضد عفونی قرار دادن فراورده، قسمت عمده ای از میکروارگانیسم ها را نابود کرده و همیشه تعداد کمی زنده باقی می ماند.

#### کاهش لگاریتمی اسپور ها

بیان ریاضی اثرات کشنده دمای استریل کردن بر روی میکروارگانیسم ها را می توان به شکل لگاریتمی مانند جدول زیر بیان نمود.

|                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>شیر برای عملیات UHT نامناسب خواهد بود اگر:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* ترش شده باشد.</li> <li>* تعادل نمک ها در آن بهم خورده باشد</li> <li>* دارای مقدار زیادی پروتئین های سرمی باشد.</li> </ul> | <p><math>K \times t = \log N / N_1</math></p> <p>که در فرمول فوق:</p> <p><math>N</math> = تعداد میکروارگانیسم های (اسپورهای) اولیه،</p> <p><math>N_1</math> = تعداد میکروارگانیسم های (اسپور های) زنده پس از زمان (t) در یک مرحله از عملیات حرارتی،</p> <p><math>K</math> = ضریب ثابت</p> <p><math>t</math> = زمان عملیات حرارتی.</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

اگر فرمول فوق در یک کاغذ نیمه لگاریتمی، با قرار دادن زمان عملیات در روی محور (X) و تعداد میکروارگانیسم های زنده در روی محور لگاریتمی (Y)، رسم گردد، یک خط مستقیم بدست می آید.

حاصل یک عملیات لگاریتمی هیچگاه صفر نمی گردد و براین موضوع تصریح دارد که در جریان استریل کردن، یافتن اسپور های زنده باکتری ها در درون محصول پس از فرایند، غیر ممکن نمی باشد. در عمل هم این انتظار از فرایند (نابودی کامل باکتری و اسپور آنها) غیر ممکن می باشد و باید راه حل عملی تر که قابلیت اجرایی بیشتر و واقعی تر را داشته باشد، یافته شود. استریل شدن موثر (Sterilising effect) یا کفایت استریل کردن (Sterilising efficiency) یک تصور کلی در باره این موضوع می باشد. این واژه بیان می دارد که در ضمن فرایند استریل کردن تعداد میکروارگانیسم ها به صورت کسری (درصدی) رو به کاهش می گذارند.

هر فرایند استریل کردن را می توان به وسیله یک حد "استریل شدن موثر" مشخص نمود. در اغلب فرایندهای استریل کردن با استفاده از روش حرارتی حد "استریل شدن موثر" با

به طور سریع می توان ثبات حرارتی (Heat stability) پروتئین ها را به وسیله آزمایش الکل (Alcohol test) تشخیص داد. برای این کار نمونه شیر را با حجم مساوی از محلول الکل اتیلیک مخلوط می نمایند. در این حالت پروتئین های شیر ناپایدار شده و در یک غلظت معین لخته می گردند. هرچه شیر در غلظت های بالاتر الکل اتیلیک منعقد نگردد، از ثبات حرارتی بالاتری برخوردار خواهد بود. به طور عملی اگر شیر در مجاورت غلظت الکل ۷۵ درصد بدون تغییر باقی بماند، ثبات حرارتی مناسبی را خواهد داشت.

نوعاً آزمایش الکل را برای رد یا قبول شیر برای عملیات UHT به کار می برند. پایین بودن ثبات حرارتی پروتئین های شیر ممکن است به علل زیر باشد:

- ترش بودن شیر - معمولاً در این شرایط شیر شمارش باکتریایی بالایی دارد و مقدار زیادی اسید به وسیله میکروارگانیسم ها تولید شده است.

- تعادل نمک های شیر به هم خورده است (برای مثال در عفونت های پستان).

- محتوای پروتئین های سرمی شیر بسیار بالا است مانند شیر آغوز

کیفیت پایین شیر خام، در شرایط فرایند و کیفیت فراورده نهایی اثر نامناسب خواهد داشت. پروتئین های موجود در شیر ترش ثبات حرارتی پایینی را داشته و باعث بروز مشکلاتی در فرایند و در دستگاه ها (به صورت رسوب) می گردند. برای مثال سوختگی در روی سطوح تبادل کننده حرارتی و مشکلات تمیز کردن سیستم، در هنگام نگهداری از این نوع شیر، از معطلات اساسی ناشی از کیفیت پایین شیر خام ورودی به کارخانه لبنی می باشد.

شیری که به مدت طولانی در دمای پایین ذخیره شده است، ممکن است حاوی تعداد زیادی از باکتری های سرما دوست باشد. این باکتری ها، آنزیم های مقاوم به حرارت تولید می نمایند و همه آنها را نمی توان در فرایند استریل کردن غیر فعال نمود. باقی ماندن این آنزیم ها در شیر استریل باعث پیدایش تغییرات طعم، مانند: تندید (Rancidity) تلخی (Bitterness) یا حتی ژلاتینی شدن (غلیظ شدن در اثر نگهداری یا لخته شیرین) در مدت زمان نگهداری می گردد.

به طور کلی، شیر باید از کیفیت باکتریولوژیکی بالایی برخوردار باشد. این امر فقط اختصاص به شمارش کلی باکتری ندارد، بلکه مهم تر از آن وجود اسپور یا شکل اسپور دار باکتری در شیر می باشد که بر روی انتخاب درجه حرارت استریل شدن فراورده تاثیر دارد.

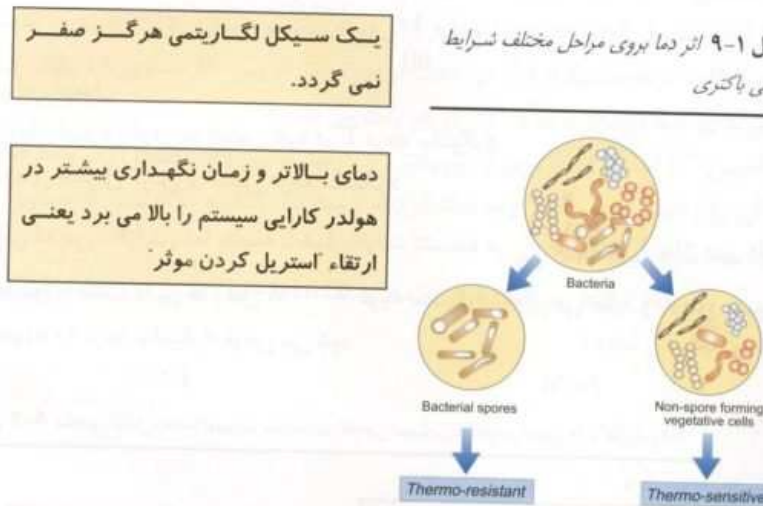
#### کارایی استریل کردن

وقتی که میکروارگانیسم ها و یا اسپور باکتری ها در معرض عملیات حرارتی یا مواد ضد عفونی کننده یا انواع دیگری از فرایندهای استریل کننده قرار داده می شوند، تمام میکروارگانیسم ها بلادرنگ کشته نمی شوند. بلکه در واحد های معینی از زمان تعدادی کشته و

۲- دسته ای از باکتریها که به هر دو صورت رویشی و اسپوردر محیط حضور دارند، در هر دو صورت عامل های نابود کننده (مثلا حرارت) شکل رویشی باکتری به سرعت نابود شده در حالی که حذف اسپور آنها مشکل می باشد.

معمولا هر دو شکل باکتری - رویشی و اسپور - در فراورده تحت فرایند حضور دارند، شکل (۹-۱). متاسفانه ارتباط خاصی بین این دو حالت از شکل زیستی میکروارگانیسم وجود ندارد، یعنی ممکن است در یک محصول با تعداد باکتری کم، تعداد زیادی اسپور میکروارگانیسم ها موجود باشد و برعکس. بنابراین شمارش کلی (Total count) نمی تواند داده قابل اعتمادی برای تعداد جمعیت اسپور باکتری ها در ماده غذایی باشد.

شکل ۹-۱ اثر دما بر روی مراحل مختلف شرایط زیستی باکتری



### اندیس $Q_{10}$

همان طوری که شرح داده شد: استریل شدن موثر در فرایند استریل کردن یا استفاده از حرارت همزمان با بالا رفتن دما به سرعت افزایش می یابد. این بیان را می توان برای واکنش های شیمیایی نیز به کار برد. اندیس  $Q_{10}$  به صورت افزایش سرعت در واکنش ها تعریف شده است، این اندیس بیان می دارد که به ازای افزایش ۱۰ درجه سانتیگراد دمای سیستم سرعت واکنش ها چه مقدار افزایش خواهد یافت.

اندیس  $Q_{10}$  برای وقوع تغییرات طعم - از نوع واکنش های شیمیایی - در حدود ۲-۳ می باشد. یعنی اگر دمای سیستم ۱۰ درجه سانتیگراد بالا برده شود، سرعت این واکنش شیمیایی دو تا سه برابر خواهد شد. همچنین  $Q_{10}$  می تواند محدوده سرعت نابودی اسپور

تلفیق زمان و دما مشخص می گردد. بدیهی است کاربرد دمای بالاتر و زمان نگهداری طولانی تر در هولدر حد استریل شدن موثر را افزایش می دهد.

معمولا استریل شدن موثر به صورت تعداد سیکل لگاریتمی بیان می شود. برای مثال: یک - استریل شدن موثر ۹ - دلالت بر این دارد که از میان  $10^9$  اسپور باکتری که همراه محصول به داخل فرایند وارد شده، پس از انجام فرایند فقط ۱ ( $10^0$ ) باکتری زنده باقی خواهد ماند. استریل شدن موثر غیر وابسته به حجم محموله می باشد.

$$\text{Log } 10^9 - \text{Log } 10^0 = 9 - 0 = 9$$

به طور معمول از آزمایش و جستجو برای یافتن اسپور باسیلوس سوبتیلیس (*Bacillus subtilis*) یا باسیلوس استارو ترموفیلوس (*Bacillus stearothermophilus*) جهت تشخیص کارایی استریل شدن در روش UHT استفاده می شود. زیرا این اسپورها بخصوص اسپور باسیلوس استارو ترموفیلوس از مقاومت حرارتی نسبتا بالایی برخوردار است و اگر پس عملیات استریل شدن در فراورده مشاهده گردد دلیل بر عدم کفایت فرایند حرارتی می باشد.

از کلسترییدیوم بوتولینوم (*Clostridium botulinum*) برای پی بردن به کارایی استریل شدن داخل قوطی های کنسرو استفاده می گردد.

برای استریل کردن، سیکل لگاریتمی قابل قبول در عملیات UHT، در آزمایش با اسپور باسیلوس سوبتیلیس ۱۰ تا ۱۲ دوره لگاریتمی و در آزمایش با اسپور باسیلوس استارو ترموفیلوس ۸ دوره لگاریتمی می باشد، این سیکل در آزمایش کنسرو ها با کلسترییدیوم بوتولینوم نباید کمتر از ۱۲ دوره باشد.

کارایی استریل شدن، وابسته به موارد زیر می باشد:

- ترکیب مناسب زمان / دما
- مقاومت حرارتی اسپور باکتری مورد آزمایش، که تحت تاثیر سوش باکتری (باسیلوس) و نحوه تولید اسپور دارد.
- نوع فراورده

اثرات کننده حرارت بر روی اسپور باکتری ها از دمای ۱۱۵ درجه سانتیگراد شروع و با بالا رفتن دما به سرعت افزایش می یابد. باکتری ها را می توان به دو گروه تقسیم نمود:

۱- دسته ای از باکتری ها که به صورت سلول های رویشی در محیط حضور دارند (براحتی با حرارت و مواد ضد عفونی کننده نابود می گردند)،

$F_0=1$  به معنی حرارت دادن محصول در  $121/1$  درجه سانتیگراد برای یک دقیقه می باشد .  
برای تهیه شیر یا روش استریلیته تجاری از شیر خام با کیفیت خوب ، اندیس  $F_0$  باید حد اقل ۵-۶ باشد.

### اندیس های $B^*$ و $C^*$

محدوده کارایی موثر عملیات UHT در بعضی کشور ها به وسیله دو پارامتر زیر تعریف شده است که به طور اختصار عبارتند از :

اثر باکتریولوژیکی :  $B^*$  (به صورت B ستاره دار شناخته می شود)

اثر شیمیایی :  $C^*$  (به صورت C ستاره دار شناخته می شود)

$B^*$  انجام استریل کردن تجاری را بر پایه  $135$  درجه سانتیگراد برای  $10/1$  ثانیه با اندیس Z برابر با  $10/5$  درجه سانتیگراد قرار می دهد . در این روش اندیس  $B^*$  مساوی ۱ ، بیانگر کاهش اسپور های گرما دوست به تعداد  $10^9$  در هر واحد می باشد .

در اندیس  $C^*$  اساس کار بر روی از بین رفتن ۳ درصد تیامین (Thiamine) در واحد قرار دارد که آن برابر اعمال دمای  $135$  درجه سانتیگراد به مدت  $30/5$  ثانیه با اندیس Z مساوی  $31/4$  درجه سانتیگراد می باشد.

وقتی که شرایط زیر تامین شود یک فرایند UHT با حفظ کیفیت فرآورده به طور رضایت بخشی عمل می نماید :

$$C^* < 1$$

$$B^* > 1$$

### سرعت ترین ذره

در بعضی کشور ها (خصوصا در امریکا)، توجه ویژه ای به زمان اقامت محصول در لوله هولدر معطوف می گردد ، مرجع ویژه برای تعیین زمان هولدر "سرعت ترین ذره" می باشد . براساس طراحی جریان سیال (جریان متلاطم یا لایه ای) ، ضریب کارایی برای شیر  $0/9 - 0/85$  محاسبه شده است . این ضریب در بر دارنده عامل تصحیح در محاسبه زمان هولدر می باشد. در امریکا برای حالت های ویژه ، عبور سریع ترین ذره دو برابر سرعت متوسط ذرات فرض می گردد یعنی ضریب کارایی (η) به مقدار  $0/85 - 0/5$  در نظر گرفته می شود.

### استریل کردن تجاری

به طور معمول اصطلاح استریل کردن تجاری (Commercial sterility) برای عملیات UHT فرآورده های لبنی به کار برده می شود. فرآورده ای که به طریقه تجاری استریل

دامنه اختلاف بر اساس عکس العمل متفاوت اسپور باکتری ها نسبت به افزایش دما می باشد . تغییرات در اجزای شیمیایی و تخریب اسپور در اثر افزایش دما در شکل (۲-۹) نشان داده شده است .

### اندیس $F_0$

مفهوم اندیس  $F_0$  ارتباط بین زمان و دمای استریل کردن براساس تغییرات لگاریتمی می باشد به بیانی دیگر زمان استریل کردن محصول را در دمای  $121$  درجه سانتیگراد (یا  $250$  درجه فارنهایت) بر حسب دقیقه بیان می دارد . در فرمول زیر روش محاسبه این اندیس نشان داده شده است :

$$F_0 = \frac{t}{60} \times 10^{\frac{T-121.1}{Z}}$$

که در این فرمول:

$t$  = زمان استریل کردن بر اساس ثانیه در  $T$  درجه سانتیگراد

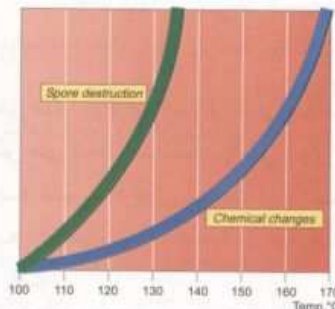
$T$  = دمای استریل کردن بر اساس درجه سانتیگراد

$Z$  = این اندیس ، افزایش دما حاصله با همان اثرات کشنده در  $10/1$  از زمان را بیان می دارد ،

این اندیس با منشاء اسپور ها ( بین  $10/8 - 10$  درجه سانتیگراد) تغییر می نماید و به طور عمومی در محدوده  $10$  درجه سانتیگراد فرض می شود .

شکل ۲-۹ منحنی نشان دهنده تغییرات سرعت در خواص شیمیایی و نابودی اسپور ها با افزایش دما

استریل کردن تجاری : محصولی که تحت این فرایند قرار گرفته عاری از میکروارگانیسم هایی است که بتوانند در شرایط معمولی رشد نمایند



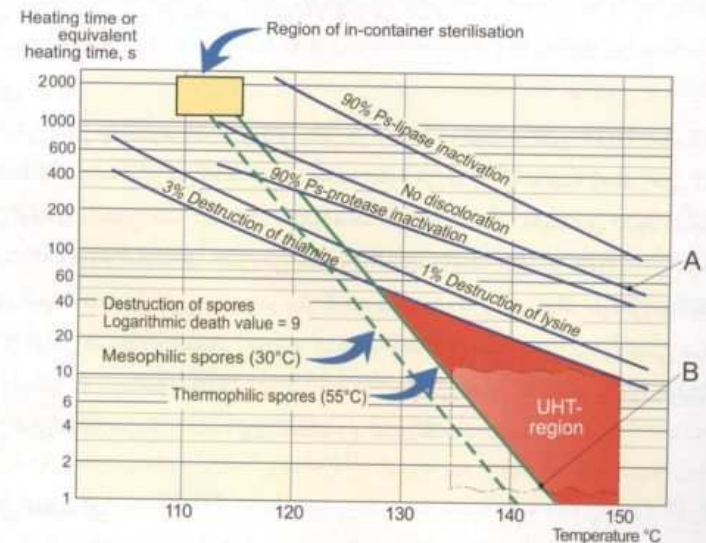
اگر فرمول فوق بر حسب درجه فارنهایت بیان شود ، دمای مرجع  $250$  درجه فارنهایت و اندیس Z به طور معمول  $18$  درجه فارنهایت خواهد بود .



زمان / دما برای استریل کردن کامل (نابود سازی اسپور های گرما دوست) شیر می باشد . قلمرو استریل کردن فراورده های داخل محفظه استریل کننده و عملیات UHT نیز در شکل نشان داده شده است .

شکل مذکور همچنین بیان می دارد، هنگامی که دو روش استریل کردن اثرات یکسان دارند ممکن است اختلاف های بزرگی را در بروز اثرات شیمیایی ، واکنش قهوه ای شدن، نابودی سازی ویتامین ها و اسیدهای آمینه و ... داشته باشند. بروز این نوع اختلاف ها در دمای پایین تر در بین فرایندهای مشابه بسیار کمتر می باشد. این بررسی نشان می دهد: که چرا شیر UHT در مقایسه با شیر استریل شده در داخل محفظه استریل کننده، طعم بهتر و ارزش غذایی بالا تری را دارد.

شکل ۵-۹ خطوط محدوده تخریب اسپورها و اثرات آن بر روی شیر. مقادیر بین خط چین ها (۳۰-۵۵°C) درجه حرارت های مطلوب رشد انواع اسپور میکروارگانیسم ها را نشان می دهد.



**مزه** معمولاً یک حس شخصی و ذهنی نسبت به خوراکی ها محسوب می گردد و در انتخاب ماده خوراکی نقش مهمی را دارد. مزه شیری که تحت فرایند UHT قرار گرفته اند در طی سالیان متمادی بهبود یافته است . بسیاری از مصرف کنندگان نمی توانند تفاوتی را بین شیر UHT و شیر پاستوریزه قائل شوند .

تسده باشد براین امر تصریح دارد که فراورده عاری از میکروارگانیسم هایی است که بتوانند در شرایط معمولی رشد نمایند .

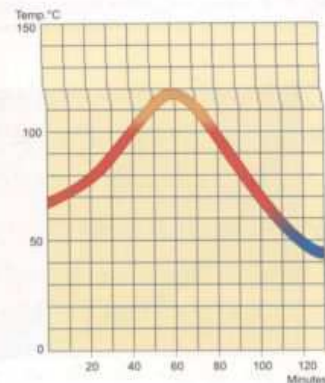
نمودار، شکل (۳-۹) و (۴-۹) منحنی (دما / زمان) برای دو سیستم استریل کردن حرارتی رایج را نشان می دهد .

در نمودار زمان استریل کردن فراورده، در داخل محفظه استریل کننده ، برحسب دقیقه به کار برده شده است در حالیکه وقتی محصول به طور مستقیم تحت فرایند استریل کردن قرار می گیرد (مثل فرایند UHT) زمان به صورت ثانیه می باشد .

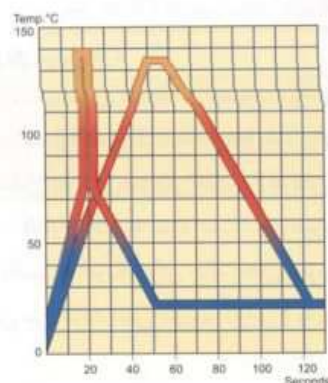
### تغییرهای باکتریولوژیکی و شیمیایی شیر در عملیات حرارتی شدید

وقتی شیر به مدت طولانی در معرض دمای بالا قرار می گیرد ، واکنش های شیمیایی خاصی در آن رخ می دهد که منجر به تغییرات رنگ به صورت قهوه ای شدن می گردد . این حالت همیشه با یک طعم پخته و کاراملی شدن (Caramel) همراه است و گاهی همراه با مقدار زیادی رسوب دیده می شود . این آسیب ها را می توان به طور گسترده ای به وسیله انجام عملیات حرارتی در دمای بالا و زمان بسیار کوتاه کاهش داد. بنابراین انتخاب ترکیب مناسب بین زمان / دما بسیار مهم می باشد، زیرا علاوه بر نابودی اسپور باکتری ها باید آسیب وارده به اجزای شیر در کمترین حد ممکنه باشد .

شکل ۳-۹ منحنی دما برای استریل کردن محصول در داخل محفظه استریل کننده



شکل ۴-۹ منحنی دما برای عملیات UHT در سیستم مستقیم و غیر مستقیم



در شکل (۵-۹) ارتباط بین استریل شدن موثر و واکنش قهوه ای شدن را نشان می دهد. خط A پایین ترین حد ترکیب زمان / دما را که در آن قهوه ای شدن در شیر رخ نمی دهد ، مشخص می نماید. خط B نشان دهنده پایین ترین محدوده ترکیب بندی



| اجزای شیر           | اثرات سرریزی                                        |
|---------------------|-----------------------------------------------------|
| چربی                | بدون تغییر                                          |
| لاکتوز              | تغییرات جزئی                                        |
| پروتئین ها          | دنا توره شدن (تغییر ماهیت) جزئی پروتئین های آب پنیر |
| نمک ها و مواد معدنی | رسوب جزئی                                           |
| ویتامین ها          | کاهش جزئی                                           |

شدت تاثیر فرایند های حرارتی، بر روی ارزش غذایی شیر را می توان از تغییرهای شیمیایی اجزای آن نتیجه گرفت. با بررسی جدول فوق مشاهده می گردد که هیچ تغییری در مقادیر تغذیه ای چربی، لاکتوز و نمک های معدنی به وجود نیامده است، اما تغییرهای کوچکی در ارزش تغذیه ای پروتئین ها و ویتامین ها مشاهده می گردد.

کازئین (Casein) بیشترین مقدار پروتئین شیر را تشکیل می دهد، که معمولا تحت تاثیر فرایند های حرارتی قرار نمی گیرد. دنا توره شدن پروتئین های آب پنیر به معنی کاهش ارزش تغذیه ای آنها در شیر UHT در مقایسه با شیر خام نمی باشد، بلکه برعکس عملیات UHT قابلیت هضم این پروتئین ها را در دستگاه گوارش بهبود می بخشد و آنزیم های گوارشی آسانتر می توانند بر روی آنها تاثیر نمایند.

از دست رفتن جزئی بعضی از اسید های آمینه ضروری، مانند لیزین آسیب جدی به کیفیت تغذیه ای وارد نمی سازد. مقدار از دست رفته لیزین (Lysine) در این فرایند تقریبا ۰/۴-۰/۸ درصد می باشد که در مقام مقایسه این مقدار مشابه عملیات پاستوریزاسیون است. در فراورده های استریل شده در داخل محفظه استریل کننده، مقدار لیزین از دست رفته برابر ۱۰-۶ درصد می باشد.

مقاومت ویتامین های موجود در شیر، نسبت به حرارت متفاوت می باشند. این ویتامین ها به دو صورت محلول در چربی مانند (A, D, E) و محلول در آب مانند ( $B_2, B_3$ )، بیوتین و اسید نیکوتینیک (نیاسین) وجود دارند و نسبت به حرارت تقریبا پایدار می باشند. از ویتامین های حساس به حرارت می توان به  $B_1$  (تیامین) اشاره نمود. در منحنی زمان / دما، شکل (۵-۹) نشان داده شده است که تیامین در عملیات UHT کمتر از ۳ درصد از دست می رود، این افت در فرایند استریل شدن در محفظه های استریل کننده به طور قابل توجهی بالا واحد اکثر به میزان ۵۰-۲۰ درصد می رسد. به همین نسبت دیگر ویتامین های حساس به حرارت مانند ویتامین  $B_6, B_{12}$ ، اسید فولیک و ویتامین C نیز در فرایند UHT و در محفظه استریل کننده، از دست می روند. از دست دادن ویتامین  $B_2$  و ویتامین C در محفظه استریل کننده، ممکن است تا مقدار ۱۰۰ درصد به وقوع پیوندد.

همانطور که در فصل ۲ توضیح داده شد، بین محتوای لاکتولوز در شیر پاستوریزه و شیر UHT و شیر استریل اختلاف آشکاری وجود دارد.

از وقتی که شیر UHT به بازار معرفی گردید، همواره کیفیت، طعم و مزه آن مورد بحث قرار داشته است. در اوایل شیر UHT تقریبا به سفیدی شیر پاستوریزه بود، اما محصول با یک طعم پخته و مزه خاص همراه بود. کوشش زیادی - که هنوز هم ادامه دارد - به عمل آمد تا طعمی همانند شیر پاستوریزه معمولی برای این نوع شیر به دست آید.

دمایی که در آن آزمایش اورگانولپتیکی انجام می پذیرد در نتیجه آزمایش بسیار اهمیت دارد. در دمای یخچال (تقریبا ۷-۵ درجه سانتیگراد) طعم شیر UHT کمتر جلوه می کند. بنابراین باید برای نمونه هایی که مورد ارزیابی اورگانولپتیکی قرار می گیرند دمای محصول در ۲۰ درجه سانتیگراد حفظ گردد. بیان شده است که برای ارزیابی دقیق تر، نمونه ها باید قبل از آزمایش به مدت های گوناگون ۲، ۴ و ۶ هفته در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد نگهداری گردند.

آزمایش های انجام شده به این طریق اختلاف معنی داری را بین طعم و مزه انواع شیر فرایند شده با روش های مستقیم و غیر مستقیم UHT نشان داده است. باید به یاد داشت که در روش غیر مستقیم شیر در معرض دمای بالا قرار می گیرد.

#### ماندگاری

یکی دیگر از خصوصیات مورد ارزیابی در ارتباط با کیفیت شیر UHT، ماندگاری (Shelf life) فراورده لبنی می باشد. این مشخصه معلوم می نماید که تا چه زمانی می توان محصول تولیدی را بدون افت کیفیت در محدوده حد اقل قابل قبول، نگهداری نمود. باید در نظر داشت که مفهوم کیفیت نیز ذهنی می باشد (Criteria of product quality) و اگر معیارهای کیفیت محصول خیلی پایین در نظر گرفته شود، ماندگاری می تواند طولانی تر باشد.

از عوامل فیزیکی و شیمیایی محدود کننده در ماندگاری می توان به ژلاتینی شدن، افزایش ویسکوزیته، رسوب و خامه بستن اشاره نمود. ویژگی های نا مطلوب اورگانولپتیکی برای این فراورده ها: تغییرات مزه، بوی نامطبوع و تغییر رنگ می باشند.

#### جنبه های تغذیه ای

مطالعه ویژگی های تغذیه ای و تغییرهای آنها در ضمن فرایند، یکی از موضوع های مهم قابل بررسی در فرایند مواد غذایی می باشد. در این راستا پژوهش زیادی بر روی اثرات عملیات حرارتی شیر انجام پذیرفته است.

اثرات حرارتی عملیات UHT در روی اجزای شیر را می توان در فهرست زیر خلاصه نمود.

سیستم فرایند پیوسته ماند ،

- برج هیدرواستاتیک عمودی ، شکل (۷-۹)

- استریل کننده افقی ، شکل (۸-۹)

### فرایند غیر پیوسته (محموله ای)

فرایند غیر پیوسته به سه روش انجام می پذیرد :

۱- به صورت مجموعه ای که در یک سبد جا سازی شده و در محفظه فشار استاتیک (اتوکلاو)

قرار داده می شوند شکل (۹-۹) .

۲- به صورت جاگذاری در یک قفس فلزی که می تواند در داخل اتوکلاو چرخش نماید .

۳- در اتوکلاو دوار

روش دوار (Rotary) ارجحیت بیشتری را نسبت به روش ساکن (Static) دارد ، زیرا سرعت جذب حرارت از محیط گرم کننده سریع تر بوده و اثر کشندگی باکتری هایشتر است و همچنین رنگ محصول نهایی یکنواخت تر خواهد بود .

معمولا در استریل کردن با اتوکلاو ، شیرتحت فرایند "پیش حرارتی" قرار گرفته و در دمای تقریبی ۸۰ درجه سانتیگراد به درون بطری های تمیز و گرم شده ، وارد می شود. بطری ها پس از درپوش گذاری در داخل محفظه بخار، استریل می گردند ، حرارت اعمال شده به طور معمول ۱۲۰-۱۱۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۵-۱۵ دقیقه می باشد. سپس محموله به تدریج در سیستم خنک شده و از اتوکلاو خارج می گردد. این اصول در استفاده از قوطی نیز مراعات می گردد .

استریل کردن محموله ای در اتوکلاو ، بیشتر برای مواد غذایی جامد و در مرتبه بعدی برای مواد غذایی مایع به کار برده می شود. این روش استریل کردن لزوم پر کردن آسپتیک (Aseptic) قبل از فرایند استریل کردن را حذف می نماید. اما باید در طراحی ، مقاومت حرارتی مواد به کار رفته برای بسته بندی مد نظر قرار گیرد .

### فرایند پیوسته

سیستم پیوسته برای کارخانه هایی که بیشتر از ۱۰۰۰۰ واحد در روز تولید دارند، مناسب می باشد. در این سیستم برای انجام عملیات پیوسته، طراحی ماشین آلات به گونه ای است که مجهز به یک سیستم " فشار قفل شونده" بوده و محصول پس از پر شدن در محفظه از منطقه - فشار پایین / دمای پایین- ، بسوی منطقه دارای - فشار بالا / دمای بالا- هدایت و از میان آن عبور داده می شود ، پس از اینکه محصول به مقدار لازم در معرض حرارت قرار گرفت به

بسی از ویتامین ها مانند اسید گوئیک و ویتامین C به اسیداسیون حساس می باشند. کاهش آنها در زمان نگهداری ناشی از وجود اکسیژن در شیر یا در داخل بسته بندی می باشد . با این وجود، شیر یک منبع خوب ویتامین C و اسید فولیک در مقدار لازم توصیه شده برای مصرف روزانه می باشد .

به طور کلی از دست رفتن ویتامین ها در مواد غذایی طبخ شده در خانه، بیشتر از عملیات حرارتی UHT و پاستوریزه کردن می باشد. از نظر کیفیت ویتامینی شیر UHT و پاستوریزه یکسان می باشد ولی کیفیت در شیر استریل (به روش استریل شدن در داخل ظرف) از کیفیت پایین تری برخوردار است .

### تولید شیر با ماندگاری طولانی

دو روش برای تولید این نوع شیر وجود دارد که عبارتند از :

الف - استریل کردن شیر در درون ظرف بسته بندی به وسیله محفظه های استریل کننده، در این روش شیر بسته بندی شده در دمای تقریباً ۱۱۶ درجه سانتیگراد ، به مدت تقریباً ۲۰ دقیقه حرارت داده می شود. این فراورده در دمای محیط قابل نگهداری می باشد.

ب - استفاده از سیستم فرادما (UHT) ، در این روش محصول در دمای ۱۵۰-۱۳۵ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵-۴ ثانیه حرارت داده شده و متعاقباً در شرایط عاری از میکروب (Aseptic) در بسته بندی هایی که محصول را در برابر نور و اکسیژن محافظت می نماید بسته بندی شده و در دمای محیط نگهداری می شود.

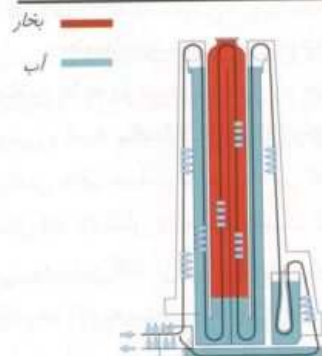
شکل ۶-۹ یک محفظه فشار استاتیک (اتوکلاو)



### استریل کردن شیر پس از بسته بندی

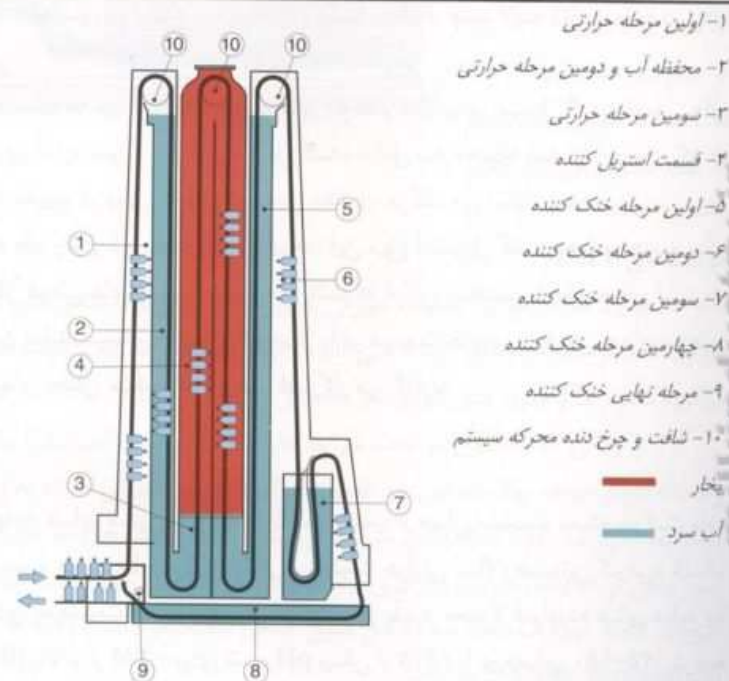
از دو فرایند برای استریل کردن محصول در داخل بطری و قوطی استفاده می شود.

شکل ۷-۹ برج استریل کننده عمودی



پلاستیکی دمای پایین تر نیاز دارد) خنک شده و به داخل بطری های گرم شده انتقال داده می شود، سپس بطری ها وارد برج هیدروستاتیک می گردند. فرایند حرارت دهی مقدماتی یا پیش استریل کردن را می توان در یک سیستم غیر مستقیم یا مستقیم انجام داد. هدف از انجام این مرحله (فرایند پیش استریل کردن) استریل کردن محصول نبوده بلکه منظور کاهش بار میکروبی و کاهش بار حرارتی بر روی برج استریل کننده می باشد.

شکل ۹-۱۰ استریل کننده هیدروستاتیک عمودی، برای استریل کردن پیوسته بطری ها



- ۱- اولین مرحله حرارتی
- ۲- محفظه آب و دومین مرحله حرارتی
- ۳- سومین مرحله حرارتی
- ۴- قسمت استریل کننده
- ۵- اولین مرحله خنک کننده
- ۶- دومین مرحله خنک کننده
- ۷- سومین مرحله خنک کننده
- ۸- چهارمین مرحله خنک کننده
- ۹- مرحله نهایی خنک کننده
- ۱۰- شافت و چرخ دنده محرکه سیستم

بخار  
آب سرد

مدت زمان هر دوره استریل کردن در برج هیدروستاتیک تقریباً یک ساعت می باشد که ۲۰-۳۰ دقیقه آن برای عبور محصول از میان واحد استریل کننده در دمای ۱۲۵-۱۱۵ درجه سانتیگراد صرف می گردد.

استریل کننده هیدروستاتیک دارای ظرفیت ۲۰۰۰ بسته نیم لیتری تا حد اکثر ۱۶۰۰۰ بسته یک لیتری در ساعت می باشد. بطری های شیشه ای و پلاستیکی را می توان در آن استریل نمود.

طور یکنواخت و تدریجی شرایط - دما / فشار - کاهش داده شده تا در انتها با فشار جو یکسان گردد. در انتهای خط، خنک کردن با استفاده از آب یخ یا آب سرد انجام می پذیرد.

شکل ۸-۹ استریل کننده افقی



برای استریل کردن پیوسته دو نوع ماشین استریل کننده وجود دارد که اختلاف آنها بر روی نحوه به کار گیری سیستم فشار می باشد.

۱- استریل کننده هیدروستاتیک ایستاده،

۲- استریل کننده افقی چرخان با دریچه آب بندی شده،

#### استریل کننده هیدروستاتیک عمودی

اغلب این نوع استریل کننده ها را به نام "برج های استریل کننده" می شناسند، شکل (۹-۱۰). آنها شامل یک محفظه مرکزی بوده که به وسیله بخار تحت فشار می باشد. فشار در سمت ورودی و خروجی به وسیله ستونی از آب متعادل می گردد. آب در سمت ورودی با دمای لازم وارد سیستم گشته و در سمت خروجی خنک می شود، در این سیستم تنظیم دما به گونه ای است که با داشتن حد اکثر بازده، از ایجاد شوک حرارتی و در نتیجه شکستن بطری شیشه ای اجتناب می شود.

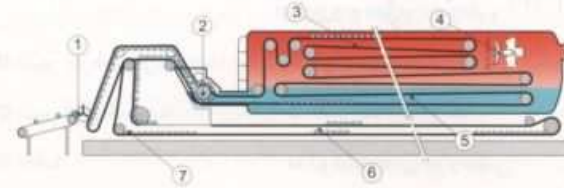
در برج هیدروستاتیک بطری حاوی شیر به آرامی و به طور پیوسته از میان منطقه حرارتی به طرف منطقه خنک تر رهسپار می گردد. ابعاد این منطقه ها بر اساس زمان لازم نگهداری حرارت برای مراحل مختلف عملیات حرارتی طراحی شده است.

در بیشتر موارد، شیر قبل از ورود به داخل برج استریل کننده تحت فرایند حرارتی مقدماتی (در محفظه استریل کننده مقدماتی (Pre-sterilising) - شیشه به فرایند (UHT) -



استریل شده به روش UHT از نظر آنان بی مزه (Tasteless) جلوه نماید.

شکل ۱۱-۹ استریل کننده افقی با دریچه دوار و فشار مثبت (مخلوط بخار/ هوا)



- ۱- قرار دهنده خودکار بطری و قوطی
- ۲- دریچه دواری که به طور همزمان بطری ها را به داخل و خارج محفظه فشار انتقال می دهد
- ۳- محفظه استریل کننده
- ۴- دمنده تهویه کننده
- ۵- سطح پیش خنک کننده
- ۶- خنک کننده تهایی در فشار اتمسفر
- ۷- تخلیه کننده از زنجیر انتقال دهنده

## فرایندهای UHT

فرایند UHT نوعی عملیات حرارتی برای محافظت از مواد غذایی مایع به وسیله اعمال حرارت بسیار بالا در زمان کوتاه می باشد. این عملیات قسمت اعظم آنزیم ها و تمام میکروارگانیسم ها و اسپورهای موجود در محصول را نابود می سازد.

تا زمانی که محصول در تحت شرایط عاری از میکروب (آسپتیک) باقی بماند، این وضعیت پایدار خواهد بود. بنابراین باید ضمن جلوگیری از بروز آلودگی مجدد به وسیله بسته بندی در شرایط آسپتیک، مواد بسته بندی نیز از قبل استریل شده باشند. هرگاه مجبور به نگهداری شیر پس از عملیات حرارتی - قبل از بسته بندی- باشیم، باید شرایط نگهداری به صورت کاملاً آسپتیک باشد. به دلایل فوق گاهی اوقات فرایند UHT را فرایند آسپتیک (Aseptic processing) می نامند.

## توسعه فرایند UHT

برای اولین بار توسط لویی پاستور (Louis pasteur) آزمایش هایی بر روی شیر استریل درون بطری، انجام پذیرفت، اما تقریباً در سال ۱۹۶۰، هر دو فرایند، تولید آسپتیک و پرکردن آسپتیک به صورت تجاری در دسترس عموم قرار گرفت. امروزه فرایند توسعه یافته UHT برای شیر و دیگر مواد غذایی مایع از مقبولیت جهانی برخوردار می باشند. اما این شرایط در ابتدا به این صورت نبوده است.

این نوع دستگاه استریل کننده تحت عنوان استریل کننده دوار با دریچه مسدود کننده، در شکل (۹-۱۱) نشان داده شده است. این ماشین به طور نسبی از ساختمان ساده ای برخوردار می باشد. یک محرکه مکانیکی نوار متحرک حمل کننده بطری ها را از میان دریچه عبور داده و وارد منطقه ای با - فشار بالا / دمای بالا- نموده و در معرض دمای استریل کننده ۱۴۰-۱۳۲ درجه سانتیگراد به مدت ۱۲-۱۰ دقیقه قرار می دهد. هر دوره استریل کردن در این دستگاه ۳۵-۳۰ دقیقه به طول می انجامد و می تواند با ظرفیت ۱۲۰۰۰ واحد در ساعت کار کند.

استریل کننده دوار، برای استریل کردن بطری های پلاستیکی و شیشه ای مناسب بوده و همچنین قابلیت انطباق با بسته بندی های فیلم ساده و چند لایه (لامینه) را نیز دارا می باشد.

از دیگر سیستم ها می توان به محفظه های اتوکلاو دوار برای استریل کردن قوطی های حاوی شیر تبخیری اشاره نمود. این نوع استریل کننده شامل سه محفظه استوانه ای بوده که در داخل هریک نوار ماریچ در روی غلطک در داخل مجاری حرکت می نمایند و محصول بر روی این نوار ضمن به جلو رفتن بدور خود نیز می چرخد. این نوع استریل کننده ها مجهز به یک سیستم آشکارساز قوطی های استریل نشده می باشند که امکان تشخیص قوطی های استریل نشده را فراهم می نماید. سیستم های آشکار ساز را در قسمت خروجی بخش حرارت دهی مقدماتی و در انتهای بخش خنک کننده تحت فشارکار می گذارند.

## عملیات UHT

شیر در واحد های مدرن UHT با کمک پمپ از میان سیستم بسته حرکت داده می شود. در این مسیر فرایندهای پیش حرارتی، عملیات حرارتی بالا، هموزن کردن، خنک کردن و بسته بندی به صورت استریل به ترتیب انجام می پذیرد. معمولاً فرآورده های مایع با اسیدیته پایین (pH بالاتر از ۴/۵ - برای شیر pH بیش از ۶/۵) را در دمای ۱۵۰-۱۳۵ درجه سانتیگراد به مدت چند ثانیه، به وسیله حرارت دادن غیر مستقیم، یا مستقیم (تزریق مستقیم بخار به شیر یا تزریق شیر به بخار) تحت عملیات حرارتی قرار می دهند. فرآورده هایی با اسیدیته بالا (pH کمتر از ۴/۵) مانند آب میوه جات، به طور معمول در دمای ۹۵-۹۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰-۱۵ ثانیه تحت فرایند حرارتی قرار می گیرند. برای حذف خطر آلودگی، تمام قسمت های پایین دست سیستم استریل می باشند.

عملیات UHT در مقایسه با عملیات برج هیدرواستاتیک، زمان، زحمت، مصرف انرژی و جای کمتری لازم دارد. همچنین این فرایند علاوه بر داشتن سرعت بالا عوارض سوء کمتری بر روی طعم شیر دارد. به هر حال بنظر می رسد مصرف کنندگان شیر استریل شده در

انجام می پذیرد. برودی این سیستم جدید در سیستم های روس استریل کردن محفظه، اعتبار خاصی را (به دلیل تولید یک طعم عالی در شیر) برای خود بدست آورد. اولین واحد حرارت غیر مستقیم حدود ده سال بعد به بازار معرفی شد. تحقیق و توسعه از ابتدا تاکنون در روی فرایند UHT ادامه داشته، که اکنون منجر به تولید محصولی عالی با رنگ طبیعی و حفظ ارزش غذایی در آن شده است.

| فراورده های عمومی UHT  |                       |                         |
|------------------------|-----------------------|-------------------------|
| • شیر تازه و باز ساخته | • انواع بستنی         | • آشامیدنی (چای و قهوه) |
| • شیر تغلیظ شده        | • دسر ها (پودینگ)     | • چربی گیاهی و مارگارین |
| • خامه                 | • نوشابه های پروتئینی | • سوپ ها، سس ها         |
| • شیر طعم دار          | • نوشابه سویا         | • محلول های مغذی        |
| • فراورده های تخمیری   | • غذای کودک           | • پوره جات              |
| شیر                    |                       |                         |
| • نوشابه آب پنیر، ماست | • آب میوه و سبزی      | • چاشنی ها              |

### واحد های UHT

عملیات UHT، فرایند پیوسته ای است که محدوده کاربرد آن به فراورده هایی که قابلیت پمپ شدن را دارا می باشند ختم می گردد. در این راستا عملیات UHT برای یک محدوده وسیع از فراورده های لبنی و دیگر مواد غذایی کاربرد دارد. در جدول بالا فهرست محدودی از فراورده های غذایی که می توانند تحت فرایند UHT قرارگیرند نشان داده شده است.

واحد های UHT به گونه ای طراحی شده اند که قابلیت انطباق بالایی را در محدوده وسیعی از فراورده ها دارند. در این واحدها انواع فراورده ها با اسید کم ( $pH > 4/5$ ) و با اسید بالا ( $pH < 4/5$ ) قابل عملیات می باشند. هرچند فقط فراورده های با اسیدیته کم برای استریل شدن تجاری به عملیات UHT نیاز دارند. اسپور باکتری ها نمی توانند در فراورده هایی با اسید بالا مانند آب میوه جات رشد نمایند. بنابراین در این گونه موارد به کارگیری عملیات حرارتی به قصد نابودی مخمر و قارچ های موجود می باشد. پاستوریزاسیون معمولی با دمای بالا (۹۵-۹۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰-۱۵ ثانیه) برای فراورده های با اسید بالا، به منظور رسیدن به شرایط استریل کردن تجاری کافی است.

• پیش استریل کردن (Pre-sterilisation)

• تولید

• شستشوی بینابینی آسپتیک AIC (Aseptic intermediate cleaning)

• شستشوی در جا CIP (Cleaning in place)

ایمنی لحاظ شده در طراحی یک واحد UHT از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد، تا خطر تولید یک محصول غیر استریل را از سیستم به طور کامل حذف نماید. بنابراین در برنامه کنترل کننده، پیش بینی هایی در نظر گرفته شده است که در برابر احتمال اشتباه کاربر و بروز اختلالات در سیستم عکس العمل مناسبی را نشان دهد. به طور مثال اگر فرایند پیش استریل کننده به طور صحیح عمل ننماید ادامه تولید در سیستم متوقف می گردد. تسلسل تمام عملیات اجرایی در سیستم، همراه با هشدارهای اعلامی و خطاری بر روی تابلو کنترل قرار دارد. این سیستم امکان کنترل، مشاهده (Monitoring) و ثبت (Recording) فرایند را به طور کامل فراهم می آورد.

### انواع سیستم های UHT

در بازار دو نوع سیستم UHT وجود دارد.

• سیستم مستقیم (Direct system)، فراورده در این سیستم در تماس مستقیم با محیط گرمازا قرار می گیرد، و بدنبال آن با قرار گرفتن در محفظه خلاء تحت فرایند سرد کردن آبی (Flash cooling) واقع شده و سپس به طور غیر مستقیم تادمای بسته بندی خنک می گردد. سیستم های مستقیم به شکل های زیر می باشند:

• سیستم تزریق بخار (تزریق بخار به داخل محصول)، شکل (۹-۱۲)

• سیستم انفوزیون (Infusion) بخار (محصول به داخل محفظه بخار وارد می گردد)، شکل (۹-۱۳)

• سیستم غیر مستقیم (Indirect system)، حرارت در این سیستم از وراء یک دیواره (دیواره صفحه ای یا لوله ای) از محیط گرمازا به محصول منتقل می گردد. سیستم غیر مستقیم به شکل های زیر می باشد:

• تبادل کننده حرارتی صفحه ای شکل (۹-۱۴)

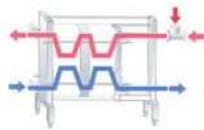
• تبادل کننده حرارتی لوله ای شکل (۹-۱۵)

• تبادل کننده حرارتی با تیغه تراش شکل (۹-۱۶)

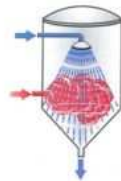
بعلاوه ممکن است در سیستم غیر مستقیم، بر اساس نوع محصول و الزامات فرایند، ترکیبی از انواع گفته شده استفاده گردد.



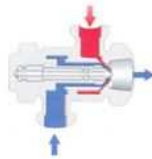
شکل ۹-۱۴ تبادل کننده حرارتی صفحه ای



شکل ۹-۱۳ محفظه انقوژیون بخار



شکل ۹-۱۲ روزه تزریق بخار



#### مراحل عمومی عملیات UHT

این مراحل در تمام سیستم های UHT به طور عمومی انجام می گیرند و به طور اختصاصی برای انواع سیستم ها شرح داده نشده است.

#### تولید

مراحل تولید در این واحد ها ، بر اساس فرایندهای مختلف ، متفاوت می باشند که ذیلا توضیح داده خواهد شد.

شکل ۹-۱۶ تبادل کننده حرارتی نوع تیغه تراش برای گرم کردن و خنک کردن

شیر  
آب داغ  
بخار



شکل ۹-۱۵ تبادل کننده حرارتی نوع لوله ای برای گرم و خنک کردن



#### فرایند پیش استریل کردن

قبل از شروع تولید بایستی تجهیزات واحد تولید از پیش استریل شوند تا از بروز آلودگی مجدد محصول فراوری شده، در سیستم جلوگیری بعمل آید. فرایند پیش استریل کردن (Pre-sterilisation) در بر گیرنده موارد زیر می باشد:

• آب داغ در همان دمای استریل کننده فراورده، به سیستم وارد می گردد. حداقل زمان لازم برای گردش آب داغ استریل کننده ۳۰ دقیقه، پس از رسیدن سیستم به دمای استریل کننده می باشد.

• خنک کردن سیستم برای ایجاد شرایط مناسب تولید.

#### شستشوی بینابینی آسپتیک

انجام کامل یک چرخه شستشو (CIP) حدود ۷۰-۹۰ دقیقه زمان لازم دارد و معمولا بلافاصله پس از اتمام تولید انجام می پذیرد. اما سیستم شستشوی بینابینی آسپتیک (AIC = Aseptic Intermediate Cleaning) برای حالتی است که سیستم به مدت طولانی در حال تولید بوده و هنوز تولید ادامه دارد. زمان لازم برای اعمال عملیات AIC ، ۳۰ دقیقه می باشد و در صورت ضرورت می توان آنرا برای حذف رسوبات در خط تولید بدون از دست دادن شرایط آسپتیک به کار برد. سیستم پس از انجام AIC به استریل مجدد نیاز ندارد. این روش ، زمان توقف تولید را کاهش داده و امکان تولید را به مدت طولانی تری در سیستم فراهم می سازد.

#### شستشو در جا

چرخه شستشو در جا (CIP) برای واحد مستقیم یا غیر مستقیم UHT با ترتیب آبکشی مقدماتی ، شستشو با سود سوز آور ، شستشو با آب داغ ، شستشو با اسید و آبکشی انتهایی همراه می باشد. این عملیات به طور کامل براساس یک برنامه - زمان / دما- از قبل برنامه ریزی شده قرار داشته و براساس آن هدایت می گردد. برنامه CIP باید برای عملیات مختلف مناسب بوده و مطابق با شرایط مختلف کارخانه های لبنی طراحی گردد.

#### واحد UHT مستقیم بر پایه تزریق بخار و تبادل کننده حرارتی صفحه ای

در نمودار جریان مواد که در شکل (۹-۱۷) نشان داده شده است ، محصول دردمای تقریبی ۴ درجه سانتیگراد از مخزن تعادل (۱) به وسیله پمپ تغذیه (۲) به طرف جلو و به قسمت حرارت دهی مقدماتی (پیش حرارتی) در تبادل کننده حرارتی صفحه ای (۳) هدایت می گردد. محصول پس از عبور از قسمت "پیش حرارتی" با دمای تقریباً ۸۰ درجه سانتیگراد ، در حالی که فشار محصول به وسیله پمپ (۴) به تقریباً ۴ بار افزایش داده شده به طور پیوسته به طرف حلقه نازل تزریق کننده بخار (۵) می رود.

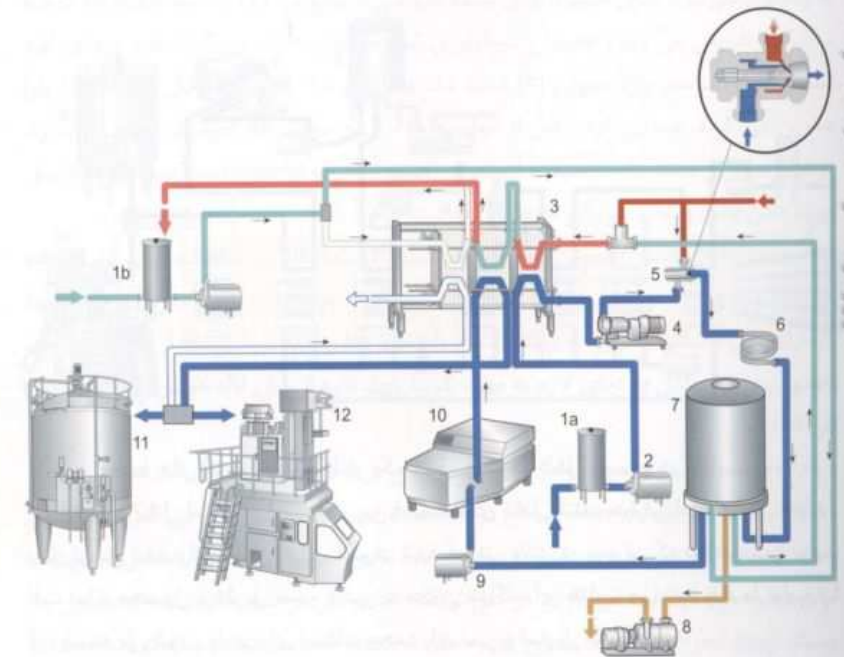
بخار در این محل به داخل محصول تزریق می گردد و به یکباره دمای محصول را به



می دهد. بخار اضافه شده ، در محفظه خلا (۶) به صورت بخار آب در آمده و و از محصول جدا می گردد نتیجتاً دمای شیر تا ۸۰ درجه سانتیگراد افت می نماید .

شکل ۱۷-۹ فرایند UHT با حرارت دادن مستقیم با تزریق بخار و ترکیب باتبادل کننده حرارتی

|               |                 |                    |                       |
|---------------|-----------------|--------------------|-----------------------|
| شیر           | ۱۰- هموژن کننده | ۵- نازل تزریق بخار | ۱a- مخزن تعادل شیر    |
| بخار          | ۱۱- مخزن اسپتیک | ۶- لوله هولدر      | ۱b- مخزن تعادل آب     |
| آب خنک کننده  | ۱۲- پرکن اسپتیک | ۷- محفظه انبساط    | ۲- پمپ تغذیه          |
| آب داغ        |                 | ۸- پمپ خلا         | ۳- تبادل کننده حرارتی |
| خلا و کندانس  |                 | ۹- پمپ سانتریفوژی  | ۴- پمپ جابجایی مثبت   |
| جریان انحرافی |                 |                    |                       |



سیستم "پیش خنک کن" نقش مهمی را در استفاده اقتصادی از انرژی ایفاء می کند و همچنین در پایداری و حفظ عطر و طعم شیر نیز دخیل می باشد .

حالت، محصول در دمای UHT در داخل لوله هولدر (۶) به مدت چند ثانیه نگهداری شده و سپس عمل سرد کردن آبی (Flash cool) روی آن اعمال می گردد .

خنک کردن آبی در کندانسور مجهز به محفظه انبساط (۷) تحت خلا جزئی که به وسیله پمپ (۸) خلا تحت کنترل قرار دارد، انجام می گیرد. در این حالت، سعی می شود که مقدار بخار خارج شده از محصول برابر با مقدار بخار قبلاً تزریق شده باشد. یک پمپ سانتریفوژی (۹) کار انتقال محصول فراوری شده با روش UHT رابه هموژن کننده دو مرحله ای اسپتیک (۱۰) به انجام می رساند.

محصول پس از هموژن شدن تا دمای ۳۰ درجه سانتیگراد در تبادل کننده حرارتی صفحه ای (۳) خنک می شود و سپس به طور پیوسته به یک ماشین پرکن اسپتیک یا یک مخزن اسپتیک برای ذخیره موقت قبل از بسته بندی وارد می گردد .

آب خنک کننده که برای کندانسه کردن به کار برده شده، پس از ترک محفظه انبساط (۷) به مخزن تعادل (۱b) آب وارد می شود و پس از عبور از یک تزریق کننده بخار از آن به عنوان محیط "پیش حرارتی" استفاده می گردد. دمای آب پس از عبور از بخش "پیش حرارتی" به حدود ۱۱ درجه سانتیگراد افت می نماید ، در این حالت می توان آن را برای خنک کردن محصول در حال خروج از دستگاه هموژن کننده مورد استفاده قرار داد .

متعاقباً، عملیات شستشو (CIP) و استریل کردن قبل از راه اندازی مجدد سیستم به کار برده می شود .

این واحد با ظرفیت ۳۰۰۰۰-۲۰۰۰۰ لیتر در ساعت در دسترس قرار دارد .

### سیستم UHT مستقیم بر پایه تزریق بخار و تبادل کننده حرارتی لوله ای

در مواردی که ویسکوزیته محصول کم یا متوسط بوده و دارای ذرات درشت نباشد از

تبادل کننده حرارتی صفحه ای به جای تبادل کننده حرارتی لوله ای استفاده می شود.

پس از انجام عملیات "پیش استریل کردن" برای سیستم همراه با پایین آوردن دما تا ۲۵ درجه سانتیگراد ، شیر را با دمای تقریبی ۴ درجه سانتیگراد، برای انجام فرایند پیش حرارتی وارد تبادل کننده حرارتی لوله ای (۳) می گردد. در این مکان شیر تا دمای تقریباً ۹۵ درجه سانتیگراد (در قسمت a ۳ و ۳۰C گرم می شود. نگهداری شیر در منطقه (a ۴) به پایداری پروتئین ها کمک می نماید ، حرارت دادن شیر در این مراحل به صورت غیر مستقیم (۳d) می باشد .

در ادامه مسیر با تزریق بخار (۵) یکباره دمای شیر تا ۱۵۰-۱۴۰ درجه سانتیگراد بالا می رود. برای چند ثانیه (۴b) شیر در این دما نگهداری می گردد. واحد "پیش خنک کن" در تبادل کننده حرارتی لوله ای (۳e) ضمن خنک کردن محصول کار بازیافت حرارتی را نیز انجام

ممکن است در محل های مشخصی وجود دستگاه های دیگری باشد. منظور دستیابی به یکسانی سرعت انتقال دما، کاملاً یک شکل و یک اندازه باشد. اگر اندازه ذرات متغیر باشد، سیستم بر اساس مدل طراحی شده عمل نخواهد کرد.

### سیستم UHT غیرمستقیم بر پایه تبادل کننده حرارتی صفحه ای

سیستم حرارتی غیر مستقیم برای واحد های UHT با ظرفیت های بالاتر از ۳۰۰۰۰ لیتر در ساعت، ساخته می شوند، شکل (۲۰-۹).  
محصول با دمای تقریبی ۴ درجه سانتیگراد از مخزن ذخیره به وسیله پمپ وارد مخزن تعادل (۱) در واحد UHT می گردد و از آنجا با کمک پمپ تغذیه (۲) به بخش باز یافت حرارتی، در تبادل کننده حرارتی صفحه ای (۳) فرستاده می شود. در این قسمت دمای محصول ورودی، به وسیله مجاورت با دمای شیرفراوری شده خروجی - باروش UHT- به حدود ۷۵ درجه سانتیگراد افزایش می یابد و همزمان شیرفراوری شده خروجی، خنک می گردد. شیر ورودی گرم شده در دمای مناسب وارد هموژن (۴) کننده شده و در فشار ۱۸-۲۵ مگا پاسکال (۲۵۰-۱۸۰ بار) هموژن می گردد. هموژن کردن قبل از عملیات UHT به صورت غیر آسپتیک انجام می پذیرد. در فراورده هایی مانند خامه، استفاده از هموژن کننده آسپتیک در پایین دست سیستم، به دلیل بهبود دادن بافت و ثبات فیزیکی محصول ارجحیت دارد.

سرانجام محصول هموژن شده به واحد تبادل کننده حرارتی صفحه ای برگشت داده می شود و در آن جا در دمای تقریبی ۱۳۷ درجه سانتیگراد تحت فرایند قرار می گیرد. محیط گرمای در این سیستم یک چرخه بسته آب داغ با تنظیم دما بوسیله تزریق بخار (۵) می باشد. محصول پس از رسیدن به دمای لازم به مدت تقریباً چهار ثانیه از میان لوله هولدر (۶) عبور داده می شود.

محصول پس از عبور هولدر برای خنک شدن در داخل مجاری تبادل کننده حرارتی در مجاورت با آب (مرحله آخر چرخه آب داغ در سیستم) و شیر سرد ورودی قرار می گیرد. محصول خنک شده به طور پیوسته و مستقیماً به ماشین بسته بندی آسپتیک یا به یک مخزن آسپتیک برای ذخیره موقت هدایت می گردد. در صورت افت دما در طی فرایند، بلافاصله محصول به وسیله دریچه انحراف دهنده به مخزن ذخیره هدایت شده و تمام سیستم به وسیله آب شستشو می گردد، واحد UHT در این حالت باید برای استفاده مجدد، تمیز و استریل گردد.

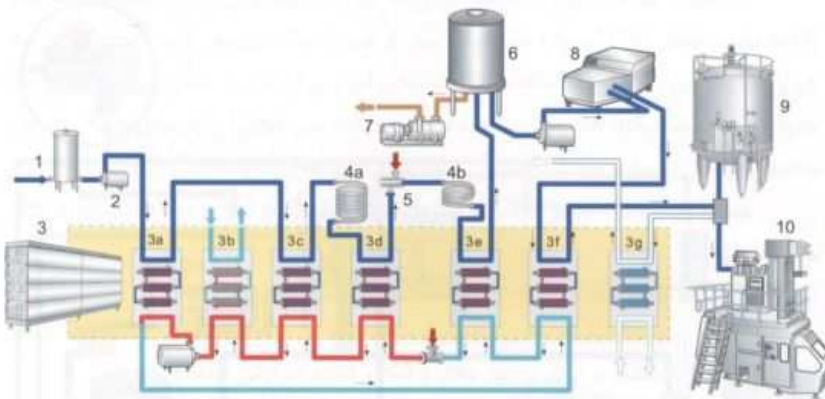
### قطع کننده حرارتی

معمولاً در کارخانه های لبنی ۵۰ تا ۱۰۰ فراورده از واحد های UHT با سیستم حرارتی

پس از انجام عملیات هموژن کردن آسپتیک (۲۱) شیر مجدداً در سیستم باریجک حرارتی (۳۴) تا دمای مناسب برای بسته بندی (تقریباً ۲۰ درجه سانتیگراد) خنک می گردد. سپس شیر در داخل مخزن آسپتیک برای ذخیره موقت تا هنگام بسته بندی آسپتیک نگهداری می گردد.

شکل ۱۸-۹ ترکیب فرایند مستقیم و غیر مستقیم UHT

|                       |                       |                          |              |
|-----------------------|-----------------------|--------------------------|--------------|
| ۱- مخزن تعادل         | ۲d- قسمت حرارت نهایی  | ۵- نازل تزریق کننده بخار | شیر          |
| ۲- پمپ تغذیه          | ۲e- قسمت خنک کننده    | ۶- محفظه انبساط          | بخار         |
| ۳- میل حرارتی لوله ای | ۲f- قسمت خنک کننده    | ۷- پمپ خلا               | آب سرد       |
| ۳a- قسمت پیش حرارتی   | ۲g- جریان انحرافی سرد | ۸- هموژن کننده           | آب داغ       |
| ۳b- خنک کننده اصلاحی  | ۴a- لوله هولدر        | ۹- مخزن آسپتیک           | خلا، کندانس  |
| ۳c- قسمت گرما دهنده   | ۴b- لوله هولدر        | ۱۰- ماشین بسته بندی      | جریان انحراف |



محیط های گرمای و سرما را در یک چرخه بسته در داخل سیستم حرکت می نمایند و کار انتقال و تبادل انرژی حرارتی را در بین قسمت های تبادل کننده حرارتی انجام می دهند. بخار تزریق شده برای جبران انرژی مصرف شده کم می باشد. در صورتی که دما در حین تولید افت نماید محصول از طریق مسیر جانبی به مخزن جداگانه ای هدایت می شود و خط تولید با آب شسته می شود. واحد برای استفاده مجدد باید تمیز و استریل گردد.

### سیستم UHT مستقیم بر پایه انفوزیون بخار

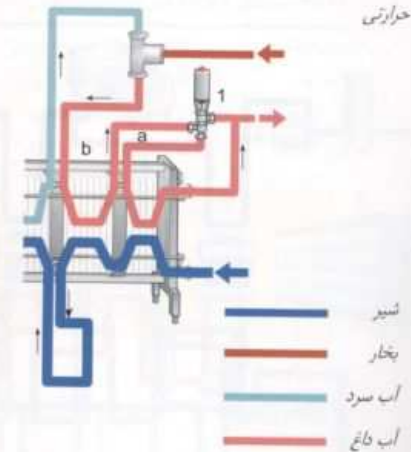
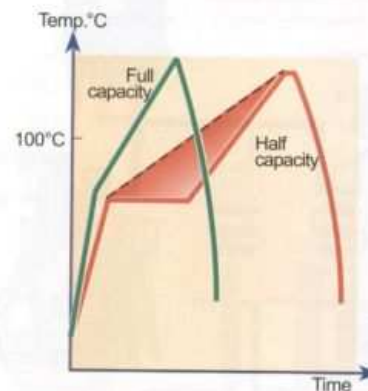
این سیستم متفاوت با سیستم تزریق بخار بوده و شیر و بخار در آن با هم به سیستم وارد می شوند. انفوزیون بخار بر اساس حرارت دهی فراورده لبنی به وسیله عبور دادن آن از میان بخار در فشار جو می باشد، شکل (۱۹-۹). سیستم های توزیع کننده شیر در داخل محفظه



نقص در سیستم باقی خواهد ماند. پس از رفع نقص، محصول، به دومین بخش (بخش نهایی) حرارتی (b) منتقل شده و دمای UHT اعمال می گردد.

**شکل ۹-۲۲ اثر قطع حرارت توسط قطع کننده حرارتی.**  
خط شکسته، توسعه حرارتی را در زمانی که سیستم فاقد شکست حرارتی باشد را بیان می دارد.  
توجه شود: در ظرفیت پایین تر زمان نگهداری در هولدر دو برابر شده تا عملیات (UHT) به صورت آهسته انجام پذیرد.

**شکل ۹-۲۱ سیستم قطع کننده حرارتی، در تبادل کننده حرارتی صفحه ای**  
a = اولین قسمت حرارتی  
b = دومین قسمت حرارتی



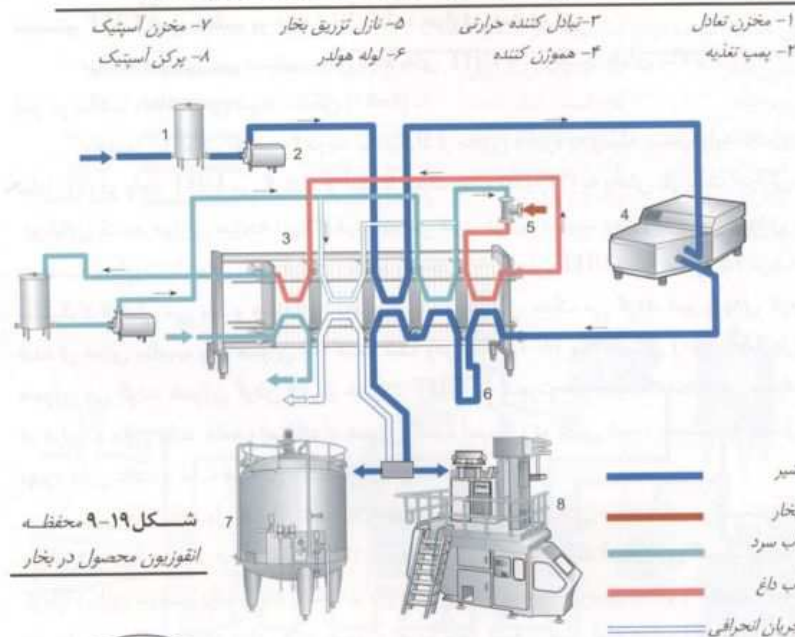
منحنی - زمان / دما- در شکل (۹-۲۲) اختلاف در میزان حرارت دهی به محصول را در یک مجموعه، هنگامی که با ظرفیت کامل و ظرفیت نصف کار می کند را نشان می دهد. خط نقطه چین در نمودار نشان دهنده بالا رفتن دما در سیستم فاقد قطع کننده حرارتی (در زمانی که سیستم با ۵۰ درصد ظرفیت اسمی راه اندازی می شود) می باشد.

#### سیستم UHT غیرمستقیم بر پایه تبادل کننده حرارتی لوله ای

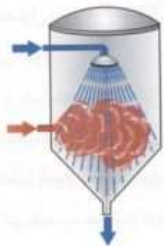
از سیستم لوله ای در عملیات UHT برای فراورده هایی که دارای ویسکوزیته پایین یا متوسط بوده و یا حاوی ذرات ریز یا فیبر باشند، استفاده می گردد. کلمه ویسکوزیته متوسط ممکن است همراه کننده باشد چون به طور کلی ویسکوزیته فراورده ها اساسا وابسته به مواد خام، افزودنی ها و نوع عملیات مکانیکی می باشد.

ماشین بسته بندی متوقف گردد، برای اجتناب از حرارت دیدن بیش از اندازه محصول (over - processing) بخش گرمای با قطع حرارت، مسیر را به سمت فرعی هدایت می نماید.

**شکل ۹-۲۰ سیستم UHT بر پایه حرارت غیر مستقیم در یک تبادل کننده حرارتی صفحه ای**

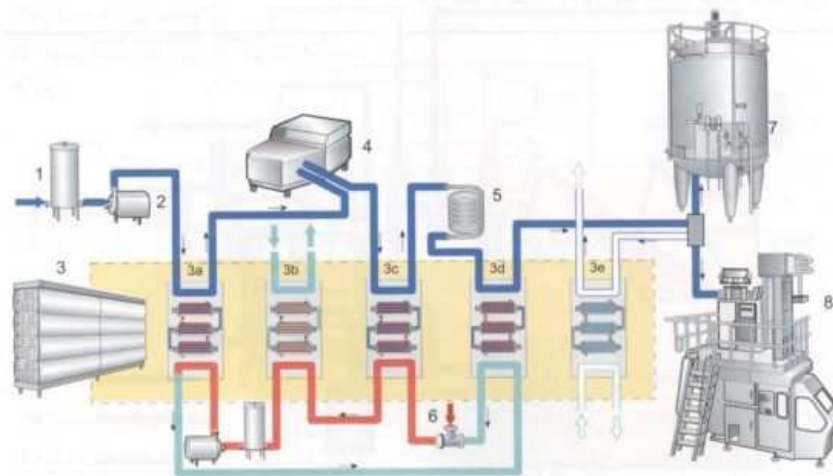


**شکل ۹-۱۹ مخزن**  
انقوزیون محصول در بخار



سیستم قطع کننده حرارتی (Split heating) در شکل (۹-۲۱) نشان داده شده است. تقلیل ناگهانی ۵۰ درصدی در جریان خروجی، بلافاصله منجر به عکس العمل می گردد، یک دریچه (۱) محیط گرمای را از طریق مسیر انحرافی به بخش خارجی سیستم حرارتی (a) هدایت می نماید. در این حالت محصول در دمای "پیش حرارتی" (۷۵ درجه سانتیگراد) تا زمان رفع





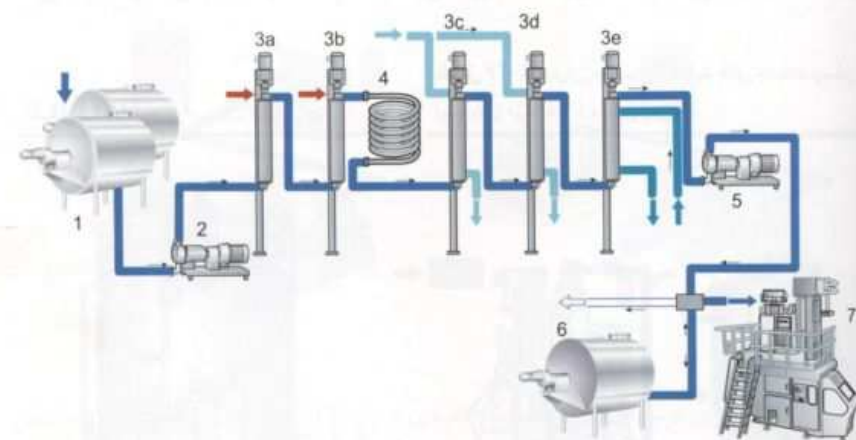
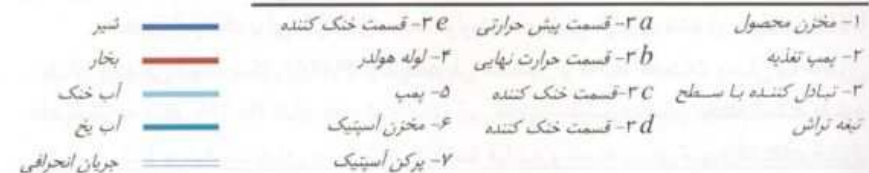
سس، رب گوجه فرنگی، تولیدات میوه ای و سبزیجات، پودینگ ها و دسر ها همگی از فراورده هایی با ویسکوزیته متوسط می باشند که با عملیات حرارتی در سیستم تبادل کننده حرارتی نوع لوله ای سازگاری دارند. همچنین از این سیستم برای تولیداتی که نیاز به فرایندهای طولانی مدت دارند، مثل شیر فروشگاهی، نیز استفاده می گردد.

اصول فرایند در شکل (۹-۲۳) نشان داده شده است و تفاوت چندانی با واحد UHT در نوع تبادل کننده حرارتی صفحه ای، که قبلا شرح داده شده، ندارد. این واحدها با ظرفیت های ۱۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ لیتر در ساعت ساخته شده اند.

در این تبادل کننده ها تعدادی لوله، در داخل یک محفظه کار گذاشته شده است که تعدادی از آنها در اتصال سری یا موازی با هم می باشند و به صورت یک مجموعه هماهنگ شده بوده و وظیفه سرد یا گرم کردن محصول را به انجام می رسانند. همچنین این سیستم ممکن است به یک سیستم قطع کننده حرارتی، برای اجتناب از حرارت دیدن بیش از حد محصول تحت فرایند مجهز باشد. این سیستم باید برای استفاده مجدد تمیز و استریل گردد.

حرارت دهنده های نوع تیغه تراش (Scraped surface heaters) اغلب برای عملیات حرارتی فراورده هایی با ویسکوزیته بالا یا بدون ذرات همراه، مناسب می باشند. یک سیستم تیغه تراش، بر اساس به کار گیری تعداد مناسبی از تبادل کننده حرارتی شکل گرفته است، شکل (۹-۲۴). به واسطه گستردگی ویژگی های فیزیکی فراورده های مختلف تعیین ظرفیت ویژه ساعتی یا برنامه حرارتی خاص امکان پذیر نمی باشد و برای هر محصول تفاوت می نماید.

شکل ۹-۲۴ سیستم UHT غیر مستقیم براساس تبادل کننده تیغه تراش



محصول از مخزن (۱) به وسیله پمپ تغذیه (۲) به اولین محفظه حرارتی تیغه تراش (۳a) انتقال داده می شود. از مراحل حرارت دهنده اضافی (۳b)، برای حرارت دادن به فراورده های مختلف در حد مورنظر استفاده می گردد. کنترل کننده های حرارتی که در نقاط مختلف کار گذاشته شده دمای سیستم را برای دستیابی در حد لازم کنترل می نمایند.

می سازد. متعاقباً محصول با آب (۳c و ۳d) و آب سرد (۳e) تا دمای مناسب بسته بندی خنک می گردد.

در مرحله نهایی محصول خنک شده به یک مخزن آسپتیک (۶) برای انتقال به سیستم بسته بندی وارد می گردد.

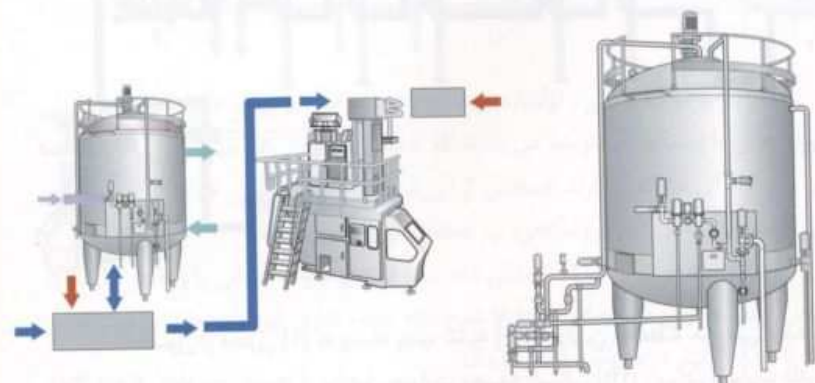
در صورت بروز اختلال در سیستم یک دریچه برگشت دهنده محصول را به مخزن جمع آوری منقل می نماید.

### مخزن آسپتیک

مخزن آسپتیک برای نگهداری موقت فراورده های لینی فراوری شده در سیستم UHT به کار برده می شوند، شکل (۹-۲۵). ارتباط جریان محصول و محیط خدمات رسان با مخزن آسپتیک در شکل (۹-۲۶) نشان داده شده است. این مخازن به صورت های مختلف بسته به نوع طراحی خط و ظرفیت های مورد نیاز، در خط فرایند و بسته بندی مورد استفاده قرار می گیرند. دو مثال از این گونه مصارف در شکل های (۹-۲۷) و (۹-۲۸) نشان داده شده است.

شکل ۹-۲۶ جریان محصول و محیط های خدمات رسان (پشتیبان) در ارتباط با مخزن آسپتیک

شکل ۹-۲۵ مخزن آسپتیک با لوازم جانبی



♦ اگر ماشین بسته بندی به طور اتفاقی متوقف شود، محصول مازاد در زمان توقف در مخزن آسپتیک ذخیره و نگهداری می شود.

♦ همزمانی بسته بندی دو محصول مختلف، در این حالت از مخزن آسپتیک برای ذخیره محصول تا زمانی که ماشین در حال بسته بندی محصول دیگری است استفاده می شود. وجود چندین مخزن آسپتیک در خط فرایند قابلیت انعطاف سیستم را برای تولید، افزایش می دهد.

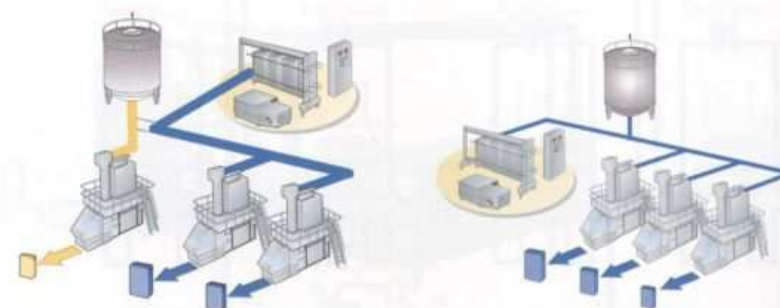
در صورت بسته بندی مستقیم فراورده ها از واحد UHT، نیاز به گردش حداقل ۳۰۰ لیتر محصول مازاد در ساعت در سیستم، برای ایجاد فشار ثابت در ماشین پرن، ضرورت دارد. فراورده هایی که به عملیات حرارتی فراتر از محدوده حرارتی سیستم، حساس می باشند، نمی توانند توقف را در سیستم UHT برای تامین فشار ماشین بسته بندی تحمل نمایند. بنابراین ضروری است آنها پس از فرایند حرارتی از طریق یک مخزن آسپتیک به ماشین پر کن هدایت نمایند.

شکل ۹-۲۸ مخزن آسپتیک به عنوان واحد ذخیره موقت

برای زمانیکه محصول دیگری در حال بسته بندی در خط تولید می باشد.

شکل ۹-۲۷ مخزن آسپتیک در مسیر تولید چند

ماشین بسته بندی

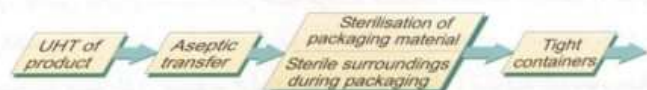


باید برای ترتیب ورود مواد به طور انفرادی از واحد UHT به مخزن آسپتیک و ماشین بسته بندی نظم مناسبی طراحی گردد.

### بسته بندی آسپتیک

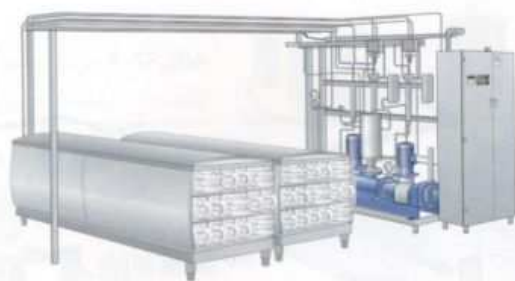
بسته بندی آسپتیک (Aseptic packaging) بیان کننده عملیاتی است که در آن محصول با شرایط استریل تجاری، در داخل قلم یا کاغذ یا ظروف مخصوص بسته بندی استریل، در محیط استریل پر می گردند و برای جلوگیری از آلودگی مجدد به طور محکم کیپ و درز بندی می شوند، شکل (۹-۲۹).





در این نوع بسته بندی ، فرآورده ها قابلیت ماندگاری طولانی در خارج از شرایط یخچال را دارند و به طور کامل در برابر نور و اکسیژن محافظت می گردند. معمولا در بسته بندی شیر مواد بسته بندی با یک لایه فویل آلومینیم به صورت لامینه شده در بین لایه های پلاستیک پلی اتیلن محافظت می نمایند .

شکل ۳۰-۹ واحده نیمه صنعتی UHT بر اساس تبادل کننده حرارتی لوله ای



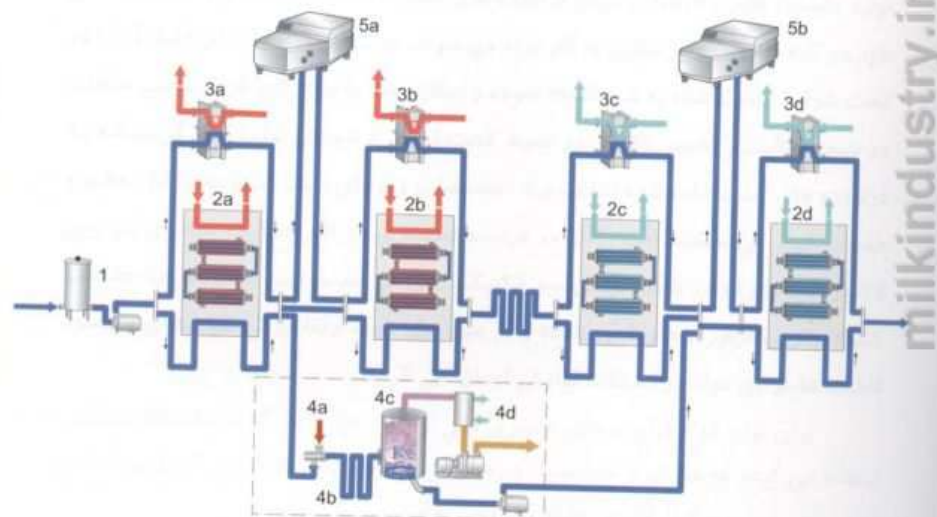
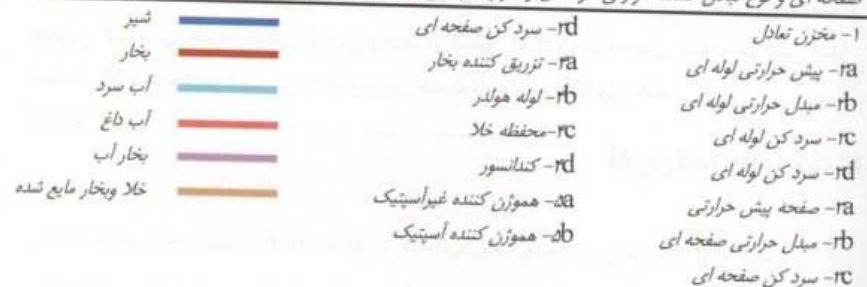
اصطلاح اسپتیک به طور ضمنی ، فقدان یا جلوگیری از حضور هر اورگانیزم ناخواسته در محصول یا بسته بندی را می رساند و اصطلاح " غیر قابل نفوذ " (Hermetic) با تاکید بیشتر برعدم حضور و جلوگیری ازورود باکتری ها در بسته بندی به غیر قابل نفوذ بودن بسته در برابر عبور دو طرفه گاز یا بخار آب نیز دلالت دارد .

#### سیستم UHT در واحد نیمه صنعتی

برای آزمایش کردن فرآورده های جدید واحد نیمه صنعتی (Pilot plant) در دسترس قرار دارد. در این واحدها می توان به مطالعه اثرات تکنیک های مختلف پرداخت. عوامل دخیل در فرایند UHT مانند برنامه های دمایی ، زمان نگهداری در هولدر ، روش های حرارت دهی،

(مستقیم و غیر مستقیم ) ، حذف یا عدم حذف هوا و تاثیر فشار هموژن کردن و ... را مورد بررسی قرار داد .

شکل ۳۱-۹ نمای نمونه نیمه صنعتی UHT شامل سیستم غیر مستقیم حرارت رسانی در تبادل کننده حرارتی صفحه ای و نوع تبادل کننده حرارتی لوله ای و حرارت رسانی مستقیم با بخارات مایع شده .



در برنامه های تحقیق و توسعه تاثیر و مطالعه داده های موثر در فرایند UHT می تواند منجر به موفقیت دریافتن روش های موثرتر و متناسب با شرایط خاص فرایند مانند ثبات ، حساسیت محصول و مقاومت حرارتی اسپور ها گردد ، سیستم های نیمه صنعتی UHT در این مسیر کمک کننده می باشند .

امروزه اکثر واحدهای آزمایشگاهی غذایی و صنایع لبنی اقدام به نصب سیستم نیمه صنعتی UHT نموده اند . همچنین این واحدها در مدارس لبنی ، دانشگاه ها و دیگر مراکز



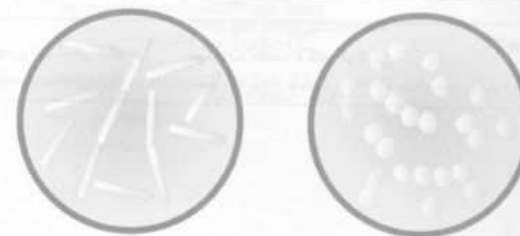
## فصل دهم

### کشت و تولید استارترها

کشت های باکتریایی ، که بنام آغازگر (استارتر ها Starters) شناخته شده اند، در تولید ماست ، کفیر (Kefir) و دیگر فراورده های کشت داده شده (تخمیری) شیر و همین طور در کره سازی و پنیر سازی به کار برده می شوند. معمولاً باکتری های آغازگر را در تحت شرایط کنترل شده به شیر اضافه نموده و امکان رشد را برای آنها فراهم می سازند. در نتیجه فعالیت و تخمیر باکتری در محیط کشت (شیر)، موادی تولید می گردند که به فراورده های کشت داده شده (تخمیری)، اختصاصات ویژه ای مانند اسیدیته ، pH ، عطر و طعم ، و قوام می بخشند. افت (pH) در فرایند تخمیری بر اثر فعالیت باکتری بر روی لاکتوز (قند شیر) و در نتیجه تولید اسید لاکتیک، روی می دهد. این ماده اثرات حفاظت کننده بر روی فراورده های لبنی داشته و در عین حال باعث ارتقا ارزش تغذیه ای و بهبود قابلیت هضم این مواد در دستگاه گوارش انسان می گردد .

برای تولید انواع فراورده های تخمیری لبنی از کشت های آغاز گر (Starters) مختلفی استفاده می گردد که هر یک از خصوصیت ویژه ای برخوردارند. کشت های آغاز گر را بر اساس دمای مناسب رشد میکروارگانیسم ، طبقه بندی می نمایند.

شکل ۱-۱۰۱ باکتری های ماست : لاکتوباسیلوس بلگاریکوس در چپ ، استرپتوکوکوس ترموفیلوس.



حتمی مانند موسساتی که به تحقیق در زمینه دهنه‌پزشکی و لبنی مشغول هستند نیز جای دارد . بعضی از سازنده ها واحد های UHT ، واحد نیمه صنعتی را برای تحقیق بر روی فراورده هایی که مشتریان سفارش می دهند استفاده می نمایند .

بک واحد کامل نیمه صنعتی UHT می تواند شامل سیستم های حرارتی غیر مستقیم به صورت تبادل کننده حرارتی صفحه ای ، نوع لوله ای و سیستم حرارت رسانی مستقیم و هموژن کننده می باشد . نمایی از این واحد در شکل (۳۱-۹) دیده می شود . در این مدل قسمت بالا دست (غیر استریل ، ۵۸) و پایین دست (آسپتیک ۵b) می باشد.

| نوع                                                                                        | نام قدیم                                                   | نام جدید                                                                               | محصول                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| LD                                                                                         | استرپتوکوکوس کرموریس<br>Streptococcus cremoris             | لاکتوکوکوس لاکتیس زیر گونه کرموریس<br>(با چشمک ها)<br>Lactococcus lactis ssp. cremoris | پنیر کنتیناتال             |
|                                                                                            | استرپتوکوکوس لاکتیس<br>Streptococcus lactis                | لاکتوکوکوس لاکتیس زیر گونه لاکتیس<br>Lactococcus lactis ssp. lactis                    | پنیر رسیده کپکی            |
|                                                                                            | استرپتوکوکوس دی استی لاکتیس<br>Streptococcus diacetylactis | سیترات مثبت لاکتو کوکسی<br>Cit <sup>+</sup> Lactococci***                              | کره کشت داده،              |
|                                                                                            | لکونوستوک سیترووروم<br>Leuconostoc citrovorum              | لکونوستوک مزوتروئیدس زیر گونه کرموریس<br>Leuconostoc mesenteroides ssp. cremoris       | کره لاکتیکی                |
|                                                                                            | لکونوستوک لاکتیس<br>Leuconostoc lactis                     | لکونوستوک لاکتیس<br>Leuconostoc lactis                                                 |                            |
| <b>کره ها دوست</b>                                                                         |                                                            |                                                                                        |                            |
|                                                                                            | استرپتوکوکوس ترموفیلوس<br>Streptococcus thermophilus       | استرپتوکوکوس سالیواروس ماست ترموفیلوس<br>Streptococcus salivarius ssp. thermophilus    | ماست                       |
|                                                                                            | لاکتوباسیلوس بلغاریکوس<br>Lactobacillus bulgaricus         | لاکتوباسیلوس دلبروکی زیر گونه بلغاریس<br>Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus     | پنیر موزارلا<br>Mozzarella |
|                                                                                            | استرپتوکوکوس ترموفیلوس<br>Streptococcus thermophilus       | استرپتوکوکوس سالیواروس ترموفیلوس<br>Streptococcus salivarius ssp. thermophilus         | پنیر امنتال<br>Emmental    |
|                                                                                            | لاکتوباسیلوس هلوتیکوس<br>Lactobacillus helveticus          | لاکتوباسیلوس هلوتیکوس<br>Lactobacillus helveticus                                      | پنیر گرانا<br>Grana        |
|                                                                                            | لاکتوباسیلوس لاکتیس<br>Lactobacillus lactis                | لاکتوباسیلوس دلبروکی زیر گونه لاکتیس<br>Lactobacillus delbrueckii ssp. lactis          |                            |
| L <sup>+</sup> = لکونوستوک                                                                 | D <sup>+</sup> = دی استی لاکتیس                            |                                                                                        |                            |
| Cit <sup>+</sup> = مخفف برای سیترات که به ترکیبات طعم دهنده و مواد معطر فرار تبدیل می شود. |                                                            |                                                                                        |                            |

• باکتری های مزوفیل ، معمولاً دمای مناسب رشد این دسته از باکتریها در محدوده ۳۰-۲۰ درجه سانتیگراد قرار دارد.

تابلو ۱-۱۰ نام های قدیم و جدید اسارتیر های مختلف و کاربردهای آنها

| نوع              | نام قدیم                                                   | نام جدید                                                                         | محصول                       |
|------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>مزوفیل ها</b> |                                                            |                                                                                  |                             |
| O                | استرپتوکوکوس کرموریس<br>Streptococcus cremoris             | لاکتوکوکوس لاکتیس زیر گونه کرموریس<br>Lactococcus lactis ssp. cremoris           | پنیر چدار                   |
|                  | استرپتوکوکوس لاکتیس<br>Streptococcus lactis                | لاکتوکوکوس لاکتیس زیر گونه لاکتیس<br>Lactococcus lactis ssp. lactis              | پنیر فتا، Feta              |
|                  | لکونوستوک سیترووروم<br>Leuconostoc citrovorum              | لکونوستوک مزوتروئیدس زیر گونه کرموریس<br>Leuconostoc mesenteroides ssp. cremoris | پنیر کاتیج، Cottage         |
| L <sup>+</sup>   | استرپتوکوکوس کرموریس<br>Streptococcus cremoris             | لاکتوکوکوس لاکتیس زیر گونه کرموریس<br>Lactococcus lactis ssp. cremoris           | کوآرگ، Quarg                |
|                  | استرپتوکوکوس لاکتیس<br>Streptococcus lactis                | لاکتوکوکوس لاکتیس زیر گونه لاکتیس<br>Lactococcus lactis ssp. lactis              | پنیر کنتیناتال (با چشمک ها) |
|                  | لکونوستوک سیترووروم<br>Leuconostoc citrovorum              | لکونوستوک مزوتروئیدس زیر گونه کرموریس<br>Leuconostoc mesenteroides ssp. cremoris | کره لاکتیکی                 |
|                  | لکونوستوک لاکتیس<br>Leuconostoc lactis                     | لکونوستوک لاکتیس<br>Leuconostoc lactis                                           | پنیر فتا                    |
| D <sup>+</sup>   | استرپتوکوکوس کرموریس<br>Streptococcus cremoris             | لاکتوکوکوس لاکتیس زیر گونه کرموریس<br>Lactococcus lactis ssp. cremoris           | کره لاکتیکی                 |
|                  | استرپتوکوکوس لاکتیس<br>Streptococcus lactis                | لاکتوکوکوس لاکتیس زیر گونه لاکتیس<br>Lactococcus lactis ssp. lactis              | پنیر چدار                   |
|                  | استرپتوکوکوس دی استی لاکتیس<br>Streptococcus diacetylactis | سیترات مثبت لاکتو کوکسی<br>Cit <sup>+</sup> Lactococci***                        |                             |

• **باکتری های حرما دوست** ، دمای مناسب رشد این دسته از باکتریها در محدوده ۲۵-۳۰

درجه سانتیگراد قرار دارد.

کشت ها از نظر ترکیب ممکن است به شکل های زیر باشد :

- نوع تک نژادی (Single-strain type) (فقط شامل یک نژاد از باکتری ها)،
- نوع چند نژادی (Multiple-strain type) (مخلوطی از چندین نژاد و هر کدام با اثرات ویژه خودشان) .

کشت باکتری مزوفیل ، مجدداً به کشت های O ، L ، D و LD تقسیم می شوند.

تابلو (۱-۱۰) برداشت شده از بولتن IDF ، (۱۹۹۱/۲۶۳) فهرستی از نام های جدید و قدیم انواع کشت ها را نشان می دهد. در این فصل از نام های قدیمی استفاده شده است .

بعضی از انواع باکتری های استرپتو کوكوس دی استیل لاکتیس یک تولید کننده قوی اسید در محیط کشت می باشند و می توانند به تنهایی برای اسیدی کردن محیط کشت به کار برده شوند اما معمولاً این باکتری ها همراه با استرپتو کوكوس کرموریس یا لاکتیس به کار برده می شوند. اغلب استفاده از کشت خالص لکونوستوک سیترووروم مقدور نمی باشد، زیرا رشد لکونوستوک سیترووروم در شیر مشروط به در دسترس بودن مواد مغذی تولید شده به وسیله استرپتو کوكوس لاکتیس یا استرپتو کوكوس کرموریس است . بنابراین رشد لوکونوستوک سیترووروم در شیر درغیاب باکتری های تولید کننده اسید بسیار کند بوده و قادر به تولید مواد معطر قرار در چنین شرایطی نمی باشد .

خصیصه هایی مانند دمای مطلوب رشد و تحمل نمک در قابلیت رشد باکتری ها در یک محیط کشت با ترکیبات معین بسیار مهم می باشند. هدف از به کارگیری چند نوع باکتری ایجاد شرایط رقابت در بین آنها نمی باشد، بلکه دست یابی به شرایط همزیستی (Symbiosis) ، برای رفع نیاز بین باکتری ها مد نظر قرار دارد. ویژگی باکتری های انتخاب شده در یک ترکیب باکتریایی باید به گونه ای باشد که هم دیگر را کامل نمایند. تابلو (۲-۱۰) فهرستی از چند داده اصلی را برای تعدادی از مهم ترین کشت باکتریایی نشان می دهد .

در صنایع لبنی به طور معمول کشت های آغازگر (استارترها) را به صورت مخلوط آماده (در شکل کشت های تجارتي) از آزمایشگاه های ویژه خریداری می نمایند. این آزمایشگاه ها تلاش فراوانی را در جهت تحقیق و توسعه برای تولید و بهبود کشت های ویژه برای فرآورده هایی مانند کره ، پنیر و تعداد بی شماری از فرآورده های تخمیری شیر به عمل می آورند . از این رو در صنایع لبنی می توان کشت هایی با خواص ویژه ، برای تولید فرآورده هایی با خصوصیت های مختلف از نظر بافت ، طعم و ویسکوزیته، استفاده نمود.

در صنایع لبنی کشت های تجاری در شکل های مختلف وجود دارد :

- کشت مایع ، برای تکثیر کشت مادر (امروزه تقریباً نادر است)،

• کشت غلیظ منجمد ، برای تکثیر توده کشت آغازگر (استارتر)،

• کشت غلیظ به صورت خشک شده در انجماد (Freeze-dried) ، به شکل پودر برای تکثیر توده کشت آغازگر (استارتر).

• کشت خیلی غلیظ (Super concentrated) منجمد، با قابلیت انحلال خیلی خوب ، برای تلقیح مستقیم به محصول .

تابلو ۲-۱۰ ویژگی های تعدادی از کشت های مهم باکتریایی

| باکتری             | دمای مناسب رشد، °C | حد اکثر تحمل نمک برای ادامه رشد (%) | تخمیر اسیدی % اسید | تخمیر اسید سیتریک |
|--------------------|--------------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------|
| استرپتوکوکسی (...) |                    |                                     |                    |                   |
| ... لاکتیس         | در حدود ۳۰         | ۴-۶/۵                               | ۰/۸-۱              | -                 |
| ... کرموریس        | ۲۵-۳۰              | ۴                                   | ۰/۸-۱              | -                 |
| ... دی استی لاکتیس | در حدود ۳۰         | ۴-۶/۵                               | ۰/۸-۱              | +                 |
| ... ترموفیلوس      | ۴۰-۴۵              | ۲                                   | ۰/۸-۱              | -                 |
| ... سیترووروم      | ۲۰-۲۵              | -                                   | کمی                | +                 |
| لاکتوباسیلی (...)  |                    |                                     |                    |                   |
| ... هلویتیکوس      | ۴۰-۴۵              | ۲                                   | ۲/۵-۳              | -                 |
| ... لاکتیس         | ۴۰-۴۵              | ۲                                   | ۱/۵-۲              | -                 |
| ... بلگاریکوس      | ۴۵-۵۰              | ۲                                   | ۱/۵-۲              | -                 |
| ... اسیدوفیلوس     | ۳۵-۴۰              | -                                   | ۱/۵-۲              | -                 |

#### مراحل تکثیر

در سال های اخیر استفاده از کشت های تغلیظ شده عمومیت پیدا کرده است. این کشت ها را می توان به طور مستقیم برای تولید در کارخانه مورد استفاده قرار داد، شکل (۳-۱۰). بررسی های بعدی برای تولید و به کارگیری کشت ها تغلیظ شده ای که نیاز به هیچ گونه تکثیر ثانویه در کارخانه ندارند ، قرار دارد .

در بعضی از کارخانه های لبنی ، کار تکثیر استارترها از طریق استفاده از کشت مادر انجام می گیرد، شکل (۳-۱۰) . این شیوه کار در اینجا توضیح داده خواهد شد. فرایند تهیه کشت ، ممکن است از دو یا چند مرحله تشکیل شده باشد. کشت ها را در مرحله های مختلف تکثیر با نام های زیر شناسایی می نمایند :



شوینده و استریل کننده بر روی وسایل را به حد اقل ممکنه کاهش دهد، در غیر این صورت ، باقی ماندن این مواد بر روی وسایل کشت و ارتباط آنها با محیط کشت باعث آسیب دیدن میکروارگانیسم ها می گردد .

ساختن محیط کشت بینابینی و کشت توده باید در محیط بسته ای انجام پذیرد ، یا در همان اتاقی که در آنجا کشت مادر آماده شده است ، انجام پذیرد. هرگونه انتقال از کشت به مرحله بعدی باید ترجیحا تحت شرایط عاری از میکروب (آسپتیک) انجام شود .

### مراحل در فرایند

مراحل فرایند که در اصل برای تولید کشت مادر، کشت بینابینی و کشت توده مشابه می باشد ، در شکل (۴-۱۰) مشاهده می شود. به طور کلی این مراحل شامل :

- عملیات حرارتی بر روی محیط کشت ،
- خنک کردن محیط کشت تا دمای مناسب تلقیح ،
- تلقیح ،
- گرمخانه گذاری (Incubation) (نگهداری در دمای مناسب برای رشد باکتری) ،
- خنک کردن محیط کشت پس از تکمیل رشد باکتری ،
- ذخیره و نگهداری کشت ،

از شیر پس چرخ به طور گسترده ای به عنوان محیط کشت برای تولید کشت های آغاز گر (استارتر) استفاده می گردد، معمولا برای این منظور پودر شیر پس چرخ (اسکیم) با کیفیت بالا را با ۹-۱۲ درصد ماده خشک (DM) باز سازی می نمایند .

دلیل اصلی استفاده از شیر پس چرخ و یا باز ساخته، جلوگیری از بروز طعم های غیر طبیعی در کشت می باشد . البته گاهی اوقات شیر تازه یک دامدار منتخب برای دست یابی به ویژگی خاصی از عطر و طعم در بعضی کارخانه های لبنی به عنوان محیط کشت تحت استفاده قرار می گیرد.

به طور کلی استفاده از محیط کشتی با ترکیب محاسبه شده مثلا شیر پس چرخ باز ساخته و عاری از آنتی بیوتیک ، در مقایسه با شیر پس چرخ معمولی بیشتر شایسته اعتماد می باشد .

گاهی اوقات با اضافه نمودن بعضی مواد محیط کشت را به صورت اختصاصی در می آورند . اضافه نمودن عامل رشد ، مانند منگنز ( $Mn^{2+}$ ) به مقدار ۰/۲ میلی گرم به صورت ( $MnSO_4$ ) در لیتر به محیط کشت ، باعث افزایش سرعت رشد لوکونوستوک سیتروروم می گردد . محیط های جلوگیری کننده از رشد فاژ (Phage-inhibiting media=PIM) نوع دیگری از محیط کشت های اختصاصی می باشند که برای تهیه کشت های آغاز گر خالص یا

که کارخانه از آزمایشگاه خریداری می نماید .

• **کشت مادر (Mother culture)** ، کشت آماده شده از کشت ماستر در کارخانه. کشت مادر به طور روزانه آماده شده و همان طور که از نامش پیداست منشاء تمام کشت های ساخته شده در کارخانه می باشد .

• **کشت های بینابینی (Intermediate culture)** ، مرحله بینابینی در ساخت حجم های بزرگ از توده کشت را می گویند .

• **کشت توده (Bulk starter)** ، کشت آغازگری که برای تولید محصول به کار برده می شود .

شکل ۲-۱۰ تولید توده کشت از کشت تجاری  
اولیه منجمد یا خشک شده در انجماد.

شکل ۳-۱۰ مراحل تولید استارتر

- ۱- کشت تجاری
- ۲- کشت مادر
- ۳- کشت بینابینی
- ۴- کشت توده



milkindustry.ir

### تکنولوژی فرایند

تولید استارتر ها یکی از مهم ترین و همچنین مشکل ترین فرایندها در صنایع لبنی می باشد. در صنایع لبنی عدم موفقیت در تهیه کشت مناسب ممکن است منجر به از دست دادن مقدار معتناهی شیر گردد.

در انتخاب ملزومات و تکنولوژی تولید کشت های آغازگر باید دقت و توجه بسیار زیادی به خرج داده شود، ضرورت به کار گیری استانداردها و سطح بالای تمهیدات بهداشتی بسیار مهم می باشد. احتمال آلودگی محیط کشت با میکروارگانیسم های هوازی مانند قارچ ها ، کپک ها ، مخمر ها و باکتریو فاژ ها باید به حداقل ممکنه کاهش داده شود. کشت مادر باید حتما در اتاق جدا گانه ای که در آن هوای استریل جریان دارد و فشار آن کمی بالاتر از فشار جو باشد ، تهیه گردد. طراح ، سیستم شستشو ، ملزومات باید به گونه ای باشد که احتمال باقی ماندن مواد

در دجیتر نسبت برقی . سی - پ - ریس

(انکوباسیون) اولیه (توصیه شده به وسیله سازنده) ممکن است رشد یک نژاد را دو برابر نژادهای دیگر تشدید نماید و در نتیجه در دست یابی به خصوصیت های مطلوب مورد نظر در محصول نهایی با اشکال مواجه خواهد شد. در شکل (۶-۱۰) تاثیر محدوده دمایی گرمخانه گذاری بر روی باکتری های معمولی ماست نشان داده شده است.

دمای مناسب گرمخانه گذاری برای باکتری های مزوفیل در محدوده ۲۰-۳۰ درجه سانتیگراد و برای باکتری های گرما دوست ۴۲-۴۵ درجه سانتیگراد توصیه شده است .

### تلقیح

عمل تلقیح با ورود مقدار معینی از کشت آغازگر به محیط کشتی که قبلا تحت فرایند حرارتی قرار گرفته و دمای آن تا حد معینی تنظیم شده است انجام می پذیرد. مقدار مناسب (Dosage) استارتر برای تلقیح در محیط کشت، برای جلوگیری از بروز اختلال بسیار مهم می باشد. دمای تکثیر در تمام مراحل رشد کشت مادر، کشت بینایی و کشت توده باید ثابت نگهداری گردد.

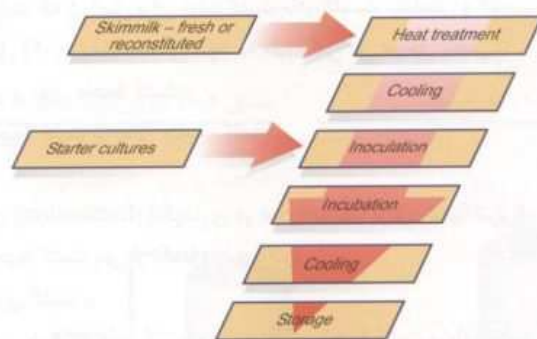
همچنین مقدار کشت آغازگر تلقیحی، می تواند بر روی نسبت های تقریبی باکتری های مختلف که تولید اسید لاکتیک و مواد معطر را بر عهده دارند تاثیر گذارد. نتیجتا تغییر در مقدار تلقیح کشت آغازگر می تواند باعث پیدایش تغییرهایی (ناخواسته) در محصول نهایی گردد. بنابراین هر تولید کننده بایستی بهترین شرایط عملی را برای فرایند تولید خود تعیین نماید. در شکل (۵-۱۰) چگونگی تاثیر مقدار استارتر تلقیح شده، در فرایند اسیدی کردن یک محیط کشت نشان داده شده است. منحنی ها به ترتیب مقادیر ۰/۵ و ۲/۵ درصد را نشان می دهند. دمای تلقیح (مایه زنی) در هر دو مورد ۲۱ درجه سانتیگراد است.

### گرمخانه گذاری

پس از انجام تلقیح کشت "آغاز گر" در محیط کشت، مخلوط بهم زده می شود، باکتری پس از مدتی در شرایط گرمخانه ای (انکوباسیون) شروع به ازدیاد می نماید. زمان گرمخانه گذاری با توجه به نوع باکتری، مقدار تلقیح و ... از ۳ تا ۲۰ ساعت متفاوت می باشد. در زمان گرمخانه گذاری، دما باید با دقت کنترل شود و هیچ نوع آلودگی در محیط کشت رخ نه نماید. در طی گرمخانه گذاری باکتری ها به سرعت تکثیر کرده و لاکتوز را به اسید لاکتیک تخمیر می نمایند. در یک کشت حاوی باکتری های مولد مواد معطر، ترکیباتی مانند: دی استیل استیک (Diacetyl acetic)، اسید پروپیونیک (Propionic acids)، ستن ها

ترکیبی به کاربرده می شود. این محیط ها حاوی فسفات ها، سیترات ها یا دیگر مواد اتصال یابنده باکلسیم ( $Ca^{2+}$ ) می باشند که کلسیم را غیر محلول می سازند. در این حالت چون بیشتر فاز ها برای رشد و تکثیر به کلسیم نیاز دارند این ماده از دسترس آنان خارج می گردد. برای جلوگیری از آلوده شدن کشت باکتری های لاکتیک و کاهش فعالیت آنها کلسیم را از محیط کشت حذف می کنند. پودر شیر پس چرخ با PIM در بازار در دسترس قرار دارد.

شکل ۴-۱۰ نمودار متونی تولید کشت آغازگر توده



### عملیات حرارتی محیط کشت

اولین مرحله در تولید کشت آغازگر (استارتر)، انجام عملیات حرارتی بر روی محیط کشت می باشد. برای این کار آن را در دمای ۹۵-۹۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰-۴۵ دقیقه نگهداری می نمایند. این عمل فواید زیر را به همراه خواهد داشت:

- نابودی باکتریو فاز ها،
- حذف مواد جلوگیری کننده،
- تجزیه بعضی پروتئین ها،
- خارج کردن اکسیژن حل شده،
- نابودی میکروارگانیسم و اسپور های احتمالی موجود،

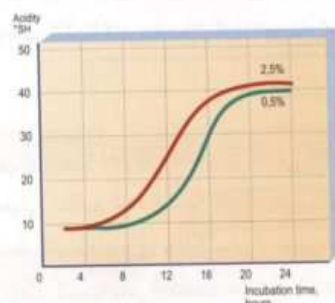
### خنک کردن محیط کشت تا دمای مناسب تلقیح

محیط کشت را پس از عملیات حرارتی تا دمای مناسب تلقیح (بر اساس نوع باکتری مورد نظر) خنک می نمایند. معمولا دمای مناسب توصیه شده برای تلقیح، به تولید کننده کشت تجاری اعلام می گردد، یا ممکن است به طریق تجربی برای مصرف کننده مشخص گردد.



(Alcohols) و اسیدها (Acids) در انواع مختلف، الکل ها (Alcohols)، استرها (Esters)، اسید های چرب (Fatty acids) و گاز کربنیک تولید می گردد.

شکل ۵-۱۰ منحنی های تولید اسید با تلقیح با ۰/۵٪ و ۲/۵٪ از یک کشت مزوفیل. دمای گرمخانه گذاری ۳۱ درجه سانتیگراد



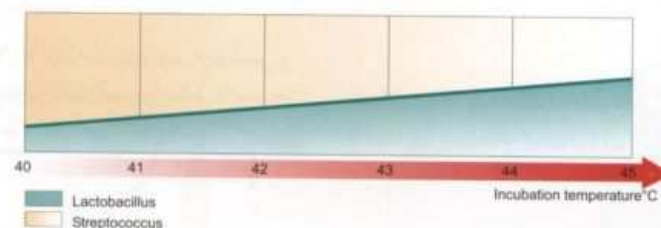
تأثیر دما به عنوان مهم ترین عامل گرمخانه گذاری، در نمودار در شکل (۵-۱۰) در داخل یک نوع کشت ماست نشان داده شده است. کشت ماست حاوی دو دسته باکتری، استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتو باسیلوس بلگاریکوس می باشد، که به صورت همزیستی حضور دارند و به طور مشترک ویژگی های ماست نظیر (pH)، طعم، عطر و یو و قوام را پدید می آورند. در اغلب ماست ها نسبت بین کوکسی به باسیل ۱:۱ یا ۲:۱ می باشد. هرگز نباید تعداد باسیل ها در ماست بر کوکسی ها پیشی گیرد زیرا در این حالت طعم ماست بسیار اسیدی خواهد شد.

یک مثال از رشد استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتو باسیلوس بلگاریکوس و تشکیل عطر و طعم حاصل از آن در شکل (۷-۱۰) نشان داده شده است.

آنچه در این مخلوط مهم به نظر می رسد وجود استالدهید (Acetaldehyde) می باشد (پیتر و لولکما، ۱۹۵۰، شولتز و هینگست، ۱۹۵۴). این ماده ترکیب اصلی طعم دهنده در طعم ماست است. تولید استالدهید را به لاکتوباسیلوس بلگاریکوس نسبت می دهند، هرچند در این رابطه بین انواع نژاد ها و گونه ها (Species) این باکتری به طور قابل توجهی اختلاف مشاهده می گردد. اما در حالتی که هر دو میکروارگانیسم استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس بلگاریکوس با هم در محیط کشت حضور دارند، سرعت تولید استالدهید به طور قابل ملاحظه ای در مقایسه با وجود انفرادی گونه لاکتو باسیلوس بلگاریکوس (بوتازی و همکاران، ۱۹۷۳) افزایش نشان می دهد. بنابراین چنین همزیستی بین این گونه ها، در تولید استالدهید در ماست موثر می باشد. شکل گیری استالدهید در زمان تولید ماست، در سطح معینی از pH یعنی حدود

شده است ("تامیم" و "روینسون"، علم و تکنولوژی ماست).

شکل ۶-۱۰ اثرات دمای انکوباسیون روی شمارش تقریبی تعداد کوکسی ها و باسیل ها با مقدار تلقیح شده و مدت زمان گرمخانه گذاری ثابت.



عطرو طعم مناسب ماست با محتوای استالدهید در محدوده بین ۲۳-۴۱ ppm و مقدار pH بین ۴/۴ و ۴ بدست می آید.

دما یکی از عوامل موثر در تعیین نسبت بین کوکسی و باسیل می باشد. در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد نسبت بین آن دو تقریباً ۴:۱ و در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد این نسبت تقریباً ۲:۱ می باشد، شکل (۶-۱۰). در تولید ماست برای دستیابی به نسبت بین کوکسی و باسیل ۱:۱، دمای انکوباسیون ۴۳ درجه سانتیگراد با مقدار تلقیح ۲/۵-۳ درصد از مایه و زمان انکوباسیون به مدت ۲/۵-۳ ساعت لازم است.

در هنگام انکوباسیون باید مرتباً مقدار اسید تولید شده اندازه گیری شود تا نتایج لازم بدست آید.

یک نکته بسیار مهم در فرایند فراورده های کشت داده شیر (تخمیری) دقت در نگهداری کشت های آغازگر می باشد. معمولاً این کار به افراد ماهر سپرده می شود.

### خنک کردن کشت پس از تکمیل رشد باکتری

زمان خنک کردن محصول برای توقف دادن به رشد باکتری ها در محیط کشت و حفظ فعالیت باکتری در حد بالا از طریق آزمایش اسیدیته تعیین می گردد. در شکل (۸-۱۰) رخداد ها برای کشت تولید کننده اسید لاکتیک با تلقیح ۱ درصد کشت مادر در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد نشان داده شده است.

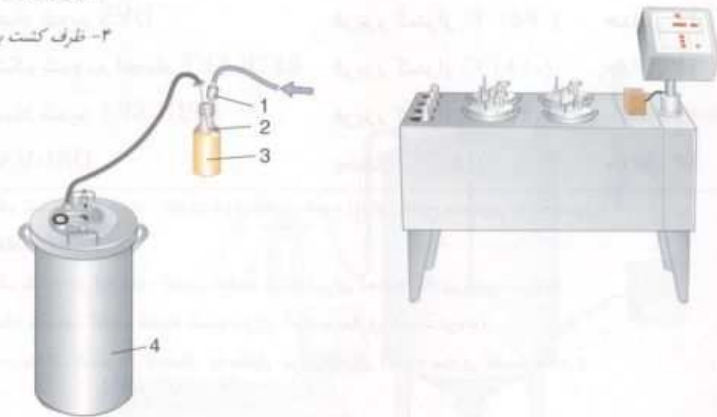
چنانچه حد اکثر ۶ ساعت پس از تهیه کشت آغاز گر از آن استفاده می شود، دمای نگهداری کشت تا ۱۲-۱۰ درجه سانتیگراد کاهش داده می شود. اگر لازم است کشت برای



در تابلو (۳-۱۰) توصیه های منتشر شده به وسیله موسسه هانسن دانمارک (Chr Hansen A/S of Copenhagen, Ddenmark) نشان شده است.

شکل ۹-۱۰ انکوباتور با چهار محفظه و چهار خانه برای فلاسک کشت مادر. دمای حمام آب داغ در تابلو کنترل می گردد.

- شکل ۱۰-۱۰ انتقال آسپتیک از کشت مادر به ظرف کشت بینایی
- ۱- صافی استریل
  - ۲- سوزن استریل
  - ۳- فلاسک کشت مادر
  - ۴- ظرف کشت بینایی



باید توجه شود که کشت "انجماد شدید" در دمای پایین تر از کشت لیوفیلیزه نگهداری گردد. معمولاً سازنده این نوع کشت آن را در جعبه پلی استایرن همراه با یخ خشک بسته بندی و عایق بندی می نماید. زمان انتقال این نوع کشت ها نباید بیشتر از ۱۲ ساعت به طول انجامد. کشت لیوفیلیزه را می توان در دمای بالا تر از ۲۰ درجه سانتیگراد به مدت بیشتر از ۱۰ روز بدون کوتاه شدن عمر ماندگاری انتقال داد، مشروط بر این که پس از انتقال و رسیدن به کارخانه آنها را در دمای توصیه شده نگهداری نمایند.

#### تولید کشت ها تحت شرایط آسپتیک

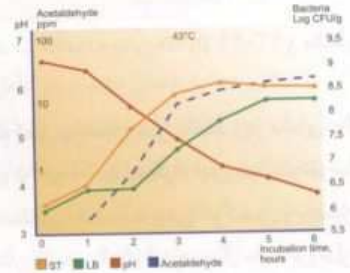
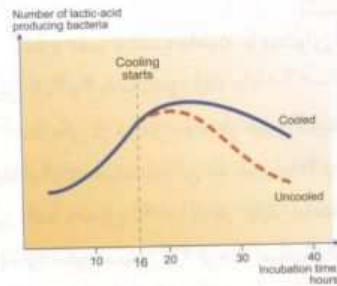
از هنگامی که کشت های منجمد و لیوفیلیزه وارد بازار شدند، ضرورت وجود ملزومات ویژه ای برای تولید آسپتیک کشت ها در کارخانه احساس شد. برای تکثیر استارترها از نظر جنبه های بهداشتی نباید هیچ گونه قصوری روی دهد. توصیه های لازم برای به کار بردن انواع جدید استارترها باید با دقت تا دستیابی به شرایط مطلوب دنبال شود.

مدت زمان طولانی تر از ۶ ساعت ذخیره و نگهداری شود باید حتمأً آن را تا دمای تقریباً ۵ درجه سانتیگراد خنک نمود.

در مقدار مصرف زیاد کشت های آغازگر توصیه می شود مقدار کشت مورد نیاز برای تلقیح در فواصل زمانی منظم مثلاً هر ۴ ساعت تهیه گردد. در این صورت علاوه بر سهولت کار، دسترسی به کشت فعال میسر بوده و در نهایت این عمل کیفیت محصول نهایی را تضمین می نماید.

شکل ۷-۱۰ رشد استریتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس بلگاریکوس و ارتباط با توسعه عطر و طعم با مقدار تلقیح ۲/۵٪

شکل ۸-۱۰ رشد باکتری های تولید کننده اسید لاکتیک با و بدون خنک کردن در پایان گرمخانه گذاری



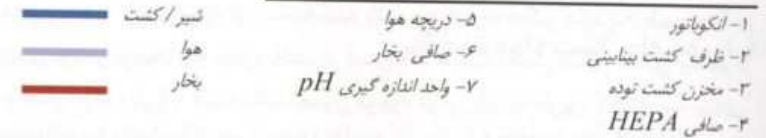
#### نگهداری و حفاظت از کشت های آغاز گر

کارهای تحقیقاتی زیادی برای یافتن بهترین راه نگهداری و حفاظت از فعالیت استارترها در هنگام نگهداری انجام پذیرفته است. یکی از این روش ها استفاده از انجماد می باشد. دمای پایین، کشت (استارتر) را به خوبی نگهداری می نماید. منجمد کردن استارتر با استفاده از نیتروژن مایع در دمای (۱۶۰-)- سانتیگراد و نگهداری در این دما، قدرت فعالیت کشت را در حد بسیار مطلوب حفظ می نماید.

شکل های جدید استارترهای موجود در بازار - نوع تغلیظ شده، نوع انجماد شدید (Deep frozen)، نوع خشک شده در انجماد (Freeze dried) یا لیوفیلیزه (Lyophilised) - را می توان در زمان قابل ملاحظه بدون کاهش کیفیت نگهداری نمود، مشروط بر آنکه نکته های توصیه شده توسط سازنده، دقیقاً مراعات شود.

خنک شده است. دما دادن و خنک کردن به وسیله طراحی خاصی در سیستم انکوباسیون انجام می پذیرد.

شکل ۱۱-۱۰ انتقال کشت بینابینی به مخزن کشت توده



۵- کشت تهیه شده پس از طی مدت گرمخانه گذاری (انکوباسیون)، تا دمای ۱۲-۱۰ درجه سانتیگراد خنک شده و با استفاده از هوای استریل از طریق یک لوله به مخزن کشت توده انتقال داده می شود.

۶- معمولاً قبل از کشت آغاز گر به شیر و یا شیر پس چرخ برای تولید محصول نهایی مایه زنی (تلقیح) شود، به وسیله گردش محیط گرمای و سرمازا در داخل مخزن چند جداره آن را تحت عملیات حرارتی قرار می دهند. هوای به کار گرفته در سیستم از یک صافی استریل کننده HEPA (High Efficiency Particle Air) عبور می نماید.

درمکان هایی که کشت های آغازگر به طریقه سنتی تولید می گردند، استفاده از فرایند آسپتیک به شکل زیر امکان پذیر است.

تابلو ۳-۱۰ شرایط نگهداری و ماندگاری بعضی کشت های تغلیظ شده

| نوع کشت                       | دمای نگهداری                            | ماندگاری (ماه) |
|-------------------------------|-----------------------------------------|----------------|
| ۱- خشک شده در انجماد DVS      | فریزر کمتر از $^{\circ}\text{C } (-18)$ | حداقل ۱۲       |
| ۲- انجماد شدید DVS            | فریزر کمتر از $^{\circ}\text{C } (-45)$ | حداقل ۱۲       |
| ۳- خشک شده در انجماد REDI-SET | فریزر کمتر از $^{\circ}\text{C } (-18)$ | حداقل ۱۲       |
| ۴- انجماد شدید REDI-SET       | فریزر کمتر از $^{\circ}\text{C } (-45)$ | حداقل ۱۲       |
| ۵- DRI-VAC                    | یخچال $^{\circ}\text{C } (+5)$          | حداقل ۱۲       |

۱- خشک شده در انجماد، کشت فوق تغلیظ شده (برای تلقیح مستقیم به محصول)

۲- انجماد شدید

۳- خشک شده در انجماد، کشت تغلیظ شده (برای آماده سازی کشت توده)

۴- انجماد شدید، کشت تغلیظ شده (برای آماده سازی کشت توده)

۵- کشت خشک شده در انجماد به شکل پودر (برای آماده سازی کشت مادر)

یک نوع سیستم برای تولید در تحت شرایط آسپتیک، کشت توده از طریق یک کشت بینابینی می باشد که در شکل های (۱۰-۱۰) و (۱۱-۱۰) نشان داده شده است. روش کلی انجام کار به شرح زیر است:

۱- کشت مادر به طور مرسوم در بطری ۱۰۰ میلی لیتری با درب دارای غشای خاص تهیه می شود.

۲- بطری پس از پر شدن با شیر پس چرخ اتوکلاو شده و سپس تادمای مناسب تلقیح، خنک می شود.

۳- کشت اصلی به وسیله یک سرنگ استریل از میان غشاء به داخل بطری تزریق می شود تا کشت مادر تهیه گردد.

۴- کشت مادر پس از سپری کردن زمان مناسب در گرمخانه و خنک شدن به داخل شیر پس چرخ برای تهیه کشت بینابینی تلقیح می گردد، شیر مورد استفاده در این مرحله قبلاً تا دمای ۹۵ درجه سانتیگراد به مدت ۴۵-۳۰ دقیقه حرارت داده شده و سپس تا دمای مناسب تلقیح

## فصل یازدهم

### فراورده های کشت داده شده شیر

فراورده های تهیه شده از شیر به وسیله تخمیر اسید لاکتیک (برای مثال ماست) یا ترکیبی از تخمیر اسید لاکتیک و تخمیر مخمر (برای مثال کفیر) را محصولات تخمیری یا شیر کشت داده شده، می نامند. در این فصل واژه شیر "کشت داده شده" برای این گونه فراورده ها به کار برده شده است.

نام شیر کشت داده شده (Cultured milk) عموماً برای محصولاتی مانند: ماست، یمر (Ymer)، کفیر (Kefir)، کره کشت داده شده، فیلمجولک (Filmjolk) (شیر ترش شده اسکاندیناویائی)، خامه کشت داده شده و کومیس (Komiss) (تهیه شده از شیر مادیان) به کار برده می شود. این نام در برگرنده شرایطی است که در آن به وسیله تلقیح یک مایه کشت به درون شیر، لاکتوز آن به اسید لاکتیک تبدیل می گردد. دی اکسید کربن، اسیداستیک، دی استیل، استالذئید و چندین مواد دیگر از محصولات تولید شده در این شرایط می باشند که مسئول به وجود آمدن مشخصه مزه تازه و عطر و طعم می باشند، میکروارگانیسم هایی که در تولید کفیر و کومیس به کار برده می شوند در محصول نهایی تولید الکل اتیلیک نیز می نمایند. خاستگاه شیر "کشت داده شده" خاور نزدیک بوده که بعداً به طور عمومی در شرق و اروپای مرکزی گسترش یافته است. به جرات می توان گفت که اولین شیر کشت داده شده به طور تصادفی به وسیله صحرا نشین ها تولید شده است. این شیر "ترش" و لخته شده به طور اتفاقی توسط باکتری های تخمیر کننده بی خطر با قابلیت تولید اسید، بدون توان تولید سم به وجود آمد که بعد ها به شکل های گوناگون توسط انسان ها به طور دستی تهیه و برای تولید فراورده های تخمیری به شیر افزوده می شد.

#### یک افسانه

یک افسانه می گوید که ماست و کفیر در دامنه رشته کوه البروس (Elbrus) در قفقاز به وسیله فرشته طبیعت پدید آمدند.

در عمل از دو مخزن برای تهیه استارتر توده استفاده می گردد. معمولاً یکی حاوی استارتر آماده مصرف، برای تولید روزانه و دیگری در حال آماده کردن استارتر توده برای ادامه کار در روز بعد می باشد.

مخزن باید با طراحی ویژه ای ساخته شده باشد، به عبارت دیگر باید به طور محکم قابل درزبندی بوده و ترجیحاً سه جداره باشد. در ضمن باید قابلیت تحمل فشار منفی بیشتر از ۳۰ کیلو پاسکال (۰/۳ بار) را داشته باشد. همزن موجود در آن باید به طریق "دوبار آب پندی" کاملاً محفوظ بوده و دارای دو دور تند و کند باشد. و صافی هوا HEPA، (۴) برای جلوگیری از ورود آلودگی های ناشی از هوا در مسیر آن کار گذاشته شود. زیرا هوا در طی خنک کردن مخزن پس از شستشوی آن و هنگامی که محیط کشت حرارت داده شده تا دمای تلقیح خنک می شود به داخل مخازن مکش می شود.

مخزن تهیه استارتر توده را با pH متر مقاوم به حرارت های بالا جهت تحمل دماهای شستشوی و فرایند حرارتی محیط کشت، تجهیز می نمایند.

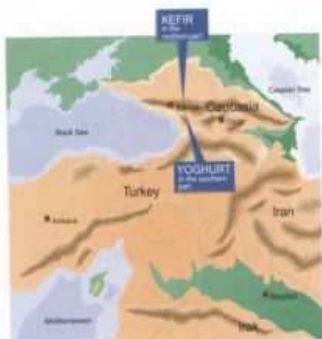


مناسب قرار گرفته بودند، توانستند به شکل همزیستی به حیات خود ادامه دهند.

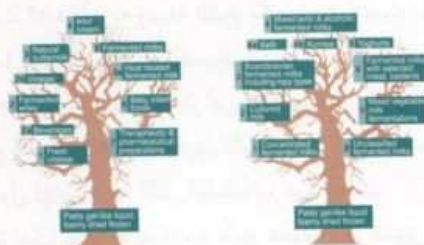
در جنوب دامنه کوه البروس، این میکروارگانیسم در شیر داخل کوزه یک صحرا نشین در دمای نسبتاً بالایی (حدود ۴۵-۴۰ درجه سانتیگراد) جمع شده و اولین ماست تولید شد، که ترک ها آن را یوقورت (Yogurt) می نامند. بعدها (از قرن ۱۱ به بعد) این محصول با نام امروزی یوگورت (Yoghurt) رایج شد.

گفته می شد که ماست، عامل افزایش طول عمر برای انسان است، هرچند این حرف ادعایی بیش نیست، اما شما هنوز می توانید قزاق های ۱۴۰-۱۳۰ ساله را که سوار بر اسب بی زین در حال تاختن در دره های سر سبز قفقاز هستند را ببینید که راز سلامت و طول عمر خود را به مصرف ماست نسبت می دهند.

شکل ۲-۱۱ رشته کوه البروس در قفقاز خواستگاه کفیر و ماست



شکل ۱-۱۱ محصولات کشت داده شیر مانند شاخه های منشعب از یک درخت می باشند



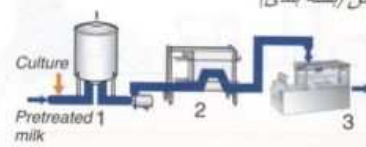
milkindustry.ir

تبدیل لاکتوز به اسید لاکتیک اثر حفاظتی بر روی شیر دارد. پایین بودن pH در شیر کشت داده شده، از رشد باکتری های مولد فساد و دیگر میکروارگانیسم های ناخواسته، جلوگیری می نماید، در نتیجه باعث طولانی شدن عمر ماندگاری محصولات می گردد. از طرف دیگر شیر اسیدی شده، یک محیط خیلی مناسب برای رشد مخمرها و کپک ها می باشد که در صورت حضور در محصول باعث تغییر طعم آن می شوند.

سیستم گوارشی تعدادی از مردم فاقد آنزیم لاکتاز (Lactase) می باشد. در نتیجه آنها نمی توانند لاکتوز را در سیستم گوارش خود به قند های ساده تجزیه نمایند. در نتیجه این دسته از مردم فقط می توانند مقدار کمی شیر مصرف نمایند (در صورت مصرف بیشتر، عوارض گوارشی شدیدی بروز می نماید). اما مصرف شیر کشت داده شده، برای این گروه از مردم به دلیل آنکه بخشی از لاکتوز به وسیله آنزیم باکتریایی شکسته شده است پلا مانع می باشد.

شکل ۴-۱۱ ماست نوع همزده (استیرد)

- ۱- مخزن آنکواسیون
- ۲- خنک کردن
- ۳- پرکن (سته بندی)



شکل ۳-۱۱ ماست نوع 'ست'

- ۱- پرکن (سته بندی)
- ۲- گرمخانه
- ۳- اتای خنک کردن سریع



در فرایند تولید شیرکشت داده شده، باید بهترین شرایط برای رشد مایه کشت فراهم گردد. برای این کار به وسیله عملیات حرارتی تمام میکروارگانیسم های رقیب را در شیر نابود می سازند. دمای شیر همواره در طول فرایند باید در حد مطلوب برای رشد 'مایه کشت' حفظ گردد. وقتی که عطر و طعم لازم در شیر کشت داده شده، پدید آمد، برای توقف فرایند تخمیر، باید محصول به سرعت سرد گردد. اگر زمان تخمیر خیلی طولانی یا خیلی کوتاه شود باعث معیوب شدن طعم و عدم دست یابی به قوام مطلوب در محصول می گردد.

ویژگی هایی مانند عطر، طعم، قوام و ثبات بافت محصول بسیار مهم می باشند. عملیات های پیش فرایند مانند: حرارت دادن، هموژنیزه کردن، اضافه نمودن افزودنی ها و... بر روی این خصیصه ها بسیار موثر می باشند. عملیات مناسب حرارتی و هموژنیزه کردن توام با افزایش محتوای MSNF شیر، از عوامل اساسی و پایه ای (Foundation-stones) در تشکیل اخته ها: گامگاه مخانه غذا، (آنکه با سه: م، باشند.

داستان کفیر، هم بی شباهت به ماست نمی باشد با این تفاوت که خاستگاه آن در دامنه شمالی کوه های قفقاز بود. در این جا میکروارگانیسم هایی وارد میدان شدند که بهترین درجه حرارت رشد برای آنها در محدوده ۲۵-۲۸ درجه سانتیگراد قرار داشت. نام کفیر از زبان ترکی برداشته شده است. قسمت اول این کلمه یعنی 'کف' Kef در زبان ترکی به معنی لذت بخش می باشد، که احتمالاً این بیان نظر چوپان هایی بوده است که از این محصول استفاده می کردند.

کفیر حاوی چندین نوع مختلف از میکروارگانیسم می باشد. از مهم ترین آنها یک نوع مخمر است که قابلیت تولید الکل را دارد. حد اکثر میزان الکل کفیر ۰/۸ درصد می باشد.

بریده و شکسته (Broken down) شده و به شکل مایع در می آید، شکل (۵-۱۱).

• نوع منجمد (Frozen type) - گرمخانه گذاری در مخزن انجام شده و سپس مانند بستنی منجمد می گردد، شکل (۶-۱۱).

• نوع تغلیظ شده (Concentrated) - گرمخانه گذاری در داخل مخزن و تغلیظ کردن و خنک کردن قبل از بسته بندی انجام می گیرد، این نوع ماست را گاهی اوقات، ماست چکیده (Strained yoghurt)، لینه (Labneh) و لایانه (Labaneh) می نامند، شکل (۷-۱۱).

### ماست طعم دار

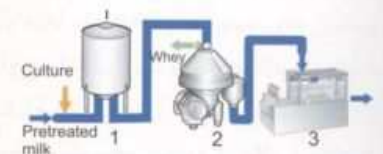
تولید ماست با طعم های مختلف با افزودن مواد طعم دهنده نیز متداول می باشد، ولی به طور روز افزون تمایل به سمت مصرف ماست طبیعی وجود دارد. از افزودنی های معمول برای تولید ماست طعم دار می توان به آب میوه، میوه پخته (مری) و پوره (Puree) اشاره نمود. معمولاً نسبت میوه به ماست در حدود ۱۵ درصد بوده و شکر ۵۰ درصد وزن مخلوط میوه را تشکیل می دهد.

### شکل ۷-۱۱ ماست غلیظ شده

۱- مخزن گرمخانه

۲- سبزانور

۳- پرکن (بسته بندی) قنچانی



شیر مناسب برای تولید ماست باید:

- محتوای باکتریایی پایینی را دارا باشد.
- نباید حاوی آنزیم و مواد شیمیایی دیگر که باعث کندی رشد باکتری در ماست گردند، باشد.
- محتوای آنتی بیوتیک و باکتریوفاز نباشد.

میوه را می توان به صورت مخلوط شده با ماست قبل از بسته بندی و یا همزمان با بسته بندی به آن افزود. ممکن است قبلاً میوه و شربت را در ته ظرف بسته بندی به مقدار لازم قرار داده و سپس بسته را با ماست پر نمایند. یا اینکه در بعضی موارد ماست و میوه و شربت را در مقدار لازم به صورت بسته های دوقلو (Twin cap) در یک پوشش بسته بندی می نمایند. بعضی اوقات ماست، به وسیله وانیل (Vanilla)، قهوه فوری، عسل و غیره طعم داده می شود. گاهی برای ایجاد طعم از مواد قندی به صورت ساکارز، گلوکز یا اسپارتام (Aspartame) (یک شیرین کننده بدون ارزش غذایی) به شکل ترکیب به ماست اضافه

برای انواع فراورده های کشت داده شده، بسیار به هم شباهت دارند، برای مثال فرایند عملیات پایش حرارتی شیر، تقریباً برای همه فراورده ها به کار برده می شود ولی تغلیظ مقدماتی برای تولید ماست یکی عمل اختصاصی می باشد.

### ماست

تقریباً یکی از معروفترین محصولات کشت داده شده شیر در تمام دنیا "ماست" (Yoghurt) می باشد. کشور های اطراف مدیترانه، آسیا و اروپای مرکزی بالاترین مصرف ماست را دارند.

### شکل ۵-۱۱ ماست همزده نوشیدنی

۱- مخزن انکوباسیون

۲- خنک کننده

۳- همزرن کننده

۴- ماشین پرکن (بسته بندی)

### شکل ۶-۱۱ ماست منجمد

۱- مخزن انکوباسیون

۲- فریزر استوانه ای بستنی

۳- تونل سفت کننده (انجماد)



قوام، طعم و مزه "ماست" از یک ناحیه جغرافیایی به ناحیه دیگر متغیر می باشد. در بعضی مناطق ماست به صورت مایع یا ویسکوزیته بالا تولید می شود، در صورتی که بعضی کشورها آن را به شکل یک ژل نرم تولید می نمایند. ماست همچنین در شکل منجمد مانند دسر و یا به شکل نوشیدنی نیز تهیه می گردد. طعم و مزه "ماست" در مقایسه با دیگر محصولات اسیدی شیر اندکی تفاوت دارد که به دلیل وجود مواد معطر فرار، و مقدار کمی اسید استیک و استالیدید در آن می باشد.

انواع ماست را به صورت های زیر تقسیم می نمایند:

• نوع "ست" (Set type) - گرمخانه گذاری و خنک کردن پس از بسته بندی انجام می شود، شکل (۳-۱۱).

• نوع همزده (استیرد) (Stirred type) - گرمخانه گذاری در داخل مخزن و خنک کردن قبل از بسته بندی انجام می پذیرد، شکل (۴-۱۱).

آزمایش های لازم قرار گیرد.

### استاندارد کردن شیر

معمولاً چربی و محتوای ماده خشک شیر بر اساس داده های FAO و WHO ، استاندارد می شوند که اصول آن در زیر شرح داده می شود .

#### چربی

ماست ممکن است دارای میزان چربی بین صفر تا ده درصد باشد. محتوای چربی ۳/۵ - ۰/۵ درصد اغلب معمول تر است. بر اساس طبقه بندی FAO/WHO ماست را می توان به زیر گروه های زیر طبقه بندی نمود.

|                  |                  |                   |
|------------------|------------------|-------------------|
| • ماست معمولی    | حد اقل چربی شیر  | ۳ درصد            |
| • ماست کم چربی   | حد اکثر چربی شیر | کمتر از ۳ درصد    |
|                  | حداقل چربی شیر   | ۰/۵ درصد بیشتر از |
| • ماست بدون چربی | حد اکثر چربی شیر | ۰/۵ درصد          |

#### محتوای ماده خشک

بر اساس اصول FAO/WHO حداقل محتوای ماده خشک بدون چربی ( MSNF ) بایستی ۸/۲ درصد باشد. افزایش محتوای ماده خشک کل بخصوص همراه با افزایش کازئین و پروتئین های سرمی ، در ایجاد یک لخته پایدار و با قوام مناسب در ماست مفید خواهد بود، همچنین جدا شدن سرم شیر(آب انداختن)را کاهش خواهد داد .  
راه های عمومی استاندارد کردن ماده خشک عبارتند از :  
• تبخیر ( ۲۰-۱۰ درصد حجم شیر تبخیر شود ).  
• اضافه نمودن پودر شیر پس چرخ بیشتر از ۳ درصد .  
• اضافه نمودن شیر تغلیظ شده .  
• اضافه نمودن شیر بدون چربی تغلیظ شده به روش UF .

#### افزودنی های شیر

ممکن است از شکر یا شیرین کننده ها و پایدار کننده ها به عنوان افزودنی در تولید ماست استفاده گردد.

می نمایند. برای اصلاح قوام در مواقع لازم از پایدار کننده ها (Stabilisers) استفاده می شود. افزودنی ها محتوای ماده خشک (DM) محصول نهایی ماست را افزایش می دهند. ترکیب یک فرمول برای ماست میوه ای بشرح زیر می باشد :

|                                 |             |
|---------------------------------|-------------|
| • چربی                          | % ۳-۰/۵     |
| • لاکتوز                        | % ۴/۵ - ۳   |
| • شیر با مواد جامد بدون چربی    | % ۱۱-۱۳     |
| • پایدارکننده ها (در صورت لزوم) | % ۰/۵ - ۰/۳ |
| • میوه                          | % ۱۸ - ۱۲   |

#### عوامل موثر در کیفیت ماست

عوامل زیادی در تولید ماست باکیفیت بالا که دارای طعم و مزه مناسب ، ویسکوزیته و قوام مطلوب ، ظاهر بدون آب انداختگی و ماندگاری طولانی دخالت دارند که عبارتند از:

- انتخاب شیر
- استاندارد کردن شیر
- افزودنی ها
- حذف هوا
- هموژن کردن
- عملیات حرارتی مناسب
- انتخاب کشت
- آماده سازی کشت
- طراحی خط تولید

فرایند های مقدماتی شامل معیار ها و عوامل بی شماری است که در کیفیت نهایی فراورده بسیار موثر می باشند. نوع عملیات مکانیکی نیز بر روی کیفیت نهایی فراورده تاثیر گذار می باشد .

#### انتخاب شیر

شیری که قرار است برای تولید ماست به کار رود باید از نظر کیفیت باکتریایی در سطح بالایی قرار داشته باشد. یعنی محتوای باکتری آن پایین باشد و همچنین موادی که ممکن است باعث کندی فعالیت کشت "ماست" شوند را به همراه نداشته باشد. شیر نباید حاوی آنتی بیوتیک ها، باکتریو فاج ها، باقیمانده مواد شوینده و محلول CIP باشد. کارخانه باید در انتخاب



از پودر شیر استفاده شود بالا جبار مقداری هوا وارد شیر خواهد شد که باید در مراحل بعدی به وسیله هواگیری از شیر خارج گردد.

وقتی که محتوای MSNF به وسیله تبخیر افزایش داده می شود، خود به خود عمل هواگیری بخشی از این فرایند خواهد بود.

فواید حاصله از هوا گیری عبارتند از :

- بهبود شرایط کار برای هموژن کننده ،
- کاهش خطر رسوب بر روی سطوح داغ در ضمن فرایند حرارتی ،
- افزایش ویسکوزیته و پایداری ماست ،
- حذف طعم های نامطبوع فرار (بو گیری) ،

### هموژن کردن

انگیزه اصلی برای هموژن کردن شیر در فرایند تولید فراورده های تخمیری جلوگیری از خامه بستن در زمان گرمخانه گذاری و اطمینان از توزیع یکسان چربی در کل شیر می باشد .

تابلو ۱-۱۱ تاثیر هموژن کردن و عملیات حرارتی بر روی ویسکوزیته شیر کشت داده شده (فیلیمجولک سولدی)

فشار (مگا پاسکال) در ویسکوزیته = زمان جریان یافتن در ۲۰ درجه سانتیگراد بر حسب ثانیه

۶۰ °C

| ↓   | شیر پاستوریزه معمولی            | شیر حرارت بالا دیده            |
|-----|---------------------------------|--------------------------------|
|     | (۷۲ درجه سانتیگراد در ۲۰ ثانیه) | (۹۵ درجه سانتیگراد در ۵ دقیقه) |
| ۰   | ۵/۷                             | ۱۵                             |
| ۲/۵ | ۵/۶                             | ۱۴/۶                           |
| ۵   | ۷/۱                             | ۱۵/۸                           |
| ۷/۵ | ۸                               | ۱۹                             |
| ۱۰  | ۸/۹                             | ۲۲/۱                           |
| ۱۵  | ۱۰/۴                            | ۲۸/۷                           |
| ۲۰  | ۱۱/۲                            | ۳۰/۲                           |
| ۳۰  | ۱۳/۸                            | ۳۲/۷                           |

همچنین هموژن کردن باعث افزایش ثبات و قوام فراورده تخمیری شیر ، حتی با میزان چربی پایین می گردد .

### سر و شیرین نموده ها

ممکن است ساکارز (دو قندی) یا گلوکز (تک قندی)، به صورت تنها یا توأم با میوه به ماست افزوده شود. گاهی اوقات برای ایجاد رضایت در کسانی که رژیم غذایی دارند (مانند افرادی که به بیماری قند دچار هستند) به جای مواد قندی از "شیرین کننده ها" در فرمولاسیون استفاده می گردد. یک شیرین کننده (Sweetener) از نظر ارزش غذایی صفر بوده ، اما مزه بسیار شیرینی را حتی در مقادیر بسیار کم ایجاد می نماید. (توجه: از یک شیرین کننده نمی توان به عنوان ماده نگهدارنده ، مثل آنچه در مورد قند رایج است ، برای شیر تغلیظ شده شیرین استفاده نمود).

برای افزودن میوه به ماست ، معمولاً آن را همراه با شربتی حاوی ۵۰ درصد شکر (یا معادل آن شیرین کننده مصنوعی) تهیه می نمایند. شیرینی و طعم مورد نظر با افزودن ۱۲ تا ۱۸ درصد از مخلوط میوه و شربت به "ماست" تامین می گردد.

باید دقت شود که اضافه نمودن مقدار زیاد شکر (بیشتر از ۱۰ درصد) به شیر قبل از مایه زنی و گرمخانه گذاری با اثرات مورد انتظار از تخمیر مغایرت دارد، زیرا اضافه نمودن قند باعث افزایش فشار اسمزی شیر می گردد.

### پایدارکننده Stabiliser

کلوئید های آب دوست می توانند با آب پیوند حاصل نمایند. آنها با افزایش ویسکوزیته از جدا شدن سرم شیر در ماست جلوگیری به عمل می آورند. باید نوع و مقدار "پایدار کننده ها" به وسیله آزمایش برای هر فراورده به طور مجزا مشخص گردد. مقدار نامتناسب مواد "پایدار کننده" منجر به تشکیل یک بافت نامطلوب با قوام سخت لاستیکی در محصول می گردد.

ماست طبیعی به هیچ نوع ماده پایدار کننده نیاز ندارد. زیرا در صورت کنترل فرایند به طور طبیعی یک بافت ژل ظریف، اما محکم ایجاد خواهد شد. از پایدار کننده ها در ماست میوه ای و ماست پاستوریزه به مقدار (۵/۱-۰/۱ درصد) استفاده می گردد. از معروف ترین پایدار کننده ها می توان به ژلاتین (Gelatin) ، پکتین (Pectin) ، نشاسته (Starch) و آگار-آگار (Agar-agar) اشاره نمود .

### هوا گیری

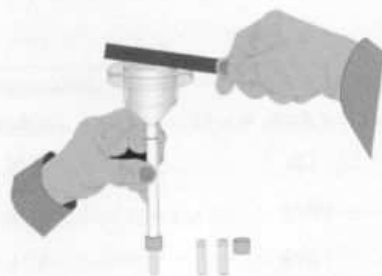
مقدار هوای موجود در شیری که برای تولید فراورده های تخمیری به کار می رود بایستی تا حد امکان پایین باشد، چنانچه برای افزایش مقدار ماده خشک بدون چربی (MSNF)

سورن سرس پس از حرارت دهی در دمای بالا (معمولاً ۶۵-۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۵ دقیقه) اثرات بسیار خوب و مناسبی روی ویسکوزیته دارد. در تابلو (۱-۱۱) تاثیر دما و فشار بر روی ویسکوزیته یک نوع شیر کشت داده شده (فیلمجولک سوئدی با ۳ درصد چربی و ۸/۷ درصد MSNF) را در شرایط متفاوت فشار هموژن کننده، در دمای ثابت ۶۰ درجه سانتیگراد نشان می دهد.

ویسکوزیته توسط یک ویسکوزیتر ساده (ویسکوزیتر SMR) در ۲۰ درجه سانتیگراد اندازه گیری می شود و نتیجه حاصله از آن بر حسب ثانیه برای مدت زمان عبور ۱۰۰ میلی لیتر از محصول از یک نازل با قطر معین بیان می شود. یک ویسکوزیتر مجهز به نازل با قطر قابل تغییر در محدوده ۲ تا ۶ میلیمتر در شکل (۸-۱۱)، نشان داده شده است.

قطع نظر از این که شیر در معرض عملیات حرارتی قرار گرفته باشد یا نه، ویسکوزیته شیر متناسب با فشار هموژن کننده بالا می رود. این تابلو همچنین مشخص می سازد که دمای بالای عملیات حرارتی باعث افزایش ویسکوزیته محصول می گردد.

شکل ۸-۱۱ ویسکوزیتر نوع SMR



به طور عمومی توصیه شده که هموژن کردن شیر برای تولید فراورده های تخمیری در فشار ۲۰ تا ۲۵ مگا پاسکال و دمای ۶۰-۷۰ درجه سانتیگراد انجام پذیرد. تا بهترین حالت فیزیکی در فراورده ایجاد گردد. همچنین هموژن کردن اثر مطلوبی در تولید فراورده های کشت داده شده با چربی پایین دارد.

برای پاسخ به این سوال که آیا بهتر است از هموژن کردن یک مرحله ای یا دو مرحله ای استفاده شود؟ می توان گفت این امر مربوط به طراحی سیستم هموژن کننده و اختصاصات "هد" هموژن کننده دارد.

شیر بنا به دلایل زیر قبل از تلقیح با مایه، تحت عملیات حرارتی قرار داده می شود:

- بهبود خواص شیر به عنوان محیط کشت برای باکتری ها.
  - لخته در محصول نهایی از ثبات بیشتری برخوردار خواهد بود.
  - احتمال جدا شدن سرم شیر در محصول نهایی (آب انداختن) را کاهش می دهد.
- نتیجه مطلوب به وسیله عملیات حرارتی در دمای ۹۵-۹۰ درجه سانتیگراد و زمان نگهداری ۵ دقیقه حاصل می گردد. این ترکیب از دما / حرارت، باعث تغییر ماهیت (دنا توره شدن) تقریباً ۸۰-۷۰ درصد پروتئین های سرمی به ویژه بتا - لاکتوگلوبولین (پروتئین عمده سرمی شیر) می گردد. تاثیر متقابل در پروتئین کاپا - کازئین نیز باعث حفظ ثبات بدنه (Body) ماست تولیدی خواهد شد.
- به هرحال عملیات UHT و استریل کردن شیر، اثرات مطلوب مشابه را بر روی ویسکوزیته ندارد و علل آن هنوز مشخص نشده است.

#### انتخاب کشت

امروزه آزمایشگاه های تولید کننده کشت های باکتریایی، برای راضی کردن مشتری با به کارگیری روش های پیشرفته انواع مختلفی از مایه ماست را با طعم ویژه و ویسکوزیته مختلف تولید می نمایند. بعضی از این ویژگی ها که می توان در محصول نهایی به آن دسترسی یافت عبارتند از:

- ویسکوزیته بالا با محتوای استالیدی پایین و pH بالا.
- ویسکوزیته پایین و محتوای استالیدی متوسط، مناسب برای ماست آشامیدنی و غیره.

#### آماده سازی کشت

شرایط کار در استفاده از مایه برای تولید ماست و تمام دیگر فراورده های تخمیری شیر ایجاب می نماید که حداکثر دقت و بهداشت به کار برده شود. روش های پایه مبتنی بر کشت و آماده سازی در فصل ۱۰ در مبحث "ساخت کشت و مایه" شرح داده شده است.

با این وجود بیان می شود که امروزه مایه ها به صورت تغلیظ شده، منجمد و خشک شده در انجماد به صورت تجاری در دسترس قرار دارند. این شکل از دسترسی به مایه لزوم به کار گیری اتاق جداگانه تهیه کشت را منتفی کرده و هزینه عملیات و تجهیزات را کاهش می دهد، همچنین سهولت زیادی را برای مصرف کننده در بر خواهد داشت. بزرگترین پیشرفت در این زمینه روش تلقیح مستقیم مایه غلیظ به شیر می باشد که باعث کاهش خطر آلودگی در مراحل تکثیر و بعد از آن می گردد.

عملیات حرارتی به سیر ورود، سیر از مخزن تعادل به وسیله پمپ به بیاسر سیم حرارتی ۱۰۰ وارد می گردد در اینجا فرایند پیش حرارتی (با استفاده از سیستم احیای حرارتی) آن را به دمای تقریبی ۷۰ درجه سانتیگراد رسانیده و در قسمت بعدی شیر تا دمای ۹۰ درجه سانتیگراد حرارت داده می شود.

#### تبخیر کننده

پس از تبادل کننده حرارتی، شیر گرم به داخل محفظه خلاء (۳) جریان می یابد و در آنجا ۲۰-۱۰ درصد آب موجود در شیر تبخیر می گردد. این نسبت وابسته به مقدار ماده خشک مورد نیاز در شیر می باشد. اگر ۲۰-۱۰ درصد حجم شیر تبخیر گردد محتوای ماده خشک آن تقریباً ۳-۱/۵ درصد افزایش خواهد یافت. درجه تبخیر به وسیله دمای شیر ورودی به محفظه خلاء، سرعت گردش از میان محفظه و مقدار خلاء محفظه، کنترل می گردد. مقداری از آب تبخیر شده محصول برای فرایند پیش حرارتی شیر ورودی در سیستم به کار برده می شود. این کار راندمان و صرفه اقتصادی انرژی را در سیستم افزایش می دهد.

مقدار معینی از شیر برای رسیدن به درجه تبخیر لازم، در داخل سیستم خلاء به صورت گردشی چرخش داده می شود. در هر مرحله از گردش محصول در داخل تبخیر کننده ۳-۴ درصد آب، تبخیر می گردد، بنابراین برای دستیابی به ۱۵ درصد تبخیر، گردش محصول باید چهار تا پنج برابر ظرفیت پاستوریزاتور انجام گیرد. دمای شیر در زمان تبخیر از ۹۰ درجه سانتیگراد به تقریباً ۷۰ درجه سانتیگراد افت می نماید.

شکل ۱۰-۱۱ برشی از بدنه هولدِر لوله ای



#### طراحی کارخانه

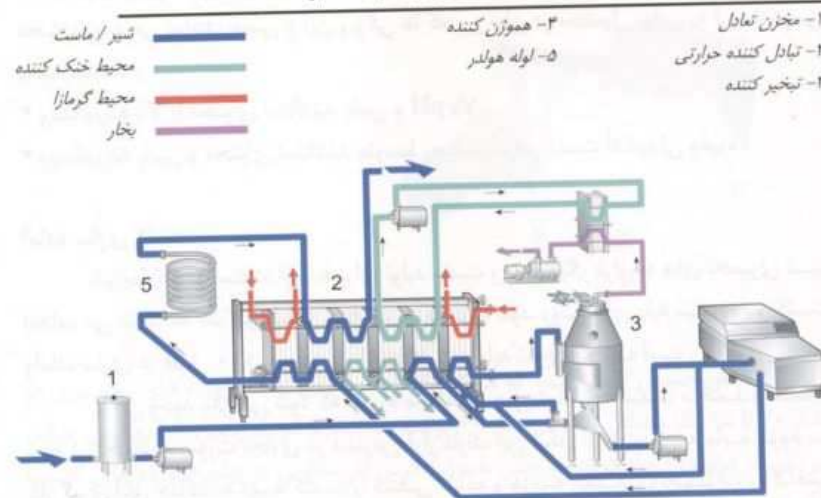
لخته در زمان تخمیر نسبت به حرکات مکانیکی بسیار حساس است. بنابراین انتخاب ابعاد لوله ها و اتصال ها، دریچه ها، پمپ ها، خنک کننده ها و غیره بسیار مهم می باشند.

#### خط تولید

فرایند های اولیه (pretreatment) شیر بدون در نظر گرفتن نوع تولید ماست "ست" یا همزده (استیرد) مشابه هم می باشند و شامل استاندارد کردن چربی و ماده خشک، عملیات حرارتی و هموژن کردن است.

در شکل (۹-۱۱) یک مثال از خط فرایند تولید ماست دیده می شود. شیر از مخزن ذخیره، به خط تولید پمپ می گردد (این قسمت در شکل دیده نمی شود). در اینجا فرض بر این است که شیر قبل از ورود به خط تولید از نظر چربی استاندارد شده است. در این مثال استاندارد کردن ماده خشک به وسیله یک تبخیر کننده در خط تولید انجام می پذیرد. اگر ماده خشک به وسیله اضافه نمودن پودر شیر تنظیم شده باشد، ملزومات لازمه مانند آنچه که در مورد شیر باز ساخته شرح داده خواهد شد (در فصل ۱۸) مورد نیاز می باشد.

شکل ۹-۱۱ نمای عمومی سیستم فرایند پیش حرارتی برای تولیدات شیر کشت داده شده



در این حالت ترجیحاً باید شیر از هوا عاری گردد، تا خطر جدا شدن سرم شیر در محصول کاهش یابد. افزودنی ها مانند پایدار کننده ها، ویتامین ها و غیره را می توان قبل از



خط تولید و طرز عمل در هولدر مخزنی به این شکل می باشد :

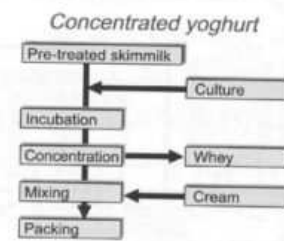
"هولدر مخزنی" به صورت یک گذرگاه فرعی عمل نموده و شیر پس از عبور از پاستوریزاتور و هولدر وارد آن می گردد . به مدت ۳۰ دقیقه شیرداغ از بالا به هولدر مخزنی وارد می گردد و درپچه خروجی آن بسته باقی می ماند .

پس از ۳۰ دقیقه درپچه خروجی "هولدر مخزنی" باز شده و شیر داغ به سمت پایین دست پاستوریزاتور و با همان سرعتی که سیستم را پر می نماید ، خارج می گردد و از این لحظه به بعد سیستم به صورت پیوسته عمل می نماید . این سیستم کارایی هولدر را ۱۵-۱۲ درصد و به طور متوسط ۱۳ درصد بالا می برد ، یعنی متوسط زمان هولدر  $(\frac{3}{9} = \frac{30 \times 100}{13})$  تقریباً ۴ دقیقه می شود . طراحی این سیستم کمی مشکل می باشد زیرا که شیر در نیم ساعت اول فقط از سمت بالادست صفحه های پاستوریزاتور، جریان داشته و ممکن است در برنامه حرارتی سیستم مشکل ایجاد نماید.

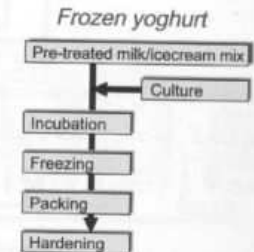
### خنک کردن شیر

شیر پس از پاستوریزاسیون ابتدا در قسمت احیاء حرارتی و سپس با آب ، تا دمای مناسب تلقیح ( معمولاً ۴۵-۴۰ درجه سانتیگراد) خنک می گردد . اگر هدف تولید ماست "ست" باشد ، معمولاً ظرفیت عملیات مقدماتی سیستم جوابگوی ظرفیت بسته بندی نخواهد بود . در این گونه مواقع شیر تا دمای زیر ۱۰ درجه سانتیگراد (ترجیحاً ۵ درجه سانتیگراد) خنک شده و برای فرایند بعدی ذخیره می گردد .

شکل ۱۱-۱۳ نمودار ستونی مراحل تولید ماست  
تلقیح شده



شکل ۱۱-۱۲ نمودار ستونی مراحل تولید ماست  
منجمد



### طراحی خط تولید ماست

وقتی که شیر "ماست زنی" ، فرایند حرارتی اولیه و خنک شدن را تا دمای تلقیح طی نمود ، چگونگی ادامه عملیات بستگی به نوع تولید مانند : ماست "ست" ، "استیرد" ، "آشامیدنی" ،

سیستم تبخیر کننده شرح داده شده ، دارای ظرفیت ۸۰۰۰ لیتر در ساعت می باشد . معمولاً تبخیر کننده های بزرگ تر را از نوع لایه ریز (Falling-film) برای ظرفیت های بالاتر از ۳۰۰۰۰ لیتر در ساعت طراحی می نمایند . تبخیر ۲۰-۱۰ درصد حجم شیر، ماده خشک را به مقدار ۳-۱/۵ درصد افزایش می دهد.

### هموژن کردن

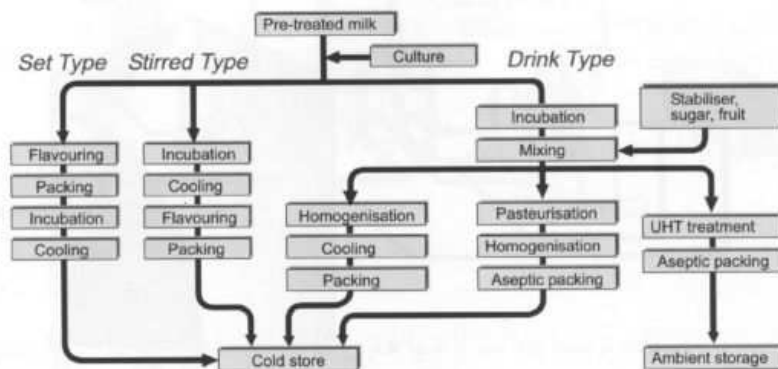
شیر پس از تبخیر به طور پیوسته به هموژن کننده (۴) هدایت شده و در فشار تقریبی ۲۵-۲۰ مگا پاسکال (۲۵۰-۲۰۰ بار) هموژن می گردد.

### پاستوریزاسیون

شیر هموژن شده ضمن عبور از میان سیستم احیای حرارتی به قسمت پاستوریزاسیون در تبادله کننده حرارتی (۲) وارد می گردد. در این محل مجدداً دمای آن به ۹۵-۹۰ درجه سانتیگراد رسانیده می شود. در ادامه شیر به قسمت هولدر هدایت شده و به مدت ۵ دقیقه در این دما نگهداری می گردد.

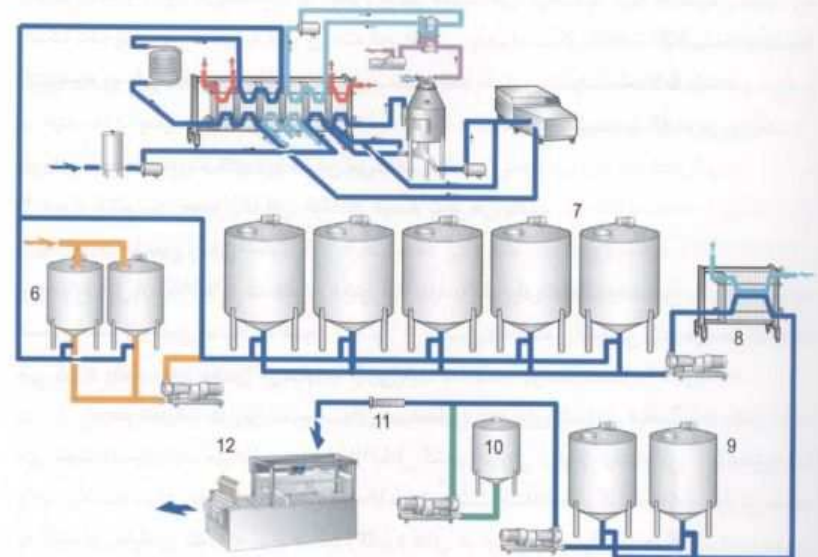
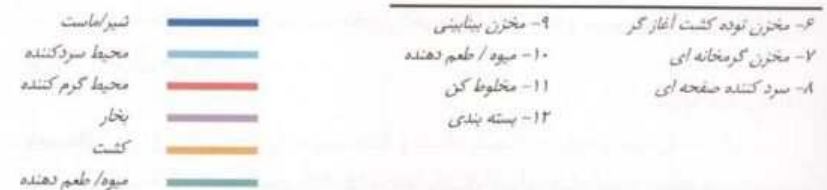
انواع دیگری از برنامه های تلفیق دما / زمان را می توان به کار برد. هولدرلوله ای در شکل (۱۰-۱۱) نشان داده شده است دارای راندمان ۹۵-۹۰ درصدی می باشد و این راندمان بیش از راندمان مخزن هولدر در خط تولید مداوم می باشد .

شکل ۱۱-۱۱ نمودار ستونی مراحل تولید ، برای ماست "ست" ، "استیرد" و "آشامیدنی"



کوتاه (که با تولید مقدار اسید در حد لازمه مشخص می گردد) نشان دهنده تکثیر (تولید) سریع باکتری می باشد. معمولاً زمان تکثیر انواع باکتری های ماست ۲۰-۳۰ دقیقه است. برای دستیابی به کیفیت مناسب بایستی پس از رسیدن به pH به حد مورد نظر در مدت زمان ۳۰ دقیقه فراورده کشت داده شده از دمای ۴۲-۴۳ درجه سانتیگراد تا دمای ۱۵-۲۲ درجه سانتیگراد خنک شود. در مواردی که از مایه ماست تغلیظ شده، منجمد یا خشک شده در انجماد، به صورت تلقیح مستقیم به مخزن گرمخانه ای استفاده می شود، زمان گرمخانه گذاری طولانی تر می گردد و زمان ۴-۶ ساعت در دمای ۴۳ درجه سانتیگراد را لازم دارد. علت طولانی شدن این زمان به دلیل تاخیر رشد باکتری در فاز تاخیری (Lag phase) در منحنی رشد لگاریتمی می باشد.

شکل ۱۴-۱۱ خط تولید برای ماست همزده (استیرد)



تولید برای هر فرایند نشان داده شده است.

کیفیت ماست از لحاظ نوع بافت و عطر و طعم به طراحی سیستم، عملیات حرارتی بر روی شیر و عملیات بر روی محصول بستگی دارد. سیستم های جدید بر اساس ظرفیت تولید بالا با روش پیوسته و کیفیت مناسب طراحی شده اند. سطح خودکاری (Automation)، در این سیستم ها متفاوت بوده و معمولاً سیستم CIP مکمل واحد تولید می باشد.

به کار گیری "خودکاری بالا" در حجم های زیاد تولید بسیار متداول است. در این سیستم ها باید از عملیات مکانیکی غیر ضروری بر روی محصول پرهیز گردد، چون ممکن است باعث آسیب رسیدن به محصول به صورت ایجاد حالت شکنندگی در قوام و آب انداختگی شود. معمولاً در طراحی سیستم های خودکار ظرفیت کل محصول مد نظر قرار می گیرد. انتخاب ملزومات مناسب و ماشین آلات هماهنگ با طراحی فرایند و متعاقباً دستیابی به یک تعادل مناسب بین هزینه و کیفیت از اهداف مورد نظر می باشند.

اغلب در سیستم های جدید تولید ماست به صورت "ست" و "استیرد" به موازات یکدیگر می باشد. در تولید ماست "ست" جریان تولید از قسمت عملیات حرارتی اولیه (پذیرش شیر) تا بسته بندی محصول به طور پیوسته تحت کنترل قرار دارد. در تولید ماست "استیرد" شیر پس از عملیات حرارتی مقدماتی به طور پیوسته از بالا به وسیله پمپ به داخل مخزن گرمخانه ای وارد می گردد، در آنجا مایه خورده و برای طی زمان انکوباسیون بی حرکت نگهداری می گردد. در این حالت باید از ایجاد هر گونه مزاحمت فیزیکی بر روی آن جلوگیری شود.

### ماست همزده (استیرد)

یک واحد تولید با حجم نسبتاً بالای ماست همزده (استیرد) با سیستم پیوسته در شکل (۱۴-۱۱) نشان داده شده است.

شیر پس از فرایند حرارتی مقدماتی تا دمای مایه زنی و گرمخانه گذاری خنک شده، و به وسیله پمپ به مخزن گرمخانه ای (۷) هدایت می گردد. به طور همزمان یک حجم از قبل تدارک شده از کشت آغاز گر (۶) ماست، به داخل جریان شیر و مخزن وارد می گردد. پس از پر شدن مخزن به مدت کوتاهی مایه و شیر را با هم مخلوط و هم زده می شود تا از توزیع یکسان "مایه" در سرتاسر شیر داخل مخزن اطمینان حاصل گردد.

مخازن گرمخانه ای عایق بندی شده اند تا دمای داخل آنها در هنگام گرمخانه ای ثابت بماند. ممکن است یک pH متر برای کنترل تولید اسید در مخزن تعبیه گردد.

در تولید ماست "استیرد" زمان گرمخانه گذاری ۳-۲/۵ ساعت در دمای ۴۲-۴۳ درجه سانتیگراد با تلقیح مایه کشت (۳-۲/۵ درصد تلقیح) معمول می باشد. زمان گرمخانه گذاری

این به ریانی به مژه و باعث میوه وارد سردی برای این ...  
تناوب های حرارتی و سیستم خنک کننده با توجه به حفظ کیفیت و توجیه اقتصادی طراحی شده اند. متعاقب عملیات حرارتی بر روی میوه ، لازم است مخلوط میوه و ماست در ظروف استریل و در شرایط اسپتیک بسته بندی گردند. فساد در این دسته از فراورده های تخمیری شیر اغلب به علت بروز آلودگی ثانویه ناشی از عدم کفایت فرایند حرارتی انجام شده بر روی میوه افزودنی می باشد .

#### بسته بندی

انواع مختلفی از ماشین های پرکن برای بسته بندی ماست به کار برده می شوند. اندازه بسته ها از یک کارخانه تا کارخانه دیگر بسیار متفاوت می باشد. به طور کلی ظرفیت بسته بندی باید هماهنگ با ظرفیت واحد پاستوریزاسیون باشد، تا سیستم بتواند از حداکثر ظرفیت خود استفاده نمایند .

#### طراحی خط تولید

یک عامل مهم و موثر در کیفیت ماست و البته تمام دیگر محصولات کشت داده شده شیر ، دقت در محل و شرایط جاگذاری ماشین آلات خط تولید می باشد .

در شکل (۱۶-۱۱) منحنی تغییرات ویسکوزیته در ماست همزده (استیرد) از لحظه ای که مخزن گرمخانه ای راترک می کند تا بسته بندی و باقی ماندن به مدت تقریباً ۱۰ ساعت در انبار سرد نشان داده شده است.

منحنی A حالت ایده آل را در شرایطی که تمام عملیات بر روی ساختمان و ویسکوزیته اثر مطلوب دارند را مشخص می سازد .

پس از عملیات حرارتی کاهش ویسکوزیته تقریباً غیر قابل اجتناب می باشد ، ماست به دسته ای از محصولات تعلق دارد که از خود رفتار جریان محلول گرایی ژل (Thixotropic) تیکسوتروپیک را نشان می دهند. بنابراین اگر تمام عوامل و ملزومات با هم هماهنگ شده باشند ، ویسکوزیته تقریباً به طور کامل دوباره برگشت خواهد نمود و تمایل به آب انداختن (سینرسیس) در حداقل خواهد بود .

منحنی B شرایط نامناسب عملیات فراوری از مخزن گرمخانه ای (انکوباسیون) ، بسته بندی و انبار سرد را نشان می دهد. که منجر به کاهش ویسکوزیته و آب انداختن ماست خواهد شد .

#### خنک کردن لخته

در مراحل نهایی انکوباسیون ، وقتی که pH لازم (به طور معمول ۴/۵-۴/۲) حاصل گردید، ماست باید تادمای ۲۲-۱۵ درجه سانتیگراد خنک گردد. این کار مانع افزایش اسیدیته در فراورده می گردد. عملیات مکانیکی برای انتقال و غیره باید به طور بسیار آرام در روی لخته اعمال گردد تا محصول قوام خود را از دست ندهد .

خنک کردن در تبادل کننده حرارتی صفحه ای (۸) که دارای صفحه های ویژه ای می باشد ، انجام می پذیرد، تا شرایط عملیات مکانیکی بسیار آرام حفظ گردد. ظرفیت پمپ و خنک کن به گونه ای است که می تواند مخزن را در مدت ۳۰-۳۰ دقیقه به آرامی (برای یکسان ماندن کیفیت محصول) تخلیه نماید. اگر همراه با مایه ماست از کشت های تخمیری دیگر استفاده شود ممکن است زمان گرمخانه گذاری تغییر نماید ، بنابراین باید در این حالت زمان خنک کردن را منطبق با آن تنظیم نمود.

ماست خنک شده ، با پمپ به مخزن ذخیره (۹) وارد شده و سپس به سوی ماشین پر کن (۱۲) جریان می یابد .

#### طعم دادن

ماست خنک شده تادمای ۲۲-۱۵ درجه سانتیگراد برای بسته بندی آماده می شود. در این مرحله می توان میوه و دیگر مواد طعم دهنده را به آن اضافه نمود (۱۰) ، پس از این مرحله ماست به همراه مواد افزوده شده به ماشین پرکن هدایت می گردد. کار اضافه نمودن میوه به کمک یک پمپ دور متغیر به طور پیوسته انجام می پذیرد، شکل (۱۵-۱۱). قسمت مخلوط کننده که به طور ساکن و بهداشتی طراحی و تعبیه شده است و مسئولیت اختلاط ماست و میوه را بر عهده دارد. پمپ دور متغیر، همزمانی تغذیه ماست و میوه را در سیستم به انجام می رساند.

افزودن میوه به صورت های زیر ممکن می باشد :

• همراه با شربت ، معمولاً دارای ۵۵-۵۰ درصد شکر می باشد.

• به صورت طبیعی (بدون شکر)

میوه باید قبل از اختلاط تا حد ممکن یکنواخت شده باشد. برای غلظت بخشیدن به بافت میوه ممکن است از پکتین استفاده شود. معمولاً از پکتین به مقدار تقریبی ۰/۵ درصد استفاده می گردد. مقدار مجاز پکتین در فراورده نهایی ۰/۰۵-۰/۰۵ درصد است .

انجام عملیات حرارتی مناسب برای میوه هایی که برای افزودن به ماست بکار برده می شوند ، بسیار مهم می باشد. معمولاً از تبادل کننده حرارتی از نوع "تیغه تراش" ، یا مخزن با واحد تراشنده ، برای پاستوریزه کردن میوه با ذرات درشت استفاده می گردد. برنامه حرارتی باید به گونه ای طراحی شود که تمام میکروارگانیسم های در حال رشد را غیر فعال سازد ، بدون



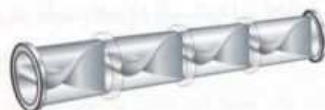
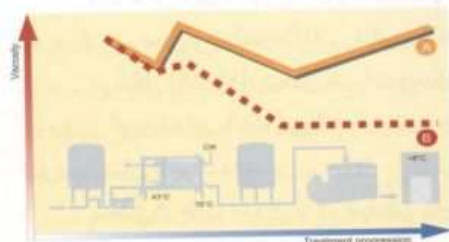
## ماست ست

معمولا طراحی خط تولید ماست برای صرفه جویی و کاهش قیمت ، به گونه ای است که قابل استفاده در هر دو سیستم تولید ماست "ست" و "استیرد" می باشد. در فرایند حرارتی مقدماتی ، دمای شیر را برای هردو روش تولید، تا دمای گرمخانه ای خنک می نمایند . در شکل (۱۷-۱۱) چگونگی ترتیب سیستم تولید نشان داده شده است. مایه ماست پس از تعیین مقدار لازم به داخل شیر درون مخزن تزریق می گردد و سپس مخلوط حاصل را به وسیله پمپ به داخل مخزن موقت می فرستند تا متعاقبا به ماشین پرکن هدایت گردد .

شکل ۱۵-۱۱ مخلوط کننده میوه کارگذاشته شده در داخل لوله  
شکل ۱۶-۱۱ پشرفت ویسکوزیته در ماست استیرد در زمان خنک کردن ، بسته بندی و ذخیره سازی در شرایط خنک .

A = جاگذاری ماشین آلات به طور مطلوب

B = جاگذاری ماشین آلات به طور نامطلوب



milkindustry.ir

## افزودن طعم دهنده ها و بسته بندی

افزودن طعم دهنده هارا می توان به طور پیوسته و در مقدار معین به داخل جریان شیر (قبل از اینکه وارد ماشین پرکن گردد) انجام داد. اگر افزودنی به صورت میوه کامل یا دارای ذرات درشت باشد باید از قبل به مقدار لازم در داخل ظرف بسته بندی ریخته شود و سپس با افزودن شیر مایه خورده بسته را پر می نمایند. لازم به یاد آوری است که اگر pH ماده افزودنی پایین باشد تاثیر منفی در روی فرایند تخمیر خواهد داشت .

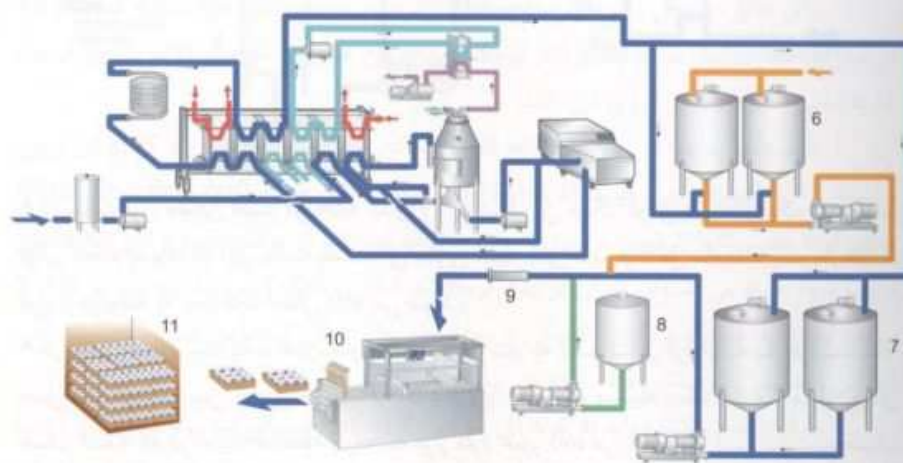
یک سیستم رایج دیگر برای تولید ماست "ست" در شکل (۱۸-۱۱) نشان داده شده است. این سیستم قابلیت انعطاف پذیری بیشتری را در تصمیم گیری های تولید دارا می باشد زیرا در آن ضرورتی برای تطبیق ظرفیت عملیات پیش فرایندی با ظرفیت بسته بندی وجود ندارد.

مراحل فرایند حرارتی مقدماتی بر روی شیر، مانند عملیات تولید ماست "استیرد" انجام می پذیرد. در ادامه فرایند، دمای شیر را تا کمتر از ۱۰ درجه سانتیگراد (ترجیحاً ۵ درجه سانتیگراد) پایین می آورند. با استفاده از پمپ، شیر را به داخل یک یا چند مخزن (۱) مایه زنی هدایت می کنند. پس از مایه زنی دمای شیر تا حد لازم برای گرمخانه گذاری (۲) بالا برده می شود و فراورده به طور مداوم به طرف واحد بسته بندی (۴) جریان می یابد.

شکل ۱۷-۱۱ خط تولید ماست "ست"

شیر / ماست  
محیط خنک کننده  
محیط گرما ساز  
بخار  
مایه ماست  
افزودنی

۶- مخزن مایه کشت آغاز گر  
۷- مخزن میانی  
۸- مخزن افزودنی (عطر و طعم)  
۹- مخلوط کن  
۱۰- بسته بندی  
۱۱- انکوباسیون



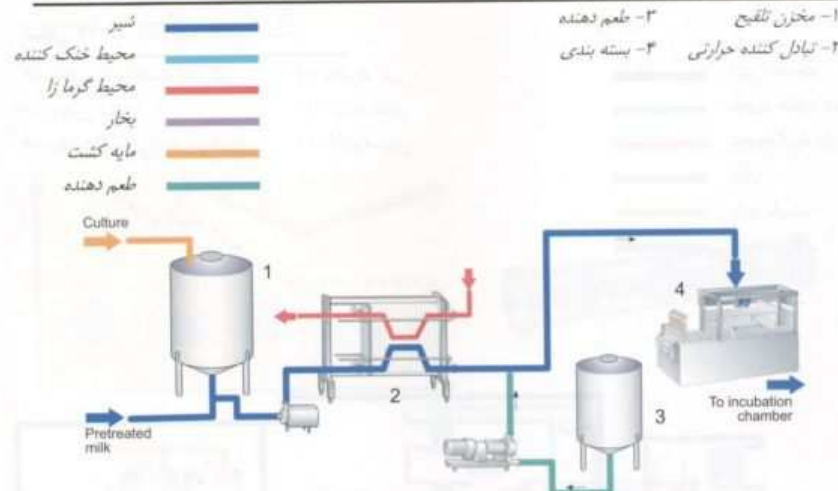
## افزودن طعم دهنده ها و بسته بندی

فرایند افزودن طعم دهنده ها (۳) و فرایند بسته بندی تشریح شده در مثال قبلی با سیستم تولید پیشنهادی یکسان می باشد.

## گرمخانه گذاری و خنک کردن

پس از بسته بندی فراورده، هر چند بسته را در داخل جعبه گذاشته و جعبه ها بر روی پالت قرار داده می شوند. سپس پالت ها برای طی فرایند گرمخانه ای و به دنبال آن خنک شدن به داخل محفظه مخصوص هدایت می گردند. ممکن است از دو نوع محفظه برای انجام فرایند گرمخانه ای استفاده گردد:

شکل ۱۸-۱۱ مراحل نهایی در تولید ماست، این سیستم به طور وسیعی قابلیت هماهنگی با خط تولید را داراست



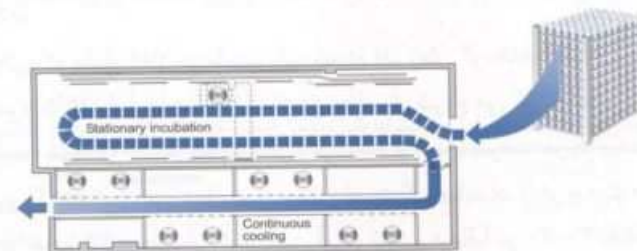
• در حالت اول ممکن است گرمخانه گذاری و به دنبال آن خنک کردن در داخل یک محفظه به توالی انجام پذیرد. در این حالت پالت های حاوی جعبه های شیر از داخل محفظه پس از انجام فرایند مربوطه به سردخانه انتقال داده می شوند.

• در بعضی موارد ابتدا پالت های حاوی جعبه های شیر به یک اتاق گرمخانه با ظرفیت بالا حمل می گردند و پس از طی مراحل گرمخانه ای پالت ها به وسیله یک نقاله از میان تونل خنک کننده که در امتداد محفظه گرمخانه قرار دارد عبور داده می شوند. در این سیستم خنک کردن به طور پیوسته انجام می پذیرد، شکل (۱۹-۱۱).

۹۰-۸۰ دقیقه می باشد.

نتیجتاً بدون توجه به نوع محفظه گرمخانه / خنک کننده، ماست "ست" باید در داخل سردخانه تا دمای تقریبی ۵ درجه سانتیگراد خنک شود.

شکل ۱۹-۱۱ واحد ترکیبی اتاق گرمخانه و تونل خنک کننده



### ماست آشامیدنی

یک نوع ماست آشامیدنی با ویسکوزیته پایین و با محتوای چربی پایین مورد پسند عامه مردم در بیشتر کشورها می باشد. سه نوع فرایند تولید این نوع ماست در شکل (۲۰-۱۱) نشان داده شده است.

ماست آشامیدنی مانند ماست معمولی تولید می گردد، فقط در ادامه فرایند، همزدن با دور بالا و به دنبال آن خنک کردن تادمای تقریبی ۲۰-۱۸ درجه سانتیگراد انجام می پذیرد. سپس ماست به مخزن بینابینی منتقل شده، در این محل پایدارکننده و طعم دهنده به آن افزوده و مخلوط می شود، بسته به نوع ماندگاری مورد نیاز فرایندهای حرارتی خاص انجام می پذیرد.

### ماست با ماندگاری بالا

بنا به دلایل اقتصادی و لزوم سرمایه گذاری کلان، تمایل زیادی به سمت تمرکز تولید در صنایع شیر وجود دارد که در این شرایط بازار مصرف از نظر جغرافیایی بزرگتر شده و فواصل نقل و انتقال بیشتر می گردد. در بعضی موارد فروش محصول در منطقه به صورت عرضه یک بار در هفته کفایت می کند و نیاز ناحیه با ورود همین مقدار محصول رفع شده و بازار اشباع می گردد. نهایتاً این امر لزوم تولید فراورده هایی را با عمر ماندگاری بالا طلب می کند تا بتوان آنها را برای فروش به مناطق دورتر ارسال نمود. در بیشتر کشورها حفظ زنجیره سرما در حین حمل و نقل، فزاینده ها، لندها، مشکلات اساسی می باشد. بنابراین همیشه تقاضا برای تولید

پالت های حاوی جعبه های محصول (شیر مایه زده شده) بر روی گاری های حمل کننده قرار داده می شوند. این گاری ها به گونه ای طراحی شده اند که جعبه ها بر روی آنها در یک فاصله معین از هم دیگر قرار می گیرند. این کار به گردش هوای گرم یا سرد بین جعبه ها در زمان انکوباسیون و یا خنک کردن کمک می نماید. چنانچه دما دقیقاً کنترل گردد کیفیت محصول نهایی همیشه یکنواخت خواهد بود.

### خنک کردن

وقتی که مقدار pH در ماست مایه خورده (در زمان گرمخانه گذاری) به حد مطلوب برسد (معمولاً ۴/۵)، از آن لحظه خنک کردن محصول شروع می گردد. دمایی که باید محصول به آن رسانیده شود ۲۰-۱۸ درجه سانتیگراد می باشد و باید با سرعت هرچه بیشتر جلو سرعت رشد باکتری گرفته شود. این عمل بدین معنی است که باید ابتدا در مدت ۳۰ دقیقه دمای محصول به تقریباً ۲۵ درجه سانتیگراد پایین آورده شود و متعاقباً در ۴۰-۳۰ دقیقه بعدی، دمای آن به ۲۰-۱۸ درجه سانتیگراد برسد.

معمولاً خنک کردن نهایی تا کمتر از ۵ درجه سانتیگراد، در سردخانه قابل حصول است. و محصول تا زمان توزیع برای فروش در این دما نگهداری می گردد. کارایی خنک کردن هر بسته به عوامل مختلفی چون اندازه، طراحی، مواد سازنده بسته بندی، تراکم بین بسته ها، فضای بین هر بسته در جعبه، و طراحی جعبه حاوی بسته ها بستگی دارد.

برای مثال در عمق یک متر، سطح مقطع آزاد برای جریان یافتن هوا نباید کمتر از ۲۵ در صد کل سطح باشد. سطح مقطع آزاد کوچکتر، به جریان هوایی با سرعت بالاتر نیازمند است که به معنی مصرف بیشتر انرژی می باشد.

پالت ها (سیدها) در زمان گرمخانه گذاری ساکن می باشند. آنها را به گونه ای درون محفظه یا اتاق گرمخانه می چینند که شرایط اولین ورود / اولین خروج (First in / first out) حاکم گردد یعنی پالتها با همان ترتیبی که وارد محفظه شده اند در موقع خروج نیز به همان ترتیب ورود خارج می شوند. زمان مرحله گرمخانه گذاری ۳-۳/۵ ساعت بوده و در ۲-۲/۵ ساعت اول نباید هیچگونه تکان مکانیکی بر روی محصول اعمال گردد این عمل منجر به آب انداختن (جداشدن سرم شیر) ماست خواهد شد.

ظرفیت خنک کننده باید به گونه ای طراحی گردد که دستیابی به برنامه زمان / دما اشاره شده بالا را ممکن گرداند. معمولاً زمان خنک کردن برای بسته های کوچک (به اندازه



ارتقاء کیفی و افزایش عمرماندگاری فراورده های لبنی به طور چشمگیری موثر باشند .

### شرایط تولید در 'اتاق تمیز'

لزوم مراعات شرایط بهداشتی در تمام واحد های صنایع غذایی نه فقط برای لوازمی که در تماس مستقیم با محصول هستند بلکه همچنین در مکانهایی که تولید صورت می گیرد ضرورت دارد .

یک سیستم مبتنی بر تصفیه هوا از طریق صافی های سخت (Absolute filter) همانگونه که در شکل (۱۱-۲۱) نشان داده شده ، می تواند جهت پاک کردن هوا در اتاق های فراوری ، مخازن و غیره نصب شود.

شکل ۱۱-۲۱ یک واحد صافی هوا برای اتاق

کشت



این سیستم به چهار مخزن خدمات می رساند و شامل :

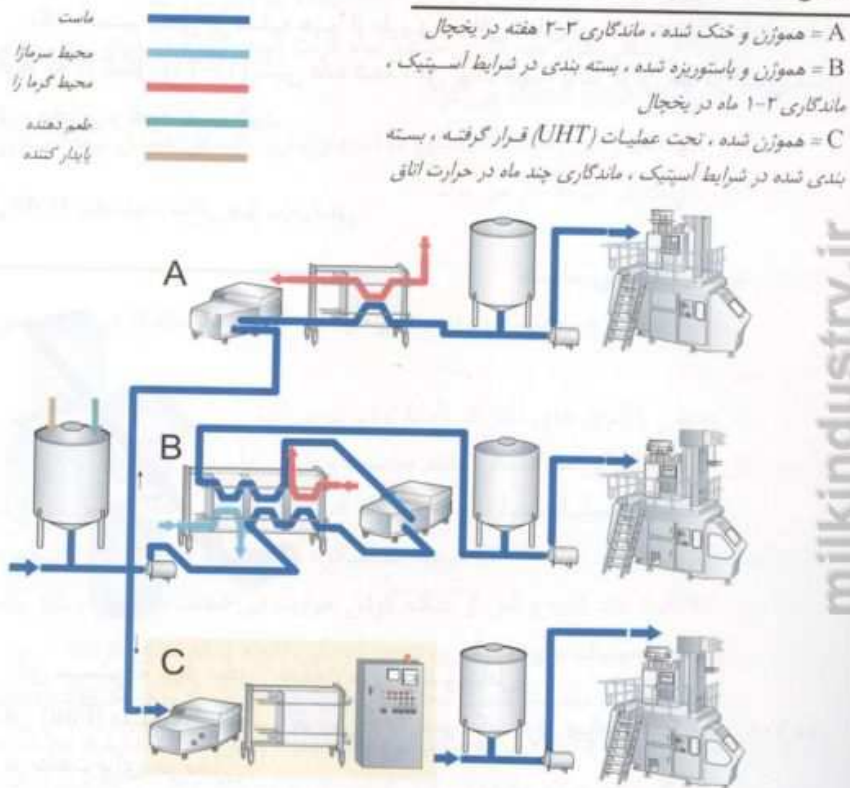
- یک فن (Fan) دمنده هوا با دمش تقریبی ۴۰۰ متر مکعب در ساعت هوا یعنی ۱۰۰ متر مکعب در ساعت برای هر مخزن .
- یک 'صافی سخت' که قادر به بدام اندازی ذرات بزرگتر از  $\frac{0}{3}$  میکرون می باشد. قطر متوسط کوکسی ، باسیل و قارچ (کپک و مخمر) به ترتیب  $\frac{0}{9}$  ،  $\frac{0}{25}$  ،  $\frac{0}{10}$  ،  $\frac{3}{15}$  میکرون است، بنابراین این 'مش' از صافی (مش= اصطلاح اندازه سوراخ های سطح صافی) می تواند اکثر این میکروارگانیسم ها را از هوای ورودی حذف نماید.
- یک محفظه برای نگهداری بدنه صافی،
- اتصالات مجرای اصل،
- چهار لوله اتصال به مخازن،

نماید وجود دارد .

ماندگاری محصولات کشت داده شده شیر را می توان به دو روش گسترش داد:

- تولید بسته بندی در شرایط آسپتیک ،
- انجام عملیات حرارتی در روی محصول نهایی ، بلافاصله قبل از بسته بندی یا در داخل بسته.

شکل ۱۱-۲۰ خط تولید ماست آشامیدنی



### تولید در شرایط آسپتیک

در تولید آسپتیک (ماست) معیار اصلی جلوگیری از آلودگی و ایجاد عفونت به وسیله کپک و مخمر می باشد. این میکروارگانیسم ها قادر به زندگی و تکثیر در محیط اسیدی بوده و می توانند با تغییر طعم و آب انداختگی و تولید سم باعث تخریب محصول گردند. مهمترین اصل برای جلوگیری از بروز آلودگی ، تمیز و استریل کردن تمام سطوح در ارتباط با محصول می باشد .

## ماست منجمد

ماست منجمد به دو صورت ساخته می شود ، در مواردی ماست را با مواد اولیه بستنی مخلوط می نمایند و در موارد دیگر مخلوط ماست را قبل از سایر فرایندها تخمیر می نمایند. فرایند انجماد ماست منجمد را به دو صورت انجماد سبک (Soft-served) و انجماد سخت (Hard frozen) تقسیم می نمایند. ترکیب اجزای مخلوط ماست که برای نوع انجماد سبک و سخت به کار برده می شود متفاوت بوده و در جدول زیر نشان داده شده است.

| درصد ترکیبات             | انجماد سبک | انجماد سخت |
|--------------------------|------------|------------|
| چربی                     | ۴          | ۶          |
| قند                      | ۱۱-۱۴      | ۱۲-۱۵      |
| MSNF                     | ۱۰-۱۱      | ۱۲         |
| تثبیت کننده ، امولسیفایر | ۰/۸۵       | ۰/۸۵       |
| آب                       | ۷۱         | ۶۶         |

## تولید ماست مخلوط (Yoghurt mix)

این نوع ماست حاوی مواد پایدار کننده با همان شیوه ماست معمولی ساخته می شود . نمودار جریان تولید در شکل (۲۲-۱۱) نشان داده شده است. در قسمت A مخلوط مواد خام پس از هوا گیری و هموزن شدن در ۷۰ درجه سانتیگراد به وسیله تبادل کننده حرارتی در دمای ۹۰ درجه سانتیگراد به مدت ۵ دقیقه پاستوریزه می شود. پس از خنک کردن با روش احیای حرارتی تا ۴۳ درجه سانتیگراد ، شیر به مخزن گرمخانه ای انتقال داده شده و در آنجا عمل مایه زنی انجام می گیرد .

مقدار تزریق مایه ماست تقریباً ۶-۴ درصد می باشد. زمان گرمخانه گذاری "ماست مخلوط" به طور محسوسی طولانی تر از ماست معمولی است. علت این امر بالاتر بودن محتوای کربوهیدرات (قند) در "ماست مخلوط" می باشد. با مقدار ۱۰-۱۲ درصد ساکارز در فرمول "ماست مخلوط" زمان لازم برای گرمخانه گذاری و رسیدن به  $pH = 4.5$  تقریباً ۸-۷ ساعت می باشد. وقتی که  $pH$  لازم بدست آمد، مخلوط ماست به وسیله یک تبادل کننده حرارتی به منظور جلوگیری از تخمیر بیشتر خنک می گردد. هر نوع طعم دهنده و مواد قندی را به وسیله پمپ اندازه گیر (Metering pump) از طریق وسیله مخلوط کننده و قبل از انتقال ماست به مخزن بینابینی به آن اضافه می نمایند.

محصول پس از مخزن ذخیره موقت ممکن است به طرق مختلف ادامه مسیر دهد در شکل (۲۲-۱۱) چند مسیر (B) و (C) و (D) نشان داده شده است .

در هر سیستم یا مخزنی که در آن هوا استفاده می شود، باید مجهز به یک دریچه برای تنظیم فشار هوا و یک سیستم ایمنی برای جلوگیری از تاب برداشتن یا پیچیدن مخزن به دور خود (در نتیجه خلاء ایجاد شده به وسیله افت دما) باشد. وقوع این امر در هنگام اجرای مراحل شستشوی و سرد و گرم کردن محتویات مخازن بیشتر اتفاق می افتد. سرعت هوا حد اکثر ۰/۵ متر بر ثانیه و مخزن تحت فشار مثبت به مقدار حد اکثر ۵-۱۰ متر درجه بر حسب آب ، تقریباً برابر با ۰/۱ - ۰/۰۵ بار قرار می گیرد. معمولاً از صافی های هوا ، برای حذف تمام ذرات آلوده کننده در هوای محیط و ایجاد شرایط تمیز، در اتاق فرایند استفاده می گردد . این سیستم را در آزمایشگاه های باکتریولوژیکی ، اتاق عمل بیمارستان ها و کارخانه های داروسازی نیز به کار می برند.

## عملیات حرارتی بر روی "ماست"

عملیات حرارتی بر روی ماست به منظور طولانی کردن عمر ماندگاری آن به صورت زیر

انجام پذیر است :

- غیر فعال نمودن باکتری های آغاز گر (استارتر) و آنزیم آنها،
- غیر فعال نمودن آلودگی ها احتمالی مانند مخمرها و کپک ها ،

برای اعمال عملیات حرارتی در ماست "استیرد" ، لخته حاصله پس از مرحله گرمخانه گذاری را در دمای ۷۵-۷۲ درجه سانتیگراد به وسیله یک تبادل کننده حرارتی صفحه ای ، به مدت چند ثانیه و قبل از خنک کردن حرارت می دهند. محصول باید متعاقباً در ماشین بسته بندی آسپتیک برای جلوگیری از بروز آلودگی ثانویه بسته بندی گردد.

در فرایند تولید ماست "ست" محصول بسته بندی شده را در اتاقک مخصوص پاستوریزاسیون در دمای ۷۵-۷۲ درجه سانتیگراد برای مدت زمان ۱۰-۵ دقیقه تحت عملیات حرارتی قرار می گیرد. در هر دو حالت باید قبل از اعمال فرایند حرارتی یک پایدار کننده به محصول اضافه گردد. عملیات حرارتی در دمای ۷۵-۷۲ درجه سانتیگراد تمام میکروارگانیسم های بیماری زا در ماست را از بین می برد .

در بیشتر کشور ها ماست به صورت محصولی که باید در هنگام مصرف دارای فلور (Flora) میکروبی زنده باشد، تعریف شده است. این بدان معنی است که اعمال عملیات حرارتی بر روی محصول نهایی در این کشور ها ممنوع می باشد. در بعضی از کشور ها به کار بردن پایدار کننده ها در ماست به وسیله قانون ممنوع و یا محدود شده است.

### ماست با انجماد سخت

در این موارد مانند بستنی معمولی، ماست در ابتدا تحت فرایند انجماد مقدماتی قرار گرفته و سپس در یک فریزر مداوم بستنی "زده" می شود، شکل (۲۳-۱۱). در هنگام زدن (عمل آوری) از نیترژن بجای هوا استفاده می گردد تا از بروز مشکلات اکسیداسیون در طی نگهداری جلوگیری شود. ماست منجمد شده با دمای (-۸) درجه سانتیگراد از فریزر خارج می شود که این دما کمتر از دمای بستنی معمولی می باشد. این کار به بافت ماست ویسکوزیته مطلوب و مناسب را برای بسته بندی با ماشین پرکن را می دهد.

مواد طعم دهنده میوه ای یا قند را به صورت مایع می توان در فریزر به مخلوط اضافه نمود. ماست منجمد با طعم های متفاوت را می توان در فریزر های موازی و از یک "ماست مخلوط" تولید نمود.

پس از انجماد، ماست منجمد را در قوطی یا فنجان یا اندازه های بسته بندی خانوادگی مانند بستنی، بسته بندی می نمایند. سپس بسته ها را در داخل تونل انجماد برای طی مراحل سفت شدن قرار داده، در اینجا دمای محصول تا (-۲۵) درجه سانتیگراد کاهش می یابد.

دستگاه های منجمد کننده صفحه ای، می توانند کار انجماد را به طور پیوسته انجام دهند. پس از رسیدن دمای محصول به (-۲۵) درجه سانتیگراد، می توان آن را بلادرنگ به سردخانه زیر صفر انتقال داده و ذخیره نمود.

### سیستم توزیع محصول

"ماست منجمد سخت" (Hard-frozen yoghurt) را که توسط نیترژن مایع عمل آوری شده می توان در سردخانه به مدت ۲-۳ ماه بدون تغییرات بافت و طعم نگهداری نمود. سیستم توزیع باید به گونه ای باشد که باعث شکستن زنجیره سرما از مرحله انتقال تا زمان مصرف نگردد.

برای ماست مخلوط منجمد نرم (که در معرض عملیات UHT قرار نگرفته)، حد اکثر دمای ذخیره سازی (+۶) درجه سانتیگراد توصیه شده است. این مخلوط عمر ماندگاری دو هفته ای دارد. ماست منجمد نرم باید بی درنگ پس از رفع انجماد مصرف گردد.

### ماست های تغلیظ شده

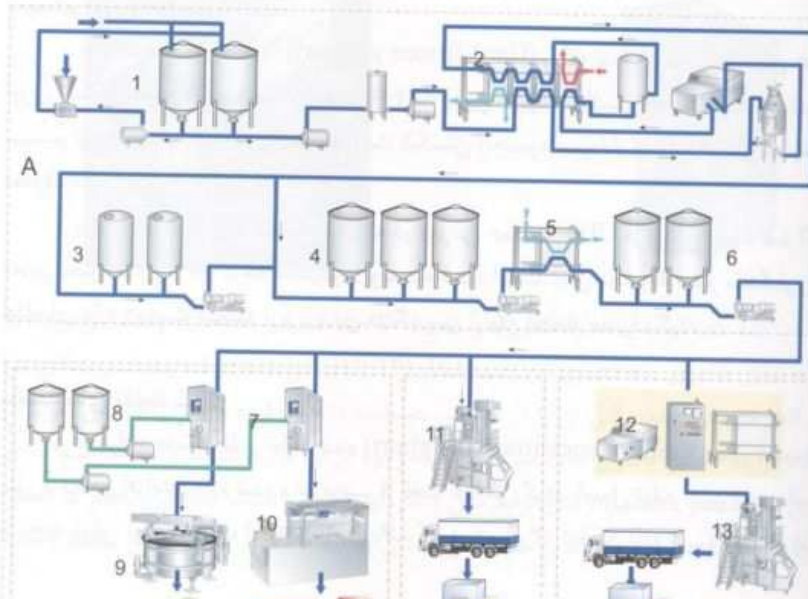
در فرایند ماست های تغلیظ شده (Concentrated yoghurt) ماده خشک محصول پس از تخمیر افزایش داده شده و سرم شیر از لخته جدا می گردد. اصول تولید این نوع ماست شبیه به روش تولید کوآرگ (Quarg) می باشد که در فصل ۱۴ توضیح داده شده است. فقط

**B**، مخلوط ماست مستقیماً به فریزر (بستنی) هدایت شده و به وسیله فریزر صفحه ای (Stick bar freezing) یا مخزنی (Cap / bulk) به طور پیوسته به شکل ماست منجمد سخت در می آید.

**C**، ماست منجمد نرم (Soft-served) مستقیماً در داخل بسته های یکبار مصرف (disposable)، مانند شیر معمولی (تترا پک و غیره) و کیسه و جعبه (Bag-in-box) بسته بندی می گردد. این فراورده ها را می توان مانند بستنی نرم در بازار برای فروش عرضه نمود.

**D**، برای تولید مخلوط بستنی با ماست منجمد نرم و با عمر ماندگاری بالا می توان ابتدا در یک واحد UHT و قبل از بسته بندی آسپتیک محصول را استریل نمود.

شکل ۲۲-۱۱ تنوع فرایندهای مختلف در عملیات تولید ماست منجمد





(Strained) و ماست لبنه (Labneh) شناخته می شوند.

#### کفیر

کفیر (Kefir) یکی از قدیمی ترین فرآورده های تخمیری شیر می باشد. سر منشاء آن را سرزمین قفقاز می دانند. این محصول را با استفاده از شیر بز و گوسفند یا گاو تهیه می کنند. کفیر در تعدادی زیادی از کشور ها، خصوصا در روسیه (با مصرف سرانه ۵ لیتر در سال) مصرف دارد.

کفیر باید ویسکوز و هموژن بوده و دارای سطح براق و درخشان باشد. مزه آن باید تازه و اسیدی (pH=۴/۳-۴/۴) و دارای یک طعم ملایم تخمیری باشد.

یک کشت ویژه که بنام دانه کفیر شناخته شده است، برای تولید کفیر به کار برده می شود. دانه حاوی پروتئین، پلی ساکارید و مخلوطی از چندین نوع میکروارگانیسم مانند مخمر و باکتری های مولد مواد معطر و اسید لاکتیک می باشد. تقریباً ۱۰-۵ درصد از کل میکروفلور را مخمر تشکیل می دهد.

شکل ۱۱-۲۴ دانه کفیر



شکل ۱۱-۲۳ یک قرینزر پیوسته پستی ساز



دانه کفیر تقریباً به اندازه فندق یعنی تقریباً ۲۰-۱۵ میلیمتر قطر دارد، رنگ آن زرد کم رنگ، شکل ظاهری دانه ناهموار می باشد، شکل (۱۱-۲۴). این دانه در آب و بیشتر حلال ها غیر قابل حل می باشد. وقتی آن را در شیر می خیسانند، دانه باد کرده و سفیدرنگ می شود. در هنگام فرایند تخمیر، باکتری های اسید لاکتیک موجود در آن تولید اسید لاکتیک نموده، در همین حال مخمر با تخمیر لاکتوز تولید الکل و گاز کربنیک می نماید. همچنین مخمر ها بعضی از پروتئین را در متابولیسم داخلی خود تجزیه می نمایند. مخمر ها مسئول ایجاد رایحه

گرمخانه گذاری در مرحله تولید کنترل می گردد.

A. باکتری های ماست لاکتوباسیلوس بلگاریکوس (میله ای شکل) و استرپتوکوکوس ترموفیلوس (کروی) زندگی همزیستی دارند.

B. مخمر و باکتری اسید لاکتیک در سطح دانه کفیر، شکل "توپ" مانند در مرکز یک مخمر بوده و اشکال میله ای انواع مختلف باکتری ها می باشند.

C. مرکز دانه کفیر. مخمر و باکتری به وسیله شبکه ای که از جنس پروتئین و پلی ساکارید می باشد، در کنار هم قرار دارند.

بسته به شرایط محیطی و امکانات موجود، فرایند و تجهیزات هر خط تولید به طور واضحی از یک سازنده به دیگری تفاوت بسیار دارد.

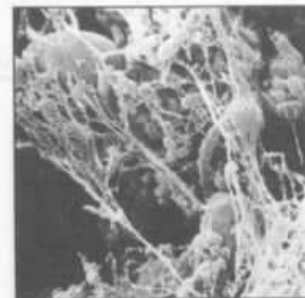
شکل ۱۱-۲۶ تصویر میکروسکوپ الکترونی از

سطح دانه کفیر، مخمر (کره مرکزی) و باکتری اسید لاکتیک (اجرام میله ای) دیده می شوند.



شکل ۱۱-۲۵ میکرو اورگانیزم ها در کشت اغلب

زندگی همزیستی دارند.



#### مواد خام

کیفیت مواد خام (شیر) در این فرآورده مانند دیگر محصولات تخمیری شیر بسیار مهم می باشد. شیر باید کاملاً عاری از آنتی بیوتیک یا مواد باکتری کش باشد. مواد خام برای تولید کفیر می تواند شیر بز، گوسفند یا گاو باشد.

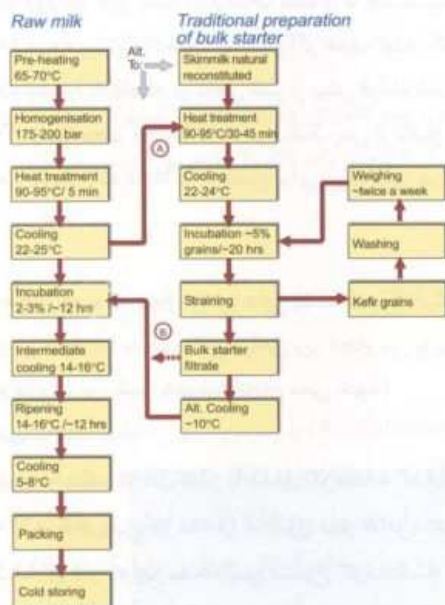
#### تولید کشت مایه

به طور معمول از شیر یا محتوای چربی متفاوت برای کشت کفیر استفاده می گردد، اما به کار بردن شیر پس چرخ و یا شیر پس چرخ باز ساخته، برای کنترل بهتر ترکیب میکروبی دانه کفیر اخیراً رواج بیشتری یافته است.

معمولاً تولید کفیر از شیر، انواع فرآورده های شیری شیر، جمعیت میکروبی باید صاف باشد تمام

باکتریوفاژها را در شیری که به عنوان محیط کشت مورد استفاده قرار می گیرد، غیر فعال نماید. معمولاً تولید دو مرحله دارد. دانه های کفیر بزرگ و ناهنجار برای استفاده مستقیم می باشند و تهیه حجم های کوچکی از کشت مادر هم از نظر کاربرد و هم از نظر کنترل آسانتر می باشد، شکل (۲۷-۱۱) مراحل مختلف فرایند را نشان می دهد.

شکل ۲۷-۱۱ نمودار ستونی فرایند مختلف در تولید کفیر



- Ⓐ برای تولید کفیر روز بعد یا روز بعد از آن  
Ⓑ مایه تولید شده در یک یا دو روز پیشتر

در اولین مرحله پس از فرایند پیش حرارتی، کار تلقیح بادانه فعال کفیر انجام می پذیرد. متعاقباً گرمخانه گذاری (انکوباسیون) دردمای تقریبی ۲۳ درجه سانتیگراد انجام می شود، نسبت مقدار دانه ها به مقدار محیط کشت تقریباً ۵ درصد (۱ قسمت دانه به ۲۰ قسمت محیط کشت) یا ۳/۵ درصد (۱ قسمت دانه به ۳۰ قسمت شیر) می باشد. زمان گرمخانه گذاری تقریباً ۲۰ ساعت است، چه دانه ها تماماً به ته نشین دارند باید به طه، متناوب د، ۵-۲ ساعت ه ه با، به

رسید، محیط کشت مادر را همزده و سپس به وسیله صافی دانه های کفیر را جدا می نمایند. صافی سوراخ هایی با قطر ۳-۴ میلیمتر دارد. دانه های جدا شده با آب داغ و سرد شسته و آبکشی می گردند، گاهی اوقات شستشو با شیر پس چرخ انجام می پذیرد. دانه را می توان برای استفاده مجدد گرمخانه گذاری نمود. جمعیت میکروبی دانه کفیر در زمان گرمخانه گذاری در هر هفته تقریباً ۱۰ درصد زیاد می گردد. بنابراین باید دانه ها را قبل از استفاده مجدد وزن کرده و مقدار مازاد دانه ها برداشته شود.

در مرحله دوم اگر قرار باشد مایع صاف شده را تا چند ساعت ذخیره نمایند باید آن را تقریباً تا دمای ۱۰ درجه سانتیگراد خنک نمایند و اگر هدف تولید کشت توده مایه از کشت کفیر باشد، مایع صاف شده را بلافاصله در داخل شیر از پیش فرایند شده تلقیح می نمایند. مقدار تلقیح تقریباً ۵-۳ درصد حجم محیط کشت می باشد. پس از تلقیح در ۲۳ درجه سانتیگراد طی زمان ۲۰ ساعت، کشت توده مایه، آماده تلقیح برای تولید کفیر می باشد.

### تولید کفیر

مراحل فرایند شبیه به همان روش هایی است که برای بیشتر فرآورده های کشت داده شیر به کار برده می شود. اما به طور کلی مراحل زیر انجام می پذیرد:

- استاندارد کردن چربی شیر (همیشه انجام نمی شود)
- هموژن کردن
- پاستوریزاسیون و خنک کردن شیر تا دمای گرمخانه گذاری
- تلقیح با مایه (که گاهی این مرحله را محلول زیر صافی می نامند)
- گرمخانه گذاری در دو مرحله (این نوع گرمخانه گذاری و کشت ویژه از مشخصه های کفیر می باشد)
- خنک کردن
- بسته بندی

### استاندارد کردن چربی

محتوای چربی شیر برای تولید کفیر به طور مختلفی بین ۵/۰ درصد تا ۶ درصد گزارش شده است. در روش مرسوم اغلب شیر خام با همان درصد چربی محتوای خود برای تولید به کار برده می شود. از این رو محتوای چربی را معمولاً بین ۵/۲ تا ۵/۳ درصد مشخص کرده اند.

جامه کشت داده شده در (Cultured cream) کشت داده شده و به روش استاندارد کشت داده شده است.

در این زمینه، به نظر می‌رسد که در سال ۱۳۸۰، در حالی که هنوز هیچ‌گونه اقدامی برای حل و فصل این موضوع نشده بود، دولت ایران با استفاده از فشارهای بین‌المللی و منطقه‌ای، توانست به توافق‌نامه‌ای با شرکت نفت ایران و انگلیس (ANOC) دست یابد. این توافق‌نامه، که در سال ۱۳۸۱ میلادی (۱۳۸۰ شمسی) به تصویب رسید، به ایران اجازه می‌داد تا سهم بیشتری از عواید نفتی خود را در اختیار بگیرد. این توافق‌نامه، به عنوان یک نقطه عطف در تاریخ نفت ایران به حساب می‌آید.

۵-۷ درجه سانتیگراد به سرعت و درون یک شبانه روز محصول را بردارند و در دمای ۵-۷ درجه سانتیگراد خشک کنند. این کار را از اقل به بیش به موازات یکدیگر و در جهت مخالف جهت جریان هوا انجام دهند. این عمل را تا آنجا که محصول به دمای ۵-۷ درجه سانتیگراد برسد و در دمای ۵-۷ درجه سانتیگراد خشک کنند. این کار را از اقل به بیش به موازات یکدیگر و در جهت مخالف جهت جریان هوا انجام دهند. این عمل را تا آنجا که محصول به دمای ۵-۷ درجه سانتیگراد برسد و در دمای ۵-۷ درجه سانتیگراد خشک کنند.

ಪರೀಕ್ಷೆ - ೨೦೧೭

متعاقب استاندارد کردن چربی، شیر را در دمای تقریبی ۶۵ تا ۷۰ درجه سانتیگراد با فشار ۲۰-۱۷/۵ مگا پاسکال (۲۰۰-۱۷۵ بار) هموژن می نمایند.

## عملیات حرارتی

عملیات حرارتی مانند روش تولید ماست می باشد یعنی دمای ۹۵-۹۰ درجه سانتیگراد به مدت ۵ دقیقه .

تَلْقِيح

متعاقب عملیات حرارتی، شیر تا دمای مناسب تلقیح (معمولا تقریباً ۲۳ درجه سانتیگراد) خنک می گردد و پس از آن با ۲-۳ درصد مایه (کفیر) تلقیح می گردد.

## گرمخانه گذاری

معمولا مرحله گرمخانه گذاری به دو مرحله ، اسیدی شدن و رسیدن تقسیم می گردد.

### مرحله اسیدی شدن

مرحله اسیدی شدن (Acidulation) با رسیدن pH به مقدار ۴/۵ بدست می آید، یا به تعبیری دیگر، اسیدیته تا (Th<sup>-</sup> ۱۰۰-۸۵) یا (SH<sup>+</sup> ۴۰-۳۵) باید توسعه یابد. این عمل به ۱۲ ساعت زمان نیاز دارد. پس از حصول به pH لازم، لخته در داخل مخزن دوجداره انکوباسیون به ملایمت هم خورده و با سیستم گردش جریان آب خنک در جداره خارجی مخزن مرحله پیش خنک شدن را طی می نماید. پس از رسیدن به دمای ۱۶-۱۴ درجه سانتیگراد خنک کردن و همزدن متوقف می گردد.

## مرحله رسیدن

ایجاد طعم تخمیری (مخمیری) در طی ۱۴-۱۲ ساعت بعدی توسعه می یابد. با رسیدن اسیدیته به  $12.0 - 11.0$  (pH تقریباً ۴/۴)، خنک کردن نهایی شروع و تکمیل می گردد و در نتیجه فرایند تخمیر و توسعه آن کند و متوقف می شود.



خامه باید برای مصرف هموژن گردد. برای خامه با ۱۲-۱۰ درصد چربی فشار هموژن کردن معمولاً ۲۰-۱۵ مگا پاسکال (۲۲-۱۵۰ بار) در ۷۰-۶۰ درجه سانتیگراد می باشد. کنترل دمای هموژن در یک محدوده خاص باعث بهبود قوام خامه می گردد.

برای خامه با ۳۰-۲۰ درصد چربی فشار هموژن کردن باید کمتر از ۱۲-۱۰ مگا پاسکال (۱۲۰-۱۰۰ بار) باشد، هرچند در این حالت معمولاً مقدار پروتئین (کازئین) کافی برای چسبیدن به سطح غشای ذرات چربی کافی نمی باشد.

### عملیات حرارتی

معمولاً خامه هموژن شده در دمای ۹۰ درجه سانتیگراد به مدت ۵ دقیقه تحت عملیات حرارتی قرار می گیرد. گاهی اوقات از ترکیب شکل های مختلف دما/ زمان برای هموژن کردن و عملیات حرارتی استفاده می گردد.

### تلقیح و بسته بندی

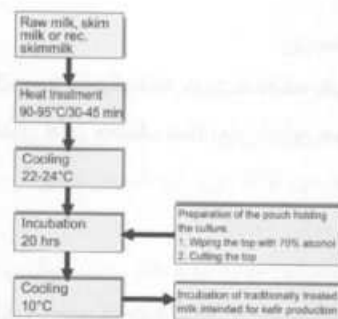
خامه پس از فرایندهای مقدماتی تا دمای مناسب تلقیح ۲۱-۱۸ درجه سانتیگراد خنک می گردد. سپس ۲-۱ درصد از "توده مایه" اضافه می گردد.

تلقیح را می توان در مخزن یا هنگام بسته بندی انجام داد. زمان تخمیر ۲۰-۱۸ ساعت می باشد، پس از کامل شدن تخمیر، خامه کشت داده شده به سرعت خنک می گردد تا از افت بیشتر pH جلوگیری شود. اگر ویسکوزیته خامه تخمیر شده بسیار بالا باشد مشکلاتی را برای بسته بندی ایجاد خواهد نمود. علیرغم احتیاط های به عمل آمده در هنگام عملیات مکانیکی بر روی خامه کشت داده شده مانند عملیات پمپ کردن و بسته بندی و غیره، ممکن است قوام خامه تضعیف شده و خامه رقیق تر به نظر آید.

گاهی فرایند تخمیر پس از بسته بندی در داخل بسته انجام می گیرد در این حالت هم باید از حرکات مکانیکی شدید اجتناب گردد. پس از تلقیح مایه به خامه و متعاقب آن بسته بندی، محصول در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد نگهداری می گردد تا اسیدیته آن به ۸۵ °Th برسد برای این کار در حدود ۱۸-۱۶ ساعت زمان مورد نیاز می باشد. پس از این مرحله بسته ها با دقت به انبار خنک انتقال داده می شوند. محصول در داخل انبار خنک در دمای ۶ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت نگهداری می شود تا سرانجام برای مصرف توزیع گردند. از خامه کشت داده شده در پخت و پز هم استفاده می گردد.

استرپتوکوکوس لاکتیس و استرپتوکوکوس کرموریس بوده و همچنین از استرپتوکوکوس دی استی لاکتیس (انواع D و DL) و لوکونوستوک سیتروروم (انواع L و DL) برای ایجاد عطر و طعم استفاده می گردد.

شکل ۲۸-۱۱. آماده سازی کشت مایه برای کفیر از کشت خشک شده در انجماد



خامه کشت داده شده (تخمیری) ظاهری درخشان و ساختاری یکنواخت و نسبتاً غلیظ دارد. مزه آن اسیدی ملایم می باشد. خامه کشت داده شده، مانند دیگر فراورده های تخمیری شیر دارای عمر ماندگاری محدود است و لزوماً مراعات سطوح بالای بهداشت در فرایند تولید برای حفظ کیفیت محصول ضروری می باشد.

در بسته بندی هایی که بخوبی در برابر نفوذ هوا درزبندی نشده باشند انواع قارچ و مخمر امکان رشد می یابند و در سطح رویی خامه رشد می نمایند. اگر زمان نگهداری محصول در انبار طولانی گردد آنزیم های مترشح از باکتری اسید لاکتیک باعث شکسته شدن پروتئین بتا - لاکتوگلوبولین شده و باعث بروز طعم تلخ در خامه می گردند. ضمناً در نگهداری طولانی مدت خامه کشت داده شده به علت خروج گاز کربنیک و دیگر مواد حلقوی تولید کننده عطر و رایحه، از ورای بسته بندی کیفیت طعم و مزه آن کاهش می یابد.

### تولید

خط فرایند برای تولید خامه کشت داده شده شامل لوازمی برای استاندارد کردن چربی، هموژن کردن، عملیات حرارتی، تلقیح و بسته بندی می باشد.

برنده جایزه نوبل در پزشکی در سال ۱۶۰۸ میلادی برای کشف عمل فاگوسیتوز کویچه های سفید خون بوده است. "فاگوسیتوز" یعنی عمل بیگانه خواری کویچه های سفید خون).

مچنیکوف با مشاهدات خود، چنین استدلال نمود که خوردن لاکتوباسیل موجود در ماست، باعث نابودی باکتری های مولد فساد در روده بزرگ انسان می گردد و بدینوسیله از تولید سموم به وسیله آنها جلوگیری به عمل می آورد. این سموم می توانند منشا یا زمینه ساز بیماری های مزمن، مخصوصا آرترواسکلروزیس (Arteriosclerosis) گردند.

انتقاد وارده بر فرضیه پرفسور مچنیکوف این بود که لاکتوباسیل نمی تواند در pH پایین تر از ۲ زنده باقی بماند در حالیکه pH معده انسان در این حد می باشد. با وجود این لازم است، مطالعات بیشتری در این مورد انجام پذیرد.

طرف داران فوائد و سلامت بخش بودن اثرات باکتری اسید لاکتیک معتقدند که در قرن آینده این عملکرد شبیه به کشف و اثرات پنی سیلین و سولفامید در قرن بیستم خواهد بود. اصطلاح "غذاهای مقوی" اغلب برای غذا هایی که به نوعی اجزایی شبه دارویی داشته و سلامتی را ارتقاء می دهند به کار برده می شود. اندیشه استفاده از غذا به جای دارو نشأت گرفته از همین اندیشه ها است. این فکر در ژاپن گسترش بیشتری را پیدا کرده و باعث شده است که از حجم درمان های دارویی (احتمالادرمان غیر ضروری) کاسته شود.

شکل ۲۹-۱۱ نمونه هایی از محصولات شیر حاوی مخلوط باکتری های جدید برای دستیابی به اثرات مثبت روی سیستم گوارشی با نام های BRA، و اوناکا (Onaka)

لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و بیفیدو باکتر از اجزاء مهم در فلور میکروبی سیستم گوارش انسان می باشند



باکتری اسید لاکتیک از زمان های بسیار قدیم برای تولید غذا های تخمیری به کار برده شده است. این باکتری ها که به طور معمول برای تولید ماست استفاده می شوند، مانند لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس (Lactobacillus acidophilus)، لاکتوباسیلوس روتری (L.reuteri) (یک باکتری نسبتا جدید)، بیفیدو باکتریا (Bifido Bacteria) و گونه مشخص لاکتوکوکوس لاکتیس، در دسته تولید کنندگان غذای مقوی قرار دارند.

(معمولی) یا خامه کشت داده شده می باشد.

محتوای چربی آن تقریبا ۵/۰ درصد بوده و مقداری مواد غشایی مانند لسیتین در آن وجود دارند، ماندگاری این فراورده به علت اکسیداسیون سریع مواد غشایی (لسیتین) و تغییرات واضح مزه کوتاه است. جدا شدن سرم شیر و دوفاز شدن محصول، مشکل عمومی در دوغ کره تولیدشده از خامه تخمیری می باشد.

### دوغ کره تخمیری

دوغ کره تخمیری در مقایسه با نوع غیر تخمیری از طعم بهتر و عمر ماندگاری طولانی تری برخوردار می باشد بنابراین تمایل بیشتری برای تولید این نوع محصول وجود دارد. مواد خام اولیه می تواند دوغ کره شیرین ناشی از ساخت کره از خامه شیرین، شیر پس چرخ یا شیر با مقدار چربی کم باشد.

در تمام این موارد مواد خام تحت عملیات حرارتی در دمای ۹۵-۹۰ درجه سانتیگراد به مدت ۵ دقیقه قرار می گیرند و سپس تا دمای مناسب برای تلقیح مایه، خنک می گردند. برای کشت از باکتری اسید لاکتیک معمولی استفاده می گردد. در مواقعی که از شیر پس چرخ یا شیر با مقدار چربی کم، برای تولید استفاده می شود برای ایجاد حالت طبیعی مانند دوغ کره ناشی از کره سازی، دانه های کره را به آن اضافه می نمایند.

### بیشرفت های جدید در محصولات کشت داده شده شیر

"باکتری اسید لاکتیک زنده = واکسن آینده!"

جمله بالا در ژورنال اسکاندیناوی (Nutrition/Narings-forsking Vol 37: 132-137, 1993) درج شده که ماحصل نتایج بررسی گزارش کلاس لونر (Clas Lonner) در کنفرانس ۲۹ آوریل سال ۱۹۹۳ در لوند سوئد (Lund Sweden) بود.

برای سال ها، مردم شمال سوئد از یک نوع شیر کشت داده شده مخصوص به نام لانگ فیل (Langfil) برای بهبودی زخم ها و درمان آلودگی های قارچی دستگاه تناسلی زنانه استفاده می کردند. تقریبا از اوایل قرن بیستم، مطالعه و بررسی بر روی باکتری اسید لاکتیک و اثرات مهم آن بر سلامتی انسان شروع شد. در این سال ها پرفسور الی مچنیکوف (Elie Metchnikoff) از انستیتو پاستور پاریس فرانسه به این مسئله اشاره نمود: مردم روس که روزانه مقدار زیادی ماست مصرف می نمایند عمر طولانی تری دارند. (پرفسور مچنیکوف

- 1- Microbial surface hydrophobicity, R J Doyle and M Rosenberg, Amer Soc for Microbiology, Washington 1990 . ISBN 1-5581-028-4.
- 2- The Lactic Acid Bacteria in health and disease, Volume 1, B J Wood, Elsevier Applied Science , London 1992 . ISBN 185 1667 202.
- 3- Probiotics , the scientific basis , R Fuller. Chapman & Hall, London 1992. ISBN 0-412-40850-3.
- Nutrition and the intestinal flora. Almqvist & Wiksell 1993, pp 141.

دارای ویژگی های زیر باشد :

- توانایی تشکیل کلنی و ادامه حیات،
- قابلیت چسبندگی،
- توانایی تراکم پذیری،
- اثرات رقابتی،

لاکتوباسیل اسیدوفیلوس و بیفیدو باکتر در فلور دستگاه گوارش انسان نقش مهمی دارند . اولی به طور طبیعی در روده کوچک و دومی در روده بزرگ حضور بیشتری دارند.

کاهش تعداد باکتری مفید فلور گوارشی انسان (در اثر مصرف دارو ها ، تنش عصبی و یا بالا رفتن سن) در بیشتر مردم عوارضی مانند نفخ ، سوء هاضمه و گاهی بیماری تولید می نماید . مصرف لاکتوباسیل های زنده و بیفیدو باکتر همراه با فرآورده های شیر یک ایده مناسب برای برگرداندن تعادل در فلور گوارشی می باشد. علاوه بر رفع اختلالات گوارشی بعضی گزارش ها براین نکته دلالت دارد که لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و بیفیدو باکتر ممکن است در موارد زیر نیز کمک کننده باشند :

- کاهش سطح کلسترول در خون،
- کاهش حالت عدم جذب لاکتوز (عدم تحمل لاکتوز)،
- تقویت سیستم ایمنی،
- کاهش خطر سرطان معده،

(مرجع : "Nu-trish cultures" , Chr. Hansen's Laboratories Copenhagen , Denmark)

این میکرو ارگانیسم ها همراه با دیگر کشت ها مانند باکتری های گرما دوست ماست یا مزوفیل ها به کار برده می شوند. فرآورده ای با ترکیب انوعی از این نوع باکتری ها اخیرا در بازار های سوئد معرفی شده و بنام شیر BRA نامیده می شود و طرفداران زیادی یافته است ، این نام دو معنا را می رساند در زبان سوئدی "برا" ( BRA ) به معنی خوب می باشد و همچنین این اسم از اول لغات "بیفیدو" ، "رویتری (Reuteri)" و اسیدوفیلوس باکتری برداشته شده است این فرآورده به دو شکل شیرین و ترش در بازار عرضه شده است .

به طور کلی این تصور که باکتری اسید لاکتیک پتانسیل بالایی را برای ارتقا سلامتی در انسان و حیوان برعهده دارد تقریبا مورد قبول محافل علمی قرار گرفته است و مولفین زیادی در این باره تحقیقاتی را ارائه داده اند و احتمالا در آینده نکات بیشتری در این باره یافته خواهد شد. در فهرست کتاب شناسی در ادامه این فصل چند منبع برای کسانی که مایلند اطلاعات بیشتری را در این زمینه کسب نمایند آورده شده است .



## کره و فرآورده های گسترده (مالیدنی)

اتحادیه بین المللی لبنیات (International Dairy Federation=IDF) درباره کره و فرآورده های گسترده جزوه ای را با نام "استاندارد IDF، ۱۶۶:۱۹۹۳" راهنمای چربی های قابل پهن شدن یا گسترده " تدوین و منتشر نموده است که در آن در باره تک تک این گونه فرآورده ها و استاندارد های مربوطه همراه با استاندارد های سایر کشور ها بحث و بررسی شده است.

### تعاریف

چربی گسترده (Fat spread): این فرآورده یک نوع امولسیون خوراکی، آب در روغن است که در آن یک فاز آبی و یک فاز چربی یا روغن خوراکی وجود دارد.

چربی یا روغن خوراکی (Edible fats and oils): ترکیب اصلی چربی یا روغن خوراکی تری گلیسرید و اسید های چرب می باشد که منشأ آن ممکن است از منابع گیاهی، حیوانی، شیر یا منابع دریایی باشد.

تابلهای (۱-۱۲) و (۲-۱۲) از این استاندارد استخراج شده اند.

تابلو ۱-۱۲ ترکیبات اصلی چربی شیر و مارگارین

| فرآورده های چربی شیر     | فرآورده هایی با چربی مخلوط      | فرآورده هایی با چربی مارگارین |
|--------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| تمام چربی آنها (صد درصد) | چربی شیر حداقل ۱۵ درصد          | چربی شیر حداقل ۳ درصد از کل   |
| از چربی شیر می باشد.     | چربی مخلوط حداقل ۸۰ درصد، چربی، |                               |

توجه: نقطه (یا نقاط) محدود کننده در آب، مواد، عانت قهانه، مل، یا محلول، است.

مواد اولیه اصلی برای تولید این فرآورده ها عبارتند از: آب و یا فرآورده های شیر، چربی خوراکی یا روغن و یا مخلوطی از آن ها. استاندارد کشورها در باره محتوای چربی، در فرآورده چربی مالیدنی (گسترده) بر اساس منابعی که چربی از آن بدست آمده، آنها را به سه گروه طبقه بندی می نمایند. حداکثر میزان چربی این فرآورده ها در محدوده ۹۵ درصد قرار دارد.

نام گذاری غذا یا فرآورده باید دربرگیرنده قوانین ملی کشورها باشد. براساس استاندارد مذکور فرآورده های "چربی مالیدنی" به سه گروه طبقه بندی می شوند که بر اساس طبقه بندی منشأ چربی ها (حیوانی، گیاهی، دریایی) می باشد ولی به هر حال بایستی با ویژگی های کلی تابلو (۲-۱۲) مطابقت داشته باشد.

تابلو ۲-۱۲ نامگذاری چربی شیر و فرآورده های مارگارین

| محتوای چربی (درصد) | فرآورده های چربی               | فرآورده های چربی                                    | فرآورده های مارگارین                                   |
|--------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| ۸۰-۹۵              | شیر                            | مخلوط                                               | مارگارین *                                             |
| <۸۰ - ۶۲           | کره مالیدنی                    | محصول مالیدنی مخلوط                                 | چربی مالیدنی                                           |
| ۶۰-۶۲              | $\frac{3}{4}$ چربی یا کره چربی | $\frac{3}{4}$ چربی یا مخلوط با چربی                 | $\frac{3}{4}$ چربی یا مارگارین با چربی                 |
| <۶۰ - ۴۱           | کاهش داده شده                  | کره کاهش داده شده، چربی کاهش داده شده، مالیدنی لبنی | مخلوط کاهش داده شده، چربی کاهش داده شده، مالیدنی مخلوط |
| ۳۹-۴۱              | $\frac{1}{2}$ یا کمتر چربی کره | $\frac{1}{2}$ یا کمتر چربی مخلوط                    | $\frac{1}{2}$ یا کمتر مارگارین یا مینارین *            |
| <۳۹                | مالیدنی لبنی با چربی کم        | مالیدنی مخلوط با چربی کم                            | مالیدنی، کم چرب                                        |

در ادامه استاندارد انحصاری (FAO/WHO) که به طور رایج برای این فرآورده ها در تجارت بین المللی به کار برده می شود نشان داده شده:

A1- استاندارد برای کره و کره آب پنیر،

(A16- استاندارد برای فرآورده های قابل گسترده با چربی پایین- پیش نویس)

استاندارد کدکس ۱۹۸۱-۳۲ برای مارگارین،

استاندارد کدکس ۱۹۸۱-۱۳ برای مینارین (Minarine)،

یخچال های معمولی قرار گیرند، خاصیت مالیدنی خود را از دست داده و سفت می شوند. امروزه با استفاده از فرایند خاص انواعی از فراورده ها (در حدود شش تا هفت نوع) تولید می شوند که حتی در دمای یخچال خواص مالیدنی خود را حفظ کرده و به سهولت قابل پخش شدن بر روی نان می باشند. برخی از این فراورده ها به صورت مخلوط هایی با چربی کم (۴۰ درصد) به نام مینارین ها (Minarines) و انواعی دیگری با میزان چربی نسبتا کم (۶۰ درصد) بنام ملارین (Mellarinse) تولید می شوند.

## کره

کره را معمولا به دو دسته تقسیم می نمایند :

- کره حاصل از خامه شیرین ،
- کره حاصل از خامه کشت داده شده یا خامه ترش ،

تا اوایل قرن ۱۹ ، کره از خامه ای که به طور طبیعی ترش شده بود، تولید می گردید. خامه ای که از روی شیر جمع آوری می شد در داخل یک تبار چوبی ریخته شده و بدنبال آن به وسیله تکان دادن در ظرف کره زنی یا چرن ها (Churns) کره به طور دستی تهیه می گردید. فرایند ترش شدن طبیعی، بسیار حساس است و اغلب به وسیله میکروارگانیسم های ناخواسته آلودگی به وجود می آید .

با گسترش دانش سرد سازی ، کره گیری از خامه شیرین ممکن گردید. روش تولید کره به تدریج بهبود یافت و در جنبه های کیفی و اقتصادی تولید این فراورده پیشرفت هایی حاصل شد. در قدیم برای ترش نمودن خامه شیرین از افزودن شیری که به طور طبیعی ترش شده یا دوغ کره اسیدی شده استفاده می شد. بعدها تولید کره از خامه "رسیده" تحت شرایط تقریبا کنترل شده ای امکان پذیر شد.

اختراع سپراتور در سال ۱۸۷۸ میلادی ، علاوه بر سرعت عمل ، راندمان تولید خامه از شیر را نیز بهبود بخشید. در نتیجه تولید کره رشد فزاینده ای پیدا نمود. عوامل موثر در ارتقاء کیفیت و توجیه اقتصادی سیستم تولید ، با پیدایش فرایند پاستوریزاسیون در سال ۱۸۸۰ میلادی آغاز و با به کارگیری کشت های خالص باکتریایی از سال ۱۸۹۰ و معرفی ماشین های کره سازی در ابتدای این قرن تکمیل گردید .

تولید تجاری کره ، بر پایه سالها دانش و تجربه اندوزی قرار دارد. تولید این فراورده امروزه با مراحل همچون مراعات نکات بهداشتی ، استفاده از کشت های خالص باکتریایی ، عملیات های حرارتی و استفاده از ماشین های پیشرفته همراه با روش های جدید به یکی از موفق ترین تولیدات حاصل از فراورده های لبنی تبدیل گشته است .

| محصول                 | کره               | مارگارین          | گستردنی                    | گستردنی                      | ام-کوکوس    | چربی خوک |
|-----------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|------------------------------|-------------|----------|
| ترکیب                 |                   |                   | لبنی ،<br>برگوت            | لبنی با<br>چربی پایین        |             |          |
|                       | Butter            | Margarin          | Bregott                    | Latt & Lagom<br>AMF*+        | M-cocos     | Lard     |
| مواد پایه             | خامه کشت داده شده | روغن و چربی گیاهی | خامه کشت داده و روغن گیاهی | روغن گیاهی با اولویت کره شیر | روغن نارگیل | چربی خوک |
| چربی %                | ۸۰                | ۸۰                | ۸۰                         | ۴۰                           | ۱۰۰         | ۱۰۰      |
| رطوبت %               | ۱۶-۱۸**           | ≈ ۱۸              | ۱۷-۱۸**                    | ۴۸                           | .           | .        |
| نمک %                 | ۰-۲               | ۱/۵-۲             | ۱/۴-۲                      | ۱/۲                          | .           | .        |
| پروتئین %             | ۰/۷               | ۰/۲-۰/۴           | ۰/۶                        | ۷/۵                          | .           | .        |
| انرژی ویژه<br>KJ/100g | ۳۱۴۰              | ۳۱۰۰-۳۱۵۰         | ۳۱۴۰                       | ۱۷۱۰                         | ۳۹۰۰        | ۳۹۰۰     |
| ویتامینها             | A ۲۵۰۰            | A ۳۰۰۰            | A ۳۰۰۰                     | A ۳۰۰۰                       | .           | .        |
| LU/100g               | D ۵۵              | D ۳۰۰             | D ۳۰۰                      | D ۳۰۰                        | .           | .        |
| حفظ کیفیت<br>در ۶-۷°C | ۲-۳ ماه           | ۳ ماه             | ۲-۳ ماه                    | ۱/۵ ماه                      | ۶-۱۲ ماه    | ۶ ماه    |
| کاربرد                | سفره              | سفره              | سفره                       | سفره                         | پخت و پز    | سرخ کردن |
|                       | پخت و پز          | پخت و پز          | پخت و پز                   |                              | قنادی       | پخت      |

\*AMF = چربی شیر بدون آب

\*\* = بر اساس مقدار نمک تغییر می نماید

مرجع : Livsmedelsbranschens Utbildningsorgan, Brevskolan, Sweden

در فهرست تابلو (۱۲-۳) مثال هایی از نام های تصویب و معرفی شده چند فراورده تجارتی چربی (کره) در سوئد نشان داده شده است .

از سال ها پیش در این کشور فراورده هایی مانند کره ، مارگارین ، چربی خوک و روغن نارگیل برای پخت و پز به کار برده می شد.

کره و مارگارین دو محصول رایج تر در این دسته بندی بوده که لزوم توجه بیشتری را طلب می نماید. هر دوی آنها برای گستردن بر روی نان مناسب بوده و به همان نسبت برای

داخل یک تبار کم عمق تخلیه می نمودند و به طور دستی دانه های کره را جمع آوری کرده و تا بدست آوردن قوام لازم مالش می دادند.

فرایند تولید کره در سطوح بالاتر و در مقیاس وسیع تر عموماً شامل چند مرحله می باشد. فرایند تولید غیر مداوم در چرن و تولید مداوم در ماشین های کره سازی در شکل (۲-۱۲) به طور شماتیک نشان داده شده است. امروزه دستگاه چرن به سرعت در حال جابه جایی با ماشین های پیوسته کره زنی می باشند.

شکل ۱-۱۲ چرن دستی سنتی، که برای کره سازی خانگی استفاده می شد.



کره را می توان در چرن به صورت فرایند غیر مداوم یا در ماشین های مدرن کره سازی به صورت پیوسته تولید نمود.

ممکن است خامه توسط یک کارخانه شیر مایع به صورت خامه مازاد تامین شود و یا از شیر کامل در کارخانه کره سازی جدا گردد. در مورد اول خامه باید توسط تامین کننده آن پاستوریزه شود. ذخیره سازی و تحویل خامه به کارخانه کره سازی باید متضمن جلوگیری از بروز آلودگی ثانویه، و ورود هوا به داخل آن باشد. خامه در کارخانه کره سازی، پس از دریافت، توزین و آزمایش در مخزن سیلو ذخیره می گردد.

چنانچه در کارخانه، خامه از شیر کامل تهیه گردد، شیر کامل باید تحت فرایند حرارتی مقدماتی (پیش حرارتی) یعنی دمای ۶۳ درجه سانتیگراد قرار گیرد، متعاقباً خامه گرم به داخل مخزن ذخیره موقت (بینابینی) هدایت شده و سپس خامه به پاستوریزاتور مخصوص پمپ می گردد. برای شناخت چگونگی فرآوری ملایم خامه، می توانید به توضیحات روش اسکانیا در فصل ۸ مراجعه نمایید.

شیر پس چرخ خارج شده از سپراتور (خامه گیر)، پاستوریزه و سپس خنک شده و سرانجام در داخل مخزن سیلو ذخیره می گردد. ممکن است قسمتی از این شیر برای تولید مایه کشت (در زمانی که هدف تولید کره کشت داده شده باشد) استفاده گردد.

تفاوت در ترکیبات انواع کره، ناشی از روش های مختلف تولید می باشد. بنابراین می توان پاره ای از این تفاوت ها را در تابلو (۳-۱۲) مشاهده نمود، برای مثال در کره با محتوای ۸۰ درصد چربی و ۱۸-۱۶ درصد رطوبت، اساس کار بر پایه افزودن یا عدم افزودن نمک می باشد. همچنین کره به طور طبیعی حاوی ویتامین های A و D می باشد.

رنگ کره بر اساس مقدار کارتنوئیدهای (Carotenoids) { یک نوع رنگدانه } موجود در آن تغییر می کند، این ماده ۱۱ تا ۵۰ درصد از کل ویتامین A فعال در شیر را تشکیل می دهد. مقدار کارتنوئید در شیر به طور طبیعی در فصول زمستان و تابستان تغییر می نماید، (در زمستان به علت تعلیف دام با علوفه خشک و کنسانتره و همچنین فقدان علوفه سبز که غنی از کارتنوئید می باشند، این ماده کمتر وارد بدن دام می گردد) بنابراین کره تولید شده در زمستان رنگ روشن تری دارد (شیر گاومیش فاقد کارتنوئید بوده و کره ساخته شده از شیر این دام سفید می باشد). کره باید ظاهری مات و مزه تازه داشته باشد. آب (فاز آبی) باید به صورت قطرات بسیار ریز، به گونه ای در کره توزیع شده باشد که کاملاً ظاهر آن را خشک بنمایاند. قوام کره باید نرم بوده به گونه ای که به آسانی در دهان پخش و ذوب گردد.

کره خامه ترش، مزه دی استیل، ولی کره خامه شیرین مزه خامه ای دارد (یک طعم ضعیف پخته).

کره تولید شده از خامه ترش در مقایسه با خامه شیرین دارای برتری بیشتری است، زیرا مواد طعم دهنده (Aroma) در آن غنی تر بوده و راندمان کره دهی نیز بیشتر است. همچنین پس از عملیات حرارتی به علت وجود حالت رقابت و ممانعت کنندگی میکروارگانیزم های کشت داده شده از رشد میکروارگانیزم های نا خواسته جلوگیری می گردد.

البته کره خامه ترش محدودیت های خاص خود را دارد. دوغ کره (Buttermilk) خامه ترش pH پایینی دارد، یکی از مشکلات کره تهیه شده از خامه ترش حساسیت بیشتر آن در برابر اکسیداسیون می باشد که باعث ایجاد طعم فلزی (Metallic taste) در آن می گردد. این تمایل باحضور مقادیر ناچیز مس و یا فلزات سنگین تشدید می گردد و از عمر ماندگاری شیمیایی کره به طور قابل توجهی می کاهد.

## کره سازی

در ابتدا کره به طور دستی و به وسیله یک نوع چرن (Churn) ساده در مزرعه برای مصارف خانگی تولید می گردید، شکل (۱-۱۲). عملیات کره زنی (Churning) در این روش به این صورت ادامه می یافت که پس از ظاهر شدن دانه های کره در داخل دوغ، آن را در



اربین بردن میخروار نانیزم های مزاحم ، شرایط رابرای رشد وتوسعه میکروارگانیزم های مایه کشت در کره خامه ترش فراهم می سازد. همچنین ، عملیات حرارتی باعث رها سازی ترکیبات قوی آنتی اکسیدانی سولفیدریل (Sulphhydryl) می گردد ، که این امر هرچه بیشتر از خطر بروز اکسیداسیون می کاهد .

به کار گیری خلاء و هوا گیری باعث حذف ، طعم های ناخواسته یا مواد فرار بد بو مانند بوی پیاز از خامه می گردد، هر طعم موجود در خامه با چربی اتصال پیدا کرده و بداخل کره راه خواهد یافت. معمولا ، ایجاد خلاء پس از عملیات گرم کردن مقدماتی (قبل از پاستوریزاسیون) انجام شده و پس از آن خنک کردن آنتی بر روی محصول اعمال می گردد. گازها و مواد فرار تحت این شرایط سریعاً از خامه خارج می گردند. پس از این مرحله، برای طی عملیات حرارتی (حرارت دادن، هولدر کردن و خنک نمودن)، خامه به پاستوریزاتور برگردانده و پس از پاستوریزاسیون به مخزن عمل آوری فرستاده می شود.

حد اکثر حجم توصیه شده برای مخزن "عمل آوری و رسانیدن" خامه ، در حدود ۳۰۰۰ لیتر می باشد که در آنجا خامه در معرض برنامه حرارتی خاصی برای ایجاد ساختمان بلورین، در چربی قرار می گیرد. این برنامه بر اساس عواملی مانند نحوه ترکیب بندی چربی کره تنظیم شده است. یکی از عوامل مهم در تنظیم این برنامه ارزش یدی است که نشان دهنده مقدار چربی غیر اشباع در محصول می باشد. فراوری مناسب می تواند ضمن اصلاح قوام کره از کاهش ارزش یدی نیز اجتناب نماید.

معمولا، عمل آوری و رسانیدن خامه ۱۵-۱۲ ساعت طول می کشد و ممکن است قبل از عملیات حرارتی، مایه کشت باکتری اسید لاکتیک به خامه اضافه گردد. با توجه به ارزش یدی ، کمیت کشت اضافه شده وابسته به برنامه عملیات حرارتی انتخاب شده می باشد ، شکل (۴-۱۲).

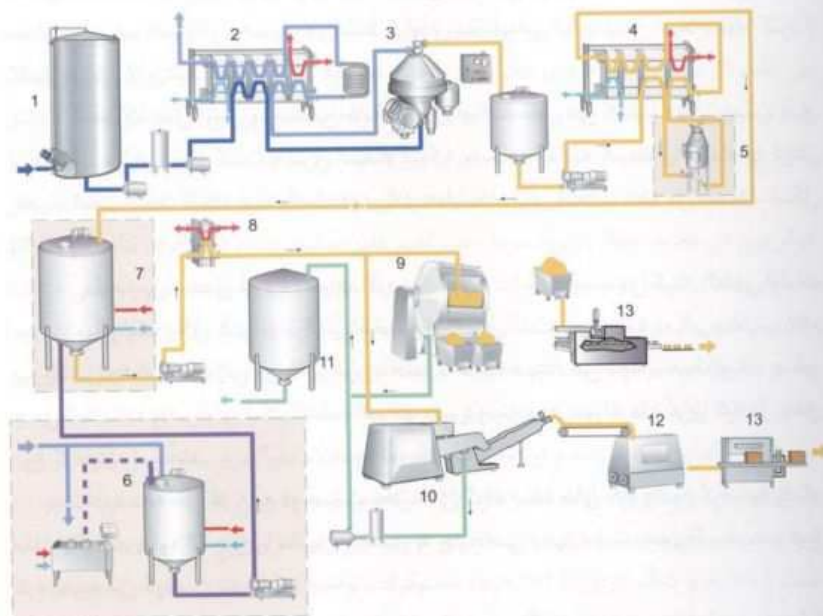
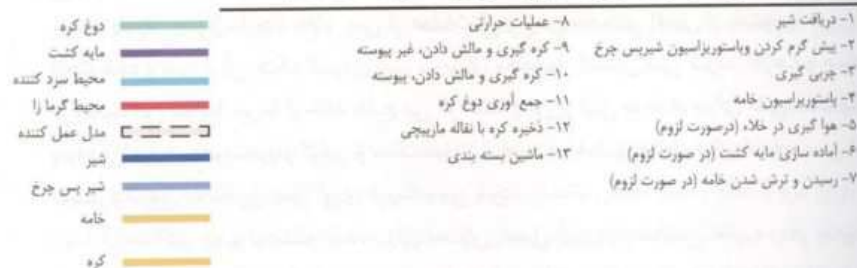
خامه پس از عمل آوری، به واحد کره ساز مداوم ، یا چرن پمپ می گردد. گاهی اوقات عبور از میان یک تبادیل کننده حرارتی صفحه ای برای دستیابی به دمای مناسب لازم می باشد. در فرایند کره زنی در داخل چرن ، خامه با شدت همزده می شود تا همه گویچه های چربی شکسته شوند، چربی شکسته شده کم کم بهم پیوسته و به صورت دانه های کره در داخل دوغ کره پدید می آیند.

خامه در داخل چرن به دو قسمت تجزیه می گردد : دانه های کره و دوغ کره ، وقتی که مقدار دانه های کره در چرن یا ماشین کره ساز به حد خاصی رسید ، سیستم متوقف شده و دوغ کره تخلیه می گردد.

پس از تخلیه دوغ کره ، برای ایجاد یک حالت پیوستگی بین فاز چربی (فاز پیوسته) و آب (فاز منتشر) کره مالش داده می شود. گاهی اوقات نیز کره پس از چرن، برای حذف باقیمانده

خامه به طور پیوسته از مخزن ذخیره بینابینی، به پاستوریزاتور خامه فرستاده شده و در آنجا در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد یا بالاتر تحت عملیات حرارتی قرار می گیرد. معمولا برای نابودکردن آنزیم ها و میکروارگانیزم های مخرب و حفظ کیفیت کره به کار گیری حرارت بالاتری لازم می باشد .

شکل ۲-۱۲ فرایند و مراحل در تولید غیر پیوسته و پیوسته کره کشت داده شده



## پاستوریزاسیون

خامه در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد یا بالاتر بدون نیاز به هولدر کردن (نگهداری در این دما برای چند ثانیه) پاستوریزه می گردد. عملیات حرارتی باید برای منفی نمودن جواب آزمایش پراکسیداز کافی باشد.

این عملیات شدید نه فقط باکتری های بیماری زا بلکه همچنین دیگر باکتری ها و آنزیم هایی را که می توانند بر روی کیفیت نگهداری خامه تاثیر نامطلوب گذارند از بین می برد. عملیات حرارتی نباید خیلی شدید باشد زیرا باعث بروز آسیب هایی مانند ایجاد طعم پخته در محصول خواهد شد.

## هواگیری در خلاء

هرگونه مواد طعم دار نامناسب که دارای طبیعت فرار باشند را می توان به وسیله خلاء از محصول حذف نمود. برای این کار ابتدا خامه را تا ۷۸ درجه سانتیگراد حرارت داده و سپس به وسیله پمپ به یک محفظه خلاء که در آنجا فشار برای جوشیدن آب در ۶۲ درجه سانتیگراد تنظیم شده وارد می گردد. کاهش فشار باعث رهایی مواد فرار طعم دهنده در هنگام خنک شدن سریع محصول (Flash cool) می گردد. پس از این مرحله خامه برای پاستوریزاسیون و خنک شدن به تبادل کننده حرارتی صفحه ای برگشت داده می شود. متعاقب عملیات پاستوریزاسیون خامه وارد مخزن عمل آوری و رسانیدن می گردد.

بروز طعم نامناسب پیاز یکی از رایج ترین طعم ها در فصل تابستان می باشد که به دلیل وجود گیاهان پیازدار در مزارع چرای دام می باشد. بنابراین جدا سازی این طعم بسیار قوی از خامه گاهی ضروری می باشد.

## ترش شدن باکتریایی

### آماده سازی مایه کشت

برای تولید کره از خامه کشت داده شده از قبل خامه را ترش می نمایند روش های به کار رفته قبلا در فصل ۱۰ تحت عنوان "تولید کشت و استارتر ها" بیان شده است. افزودن باکتری های تولید کننده اسید (اسید ساز) به کره طعم تندی می دهد، همچنین بازده چربی در بهره تولید کره را بهبود می بخشد.

معمولا، مایه کشت مورد استفاده از نوع LD یا L، می باشند که به معنی دربر داشتن باکتری تولید کننده مواد طعم زا، مانند استرپتوکوکوس دی اسیتی لاکتیس (Citrate Lactococci) و لاکونوستوک سیترووروم یا فقط لاکونوستوک سیترووروم می باشد.

دوغ کره با آب تستسو داده می شود، اما این امر امروزه به ندرت انجام می پذیرد. اگر فرار است کره نمک زده تهیه شود، در تولید غیر مداوم، نمک در روی سطح کره پاشیده می شود، در کره سازی مداوم، نمک به محلول آب و کره در هنگام مالش دادن اضافه می گردد.

پس از نمک زدن، کره باید به مدت بیشتری مالش داده شود تا پخش و توزیع نمک در بافت کره به طور یکسان انجام پذیرد. عمل مالش کره بر روی مشخصه های نهایی محصول مانند: پخش مواد عطر و طعم دهنده، کیفیت نگهداری، ظاهر و رنگ موثر می باشد. محصول نهایی به واحد بسته بندی هدایت شده و پس از بسته بندی در سرد خانه ذخیره می گردد.

## مواد خام

خامه مورد استفاده در کره سازی باید از کیفیت باکتریولوژیکی خوب برخوردار بوده و دارای مزه یا عطر و طعم طبیعی باشد. یکی از معیارهای تصمیم گیری در انتخاب خامه خوب ارزش یدی می باشد. خامه دارای ارزش یدی بالا، (دارای مقدار بیشتری چربی غیر اشباع) کره نرم تولید خواهد نمود ولی می توان قوام قابل قبولی برای بافت کره با استفاده از هر دو نوع چربی سخت (ارزش یدی پایین تا ۲۸) و چربی نرم (ارزش یدی بالای ۴۲)، به وسیله اعمال عملیات فراوری مناسب در فرایند عمل آوری خامه، کره ای با ارزش یدی مناسب تهیه نمود.

خامه حاوی آنتی بیوتیک یا مواد ضد عفونی کننده، برای ساخت کره اسیدی نامناسب می باشد. اگر میکروارگانیسم های مخرب در خامه موجود باشند و با به کار گیری عملیات حرارتی از بین برده شوند، بازهم خامه را برای تولید کره نامناسب می سازد. بنابراین رعایت دقیق نکات بهداشتی در تمام مراحل فرایند ضروری می باشد.

معمولا در زنجیره انتقال شیر خام به صورت خنک از دامداری تا کارخانه یک مشکل دیگر بروز می نماید. حفظ زنجیره سرما باعث تغییر فلور میکروبی شیر از باکتری های مولد اسید به باکتری های سرما دوست می گردد. هرچند این باکتری ها به طور معمول در طی فرایند پاستوریزاسیون از بین می روند، اما اثرات کاهش کیفیت آنها بر روی کره باقی خواهند ماند. زیرا بعضی باکتریهای سرما دوست قادر به تولید آنزیم های لیپولیتیک بوده که باعث تجزیه چربی هائی گردند. این آنزیم ها حتی دمای بالای ۱۰۰ درجه سانتیگراد را تحمل می نمایند و از بین نمی روند. بنابراین باید از رشد و توسعه باکتری سرما دوست، جلوگیری به عمل آید. در این رابطه توصیه شده که ماده اولیه (شیر خام) بلافاصله پس از رسیدن به کارخانه بایستی پاستوریزه شود و در غیر این صورت انجام فرایند حرارتی ترمیزاسیون در دمای ۶۵-۶۳ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ ثانیه و خنک کردن تا ۴-۲ درجه سانتیگراد، توصیه شده است. پاستوریزاسیون باید در اولین فرصت ممکنه و حداکثر تا ۲۴ ساعت پس از ورود شیر خام به کارخانه انجام پذیرد.

تولید آرام اسید، مشخصه اولین مرحله از رشد می باشد. در این فاز تخمیر اسید سیتریک و تولید دی استیل نسبتاً جزئی است. تولید اسید در فاز بعدی تسریع می گردد و همچنان که تخمیر اسید سیتریک و تشکیل دی استیل شکل می گیرد، باکتری تولید کننده مواد معطر کار احیای دی استیل را انجام می دهند.

وقتی تولید اسید کاهش یافت، احیا دی استیل کاهش یافته و مقدار آن کم و بیش پایدار می شود. در این حالت کشت وارد مرحله رسیدن شده و مرحله اسیدی به اتمام می رسد. مشخصه این مرحله افزایش تدریجی اسیدیته و کاهش دی استیل و تولید مواد فاقد مزه به وسیله باکتری تولید کننده مواد معطر می باشد.

### ترش شدن خامه

عمل کشت دادن (ترش کردن) خامه و عملیات لازم برای ایجاد ساختمان بلورین چربی به منظور دستیابی به قوام مطلوب در محصول نهایی (کره) را می توان به طور همزمان، در مخزن عمل آوری به انجام رساند. معمولاً برای این کار از مخازن سه جداره از جنس فولاد ضد زنگ استفاده می گردد، سیالات گرمازا و سرمازا در داخل جداره ها در حال گردش بوده و انتقال حرارت به صورت گرما یا سرما در آنها به طور تدریجی و ملایم انجام می پذیرد که از نقطه نظر حفظ یکنواختی محصول حائز اهمیت می باشد. معمولاً در داخل مخازن یک همزن از نوع لبه دار، تراشنده سطوح و با دور معکوس شونده (برای افزایش کارایی همزن) کار گذاشته می شود. توده مایه کشت، قبل از پمپ کردن به داخل مخزن عمل آوری باید به طور مناسبی مخلوط شده باشد. معمولاً مایه کشت (استارتر) را قبل از خامه به داخل مخزن پمپ می نمایند اما بعضی تولید کنندگان، ترجیح می دهند که استارتر به صورت تزریقی در سیستم لوله کشی به خامه در حال ورود به مخزن عمل آوری، تزریق شود. در هر کدام از این روش ها باید مقدار توده مایه کشت برای اختلاط با خامه به دقت محاسبه شده باشد.

برای ایجاد قوام لازم در کره، خامه مصرفی باید در ضمن فرایند، تحت عملیات حرارتی خاصی قرار گیرد. برنامه حرارتی وابسته به ارزش یدی خامه می باشد. دمای لازم برای اسیدی کردن خامه نیز به وسیله این برنامه معین می گردد، بنابراین مخزن عمل آوری باید قابلیت تطبیق با عملیات حرارتی لازم به منظور کشت و تعدیل و تناسب قوام را دارا باشد.

مقدار مایه کشت، برای اضافه نمودن به خامه، بر پایه برنامه حرارتی فرایند، تعیین می شود، تابلو (۴-۱۲). این مقدار باید متناسب با اسیدیته و دمای عمل آوری برای استمرار مراحل مختلف تنظیم گردد. مقدار توده کشت قابل تزریق از مقدار ۱ تا ۷ درصد حجم خامه متغیر می باشد. در دمای ۲۱ درجه سانتیگراد برای خامه با چربی سخت (ارزش یدی پایین) از درصد تلقیح کمتر مایه کشت، استفاده می گردد. در این حالت قابلیت نگهداری، فاه، ده نهاده.

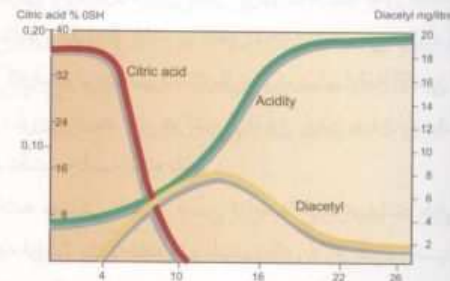
در کشت LD سهم استرپتو دوکوس دی اسی، میس از سس سموی به ستری-ی متفاوت و بین ۱۳-۰/۶ درصد قرار دارد و محتوای لوکونوستوک سیترووروم از مقدار ۵/۹ تا ۰/۳ درصد متغیر می باشد. ارتباط نسبی بین میکرواورگانیزم های تولید کننده مواد معطر (Aroma) به وسیله شرایط حاکم بر رشد آنها قرار دارد.

مهم ترین مواد طعم زای تولید شده به وسیله باکتری ها، اسید لاکتیک، دی استیل و اسید استیک می باشند. تولید مهم ترین ماده معطر در کره یعنی "دی استیل" به در دسترس بودن اکسیژن بستگی دارد. رشد باکتری ها و تولید اسید در یک کشت فعال بسیار سریع است. در این حالت یک محتوای بالای باکتریایی (تقریباً ۱۰۰۰ میلیون باکتری در هر میلی لیتر از کشت مادر) بدست می آید. تلقیح ۱ درصد از این کشت فعال و نگهداری در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد باید اسیدیته SH ۱۲ را پس از ۷ ساعت و اسیدیته SH ۲۰-۱۸ پس از ۱۰ ساعت در محصول ایجاد نماید. کشت باید از نظر ترکیب باکتریایی متعادل باشد تا بتواند متناسب با تولید اسید و مواد معطر (آروما) و کاهش بعدی دی استیل، تناسب بین نسبت ها را حفظ نماید.

شکل ۳-۱۲ توسعه اسید و مواد معطر در شیر پس چرخ در ۲۰ درجه سانتیگراد و کشت LD با مقدار تلقیح ۱ درصد

عملیات حرارتی خامه، باید بقدر کافی قوی باشد تا باعث منفی شدن آزمایش پراکسیداز گردد اما، نباید آنقدر شدید باشد که باعث بروز طعم پخته در محصول گردد.

مقدار مایه کشت حجم برای افزودن به خامه وابسته به دمای گرمخانه گذاری، بین ۱ تا ۷ درصد تغییر می کند.



اغلب از شیر پس چرخ به عنوان محیط کشت یا محیط رشد باکتری برای کشت های آماده شده استفاده می گردد، معمولاً شیر پس چرخ (به عنوان محیط کشت)، راحت تر تغییرات ناخواسته طعم و مزه را آشکار می سازد. این نوع شیر باید قبل از مصرف به عنوان محیط کشت، در دمای ۹۵-۹۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه پاستوریزه گردد. چگونگی توسعه اسید و شکل گیری مواد معطر در یک کشت LD در شکل (۳-۱۲) نشان داده شده است.



این دما (دمای ۳۰ درجه سانتیگراد) بدلیل احتمال بروز آسیب باکتریایی بسیار خطرناک می باشد و همچنین از نظر اقتصادی نیز توجیه پذیر نمی باشد.

یک روش سرعت دادن به فرایند بلورین شدن خنک کردن سریع خامه تا دمای پایین می باشد، که در این حالت شکل گیری بلور ها بسیار سریعتر انجام می گیرد. یکی از موانع این روش وجود تری گلیسریدها با نقطه ذوب پایین است که در داخل بلور های تشکیل شده پدام (Trapped) افتاده و باعث ایجاد بلور های مخلوط (Mixed crystals) می گردند. در این حالت قسمت بزرگی از چربی بدون هیچ نظم بلورین خواهد شد و به دلیل پایین بودن نسبت بین چربی مایع به جامد در آن، کره ساخته شده از این خامه سفت خواهد بود.

برای اجتناب از بروز این حالت، طی فرایند حرارتی، خامه با دقت تا دمای بالای نقطه ذوب تری گلیسرید های با نقطه ذوب پایین، حرارت داده می شود تا از حالت بلورین خارج شوند. سپس چربی ذوب شده در دمای پایین و ملایم، مجدداً بلورین می گردد و در نتیجه مقدار بیشتری بلورهای خالص و سهم کوچکی از بلور های مختلط تشکیل می گردد. به علت بالا بودن نسبت بین چربی مایع به جامد، کره حاصله از این خامه نرم خواهد بود.

واضح است که مقدار بلورهای مخلوط و همچنین نسبت بین چربی مایع به جامد، تعیین کننده مقدار دمای لازم، برای ذوب، تشکیل بلورها و تبلور دوباره، می باشد. به طور کلی دماها بر اساس سفتی (ارزش یدی) چربی انتخاب می گردند.

امروزه روش های متعددی برای اندازه گیری نسبت چربی مایع به جامد در یک نمونه وجود دارند. آزمایش اسپکتومتری نوسانی NMR، یک روش بسیار سریع و کامل در این امر می باشد. این روش بر پایه تفاوت اثرات مغناطیسی پروتون (هسته هیدروژن) در چربی مایع و جامد قرار دارد.

تابلو (۴-۱۲) مثال هایی برای برنامه های حرارتی بر اساس ارزش یدی مختلف نشان داده شده است. اولین دما در ستون، مقدار خنک شدن خامه پس از پاستوریزاسیون، دومین مقدار دمای ترش کردن (بالا رفتن اسیدیته) و سومین مقدار زمان رسانیدن را نشان می دهد.

### فراوری چربی سفت

وقتی که ارزش یدی چربی (خامه) پایین است، یعنی چربی کره سفت می باشد برای دستیابی به قوام مطلوب باید با عملیات مناسب نسبت بین چربی مایع به جامد افزایش داده شود. برای این کار لازم است، مقدار بلور "چربی مخلوط" در مقایسه با بلور چربی خالص در حداقل مقدار باشد. در این حالت فاز چربی مایع درون گویچه چربی، در حد اکثر بوده و بیشترین مقدار آن در زمان کره سازی و مالش دادن (مالیدن)، با فشار از گویچه چربی خارج می گردد. در

سانتیگراد راجع تر است. فرایند ترش شدن خامه باید در پایان عملیات حرارتی بحمیل سده و خامه را به اسیدیته تقریباً ۳۶ درجه سوکسله هنکل برساند.

### دمای عملیات حرارتی

خامه را قبل از کره گیری در معرض یک عملیات حرارتی خاص برای تنظیم بلورین شدن ساختمان چربی قرار می دهند. این عمل در پیدایش قوام مورد نظر در بافت کره نقش مهمی را دارد. قوام کره یکی از مهم ترین مشخصه های کیفیت، می باشد که در روی دیگر مشخصه های کره مثل مزه، عطر و طعم نیز تاثیر گذار است. قوام (Consistency) یک مفهوم پیچیده بوده که در بر گیرنده خواصی مانند سفتی، ویسکوزیته، قالب پذیری و قابلیت پهن شدن (Spreadability) می باشد.

اسید های چرب در چربی شیر در فصل ۲، در بحث شیمی شیر شرح داده شده است. نقطه ذوب اسید های چرب نشان دهنده نرمی یا سفتی چربی یا کره می باشد. چربی نرم از محتوای بالاتری از اسید های چرب با نقطه ذوب پایین برخوردار بوده که در دمای اتاق به صورت یک فاز مایع پیوسته در چربی جامد قرار دارند. از طرف دیگر در یک چربی سخت نسبت چربی مایع به جامد پایین تر است.

در کره سازی، اگر خامه همیشه در معرض یک نوع عملیات حرارتی قرار داده شود، در این حالت، ترکیبات شیمیایی چربی شیر، مشخص کننده قوام کره خواهد بود. شیر با چربی نرم کره نرم و چرب (Greasy) تولید می کند و کره حاصل از چربی سخت به صورت سفت و خشک (Stiff) خواهد بود. قوام کره را به خوبی می توان با عملیات مناسب حرارتی تنظیم نمود به طوری که متناسب با ارزش یدی چربی خامه باشد.

### بلورین سازی چربی کره

پس از پاستوریزاسیون، چربی در داخل گویچه به شکل مایع می باشد. با خنک شدن خامه تا زیر ۴۰ درجه سانتیگراد، چربی شروع به بلورین شدن می نماید. اگر خنک کردن به طور تدریجی ادامه یابد، چربی ها، بسته به نقطه ذوبشان، در دما های مختلف، شروع به تبلور می نمایند. فایده این کار تولید کره نرم از خامه با چربی سفت (ارزش یدی پایین) خواهد بود. فرایند تبلور خامه در ۴۰ درجه سانتیگراد، در فصل ۸ تحت عنوان تولید خامه حرارت داده شده بحث شده است.

تشکیل بلورهای چربی در هنگام خنک شدن تدریجی، فرایند بسیار کندی است و به

شد.

عملیات لازم برای دستیابی این نتیجه شامل:

- خنک کردن سریع خامه به تقریباً ۸ درجه سانتیگراد، و نگهداری تقریباً ۲ ساعت در این دما.
- بالابردن ملایم حرارت به ۲۱-۲۰ درجه سانتیگراد و نگهداری در این دما به مدت ۲ ساعت.
- از آب با دمای حد اکثر ۲۷ درجه سانتیگراد برای گرم کردن استفاده می شود.
- خنک کردن به دمای تقریباً ۱۶ درجه سانتیگراد و سپس رساندن به دمای کره سازی. خنک کردن تا دمای تقریباً ۸ درجه سانتیگراد، باعث تشکیل بلورهای مخلوط می گردد.
- وقتی که خامه با ملایمت تا ۲۱-۲۰ درجه سانتیگراد، حرارت داده می شود، توده بلورهای مخلوط ذوب شده، و از ساختمان بلورین خارج می شوند، در نتیجه فقط بلورهای خالص چربی با دمای ذوب بالا باقی می مانند. در این فاصله زمانی (نگهداری در ۲۱-۲۰ درجه سانتیگراد) بلورهای ذوب شده (بلورهای مخلوط) شروع به دوباره بلورین شدن می نمایند و بلورهای خالص را شکل می دهند.

تابلو ۴-۱۲ اصول تنظیم برنامه حرارتی بر اساس ارزش یدی و حجم مایه کشت تزریقی.

| ارزش یدی     | برنامه حرارتی، درجه سانتیگراد |    |    | حداکثر مایه تزریقی در خامه (درصد) |
|--------------|-------------------------------|----|----|-----------------------------------|
| کمتر از ۲۸   | ۸                             | ۲۱ | ۲۰ | ۱                                 |
| ۲۸-۲۹        | ۸                             | ۲۱ | ۱۶ | ۲-۳                               |
| ۳۰-۳۱        | ۸                             | ۲۰ | ۱۳ | ۵                                 |
| ۳۲-۳۴        | ۶                             | ۱۹ | ۱۲ | ۵                                 |
| ۳۵-۳۷        | ۶                             | ۱۷ | ۱۱ | ۶                                 |
| ۳۸-۳۹        | ۶                             | ۱۵ | ۱۰ | ۷                                 |
| بزرگتر از ۴۰ | ۲۰                            | ۸  | ۱۱ | ۵                                 |

پس از ۲-۱ ساعت چربی با نقطه ذوب بالا شروع به دوباره بلورین شدن می نماید. وقتی که دما به تقریباً ۱۶ درجه سانتیگراد، کاهش یابد، چربی ذوب شده به طور پیوسته، بلورین شده و به شکل بلورهای خالص در می آید. در این فاصله زمانی (نگهداری در ۱۶ درجه سانتیگراد) تمام چربی ها با نقطه ذوب ۱۶ درجه سانتیگراد یا بالاتر بلورین خواهند شد. این عملیات باعث تبدیل چربی با نقطه ذوب بالا به بلورهای خالص شده و به موجب آن از مقدار بلورهای "مخلوط" کاسته می شود. این افزایش در نسبت بین چربی مایع و جامد باعث خواهد شد، کره ساخته شده از این خامه قوام نرم تری را داشته باشد.

چنانچه چربی با ارزش یدی بالاتر در دسترس باشد، عملیات حرارتی در دمای پایین تری متوقف می گردد. در این حالت مقدار بیشتری از بلورهای مخلوط تشکیل می گردد و چربی مایع بیشتری جذب بلورهای مخلوط می شود. چربی به دست آمده از این فرایند سفت خواهد بود. برای ارزش یدی بالاتر از ۳۹، دمای عملیات حرارتی را می توان به کمتر از ۱۵ درجه سانتیگراد کاهش داد. زمان ترش کردن (کشت دادن) خامه در دمای پایین تر طولانی تر می گردد.

### فراوری چربی بسیار نرم

تابستانه کردن (Summer method) عملیاتی است که در صورت بالاتر بودن ارزش یدی از ۴۰-۳۹ انجام می پذیرد. در این حالت پس از پاستوریزاسیون، خامه را تا دمای ۲۰ درجه سانتیگراد خنک کرده و تقریباً ۵ ساعت در همان دما ترش (تخمیر) می نمایند، وقتی اسیدیته به تقریباً ۲۲ درجه سوکسله هنکل رسید، آن را خنک می کنند. اگر ارزش یدی خامه در ابتدا در حدود ۳۰-۴۰ بوده باشد، خامه را تا دمای تقریباً ۸ درجه سانتیگراد خنک می نمایند ولی اگر ارزش یدی در ۴۱ یا بالاتر باشد آن را تا ۶ درجه سانتیگراد خنک می کنند. به طور عمومی اعتقاد بر این است که ترش کردن در زیر دمای ۲۰ درجه سانتیگراد باعث تولید کره نرم خواهد شد.

### کره زنی

#### تولید غیر پیوسته

کره گیری از خامه ترش شده در محفظه کره گیری یا چرن (Churn)، پس از عملیات حرارتی انجام می پذیرد. کره به طور معمول در چرن هایی به شکل استوانه، مخروط، مکعب یا چند وجهی با سرعت قابل کنترل تولید می گردد. در داخل چرن یک تیغه محوری باهمزن کار گذاشته شده است. شکل، محل جاگذاری و اندازه همزن متناسب با سرعت چرن از عوامل موثر در تولید فراورده نهایی می باشند. در چرن های جدید سرعت قابل تنظیم، اجازه انتخاب بهترین سرعت مناسب را برای مالش انواع کره فراهم می سازد.

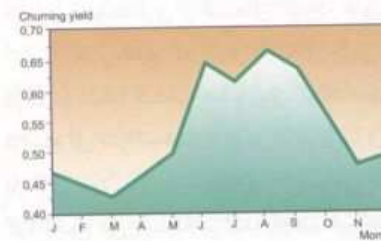
اندازه چرن ها در سال های اخیر افزایش یافته است. از چرن هایی با ظرفیت ۸۰۰۰-۱۲۰۰۰ لیتر یا بیشتر در مراکز بزرگ کره گیری استفاده می گردد.

خامه قبل از انتقال به چرن همزده شده و دمای آن تنظیم می گردد. معمولاً ۴۰-۵۰ درصد از حجم چرن را از خامه پر می کنند تا محصول ضمن فرایند فضای لازم برای "زده شدن" و کف کردن را داشته باشد.

باید ظاهری کاملاً خشک داشته و هیچ قطره ای نباید با چشم غیر مسلح دیده شود. در زمان مالش دادن باید مرتباً رطوبت موجود در کره کنترل و تنظیم گردد.

شکل ۴-۱۲ چرن کره گیری در نوع غیر پیوسته.  
شکل ۵-۱۲ راندمان کره گیری در فصول سال تغییر می نماید. (سوئد)

- ۱- تابلو کنترل
- ۲- توقف دهنده اضطراری
- ۳- بهره های زاویه دار



### مالش دادن کره در خلاء

امروزه مالش دادن کره همراه با کاهش فشار هوا، یک روش متداول می باشد. در این حالت کره حاوی هوای کمتری بوده و بافت آن قدری سفت تر از حالت طبیعی خواهد شد. در مالش دادن تحت خلاء مقدار هوای کره به تقریباً ۱ درصد در مقایسه با ۷-۵ درصد در کره طبیعی رسانیده می شود.

### تولید مداوم

روش پیوسته کره سازی در اواخر قرن ۱۹ ابداع گردید. اما کاربرد آن بسیار محدود بود. تا اینکه در سال ۱۹۴۰ میلادی این کار دوباره از سر گرفته شد و ۳ فرایند مختلف برای آن معرفی گردید. تمام این روش ها بر پایه همان روش معمول مانند : چرن کردن (Churning)، سانتریفوژ کردن و تغلیظ یا امولسیون سازی قرار دارد. یکی از این فرایندها که برپایه چرن کردن مرسوم قرار دارد، روش فریتز (Fritz method) نامیده می شود. این روش امروزه در

گویچه چربی در حامه حاوی هردو نوع بلورهای چربی و چربی می باشد. بلورهای چربی تمایل کمی به گسترش ساختمان دارند، بنابراین به شکل یک پوسته ضعیف و با اتصال تنگاتنگ با غشا در می آیند.

در اثر همزدن خامه، کفی با حباب های بزرگ پروتئینی شکل می گیرد که با افزایش فعالیت سطحی، غشاهای گویچه چربی را به سوی حد فاصل مرز هوا / آب می کشاند و باعث تغلیظ گویچه چربی در کف می گردد.

با استمرار همزدن، خامه در چرن، حباب ها کوچکتر می شوند زیرا پروتئین، آب همراه را آزاد می نماید و این امر باعث فشرده شدن حباب ها شده و در نتیجه فشار بیشتری روی گویچه چربی اعمال می گردد. در نهایت قسمت مشخصی از چربی مایع با فشار از گویچه چربی خارج شده و مقداری از غشاهای گویچه های چربی نیز پاره می شود.

چربی مایع که حاوی بلورهای چربی هم می باشد به صورت جدا و به شکل یک لایه نازک در سطح حباب ها و روی گویچه چربی قرار می گیرند. متعاقباً حباب ها به طور فزاینده ای متراکم شده و چربی مایع بیشتری با فشار از گویچه خارج می گردد و کف کم کم باینداری خود را از دست داده و تخریب می گردد. سرانجام گویچه های چربی در داخل دانه های کره تجمع می یابند که در ابتدا با چشم غیر مسلح قابل مشاهده نمی باشند. اما کم کم در اثر رشد دانه های کره، اندازه آنها بزرگ و قابل مشاهده می گردد.

### بهره در کره سازی

بهره (راندمان) در چرن بیانگر مقدار درصد چربی خامه تبدیل شده به کره می باشد. بیان دیگر آن مقدار چربی باقی مانده از خامه در داخل دوغ کره است. برای مثال بهره کره گیری ۵۰/۰ به معنی باقی ماندن ۵/۰ درصد از چربی خامه در دوغ کره می باشد در این حالت مقدار ۹۹/۵ درصد چربی به کره تبدیل شده است. بهره کره گیری کمتر از ۷/۰ درصد قابل قبول نمی باشد. منحنی شکل (۵-۱۲) نشان می دهد که بهره کره گیری در طول سال تغییر می نماید معمولاً محتوای چربی دوغ کره در تابستان بالاتر است.

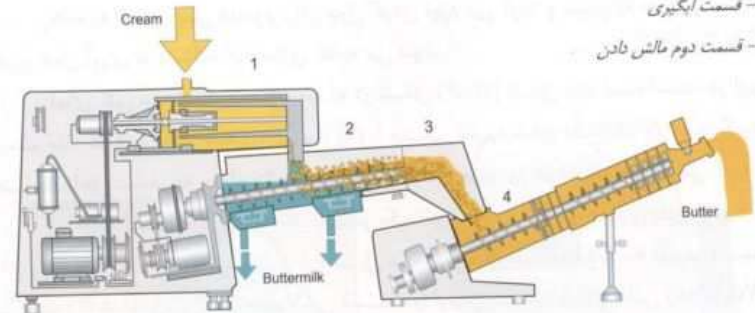
### مالش دادن کره

مالش دادن در هنگام تخلیه دوغ کره انجام می پذیرد و بدین وسیله دانه های کره فشرده شده و عمل آبگیری انجام می گیرد. چربی مایع و بلورهای چربی که در معرض فشار بالا قرار می گیرند از داخل گویچه چربی خارج می شوند. مالش دادن عمل پخش آب یا رطوبت



ابتدای این قسمت یک تزریق کننده (نازل) برای تنظیم نهایی محتوای رطوبت کره تعبیه شده است که می تواند محتوای رطوبت کره را با نوسان کمتر از تقریباً ۰/۱ درصد تنظیم نماید.

شکل ۶-۱۲ ماشین تولید کره به طور پیوسته



۱- سیلندر کره ساز

۲- قسمت جدا کننده

۳- قسمت آبیگری

۴- قسمت دوم مالش دادن

سیستم های اندازه گیر و رسانه ای (۸) برای اندازه گیری ، محتوای رطوبت ، محتوای نمک ، چگالی و دما در خروجی ماشین کار گذاشته می شود . از سیگنال های ارسالی برای تنظیم خود کار دستگاه ها استفاده می گردد .

محصول نهایی به طور مداوم از دریچه خروجی (ریزنده) به داخل سیلوی کره برای انتقال بعدی به دستگاه بسته بندی جریان می یابد.

ماشین کره ساز پیوسته برای تولید با ظرفیت های ۵۰۰-۲۰۰ کیلوگرم در ساعت از خامه ترش و ۱۰۰۰-۲۰۰ کیلوگرم در ساعت کره از خامه شیرین در دسترس قرار دارند.

#### روش جدید تولید فراورده های چربی زرد

از ابتدای قرن اخیر الگوی مصرف چربی خوراکی به طرف کره و مارگارین تغییر یافت . از دهه ۸۰ به این سو یک تمایل آشکار در اکثر جوامع به سوی کاهش مصرف چربی و به جای آن مصرف فراورده های کم چرب پدید آمده است.

این تغییرات در عادات مصرف را می توان بر اساس افزایش آگاهی عموم از عوامل موثر در سلامتی و مصرف غذاهای آماده طبخ توضیح داد .

همان روش سنتی سازی کره را می توان به طور کاملاً یکنواخت در داخل فاز پیوسته (چربی) پخش شده است .

#### فرایند تولید

خامه به همان روش مرسوم برای چرن کردن تهیه می گردد و سپس به طور پیوسته از مخزن عمل آوری به دستگاه کره سازی تغذیه می شود.

نمای کلی سیستم کره ساز پیوسته در شکل (۶-۱۲) نشان داده شده است. در این سیستم ابتدا خامه به داخل سیلندر کره ساز (۱) با خنک کننده های مضاعف وارد می گردد محتویات داخل سیلندر به وسیله یک آلت ضربه زننده دور متغیر به طرف جلو هدایت می گردد . در اثر حرکات مکانیکی در داخل سیلندر یک تغییر حالت سریع در خامه ورودی روی داده و آن را به شکل دانه های کره و دوغ کره تبدیل می کند و متعاقباً مخلوط به طرف قسمت جداکننده (۲) هدایت می گردد. معمولاً این قسمت را اولین قسمت مالش دادن (Working) می نامند که در اینجا کره از دوغ کره جدا می گردد. در این مرحله اولین شستشوی دانه های کره به وسیله گردش مجدد دوغ کره خنک شده ، انجام می پذیرد. قسمت جدا کننده مجهز به یک نقاله پیچی شکل بوده که در آن اولین مالش کره ضمن انتقال به مرحله بعدی نیز صورت می پذیرد .

پس از عبور از قسمت جدا کننده دوغ کره از کره جدا شده و دانه های کره با فشار از میان یک مجرای مخروطی و یک صفحه مشبک سوراخدار ، بنام قسمت آبیگری کننده (۳) ، عبور می نماید در اینجا ، باقیمانده دوغ کره از دانه های کره جدا شده و محصول به دومین قسمت مالش دهنده (۴) فرستاده می شوند. هر قسمت مالش دهنده یک موتور جدا گانه دارد در نتیجه آنها را می توان برای رسیدن به نتیجه مطلوب در سرعت های مختلف به حرکت در آورد. معمولاً ، سرعت اولین نقاله ماریج دو برابر دومین نقاله ماریج می باشد. در صورت لزوم در آخرین مرحله مالش دادن ، نمک به وسیله یک تزریق کننده فشار بالا در محفظه تزریقی (۵) به کره اضافه می گردد.

در ادامه فرایند ، مالش در خلاء (۶)، انجام می گیرد این محفظه به یک پمپ خلاء متصل می باشد . در این قسمت محتوای هوای کره به حد کره سازی مرسوم رسانیده می شود. مرحله مالش دادن نهایی (۷) از چهار قسمت کوچک مجزا تشکیل شده است که هر قسمت به وسیله یک صفحه سوراخدار از هم جدا شده اند . سوراخ ها با اندازه های مختلف و به های ، مالش ، دهنده با اشکال مختلف ، برای فراوری مطلوب کره به کار برده می شوند . در

جا پیدا کره اند توضیح داده شد. از ویژگی این فراورده ها سهولت استفاده از آنها در دمای یخچال می باشد. امروزه تقاضای زیادی برای فراورده هایی با چربی پایین، بدون از دست دادن طعم و مزه در بازار وجود دارد. براین اساس می توان از دو محصول برگوت (Bregott) و لات اند لاگوم (Latt & Lagom) که در بازار های سوئد جا باز کرده اند، نام برد.

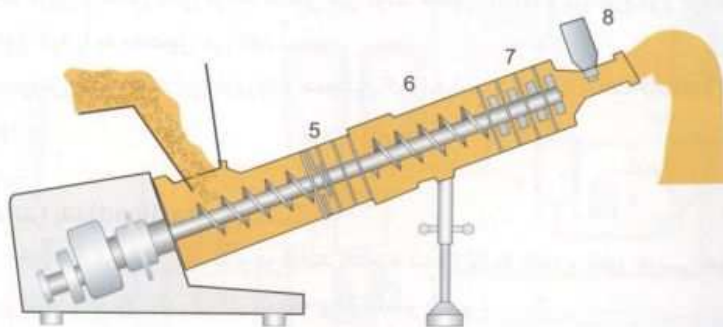
شکل ۷-۱۲ قسمت مالش دهنده خلاء

۵- قسمت تزریق

۶- قسمت مالش دادن تحت خلاء

۷- مرحله مالش نهایی

۸- واحد کنترل رطوبت



#### برگوت

برگوت، محصولی با چربی ۸۰ درصد بوده، که ۷۰-۸۰ درصد این مقدار چربی از چربی شیر و ۲۰-۳۰ درصد از روغن مایع گیاهی مانند سویا یا شلغم روغنی می باشد. روش ساخت آن همانند کره است. چون "برگوت" دارای روغن گیاهی است در ردیف مارگارین ها دسته بندی می گردد. "برگوت" را می توان برای پخت و پز نیز به کار برد.

#### لات اند لاگوم

در سوئد "لات اند لاگوم" به طور قانونی تحت عنوان مارگارین نرم (استاندارد IDF بر معرفی محصول خاص یا با چربی کم مخلوط شده اشاره دارد) تعریف شده که بیان می دارد

چربی را "مینارین" (Minarine) نیز می نامند.

این دسته از فراورده ها فقط برای گستردن در روی نان و غیره به کار برده می شوند و از آن نباید برای پخت و پز و خصوصا سرخ کردن استفاده نمود، یک موضوع با اهمیت در این فراورده ها بالا بودن محتوای پروتئین در آنها می باشد. فرایند تولید آنها بر همان اساس مارگارین قرار دارد.

در تولید این فراورده، روغن کره (یا به طور دقیق تر، چربی بدون آب شیر AMF) و روغن سویا یا روغن شلغم روغنی (Rapeseed oil) در یک تناسب معین با هم مخلوط شده و با اختلاط یک فاز آبی مناسب و افزودن پروتئین (تهیه شده از دوغ کره گشت داده شده)، ساختار فراورده تکمیل می شود. محصولی نهایی با خواص گسترده خوبی در دمای یخچال بدست می آید. مخلوط کامل را به وسیله تبادل کننده حرارتی صفحه ای پاستوریزه نموده و پس از خنک کردن و مالش دادن فرایند تکمیل می گردد. حضور AMF و پروتئین دوغ کره عطر و طعم دوغ کره را به محصول می دهد.

روش جدید تولید این فراورده و همچنین کره، فرایند تترا بلند (TetraBlend) نامیده می شود.

#### فرایند تترا بلند (TetraBlend)

این فرایند ترکیبی است از دو فرایند شناخته شده: تغلیظ خامه و تبلور چربی همراه با تعویض فازها (جا بخ شدن دو فاز پیوسته و فاز منتشر با هم).

معمولا، خامه به وسیله سپراتور نوع بسته به محتوای ۷۵-۸۲ درصد چربی رسانیده می شود، در این حالت فاز پیوسته، شیر پس چرخ بوده که در اینجا آنرا دوغ کره نیز می نامند، ولی چربی آن کمتر از دوغ کره ناشی از فرایند مرسوم در کره سازی می باشد. شیر پس چرخ، فراورده های جانبی بیشتری در مقایسه با دوغ کره دارد.

برای تولید فراورده قابل گستردن\* با محتوای چربی ۶۰-۴۰ درصد، خامه با محتوای تقریباً ۷۵-۸۰ درصد چربی را قبل از فرایند با آب رقیق می نمایند، در نتیجه محتوای پروتئینی و لاکتوز آن کاهش می یابد. وقتی که از خامه با همین محتوای چربی بدون رقیق کردن استفاده گردد، محتوای بالای پروتئین و لاکتوز در محصول نهایی به طعم و خواص گستردن، آن لطمه می زند.

یکی از فوائد کاربرد خامه تغلیظ شده، به عنوان پایه برای تولید فراورده های کم چربی، عدم نیاز در به کاری گیری امولسیفایر اضافی می باشد، در این حالت از امولسیفایر طبیعی موجود در شیر که در خامه نیز در دسترس می باشند، استفاده می گردد.



فرایند در این مرحله با پاستوریزاسیون خامه با محتوای چربی ۳۵-۴۰ درصد شروع می گردد. خامه متعاقباً از واحد خامه گیری، یا مخزن ذخیره با دمای ۶۰-۷۰ درجه سانتیگراد وارد تغلیظ کننده خامه (سپراتور نوع بسته) می گردد. درجه تغلیظ یعنی محتوای چربی خامه به طور خودکار کنترل و تنظیم می شود (شرح داده شده در فصل ۲-۶). محتوای چربی رامی توان در این حالت به بالای ۸۲ درصد رساند (محتوای بالای ۸۴ درصد مطلوبتر می باشد، اما هزینه را بالا می برد). در ادامه خامه با چربی استاندارد تادمای ۱۸-۲۰ درجه سانتیگراد قبل از ورود به مسیر اصلی خنک می گردد و در مخزن موقت برای تبلور مقدماتی، نگهداری می گردد.

#### قسمت مارگارین (سمت راست در تصویر)

این قسمت محلی برای اختلاط و آماده سازی فراورده است. در اینجا انواع مواد طبق دستورالعمل با هم مخلوط می گردند. خامه تغلیظ شده با حجم مناسب از روغن نباتی، نمک و آب (فاز آبی) مخلوط می گردد. پس از تکمیل اختلاط، مخلوط حاصل با پمپ به داخل مخزن حد واسط (۱۰) فرستاده می شود و محموله دیگری شروع به تهیه می گردد.

مخلوط تهیه شده به طورپیوسته در داخل مخزن حد واسط به وسیله پمپ فشار بالا (۱۱) همزده می شود. سپس فراورده به داخل خنک کن تیغه تراش، (۱۲) پمپ شده که دراین محل تعویض فاز بوقوع می پیوندد. قبل از خنک کردن نهایی، فراورده توسط استوانه های واسط (۱۳) مالش داده شده و در مخزن ذخیره (۱۴) انبار می گردد. از این محل، فراورده برای بسته بندی به داخل ماشین پرکن که اغلب از نوع پرکن لوله ای (Tub filling machine) است هدایت می گردد. معمولاً فرایند به وسیله یک برنامه رایانه ای کنترل و رهبری می شود.

#### بسته بندی

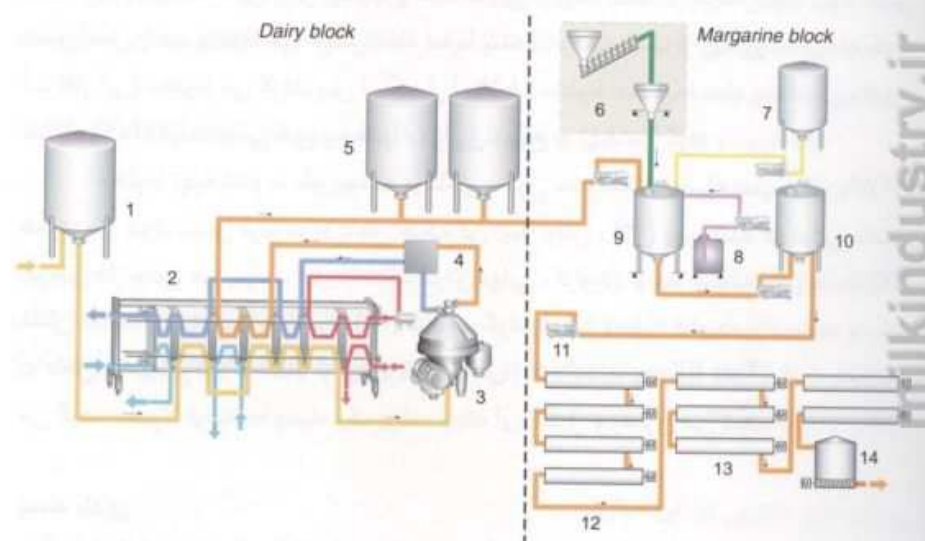
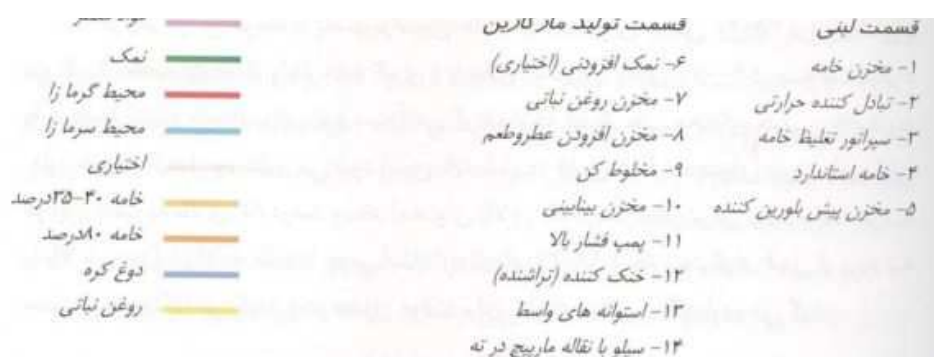
اساساً سه راه برای انتقال کره یا فراورده های گسترده ای از ماشین تولید به بسته بندی وجود دارد.

۱- محصول ابتدا پداخل یک مخزن که درته آن یک نقاله ماریچ کار گذاشته شده منتقل می گردد، نقاله کار انتقال محصول به ماشین بسته بندی را به انجام می رساند.

۲- محصول مستقیماً به ماشین بسته بندی پمپ می گردد.

۳- انتقال به وسیله مخازن چرخدار انجام می پذیرد. این مخازن ابتدا از محصول پرشده و سپس با استفاده از چرخ یا ریل کار گذاشته شده، به ماشین بسته بندی هدایت می گردند.

کره را از بسته های ۱۰ گرمی تا بیشتر از ۵ کیلوگرمی بسته بندی می نمایند. انواع گوناگونی از ماشین های بسته بندی مطابق با نیاز به کار برده می شوند. معمولاً ماشین های



#### خط تولید

خط تولید از دو قسمت ساخته شده است:

- ۱- قسمت لبنی، که کار تغلیظ خامه، پاستوریزاسیون و خنک کردن را انجام می دهد.
- ۲- قسمت مارگارین، که کار آماده سازی مخلوط و عملیات تعویض فاز (فازچربی در آب به فازآب در چربی) را همراه با مالش دادن و خنک کردن به انجام می رساند. در شکل (۸-۱۲) خط فرایند نشان داده شده است.



ابداع چندین روش مشابه روش بالا اعلام شده است و در صورتی که بتواند انتظارات مزه و عطر طعم را برآورده سازند، در آینده ممکن است مورد توجه قرار گیرند. اما هنوز موانعی در این راه وجود دارد زیرا در اکثر کشورها افزودن مواد خارجی مثل اسید لاکتیک به فراورده های لبنی ممنوع می باشد.

قابل تنظیم می باشند.

لایه های بسته بندی در تماس با کره باید از نوع، ضد روغن (Greaseproof)، بوده و در برابر عبور نور و گریز عطر طعم و مواد فرار مانع باشند. مواد بسته بندی باید همچنین در برابر نفوذ رطوبت مقاوم بوده در غیر این صورت لایه های بیرونی بسته بندی خشک شده و پس از مدتی زرد رنگ خواهند شد.

معمولاً استفاده از پوشش ورقه آلومینیم در کره رایج می باشد. سابقاً استفاده از کاغذ پوستی یا مومی (Parchment paper)، رواج بیشتری داشت و هنوز هم به کار برده می شود، اما امروزه به طور وسیعی ورق آلومینیم، جایگزین آن شده است.

کره پس از بسته بندی قالبی، به طور پیوسته به ماشین کارتن زن برای بسته بندی در جعبه های مقوایی می رود نهایتاً جعبه را روی پالت های بار می گذارند و محصول در این حالت به سردخانه منتقل می گردد. در شکل (۲-۱۲) مراحل انتقال کره از دستگاه کره سازی به دستگاه بسته بندی نشان داده شده است.

غالباً فراورده های گسترده ای و مخلوط لبنی در بسته بندی های لوله ای (Tub) ۲۵۰ تا ۶۰۰ گرمی بسته بندی می گردند.

#### سردخانه

برای دستیابی به ظاهر و قوام مناسب در کره، مخلوط های لبنی و فراورده های گسترده ای، باید آنها را پس از بسته بندی مدتی در سردخانه در دمای ۵ درجه سانتیگراد نگهداری نمود.

#### روش های تجربی در کره سازی

تلاشهای روز افزون برای توسعه روش های جدید ساخت کره با حذف خواص نامطلوب ادامه دارد. یکی از این روش ها روش نیزو (NIZO) می باشد که از خامه شیرین به عنوان ماده اولیه استفاده می نماید.

معمولاً، پس از شکل گیری کره، دوغی که از کره ایجاد شده، تخلیه می گردد و اغلب در آن بیشترین مقدار یون فلز مس و جود دارد. در بیرون از محفظه تولید، به آن مقداری اسید لاکتیک و به طور همزمان یک کشت ویژه استارتر اضافه می گردد. باکتری های ترش کننده عطر و طعم لازمه را به کره می دهند. بهره گیری در این روش بالا بوده و دوغ کره نیز شیرین می باشد. کره تولید شده از مزه خوب و کیفیت نگهداری مناسب و مقاومت بالا در برابر

## فصل سیزدهم

### چربی بدون آب شیر (AMF) و روغن کره

چربی بدون آب شیر و روغن کره (Anhydrous milk & butteroil) فراورده هایی هستند که کم و بیش حاوی چربی خالص شیر می باشند. هرچند امروزه آنها را در دسته فراورده های صنعتی جدید شیر محسوب می نمایند، اما آنها یک ریشه باستانی را در بعضی از فرهنگ ها دارا می باشند. گی (Ghee) یکی از این فراورده های چربی شیر با پروتئین بالاتر و با یک طعم مشخص AMF می باشد که از قرن ها پیش در نزد هندوها و کشورهای عربی شناخته شده است.

چربی بدون آب شیر محصولی است که با سه کیفیت متمایز به وسیله استاندارد بین المللی FIL-IDF شماره A ۶۸: ۱۹۷۷ تعریف شده است.

• چربی بدون آب شیر باید حداقل حاوی ۹۹/۸ درصد چربی شیر بوده و از خامه یا کره تازه تهیه شده باشد. اضافه نمودن هیچ نوع افزودنی (مثلا جهت خنثی سازی اسید های چرب آزاد) به آن مجاز نمی باشد.

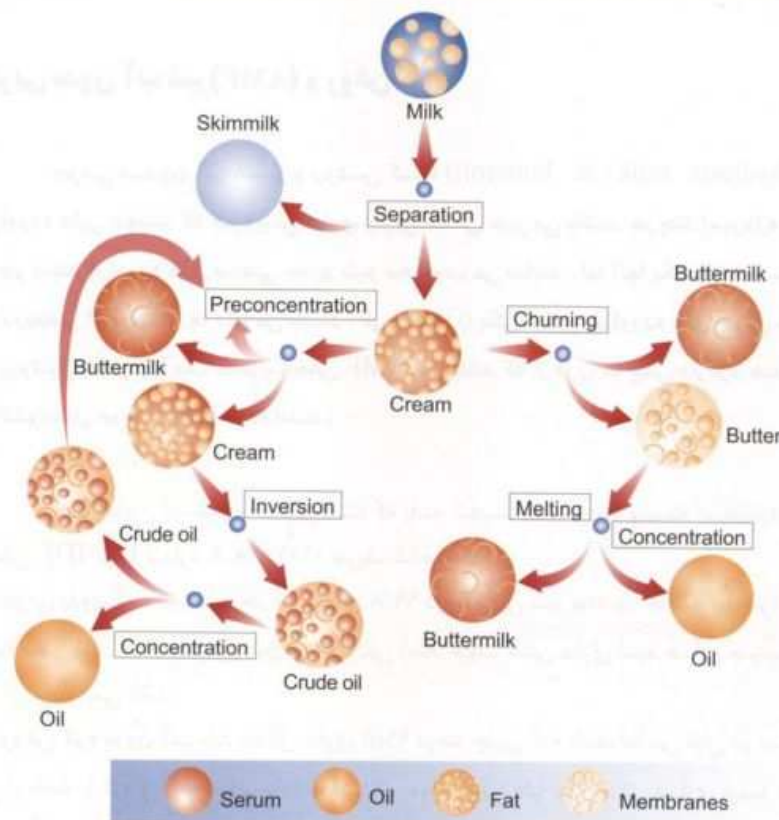
• روغن کره بدون آب باید حداقل حاوی ۹۹/۸ درصد چربی کره باشد، اما می توان در ساخت آن از خامه یا کره با تاریخ تولید مختلف استفاده نمود. کاربرد قلیا برای خنثی سازی اسید های چرب آزاد در آن مجاز می باشد.

• روغن کره باید حداقل حاوی ۹۹/۳ درصد چربی شیر باشد. مواد خام و ویژگیهای فرایند همانند روغن کره بدون آب است.

در این فصل به کلمه AMF (Anhydrous milk fat) برای تمام فراورده های شرح داده شده د، استاندارد بین المللی، FIL-IDF شماره A ۶۸: ۱۹۷۷ بکار برده می شود.

AMF یک شکل عالی برای ذخیره سازی و حمل و نقل چربی کره می باشد. زیرا این محصول به جای کمتری در مقایسه با کره نیاز دارد و شکل سنتی ذخیره سازی کره می باشد. کره به عنوان یک محصول تازه شناخته شده است. به طور نمونه می توان آنرا در ۴ درجه سانتیگراد برای مدت زمان ۶-۴ هفته ذخیره نمود. اگر ذخیره طولانی تری مانند بیشتر از ۱۲-۱۰ ماه لازم باشد، دمای نگهداری باید حداقل (۲۵-) درجه سانتیگراد باشد.

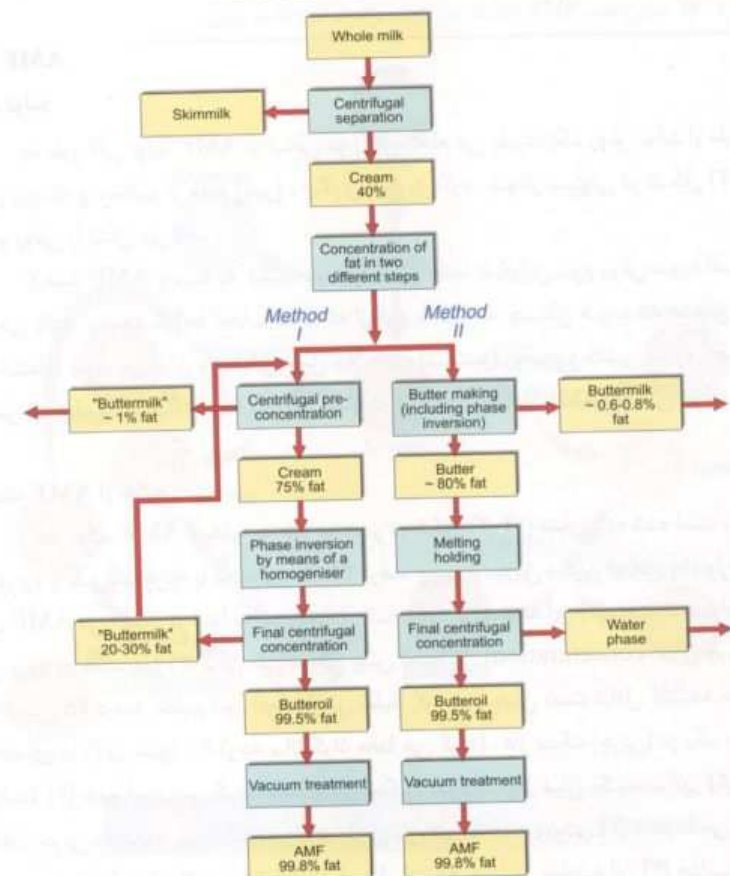
شکل ۱-۱۳ اساس تولید AMF: تغلیظ چربی شیر، برگشت فاز، تغلیظ روغن



اما AMF را می توان در بشکه های ۲۰۰ لیتری همراه با یک گاز خنثی مانند نیتروژن بسته بندی نمود و برای چندین ماه در ۴ درجه سانتیگراد ذخیره نمود. AMF در دمای بالای ۳۶ د، به سانتیگراد مانع د، دمای ۱۶-۱۷ د، به سانتیگراد خامد م، باشد.

هموژن کننده در یک ظرفیت نسبتا بالاتر از تغلیظ کننده عمل می نماید و محصول مازاد به وسیله تغلیظ کننده دریافت نمی گردد و به طور چرخشی به داخل مخزن حدواسط (۶) برگشت می نماید. قسمتی از انرژی مکانیکی به کار رفته در فرایند هموژن کننده به گرماتبدیل می گردد، برای اجتناب از بروز آشفته‌گی در چرخه دمای خط تولید، این حرارت مازاد توسط خنک کننده (۸) حذف می گردد.

شکل ۲-۱۳ نمودار ستونی نشان دهنده اصول تولید AMF



در انتهای خط تولید، روغن با محتوای ۹۹/۵ درصد چربی در یک تبادیل کننده حرارتی صفحه ای (۱۱) تحت عملیات پیش حرارتی تا دمای ۹۵-۹۸ درجه سانتیگراد قرار گرفته و بداخل یک محفظه خلاء (۱۲) وارد می گردد در این مرحله رطوبت آن در کمتر از ۰/۱ درصد

بنابراین معمولا برای برطرف کردن مشکلات و بستنی بکار برده می شود. تقاضا برای مصرف کره در حال کاهش می باشد که یک دلیل آن افزایش مصرف AMF می باشد. یکی از زمینه های رایج کاربرد AMF در تولید فراورده های چرب مخلوط با نسبت های متفاوت از کره، روغن های نباتی، روغن های دریایی- ماهی- و... با میزان چربی مختلف و همچنین ساخت فراورده هایی با خواص و کاربردهای ویژه می باشد.

## تولید AMF

### اصول تولید

به طور کلی تولید AMF بر اساس دو روش انجام می پذیرد: یک روش تولید از طریق جریان پیوسته و مستقیم از خامه (شیر)، دیگری از طریق کره. نمودار ستونی در شکل (۲-۱۳) این دو روش را نشان می دهد.

کیفیت AMF وابسته به کیفیت مواد اولیه می باشد. بنابراین نوع روش مورد استفاده مهم می باشد. چنانچه شرایط ایجاب نماید که از کره یا خامه نه چندان خوب به عنوان مواد اولیه استفاده شود، می توان با عملیاتی چون جلا دادن (شستشو) روغن و خنثی سازی قبل از طی مرحله نهایی، کیفیت را ارتقا داد. این عملیات در مبحث تصفیه AMF بررسی خواهد شد.

### ساخت AMF از خامه

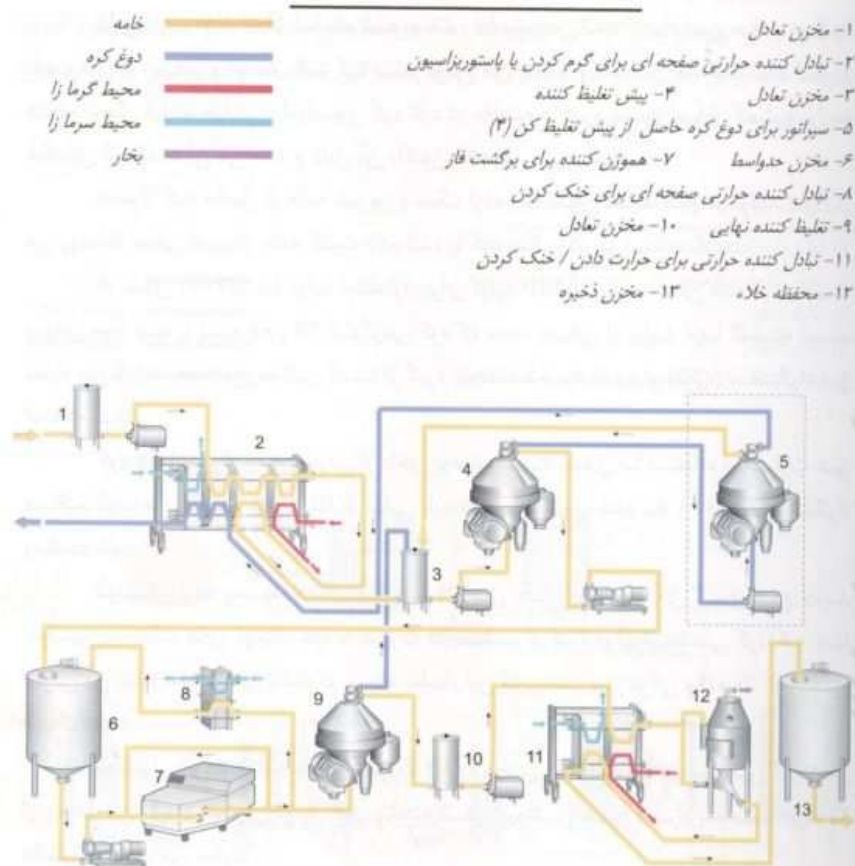
خط تولید AMF از خامه به طور مختصر در شکل (۳-۱۳) نشان داده شده است. خامه پاستوریزه یا غیر پاستوریزه با محتوای ۳۵-۴۰ درصد چربی از طریق مخزن تعادل (۱) وارد خط تولید AMF می گردد. در ابتدا به سوی تبادیل کننده حرارتی صفحه ای (۲) رفته تا حرارت آن برای ورود به سانتریفوژ (۴) برای طی مراحل پیش تغلیظی (Pre-concentration) چربی تا حد تقریبی ۷۵ درصد تنظیم شود (دمادر پیش تغلیظ کن و در پایین دست تبادیل کننده حرارتی صفحه ای (۱۱) در حدود ۶۰ درجه سانتیگراد حفظ می گردد). فاز سبک (چربی) در یک مخزن حدواسط (۶) جمع آوری می گردد. معمولا فاز سنگین (دوغ کره) از میان یک سپراتور (۵) برای بازیافت چربی باقیمانده عبور داده می شود. چربی بازیافتی با خامه ورودی (۳) مخلوط می گردد. شیر پس چرخ برای بازیافت حرارتی به تبادیل کننده حرارتی صفحه ای (۲) هدایت شده سپس در مخزن ذخیره می گردد.

خامه تغلیظ شده پس از جمع آوری در مخزن بینابینی (۶) به یک هموژن کننده (۷) وارد می شود. در مرحله بعد، مواد مذاب متعاقبا از سانتریفوژ (۸) عبور داده می شود.



می گردد.

شکل ۳-۱۳ خط تولید AMF از خامه



اجزای کلیدی یک کارخانه AMF که از خامه برای این کار استفاده می کند سپراتورهای تغلیظ کننده چربی و هموژن کننده ها برای تعویض فازها می باشند.

### تولید AMF از کره

معمولا AMF از کره تولید می گردد. در تولید این فرآورده از کره مازادی که گمان نمی رود در آینده نزدیک به کار رود، استفاده می شود. یافته های تجربی نشان داده است که

استفاده از کره تازه برای تولید این محصول مسخری را پدید می آورد، منجر روغن بهیبه شده از کره تازه تمایل جزئی به تیرگی رنگ از خود نشان می دهد اما این حالت در مواردی که از کره ای که دوهفته یا بیشتر از عمر آن گذشته است استفاده شود، بروز نمی نماید.

دلیل این رخداد کاملا شناخته شده نیست، اما مشخص شده انجام این حالت در کره تازه و قبل از رسیدن و توسعه بافت کره بیشتر بوقوع می پیوندد و همچنین مشاهده شده که در هنگام اعمال فرایند حرارتی، امولسیون کره تازه در مقایسه با کره مسن تمایل کمتری را به شکستن از خود نشان می دهد و دلیل آن تاکنون مشخص نشده است.

معمولا کره حاصل از خامه شیرین و نمک نزده، به عنوان ماده خام در تولید به کار می رود، اما ممکن است از خامه گشت داده شده یا کره نمک زده نیز استفاده گردد.

در شکل (۳-۴) خط تولید استاندارد، برای تولید AMF از کره نشان داده شده است. ورودی مواد اولیه با بسته های ۲۵ کیلوگرمی کره که مدت زمانی از تولید آنها گذشته است، تغذیه می گردد. همچنین ممکن است از کره منجمد ذخیره شده در (۲۵-) سانتیگراد نیز استفاده گردد.

کره ها را پس از بیرون آوردن از داخل پوشش بسته بندی با استفاده از حرارت غیر مستقیم ذوب می نمایند. قبل از تغلیظ نهایی باید دمای کره ذوب شده به ۶۰ درجه سانتیگراد رسانیده شود.

ذوب کردن به وسیله دمای مستقیم (تزریق بخار) باعث شکل گیری نوع جدید امولسیون با حباب های کوچک هوا به صورت فاز منتشر در کره ذوب شده می گردد که جدا نمودن آن بسیار مشکل می باشد. در مرحله تغلیظ، این فاز، باعث بروز تیرگی و کدورت در روغن می گردد.

محصول پس از ذوب شدن به صورت داغ به مخزن نگهداری (۲) پمپ می گردد. در این محل آن را برای تکمیل ذوب کامل و لخته شدن پروتئین های همراه به مدت ۳۰-۲۰ دقیقه نگهداری می نمایند.

پس از طی زمان لازم محصول از مخزن نگهداری به وسیله پمپ به تغلیظ کننده نهایی (۳)، هدایت می گردد. پس از این که غلظت چربی فاز سبک حاوی ۹۹/۵ درصد گردید، به تبادل کننده حرارتی صفحه ای (۵) منتقل شده و در آنجا در معرض دمای ۹۵-۹۰ درجه سانتیگراد، قرار می گیرد و پس از عبور از محفظه خلاء (۶) و خنک شدن در تبادل کننده حرارتی صفحه ای (۵) تا دمای ۴۰-۳۵ درجه سانتیگراد، آماده بسته بندی می گردد.

فاز سنگین را به وسیله پمپ به داخل مخزن دوغ کره یا مخزن جمع آوری فاضلاب، بسته به خالص یا آلوده بودن (با ماده خنثی کننده) روانه می سازند.

- برای جدا سازی چربی (Fractionation) (جدا سازی چربی های با نقطه ذوب بالا)  
• برای حذف کلاسترول.

### جلا دادن

جلا دادن (Polishing) در برگیرنده عملیات شستن روغن با آب برای دستیابی به شفافیت و درخشش در محصول می باشد. در این مرحله ۳۰-۲۰ درصد آب به روغن خارج شده از تغلیظ کننده نهایی اضافه می گردد. قبل از اختلاط دمای آب باید با دمای روغن یکسان شده باشد. پس از طی یک زمان کوتاه آب را از روغن جدا می نمایند. گفته شده آب به عنوان حلال با حل کردن ناخالصی ها (به طور عمده پروتئین) و خارج نمودن آنها در بروز شفافیت روغن مفید می باشد.

### خنثی سازی

خنثی سازی (Neutralisation) با هدف کاهش مقدار اسید های چرب آزاد (FFA)، موجود در روغن انجام می پذیرد. افزایش مقدار اسید چرب آزاد در روغن باعث ایجاد طعم نامطبوع در روغن و در فرآورده های تولید شده از آن می گردد. برای این کار یک قلیا مانند (NaOH) در غلظت ۸-۱۰ درصد، برابر با مقدار اسید های چرب آزاد به آن اضافه می نمایند. متعاقبا پس از زمان نگهداری (حداکثر ۱۰ ثانیه) آب با همان نسبت گفته شده در جلا دادن اضافه می گردد. اسیدهای چرب آزاد صابونی شده در فاز آبی حل می گردند. نکته مهم در انجام این عملیات اختلاط مناسب روغن با قلیا می باشد. اختلاط می باید برای اجتناب از امولسیون سازی چربی و قلیا، با ملایمت انجام گیرد.

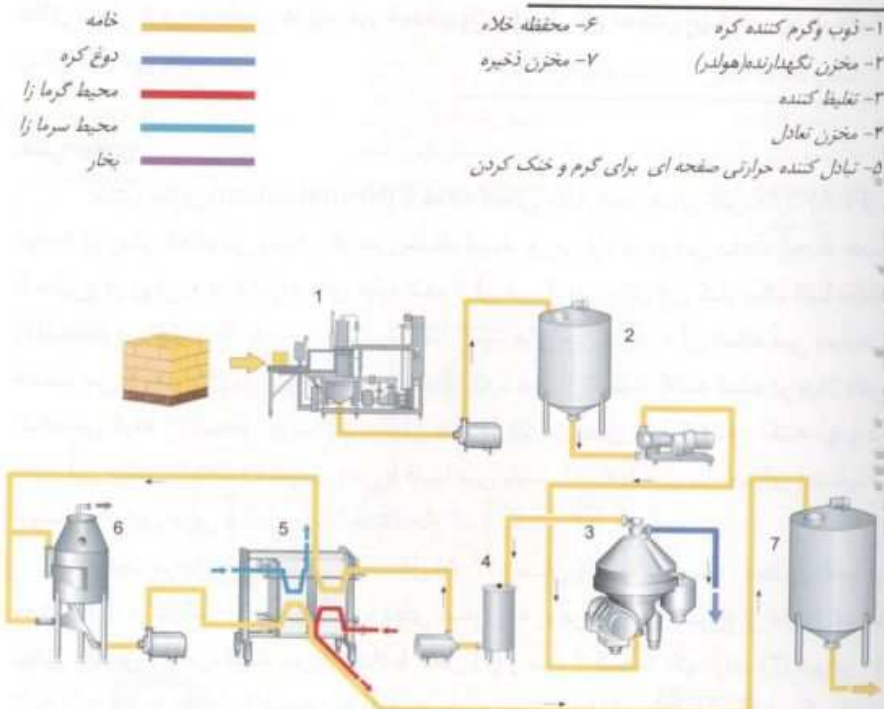
ترتیب مراحل خنثی سازی در شکل (۵-۱۳) نشان داده شده است. محلول قلیا در مخزن (۱)، در غلظت ۸-۱۰ درصد و با دمای مساوی به روغن در حال خروج از تغلیظ کننده نهایی، تزریق (۲) می گردد. پس از اختلاط کامل (۳) و عبور از قسمت نگهدارنده (۴) برای ۱۰ ثانیه، آب داغ به مقدار ۲۰ درصد، به داخل جریان، تزریق شده (۵)، و نهایتا از طریق یک واحد مخلوط کننده (۷) برای حذف آب و صابون و شستشوی نهایی وارد دومین تغلیظ کننده (۶)، می گردد.

### جدا سازی جزئی

جدا سازی جزئی (Fractionation) فرایندی برای جدا سازی چربی های با نقطه ذوب بالا از چربی های با نقطه ذوب پایین می باشد. این جدا سازی در فرآورده های خاصی کاربرد دارد.

خطر بروز تیرگی در محصول نهایی وجود دارد. در این صورت باید در مرحله تغلیظ نهایی برای بدست آوردن روغن شفاف با ۹۹/۵ چربی، در تنظیم دستگاه اعمالی صورت گیرد که منجر به کاهش جزئی بهره تولید و افزایش چربی (تقریبا ۷ درصد) باقی مانده در فاز سنگین (دوغ کره) خواهد شد. چربی باقی مانده در دوغ کره به وسیله خامه گیر جدا شده و به مسیر خامه ورودی خط تولید هدایت می گردد.

شکل ۴-۱۳ خط تولید AMF از کره



### تصفیه AMF

تصفیه AMF با اهداف گوناگونی انجام می پذیرد به طور نمونه می توان به موارد زیر

اشاره نمود:

• برای جلا بخشیدن،

روس متداول برای این کار ، مخلوط کردن روغن با یک نشاسته مخصوص بنام بتاسیکلو دکسترین (Beta cyclodextrine=BCD) می باشد . مولکول BCD ، کلسترول را محاصره کرده و رسوب تشکیل می دهند . رسوب را می توان به وسیله سانتریفوژ جدا نمود.

#### بسته بندی

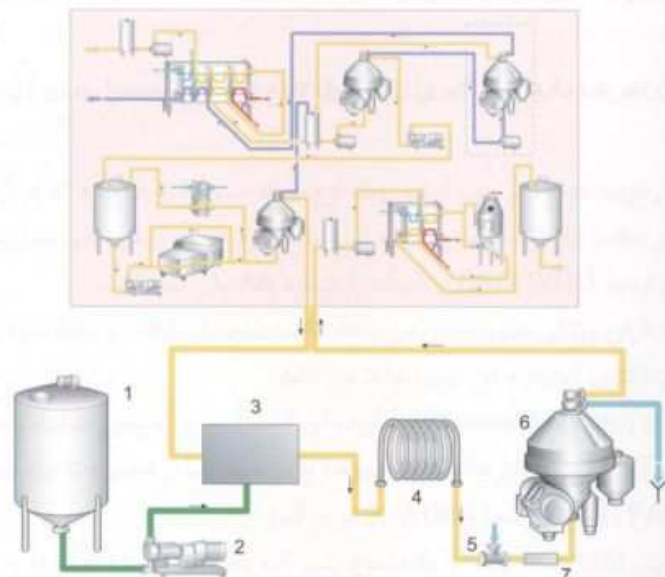
AMF را در ظروفی با اندازه های مختلف بسته بندی می نمایند . برای مصارف خانگی و رستوران ها از ظروف ۱ تا ۱۹/۵ کیلوگرمی استفاده می گردد و برای مصارف صنعتی در بشکه های ۱۸۵ کیلوگرمی پر می گردد .

معمولا یک گاز خنثی مانند نیتروژن بداخل ظرف بسته بندی تزریق می نمایند . این گاز از هوا سنگین تر است . پس از پرکردن ظرف ، گاز خنثی بصورت یک حائل در بین سطح محصول و هوا قرار می گیرد و آنرا در برابر اثرات اکسیداسیون اکسیژن موجود در هوا محافظت می نماید .

افزودنی استفاده نگردد ، ارجحیت دارد . اصول کلی فرایند را می توان بشرح زیر خلاصه نمود : برای این فرایند اغلب از (AMF) جلا داده شده با بالاترین درجه خلوص استفاده می گردد . ابتدا روغن را با اعمال فرایند حرارتی غیر مستقیم ذوب کرده و سپس با به کار گیری دما های محاسبه شده مرحله به مرحله روغن را خنک می نمایند در هر مرحله از خنک سازی بلور هایی از چربی های با نقطه ذوب بالا تشکیل می شود ، بلور ها را در همان دما به وسیله صافی های خاصی جدا می نمایند و دما را پایین تر می برند و مجددا بلور هایی را که جدید تشکیل شده اند جدا می نمایند. فرایندها مرحله دستیابی به چربی های با نقطه ذوب مشخص پیش برده می شود.

شکل ۵-۱۳ خنثی سازی اسیدهای چرب آزاد

- |                                 |                              |
|---------------------------------|------------------------------|
| ۱- مخزن قلیا                    | ۵- تزریق کننده آب            |
| ۲- پمپ تزریق کننده (مقدار لازم) | ۶- جلا کننده مواد صابونی شده |
| ۳- لوازم مخلوط کننده            | ۷- مخلوط کن آب / روغن        |
| ۴- واحد هولد                    |                              |
- روغن کره  
قلیا  
آب



#### حذف کلسترول

حذف کلسترول (Decholesterolisation) فرایندی است که در آن کلسترول از



## فصل چهاردهم

### پنیر

#### اصول و دانش پایه

- پنیر در بیشتر فرهنگ ها از زمان باستان شناخته شده است.
- پنیر نوعی شیر غلیظ شده است که عمده مواد جامد آن را عموماً پروتئین (خصوصاً کازئین) و چربی تشکیل میدهد. مایع باقیمانده در پنیر سازی را آب پنیر می نامند.
- مقدار کازئین و چربی موجود در پنیر های سخت و نیمه سخت تقریباً ۱۰ بار بیشتر از شیر است.
- نمی توان تعریف دقیق و فراگیری را به دلیل تنوع زیاد این محصول برای آن بیان نمود.

- محتوای رطوبت موجود در پنیر، اساس یک نوع طبقه بندی را پدید آورده که در آن پنیر ها را بصورت پنیر سخت (بارطوبت پایین)، نیمه سخت و نرم دسته بندی می نمایند. این نوع طبقه بندی توسط FAO/WHO در استاندارد شماره ۶A بیان شده است.
- هر دسته دارای ویژگی های خاصی می باشد. مانند: ساختمان (بافت و بدنه) مزه و ظاهر که نتیجه عمل باکتری آغازگر و فن آوری تولید می باشد.
- پنیر پورده (Processed cheese)، فراورده ای است که در معرض عملیات حرارتی قرار گرفته و ممکن است انواع مختلفی از پنیرها را با سن های متفاوت براساس تعریف FAO/WHO، استاندارد شماره (b) ۸ A در بر گیرد.
- پنیر آب پنیر (Whey cheese)، یک نوع پنیر که به طور عمده در نروژ و سوئد تولید می گردد، بر اساس تعریف FAO/WHO استاندارد شماره ۷ A به شرح زیر :
- "پنیر آب پنیر (Whey cheese) فراورده ای حاصل از تغلیظ آب پنیر یا بدون افزودن شیر و چربی شیر و شکل داده شده می باشد."

نرم با طعم اسیدی و همراه با عطر و طعم، شیر کشت داده شده با باکتری اسید لاکتیک است. این محصول قابلیت گستردن (Spread) در روی نان صبحانه و مخلوط شدن با دیگر غذا ها را دارا می باشد.

### اصطلاحات طبقه بندی پنیر

(ماخذ: کدکس غذایی، FAO/WHO استاندارد شماره ۶ A)

پنیر محصولی است، تازه یا رسیده، جامد یا نیمه جامد که در آن نسبت پروتئین آب پنیر به کازئین نباید بیشتر از شیری که از آن بدست آمده است باشد و با روش های زیر حاصل شده باشد:

**الف** بوسیله ایجاد لخته (کامل یا قسمتی) در مواد اولیه ای مانند: شیر، شیر پس چرخ، شیر کم چرب، خامه، سرم خامه (Whey cream) یا دوغ کره، در اثر عمل مایه پنیر یا دیگر مواد لخته ساز، همراه با خروج آب پنیر از لخته، تولید شده باشد.

**ب** به وسیله کاربرد روش ها و فرایندهای خاص: که در آن شیر یا مواد حاصله از شیر لخته شده، خواص فیزیکی، شیمیایی و مشخصات اورگانولپتیکی همانند فراورده هایی که تحت طبقه بندی پنیر قرار دارند، در آن موجود باشد.

در سال ۱۹۷۴ چند نفر روسی، در یخ های سیبری پنیری را یافتند که عمر آن به ۲۰۰۰ سال تخمین زده شد و هنوز از یک بافت لطیف و بی مانندی برخوردار بود.

بزرگترین پنیری که تا کنون ساخته شده یک نوع پنیر چدار با وزن ۱۵۱۹۰ کیلوگرم می باشد، که در ژانویه ۱۹۶۴ بوسیله بنیاد ویسکانسین برای ارائه دادن در نمایشگاه جهانی نیو یورک تولید شد. برای تولید آن ۴۳ ساعت زمان صرف شده بود.

### تعاریف

(۱-۱) - پنیر فراوری شده یا عمل آوری شده: پنیری است که بلافاصله پس از تولید، آماده برای مصرف نمی باشد و باید برای یک زمان معین و در یک دمای معین و در شرایط خاص نگهداری شود تا در نتیجه واکنش های بیوشیمیایی و تغییرات فیزیکی، مشخصه پنیر را حاصل نماید.

(۱-۲) - پنیر با کشت کپکی یا پنیر عمل آوری شده با کپک: پنیری است که رسیدن آن با توسعه و رشد کپک خاص در رگه های درونی و سطح پنیر همراه است.

مصرف می باشد .

### طبقه بندی پنیر

طبقه بندی نشان داده شده در تابلو (۱-۱۴) برای تمام پنیر های داخل محدوده این استاندارد به کار برده می شود. در این طبقه بندی از معرفی کردن مشخصات فردی پنیر ها بصورت تکی خودداری شده است .

تابلو ۱-۱۴ طبقه بندی پنیر

| سطح ۳                                      | سطح ۲     | سطح ۱     |         |
|--------------------------------------------|-----------|-----------|---------|
| نام براساس مشخصات لخته                     | نام گذاری | نام گذاری | %MFFB   |
| ۱- بهبود داده شده یا رسیده                 | خیلی چرب  | خیلی سخت  | < ۳۱    |
| a- اساسا در سطح                            | چرب       | سخت       | ۴۹ - ۵۶ |
| b- اساسا در داخل                           | نیم چرب   | نیمه سخت  | ۵۳ - ۶۳ |
| ۲- لخته بهبود داده شده یا رسیده بوسیله کیک | کم چرب    | نیمه نرم  | ۶۱ - ۶۹ |
| a- اساسا در سطح                            | بدون چربی | نرم       | > ۶۷    |
| b- اساسا در داخل                           |           |           |         |
| ۳- بدون عمل آوری ***                       |           |           |         |

\* (Moisture on Fat-Free Basis = MFFB) یعنی درصد رطوبت بر پایه ماده بدون چربی.

وزن رطوبت در پنیر

یعنی:  $\times 100$

وزن چربی پنیر - وزن کل پنیر

\*\* (Fat on Dry Basis = FDB) یعنی درصد چربی بر اساس ماده خشک .

محتوای چربی پنیر

یعنی:  $\times 100$

وزن چربی پنیر - وزن کل پنیر

\*\*\* شیرینی که قرار است برای این نوع پنیر استفاده شود باید پاستوریزه گردد

مثال

| نوع      | منشا   | FDB  | MFFB | سطح ۱    |
|----------|--------|------|------|----------|
| پارمیسان | ایسلند | ۳۵ + | % ۴۰ | خیلی سخت |
| Parmesan |        |      |      |          |

Grana

امنتال  
Emmenthal

گرویر  
Gruyere

چدار  
Cheddar

گودا  
Gouda

تیل سیتز  
Tilsiter

هاواریتی  
Havarti

پنیر آبی  
Blue cheese

بری  
Brie

کاتیج  
Cottage cheese

سخت

سخت

سخت

سخت و

نیمه سخت

نیمه سخت

نیمه سخت

نیمه سخت

نیمه سخت

نیمه نرم

نیمه نرم

نرم

چک

فرانسه

انگلیس

نیوزلند

آلمان

انگلیس

دانمارک

فرانسه

فرانسه

امریکا

% ۵۲

% ۵۲/۵

% ۵

% ۵۷

% ۵۷

% ۵۹

% ۶۱

% ۶۸

% ۶۹

۴۵ +

۴۵ +

۵۰ +

۴۵ +

۴۵ +

۴۵ +

۵۰ +

۴۵ +

> ۱۰

### تولید پنیر

روش های عمومی تولید برای پنیر نوع سخت و نیمه سخت

پنیر سازی شامل تعدادی مراحل عمومی است که برای تمام پنیر ها به کار برده می شوند و پس از آن عملیات ویژه ای برای هر نوع پنیر خاص به کار گرفته می شود. مراحل اصلی برای تولید پنیر سخت و نیمه سخت به طور شماتیک در شکل (۱-۱۴) نشان داده شده است.

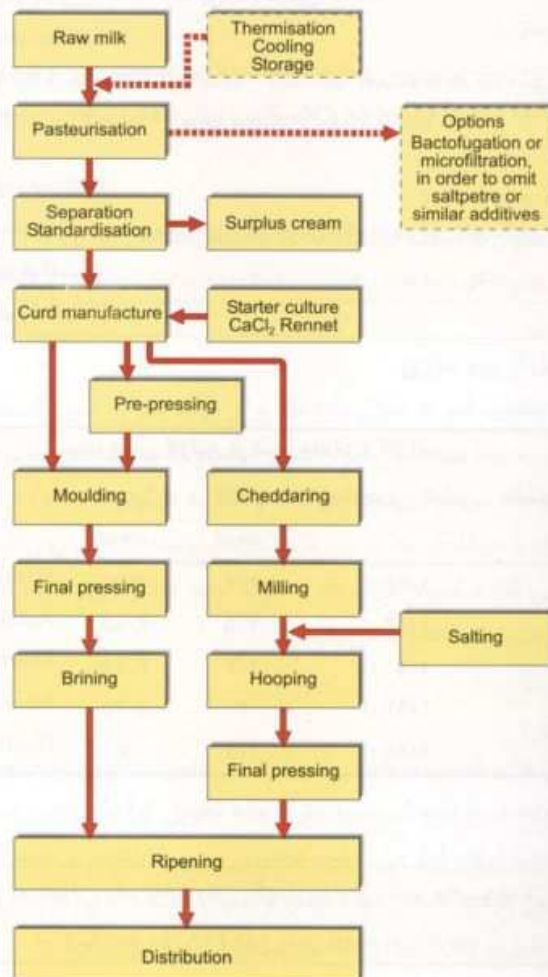
شیر پنیر سازی پس از تحمل فرایند حرارتی مقدماتی و افزودن استارتر متناسب با نوع پنیر و طی مراحل اولیه رسیدن (Preripened) ، با آنزیم مایه پنیر (Rennet) مخلوط می گردد . فعالیت آنزیم باعث انعقاد شیر شده و یک جامد ژل مانند را شکل می دهد که بنام لخته (Coagulum) شناخته می شود. لخته را با ابزار ویژه به شکل مکعب های کوچک در اندازه لازم برش می دهند تا خروج آب پنیر از آن تسهیل گردد. معمولا در هنگام فرایند لخته سازی، رشد باکتری استارتر، باعث تولید بیشتر اسید لاکتیک می گردد. جبه های لخته پس از برش با ابزار لازم تحت عملیات مکانیکی (همزدن) قرار می گیرد و گاهی لخته ها را بر اساس برنامه از

داهی پنیر را فقط با فشار وزن خودس یا به طور متداول بوسیله اعمال فشار مکانیکی بر روی قالب ها می فشارند تا آب پنیر باقیمانده ، از آن خارج گردد ، نوع عملیات در هنگام تولید لخته و فشردن ، مشخص کننده خصوصیات هر پنیر می باشد .

جریان عملیات در شکل (۱-۱۴) نشان دهنده اعمالی مانند نمک زدن و ذخیره کردن نیز می باشد، در خاتمه ، پنیر با لفافه ها یا بسته بندی پوشیده می گردد .

(Syneresis) شده یا به عبارت دیگر آب پنیر از حبه های لخته خارج می گردد. لخته نهایی در داخل قالب فلزی پنیر ، (گاهی چوبی یا پلاستیکی )، قالب گیری می شود که شکل نهایی پنیر را پدید می آورد .

شکل ۱-۱۴ فرایند تولید پنیر سخت و نیمه سخت



### شیر برای پنیر سازی

- چربی آن را استاندارد می کنند .
- نسبت چربی به SNF (کازئین) =  $F/SNF$  (کازئین)
- باستوریزاسیون ،
- ۷۲-۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰-۱۵ ثانیه (همیشه به کار برده نمی شود)
- خنک کردن تا تقریباً ۳۰ درجه سانتیگراد = دمای مناسب مایه زنی
- عملیات های انتخابی
- استفاده از روش های مکانیکی برای کاهش باکتری در شیر پنیرسازی
- باکتو فوگاسیون
- میکرو فیلتراسیون

### نسبت چربی کازئین در شیر چند نژاد گاو شیری

| نژاد              | چربی درصد | کازئین درصد | نسبت چربی/کازئین | نسبت کازئین/چربی |
|-------------------|-----------|-------------|------------------|------------------|
| فریزیان Friesian  | ۳/۵       | ۲/۴         | ۱/۴۶             | ۰/۶۸             |
| ایرشایر Ayrshire  | ۳/۸۵      | ۲/۵         | ۱/۵۴             | ۰/۶۵             |
| شورترون Shorthorn | ۳/۶۵      | ۲/۴         | ۱/۵۰             | ۰/۶۶             |
| جرزی Jersey       | ۵/۷۵      | ۳           | ۱/۹۲             | ۰/۵۲             |
| گوارنزی Guernsey  | ۵         | ۲/۷         | ۱/۸۵             | ۰/۵۴             |

پنیر در اصل به عنوان یک نوع روش نگهداری برای شیر محسوب می گردد.

در دنیا بیش از ۱۰۰ نوع پنیر تولید می گردد.



## از شیر تا پنیر

### • در وت پنیر سازی

♦ مهیا کردن شرایط برای شیر پنیر سازی

• افزودنی ها

- کلرور کلسیم

- نیترات پتاسیم (اگر بوسیله قانون منع نشده باشد)

- استارت باکتریایی ، انواع مناسب بر حسب نوع پنیر

- مایه پنیر بعنوان عامل انعقاد

• لخته

♦ برش (حبه سازی)

♦ حرارت دادن ، شستشو با آب گرم ، به طور مستقیم یا غیر مستقیم، بسته به نوع پنیر

♦ جمع آوری لخته برای فشردن اولیه و یا قالب گیری نهایی و فشردن لخته در صورت لزوم،

♦ نمک زدن

♦ یا برای پنیر چدار،

♦ چداری کردن پس از آسیاب کردن ، نمک زدن ، بشکل حلقه درآوردن و فشردن لخته،

♦ ذخیره پنیر های شکل داده شده ، فشرده و نمک زده در اتاق رسانیدن برای طی زمان رسیدن

## فراوری شیر قبل از پنیر سازی

کیفیت مطلوب شیر به عنوان ماده خام برای تولید پنیر به طور گسترده ای به شرایط حاکم در دامداری مربوط می باشد. جدا از اعمال انضباط شدید بهداشتی ، شیر دام بیمار یا تحت درمان با آنتی بیوتیک نباید برای پنیر سازی یا اصولاً تولید هرگونه محصول دیگر مصرف گردد . تغذیه دام با علوفه ای که به طور نامناسب سیلوشده باشد، بر روی کیفیت چند نوع پنیر تاثیر نامطلوب می گذارد. اصولاً تعلیف دام با علوفه تولید کننده بوی ناخوشایند، به علت احتمال ورود بو به داخل شیر دام نامطلوب می باشد .

## جمع آوری شیر

در روش های قدیمی دریافت ، شیر در داخل بیدون ، تحویل کارخانه می گردید و تقریباً در چند ساعت اولیه صبح تمام شیر مورد نیاز کارخانه تحویل گرفته می شد. شیر تقریباً بلافاصله پس از توزین، تحت فرایند قرار می گرفت. محتوای چربی با استفاده از خامه گیر به طور مداوم جدا و استاندارد می گردید. متعاقباً عمل پاستوریزاسیون و خنک کردن تا دمای مناسب مایه زنی انجام پذیرفته و شیر به وت (Vat = پست) پنیر سازی پمپ می گردید .

روژه انجام می پذیرد . این بدان معنی است که باید تمهیدات ویژه ای در جمع آوری و انتقال مناسب شیر از دامداری به کارخانه انجام گیرد. کارخانه باید در پس زدن شیر که حتی تغییرات بسیار جزئی ناشی از فساد یا تغییر ناچیز طعم در آن مشاهده میشود قاطعانه عمل نماید، تا شیر معیوب بهیچ وجه وارد خط تولید پنیر سازی نگردد. التهاب پستان در گاو ، یک بیماری شایع بوده که همراه با ایجاد درد در پستان دام ، باعث تغییرات جدی در ترکیبات شیر می گردد . دامداری ها باید از تحویل شیر دام مبتلا به التهاب پستان به کارخانه خود داری نمایند .

## عملیات حرارتی همراه با عملیات مکانیکی برای کاهش باکتری

### ترمیزاسیون

وقتی که جمع آوری شیر با تناوب چند روزه انجام پذیرد، تولید کننده پنیر همواره با افت کیفی در تولید پنیر مواجه خواهد بود. این تغییرات در زمانی که شیر تا چند روز پس از دوشیدن در شرایط خنک ۴ درجه سانتیگراد نگهداری شده و حتی چرخه سرما در زمان انتقال از تانکر به مخزن ذخیره در کارخانه نیز شکسته نشده ، بیشتر مشاهده می گردد. گاهی اوقات چنین وضعیتی در کارخانه هنگام نگهداری طولانی شیر خام مثلاً در پایان کار هفتگی اتفاق می افتد. در هنگام نگهداری شیر، به صورت سرد ، تغییراتی در بعضی پروتئین ها و نمک های شیر بروز می نماید که باعث بروز مشکل در پنیر سازی خواهد شد. یکی از این تغییرات به صورت رسوب ۲۵ درصد محتوای کلسیم شیر به شکل فسفات پس از ۲۴ ساعت نگهداری در دمای ۵ درجه سانتیگراد می باشد. البته این کاهش موقتی بوده و وقتی که شیر پاستوریزه می شود، کلسیم دوباره به شکل محلول در می آید و خواص لخته سازی تقریباً به طور کامل به شیر برگشت می کند. از تغییرات دیگر ناشی از سرد نگهداشتن شیر، ترک بتا کازئین از مجموعه سیستم میسلی کازئین می باشد که این عمل قابلیت پنیر سازی را کاهش می دهد این نقیصه نیز تقریباً به طور کامل در زمان پاستوریزاسیون برطرف گشته و بتا کازئین به میسل برگشت می نماید .

یکی از مهمترین تغییرات در هنگام سرد نگهداشتن شیر تغییر فلور میکروبی شیر (معمولاً در اثر آلودگی ثانویه) می باشد. از جمله می توان به آلودگی سودوموناس ها در شیر اشاره نمود. این دسته از میکروارگانیسم ها قابلیت تطابق با سرما را داشته (سرما دوست) و در نتیجه در دمای پایین شیر سرد شده ، رشد کرده و آنزیم های ، پرتولیز (تجزیه کننده پروتئین) و لیپولیز (تجزیه کننده چربی) را به داخل شیر ترشح می نمایند. (این آنزیم ها دارای مقاومت حرارتی بالایی بوده و در عملیات پاستوریزاسیون معمولی از بین نمی روند). برای مثال نتیجه

دامپزشک تحت کنترل قرار دارد، تامین می گردد.

هرچند پنیر ساخته شده از شیر غیر پاستوریزه، عطر و طعم بهتری دارد، اما بیشتر تولید کنندگان (بجز آنهایی که پنیر سخت تولید می کنند) انجام فرایند پاستوریزاسیون را در مقایسه با خطرات احتمالی پاستوریزه نکردن شیر، ترجیح می دهند.

فرایند پاستوریزاسیون باید به گونه ای انتخاب گردد که قادر به نابودی کلیه باکتری های آسیب رسان بر روی کیفیت پنیر باشد. برای مثال، وجود کلی فرم ها در شیر پنیر سازی، می تواند باعث بروز بادکردگی زودرس و مزه غیر قابل قبول در پنیر گردد.

به طور معمول از پاستوریزاسیون (HTST) با دمای ۷۲-۷۳ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰-۱۵ ثانیه استفاده می گردد.

متأسفانه شکل اسپور دار میکروارگانیسم ها در فرایند پاستوریزاسیون زنده باقی می مانند و می توانند در هنگام رسیدن پنیر مشکلات جدی را ایجاد نمایند. به عنوان مثال از این دسته میکروارگانیسم ها می توان به کلوستریدیوم تیروبوتیریکوم (*Clostridium tyrobutyricum*) اشاره نمود که در اثر تخمیر اسید لاکتیک تولید اسید بوتیریک و مقدار زیادی گاز هیدروژن در پنیر می نماید. این گاز باعث تخریب کامل بافت پنیر می گردد، وجود اسید بوتیریک در پنیر ایجاد مزه بد می نماید.

عملیات حرارتی شدید هر چند احتمال بروز اثرات ناخواسته میکروارگانیسم هارا کاهش می دهد اما به طور جدی به خواص پنیر سازی شیر لطمه وارد سازد.

افزودن مواد شیمیایی به شیر پنیر سازی قبل از تولید، برای جلوگیری از بادکردگی و بروز طعم نا مطلوب ناشی از فعالیت باکتری های اسپور دار مقاوم به حرارت (مخصوصاً کلوستریدیوم تیروبوتیریکوم) می تواند موثر واقع گردد. معمول ترین ماده شیمیایی که برای این کار مورد استفاده قرار می گیرد، نیترات سدیم ( $\text{NaNO}_3$ ) می باشد، اما در تولید پنیر امتثال آب اکسیژنه ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) نیز به کار برده می شود. کاهش تعداد میکروارگانیسم های ناخواسته بوسیله به کار گیری مواد شیمیایی به طور وسیعی مورد انتقاد قرار دارد و امروزه استفاده از روش های مکانیکی (باکتوفوگ) جایگزین آنها شده است.

### روش مکانیکی کاهش باکتری ها

همان طوری که در فصل ۲-۶ شرح داده شده باکتوفوگاسیون فرایندی است که بوسیله یک طرح ویژه شبیه به سانتریفوژ بسته، بنام باکتوفوگ (Bactofuge) (باکتری گریز) انجام می پذیرد. کاربرد این دستگاه در جدا سازی باکتری ها و اسپور ها از شیر می باشد.

خارج شده اند، باعث بروز طعم تلخ در شیر می گردند.

آنزیم های پروتئولیتیک و لیپولیتیک مترشحه از سودو موناس ها در غشای گویچه چربی رخنه کرده و نتیجه این عمل آزاد سازی اسید های چرب، خصوصاً با وزن مولکولی پایین می باشد. عمل لیپاز ها باعث بروز طعم "تندی" (رانسید) در شیر می گردد.

بنابراین، اگر شیر حداقل ۴۸-۲۴ ساعت پس از دوشیدن از دام، وارد کارخانه گردد و مجبور باشد تقریباً ۱۲ ساعت را منتظر فرایند بماند، باید آنرا در دمای تقریباً ۴ درجه سانتیگراد نگهداری نمایند. اما بهتر است، قبل از سرد کردن در روی آن عمل ترمیزاسیون انجام پذیرد.

ترمیزاسیون (Thermisation) به معنی انجام عملیات حرارتی ملایم در دمای ۶۵

درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ ثانیه و متعاقباً خنک کردن تا ۴ درجه سانتیگراد می باشد. در این حالت آزمایش فسفاتاز هنوز مثبت می باشد. این روش با هدف توقف دادن رشد فلور میکروبی سرما دوست هنگام ذخیره سازی شیر برای بیش از ۴۸-۱۲ ساعت در کارخانه انجام می گیرد (به توضیحات فصل ۱ مراجعه شود). زمان بحرانی (Critical age) شیر خام نگهداری شده در ۴ درجه سانتیگراد به طور معمول بین ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از شیر دوشی می باشد. در شکل (۱-۱۳) فصل ۱ و شکل (۲-۱۴) توالی کار در ایستگاه دریافت شیر نشان داده شده است.

### پاستوریزاسیون

شیر پنیر سازی از قبل باید متحمل عملیات حرارتی مقدماتی برای ایجاد شرایط مطلوب قرار گیرد.

شیری که قرار است برای تولید انواع پنیر که زمان رسیدن بیشتر از یک ماه را طی می نمایند، احتیاجی به پاستوریزاسیون ندارد، اما معمولاً این فرایند انجام می پذیرد.

اما شیری که برای تولید پنیرهایی که زمان رسیدن را طی نمی نمایند (پنیر تازه) مصرف می گردد حتماً به پاستوریزاسیون نیاز دارند، تابلو (۱-۱۴).

آب پنیر ناشی از تولید پنیری که شیر آن پاستوریزه نشده باشد برای خوراک دام به کار برده می شود. البته برای جلوگیری از انتشار بیماری های دامی، قبل از مصارف دامی آن را پاستوریزه می نمایند. اما آب پنیری که شیر آن از قبل پاستوریزه شده به پاستوریزاسیون مجدد نیاز ندارد.

شیری که قرار است برای تولید پنیر های امتثال، پارمیسن و گودا از انواع پنیر های خیلی سخت به کار برده شود، نباید تا بیشتر از ۴۰ درجه سانتیگراد (برای اجتناب از به هدر رفتن مواد عطر و طعم زرا در آب پنیر) حرارت داده شود. معمولاً شیر لازم برای تهیه این نوع پنیرها از

استفاده از این دو نوع باکتوفوگ و سایر تمهیدات امکان ارتقا کیفی وضعیت باکتریولوژیکی شیر را برای پنیر سازی یا تولید سایر فرآورده ها فراهم می آورد. در این زمینه اگر قرار باشد پروتئین های سرمی موجود در آب پنیر جدا سازی و برای فرمولاسیون غذای کودک استفاده گردد، انجام باکتوفوگاسیون شیر ضروری می باشد.

### شکل های مختلف اجرای فرایند

تقریباً ده روش ممکن برای طراحی خط باکتو فوگاسیون وجود دارد. سه مثال زیر نشان دهنده این موضوع می باشد :

- ۱- باکتو فوگ دو فازي با تخلیه پیوسته فاز غنی از باکتری .
- ۲- باکتوفوگ یک فازي با تناوب تخلیه فاز غنی از باکتری .
- ۳- جا گذاری دو باکتوفوگ یک فازي به صورت پشت سر هم (سری) .

### ۱- باکتوفوگ دو فازي با تخلیه پیوسته فاز غنی از باکتری

این نوع باکتوفوگ که در شکل (۱۴-۳) نشان داده شده در شرایط کاملاً بسته و غیرقابل نفوذ به هوا یک جریان پیوسته از فاز غنی از باکتری غلیظ شده یا فاز سنگین را تولید و تخلیه می نماید . این فاز تقریباً دربرگیرنده ۳ درصد مقدار جریان ورودی ( قابل تنظیم با کنترل سرعت پمپ خارج کننده جریان) به سیستم می باشد. اغلب این فاز پس از استریل شدن دوباره به جریان اصلی بر گردانده می شود. معمولاً در این موارد استریل کننده مورد استفاده از نوع تزریقی می باشد. دمای استریل کننده ۱۳۰ درجه سانتیگراد به مدت چند ثانیه برای غیر فعال کردن اسپور کلستریدیوم ها کافی می باشد. فاز غنی از باکتری به صورت گرم دستگاه استریل کننده را ترک می نماید و تقریباً با نصف حجم خودش از شیر باکتو فوگ شده با دمای پایین مخلوط می گردد و سپس به داخل جریان شیر باکتوفوگ شده تزریق می گردد. متعاقباً در ادامه مسیر شیر به پاستوریزاتور هدایت شده و در دمای ۷۲ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ ثانیه ، پاستوریزه می گردد. سپس با روش احیای حرارتی و خنک کردن نهایی تا دمای آنزیم زنی خنک می گردد. باکتوفوگ با تخلیه پیوسته فاز غنی از باکتری در موارد زیر به کار برده می شود :

- اختلاط مجدد فاز غنی از باکتری استریل شده، مقدور باشد ،
- در مواردی که عملیات حرارتی برای غیر فعال کردن میکروارگانیسم ها به اندازه کافی قوی نبوده و تنها راه برای جدا سازی آنها از محصول بوسیله باکتوفوگ میسر باشد .
- ظرفیت اسمی ساعتی این دستگاه ها درمقادیر ۱۵۰۰ و ۲۵۰۰۰ لیتری (دو نوع باکتوفوگ) می باشد که به طور آزمایشی توانسته اند تا ۹۸ درصد اسپور های بی هوازی را کاهش دهند.

جدا سازی در باکتوفوگاسیون و حرارتی آن در سیستم پاستوریزاسیون به صورت زیر می باشد. اختلاف وزن مخصوص بین این اجزا می باشد و شیر را به دو فاز یعنی فازی که باکتری در آن کاهش یافته و فاز غنی از باکتری تقسیم می نماید. در حالت معمول فاز غنی از باکتری حدود ۳ درصد کل حجم سیال ورودی به دستگاه را تشکیل می دهد .

شکل ۲-۱۴ ترتیب و تدابیر دریافت برای شیر پنیر سازی



باکتو فوگاسیون شیر یک فرایند پیش تیماری می باشد که برای ارتقا کیفیت شیر برای تولید پنیر و فرآورده های دیگر به کار برده می شود. محل نصب باکتوفوگ هم ردیف با سپراتور (خامه گیر) در پایین دست یا بالا دست سیستم می باشد. برای ارتقاء کیفیت خامه مازاد در سیستم های استاندارد کننده مستقیم، باکتو فوگ را در بالا دست سپراتور (خامه گیر) قرار می دهند. در این حالت کیفیت خامه به دلیل کاهش اسپور باکتری های هوازی مانند باسیلوس سرئوس بهبود می یابد. دمای به کار رفته برای فرایند باکتوفوگاسیون همان دمای مناسب برای خامه گیر ، یعنی حدود ۶۵-۵۵ درجه سانتیگراد یا به طور معمول ۶۳-۶۰ درجه سانتیگراد می باشد. دو نوع باکتوفوگ وجود دارد :

- باکتو فوگ دو فازي
- باکتوفوگ یک فازي

در نوع دو فازي ، باکتوفوگ دارای دو خروجی در بالا می باشد.

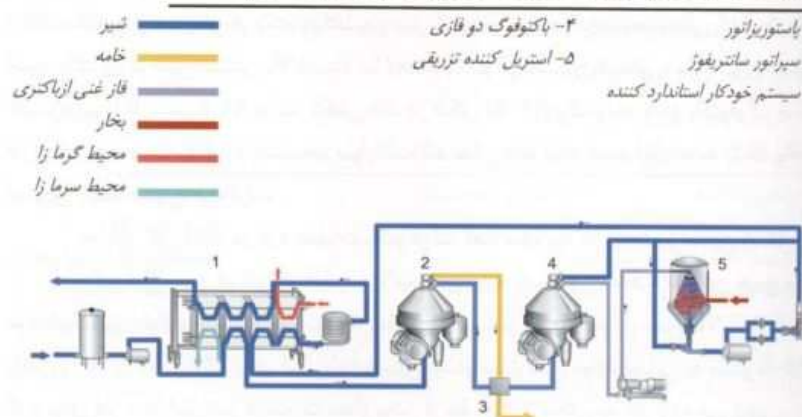
- یکی برای تخلیه مداوم فاز سنگین (غنی از باکتری) از طریق یک صفحه مخصوص،

- و دیگری برای فازي که باکتری آن کاهش داده شده است (شیر) .

باکتوفوگ نوع یک فازي فقط یک خروجی در بالای کاسه دارد و فازي که باکتری آن کاهش داده شده از آن خارج می گردد ، فاز غنی از باکتری در محفظه لجن گیر در کاسه سپراتور تجمع یافته و در فواصل زمانی از قبل تنظیم شده به طور خودکار تخلیه می گردد .



شکل ۳-۱۴ باکتو فوگاسیون با تخلیه پیوسته و استریل کردن فاز غنی از باکتری.



## ۲- باکتوفوگ یک فازي با تخلیه تناوبي مواد تغليظ شده

برای دستیابی به همان مقدار کاهش در محتوای باکتریایی شیر که در بالا توضیح داده شده استفاده از این نوع باکتوفوگ ها با ظرفیت اسمی ۱۵۰۰۰ لیتر در ساعت و ۲۵۰۰۰ لیتر در ساعت نیز توصیه شده است. مایع غنی از باکتری از یک باکتوفوگ یک فازي به طور متناوب از میان خروجی تعبیه شده در بدنه کاسه سپراتور ، در فواصل زمانی ۱۵-۲۰ دقیقه ای تخلیه می گردد . در مقایسه با نوع دو فازي مایع خروجی غنی از باکتری در این نوع باکتوفوگ ، نسبتاً غلیظ و با حجم کمتر (در حدود ۰/۲-۰/۱۵ از مقدار مایع ورودی ) می باشد. قبل از اختلاط دوباره این مواد به شیر پنیر سازی ابتدا آن را استریل می نمایند ، شکل (۴-۱۴) . این مواد (مایع غنی از باکتری) قبل از ورود به استریل کننده باید اندکی رقیق تر گردند. معمولاً از شیر باکتوفوگ شده به مقدار ۱/۸ درصد کل حجم سیال استریل شدنی برای رقیق کردن و دستیابی به حجم مناسب برای استریل کردن شیر غنی از باکتری استفاده می گردد. شروع و توقف پمپ تخلیه (۶) با روش عملیات در سیستم تخلیه کننده باکتوفوگ در ارتباط می باشد .

مایع استریل شده (فاز غنی از باکتری ) را با افزودن تقریباً ۵۰ درصد حجم خودش از شیر سرد باکتوفوگ شده خنک می نمایند .

در مواردی که قانون اجازه استفاده مجدد از مواد حاصله از باکتو فوگ شیر را نمی دهد آن را در سیستم فاضلاب تخلیه و یا در مخازنی برای نابود سازی مناسب ذخیره می نمایند .

گاهی اوقات یک بار باکتو فوگاسیون شیر کافی نمی باشد، مخصوصاً زمانی که محتوای اسپور باکتری در شیر بسیار بالا است. با انجام باکتو فوگاسیون دوتایی، می توان اسپور کلاستریدیم را تا بیشتر از ۹۹ درصد کاهش داد. در شکل (۵-۱۴) یک واحد با دو باکتوفوگ یک فازي که به صورت ردیفی و پشت هم سوار شده اند نشان داده شده است. این دو به یک واحد استریل کننده منتهی می گردند .

به طور کلی آنچه در باره عملیات باکتو فوگ گفته شده بود در اینجا نیز صادق است . باکتو فوگاسیون دوتایی در اغلب حالات برای تولید پنیر بدون اضافه نمودن هیچ نوع مواد شیمیایی جلوگیری کننده کفایت کامل دارد. اما اگر شیر اولیه محتوای بسیار بالایی از اسپور باکتری ها را دارا باشد برای ایمنی و اطمینان بیشتر مقدار کمی مواد شیمیایی به مقدار ۵-۲/۵ گرم برای هر ۱۰۰ لیتر شیر در صورت مجاز بودن از نظر قوانین محلی به کار برده می شود . بدون استفاده از روش های مکانیکی برای کاهش و جلوگیری از رشد اسپور باکتری ها افزودن مقدار ۲۰-۱۵ گرم ، سدیم نیترات به ازای ۱۰۰ لیتر شیر ضروری است. اما با باکتوفوگاسیون تکی و وجود مقدار بالای اسپور در شیر اولیه افزودن ۵-۲/۵ گرم در ۱۰۰ لیتر شیر (یک چهارم مقدار معمول) از رشد اسپور های باقی مانده جلوگیری خواهد نمود.

## میکرو فیلتراسیون

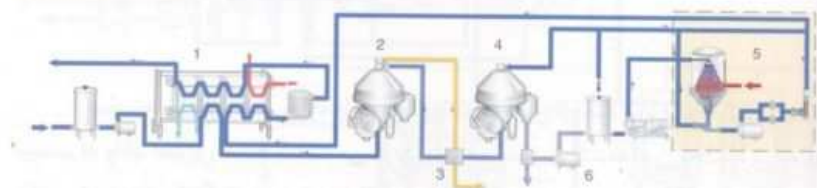
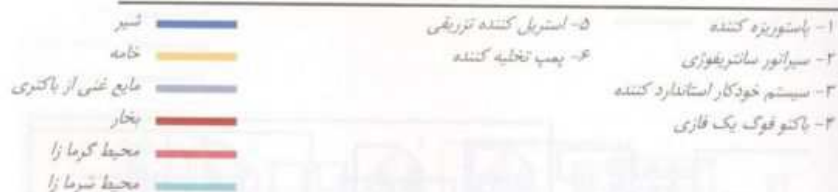
کار برد صافی های غشایی (Membrane filter) با منافذ ۰/۲ میکرون از مدت ها قبل برای تصفیه باکتری ها از محلول های "آبی" رایج شده است .

در میکرو فیلتراسیون (Microfiltration) شیر، وجود گویچه های چربی و بیشتر پروتئین ها که هم اندازه یا بزرگتر از باکتری ها هستند مشکل آفرین می باشد. در نتیجه وقتی که صافی ها با اندازه منافذ کوچک انتخاب می گردند به سرعت مسدود می شوند. بنابراین شیر بدون چربی را از میان صافی ها عبور می دهند و برای استاندارد کردن چربی شیر ، خامه را به همراه مایع غلیظ غنی از باکتری حاصله از میکرو فیلتراسیون استریل نموده و سپس برای استاندارد کردن شیر از آن استفاده می گردد. اصول میکرو فیلتراسیون در فصل ۴-۶ در مبحث فیلتر های غشایی شرح داده شده است.

عملاً برای فیلتراسیون غشایی از صافی هایی با منافذ ۰/۸ میکرون استفاده می گردد تا پروتئین های کمتری در صافی بدام افتند (پروتئین ها غلیظ نشوند) . به علاوه پروتئین ها نیز یک غشای فعال در روی صافی ایجاد کرده که باعث احتباس میکروارگانیسم ها می گردند .

میکرو فیلتراسیون را می توان به عنوان یک واحد استریل کننده غیر مستقیم برای استریل کردن حجم مناسبی از خامه و فاز ماندگار حاصله از واحد صافی کننده جهت استاندارد کردن چربی شیر در نظر گرفت .

شکل ۴-۱۴ باکتر فوگاسیون با تخلیه متناوب مایع غنی از باکتری و استریل کننده اضافی



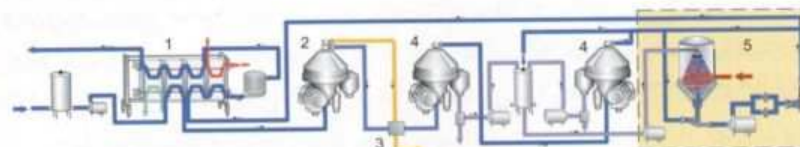
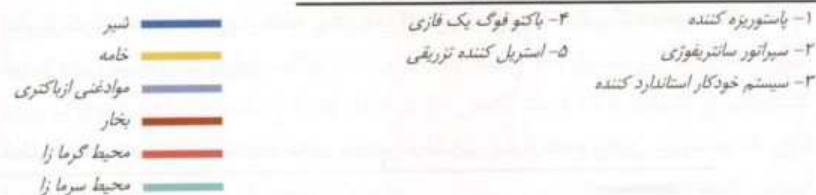
در شکل (۴-۱۴) یک واحد فراوری شیر با میکرو فیلتراسیون نشان داده شده است . واحد میکرو فیلتراسیون مجهز به دو چرخه عملیاتی در حالت موازی می باشد ، هر چرخه می تواند ۵۰۰۰ لیتر در ساعت شیر پس چرخ را صاف (فیلتر) نماید ، بنابراین یک واحد کامل ، ظرفیت خروجی تقریباً ۱۰۰۰۰ لیتر در ساعت را دارا خواهد بود. ظرفیت این واحد ها را می توان بوسیله افزودن چرخه ها بالا برد.

شیر خام به صورت از پیش گرم شده با دمای تقریباً ۶۳-۶۰ درجه سانتیگراد ، وارد سیستم جدا سازی می گردد و به دو قسمت شیر پس چرخ و خامه تقسیم می شود . مقدار لازم خامه برای استاندارد کردن چربی شیر به واحد استریل کننده هدایت می گردد .

شیر پس چرخ در قسمت خنک کننده واحد استریل ساز تا دمای ۵۰ درجه سانتیگراد خنک می گردد ، این دما برای ورود به واحد فیلتراسیون مناسب می باشد .

شیر در این قسمت به دو جریان مساوی تقسیم می گردد . هر جریان به یک چرخه جدا سازی وارد می شود و قسمت غنی از باکتری یا پساب (فاز ماندگار) از آن جدا می گردد، مقدار پساب تقریباً ۵ درصد کل جریان را دربر می گیرد ، یک فاز با محتوایی که باکتری های آن کاهش یافته است بنام فاز عبوری (پریمیت) شکل می گیرد.

شکل ۵-۱۴ باکتر فوگاسیون دو تایی با استریل کننده اختیاری



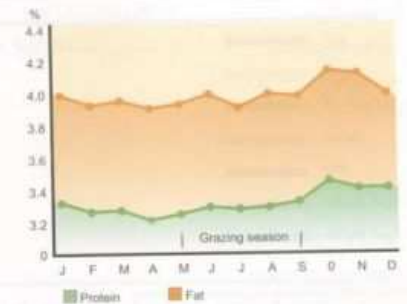
پساب حاصله از هر دو چرخه با هم مخلوط شده و پس از اختلاط با خامه تولید شده در سیستم به واحد استریل کننده هدایت می گردد. در واحد استریل کننده این مخلوط در دمای ۱۲۰-۱۳۰ درجه سانتیگراد به مدت چند ثانیه قرار داده می شود ، سپس تا دمای ۷۰ درجه سانتیگراد خنک شده و برای اختلاط مجدد با "فاز عبوری" مورد استفاده قرار گیرد. متعاقباً این مخلوط جدید در دمای ۷۲-۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ ثانیه پاستوریزه می شود و تا دمای ۳۰ درجه سانتیگراد که مناسب مایه زنی است خنک می گردد .

با استفاده از روش میکرو فیلتراسیون می توان به طور موثری محتوای اسپورباکتری ها را در شیر کاهش داده و آنرا بدون افزودن هیچ ماده شیمیایی جلوگیری کننده از رشد اسپور کلستریديم برای تولید انواع پنیرهای سخت و نیمه سخت به کار برد .

## استاندارد کردن

انواع پنیرها را بر اساس چربی در ماده خشک طبقه بندی می نمایند (FDB). بنابراین محتوای چربی شیر پنیر سازی باید کاملاً تنظیم شده باشد. به این دلیل میزان پروتئین و چربی شیر خام به طور مرتب در سراسر سال اندازه گیری شده و نسبت بین آنها در اندازه لازم استاندارد می شود. در شکل (۷-۱۴) تغییرات محتوای چربی و پروتئین شیر در طول سال نشان داده شده است (نمودار ترسیم شده مقادیر متوسط اندازه گیری شده در سوئد طی یک دوره ۵ ساله ، ۱۹۶۶ تا ۱۹۷۱ را نشان می دهد).





### کشت های آغازگر (استارتر)

افزودن مایه کشت یکی از کارهای بسیار مهم در عملیات پنیر سازی می باشد و این کشت وظایف مختلفی را برعهده دارد. دو نوع کشت که به طور عمده در پنیر سازی به کار برده می شوند عبارتند از:

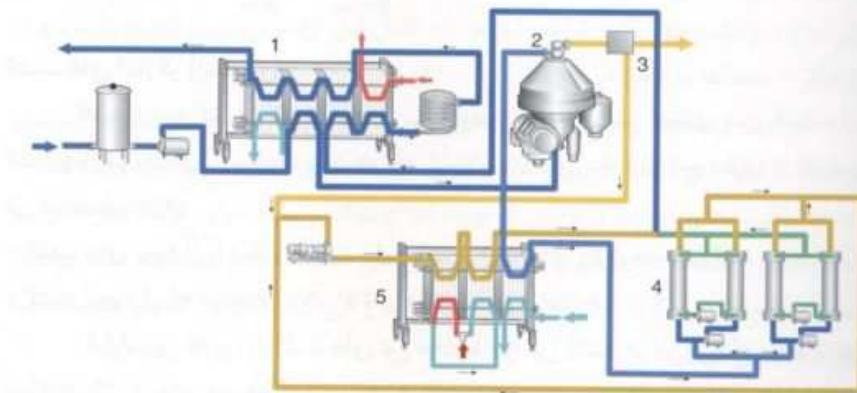
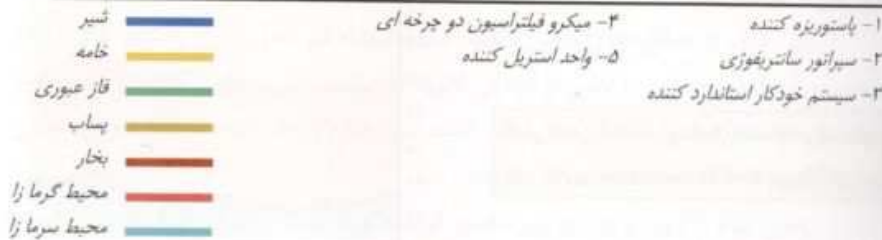
- کشت های مزوفیل با دمای مطلوب برای باکتری بین ۲۰ و ۴۰ درجه سانتیگراد.
  - کشت ترموفیل که در دمای بالای ۴۵ درجه توسعه می یابد.
- فراوانترین کاربرد را کشت های نوع مخلوط دارا می باشند. در این نوع کشت ها از دو یا چند نژاد باکتری های مزو فیل و ترموفیل که به صورت همزیستی (فایده رسانی متقابل) با هم حضور دارند، استفاده می شود. معمولاً این نوع کشت ها علاوه بر تولید اسید لاکتیک، ترکیبات معطره و گاز کربنیک نیز تولید می نمایند. گاز کربنیک مسئول ایجاد حفرات در انواع پنیر های چشمک دار (eye) و دانه دار (Granular) می باشد. در پنیر های گودا، مانچگو (Manchego) و "تیلستیر" (Tilsiter)، کشت مزوفیل ها و در پنیر های امتال و گرویر کشت ترموفیل ها اهمیت زیادی دارد.

کشت های تک نژادی (Single strain) به منظور توسعه اسید و دناتوراسیون پروتئین ها مثلاً در پنیر چدار و مشابه آن به کار برده می شود.

سه مشخصه کشت های استارتر که در پنیر سازی مهم تر می باشند عبارتند از :

- توانایی تولید اسید لاکتیک را دارا باشند.
  - توانایی تجزیه بعضی پروتئین ها را در مواقع لازم داشته باشند.
  - توانایی تولید دی اکسید کربن را داشته باشند.
- اصلی ترین انتظار از کشت باکتریایی در شیر پنیر سازی توسعه اسید در لخته می باشد. وقتی که شیر منعقد می گردد، سلول های باکتریایی در لخته تغلیظ می گردند. توسعه اسید همراه با افت (pH) به آب گیری لخته (سینرسیس) کمک می نماید (شرایطی که آب پنیر

### خامه لازم برای استاندارد کردن چربی شیر پنیر سازی



استاندارد کردن چربی ممکن است در سیستم خودکار استاندارد کننده در داخل خط تولید و پس از خامه گیری انجام گیرد (فصل ۲-۶ سیستم استاندارد خودکار داخل خط) و یا می توان به وسیله اختلاط شیر کامل و شیر پس چرخ در مخزن بر اساس محاسبات لازم انجام پذیرد و سپس شیر استاندارد شده پاستوریزه گردد.

### افزودنی ها در شیر پنیر سازی

مهمترین افزودنی ها در فرایند پنیر سازی کشت باکتریایی و مایه پنیر می باشند. در شرایطی ممکن است افزودن موادی مانند کلرورکلسیم و نمک شوره ( $\text{KNO}_3$  یا  $\text{NaNO}_3$ ) لازم باشد. در منابعی از افزودن آنزیم لیزوزیم (Lysozyme) به عنوان جایگزین برای نمک شوره جهت جلوگیری از رشد باکتری های کلاستریدیم نام برده شده است. یک راه موثر برای ارتقا کیفیت خواص شیر پنیر سازی تزریق گاز کربنیک ( $\text{CO}_2$ ) به داخل شیر پنیر سازی معرفی شده است.



اگر شیر به کار رفته در پنیرو سازی از نظر کیفیت مناسب نباشد، لخته ایجاد شده نرم خواهد بود. در نتیجه مقادیر زیادی از ذرات ریز لخته (کازئین) بهدر خواهد رفت، خروج چربی در آب پنیر افزایش یافته و آب گیری از لخته ضعیف می گردد.

وجود ۵-۲ گرم کلرور کلسیم در هر ۱۰۰ کیلوگرم شیر برای دستیابی به یک زمان ثابت شکل گیری لخته و ایجاد پایداری در لخته کافی می باشد. افزودن بیش از اندازه کلرور کلسیم موجب بروز بافت خیلی سفت در لخته شده و برش را مشکل می سازد.

در تولید پنیر کم چرب در صورتی که قانون اجازه دهد، مقدار ۲۰-۱۰ گرم دی سدیم فسفات ( $\text{Na}_2\text{PO}_4$ )، به ازای هر کیلوگرم به شیر قبل از کلرور کلسیم اضافه می گردد. این ماده ارتجاعیت (Elasticity) لخته را در زمان شکل گیری کلونید کلسیم فسفات ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) افزایش می دهد و تقریباً همان تاثیر احتباس گویچه چربی در لخته را خواهد داشت.

### دی اکسید کربن

افزودن  $\text{CO}_2$  به شیر پنیر سازی یک روش ارتقاء کیفیت می باشد. دی اکسید کربن به طور طبیعی در شیر هنگام پنیر سازی به وجود می آید، اما بیشتر آن در ضمن فرایند از دست می رود. اضافه نمودن مصنوعی دی اکسید کربن باعث پایین آمدن pH شیر از مقدار اولیه به اندازه ۰/۳-۰/۱ واحد خواهد شد. این عمل باعث تسریع زمان انعقاد در شیر می گردد. بنابراین این عمل می تواند زمان انعقاد را با مصرف مقدار کمتر مایه پنیر تسریع نماید.

اضافه نمودن دی اکسید کربن به صورت اتصال کپسول گاز کربنیک به مخزن یا وت پنیر سازی امکان پذیر می باشد، شکل (۸-۱۴). مقدار گاز کربنیک قابل تزریق باید دقیقاً مورد محاسبه قرار گرفته باشد. استفاده کنندگان از این روش ادعا کرده اند که می توان مصرف مایه پنیر را تا نصف مقدار اولیه بدون بروز اثرات زیان آور در فرایند تولید کاهش داد.

### نمک شوره (نیترات سدیم یا پتاسیم)

همان طوری که قبلاً شرح داده شد، مشکل بروز تخمیرناخواسته بوسیله باکتری های اسید بوتیریک (کلوستریدیوم) و یا کلیفرم یک تهدید جدی در فرایند پنیرو سازی می باشد. زیرا این میکروارگانیسم ها در شرایط عادی پاستوریزاسیون نابود نشده و در شیر پنیر سازی باقی می مانند. برای جلوگیری از رشد و توقف عمل این میکروارگانیسم ها از نمک شوره یا نیترات سدیم یا پتاسیم ( $\text{NaNO}_3$  یا  $\text{KNO}_3$ ) استفاده می گردد. مقدار مصرف باید با دقت تعیین گردد، مقدار زیاد نمک نیترات می تواند مانع رشد استارتر شده و باعث تاخیر در فرایند رسیدن پنیر و حتی توقف آن گردد.

در لخته خارج می گردد، وجود نمک های سدیم و کلسیم در خروج آب پنیر موثر است و در روی قوام پنیر و افزایش استحکام لخته دخالت دارند.

یکی دیگر از عملکردهای باکتری تولید کننده اسید، غیر فعال سازی باکتری های زنده مانده پس از پاستوریزاسیون یا ناشی از آلودگی ثانویه می باشد. باکتری هایی که به لاکتوز نیاز دارند نمی توانند در حضور باکتری های تولید کننده اسید فعال گردند، اسید لاکتیک برای بعضی میکروارگانیسم ها حالت ممانعت کنندگی دارد.

وقتی تمام لاکتوز موجود در پنیر تخمیر گردید، تولید اسید لاکتیک متوقف می گردد (جز در پنیر نرم). به طور معمول تخمیر اسید لاکتیک یک فرایند نسبتاً سریع می باشد. در بعضی انواع پنیر مانند چدار، این فرایند باید به طور کامل قبل از فشردن پنیر انجام پذیرد و در انواع دیگر تا هفته ها به طول می انجامد.

اگر استارتر همچنین حاوی باکتری های تولید کننده گاز کربنیک نیز باشد، اسیدی شدن لخته با تولید دی اکسید کربن بوسیله باکتری های تخمیر کننده اسید سیتریک همراه خواهد بود. کشت های مخلوط با توانایی در تولید گاز کربنیک، اساساً برای تولید پنیرهایی با بافت متخلخل (چشمک دار) منظم یا نامنظم ضروری می باشد. گاز تولید شده ابتدا در فاز رطوبت دار پنیر حل می گردد. وقتی که محلول از گاز اشباع می گردد، گاز آزاد شده و چشمک ها در پنیر ایجاد می گردد.

فرایند رسیدن در پنیر های سخت و بعضی انواع نیمه سخت با اثرات پروتئولیتیکی آنزیم های اصلی شیر، باکتری های کشت و مایه پنیر، با تجزیه پروتئین ها همراه می باشد.

### اخلال در کشت

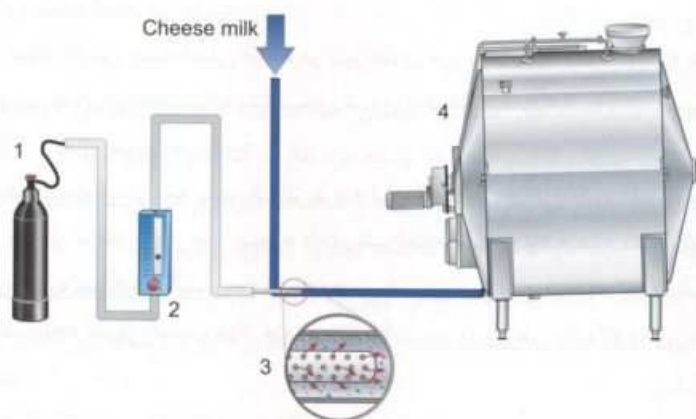
معمولاً، اخلال در کشت به شکل تولید کند اسید یا ناتوانی در تولید اسید بروز می نماید. یکی از رایج ترین علل، حضور آنتی بیوتیک در شیر استفاده شده به عنوان محیط کشت، می باشد.

علت دیگر: آلوده شدن کشت با باکتریو فاژ ها است و ویروس های مقاوم به حرارت در هوا و خاک پیدا می شوند و ممکن است از این طریق کشت را آلوده کرده باشند. چگونگی تشخیص هر دو عامل در فصل ۱۰ در بحث کشت و ساخت استارتر شرح داده شده است.

علت سوم: را می توان ورود مواد پاک کننده و مواد استریل کننده، مورد استفاده در صنایع لبنی به داخل محیط کشت دانست. بی مبالائی مخصوصاً در به کار بردن مواد ضد عفونی کننده از موارد رایج در بروز اخلال در کشت است.

۱- کیسول گاز (۱۲ کیسول گاز مایع در خط با شیر فلکه تیخیر دهنده) ۲- جریان سنج ۳- لوله متخلخل تزریق کننده گاز

۴- مخزن پنیر سازی



مصرف مقدار زیاد نمک نیترات باعث تغییر رنگ پنیر و ایجاد رگه های صورتی یا قرمز و بد مزگی در آن می گردد. حد اکثر مقدار مصرف مجاز نمک نیترات تقریباً ۳۰ گرم برای هر ۱۰۰ کیلوگرم شیر می باشد .

از دهه گذشته مصرف نمک نیترات از دیدگاه پزشکی مورد سوال قرار گرفته است و در تعدادی از کشور ها مصرف آن ممنوع شده است .

اگر شیر بوسیله باکتوفوگ یا یک واحد میکرو فیلتراسیون تحت فرایند قرار گیرد . می توان مصرف نمک نیترات را اساساً کاهش داده یا حتی حذف نمود . امروزه تعداد کشورهایی که مصرف نمک نیترات را قدغن می نمایند ، در حال افزایش می باشد .

### عوامل رنگ زا

رنگ پنیر ها در پهنه گسترده ای، تحت تاثیر رنگ چربی شیر و فصل های سال قرار دارد. در بعضی از کشور ها که کاربرد رنگ در آنها مجاز شناخته شده از رنگ هایی مانند کاروتن (Carotene) ، اورلانا (Orleana) و رنگ آناتو برای افزودن به پنیر استفاده می گردد .

کلروفیل سبز (Green chlorophyll) نیز گاهی اوقات در پنیر رگه آبی (Blue veined cheese) برای دستیابی به یک رنگ ملایم استفاده می گردد .

### مایه پنیر (رنت)

بجز پنیر تازه مانند پنیر کاتیج (Cottage) و کوآرگ (Quarg) که در آنها شیر با اسید لاکتیک لخته می گردد ، در ساخت تمام پنیر های دیگر تشکیل لخته بوسیله عمل مایه پنیر یا آنزیم های مشابه انجام می پذیرد .

انعقاد کازئین زمینه اصلی فرایند در پنیر سازی می باشد . که عموماً بوسیله مایه پنیر یا دیگر آنزیم های پروتئولیتیک یا اسیدی شدن محیط در نقطه ایزو الکتریک کازئین ( $pH = 4.6-4.7$ ) صورت می گیرد .

قسمت فعال در مایه پنیر یک آنزیم به نام کیموزین (hymosine) می باشد. مدت کوتاهی پس از اضافه کردن مایه پنیر به داخل شیر لخته سازی واقع می شود. تئوری های مختلفی در باره عملکرد فرایند وجود دارد و حتی امروزه نیز این فرایند کاملاً شناخته شده نمی باشد . آنچه بدیهی است رخداد چند مرحله فرایند پی در پی می باشد که در زیر به آن اشاره شده است :

- تغییر شکل کازئین به پارا کازئین تحت نفوذ مایه پنیر،

- رسوب پاراکازئین در حضور یون کلسیم ،

فرایند به طور کامل بوسیله دما ، اسیدیته و محتوای کلسیم و پاره ای از عوامل دیگر اداره می گردد. دمای مطلوب برای مایه پنیر در محدوده ۴۰ درجه سانتیگراد قرار دارد ، اما عملاً برای اجتناب از بروز سفتی زیاد در لخته، از دماهای پایین تری استفاده می گردد .

مایه پنیر عصاره جدا شده از شکمبه گوساله جوان می باشد که به شکل محلول با قدرت ۱:۱۰۰۰۰ تا ۱:۱۵۰۰۰ به فروش می رسد، این نسبت ها به معنی توانایی لخته سازی یک قسمت مایه پنیر در برابر ۱۵۰۰۰-۱۰۰۰۰ قسمت شیر در مدت ۴۰ دقیقه در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد می باشد. از مایه پنیر گاوی و یا خوکی نیز استفاده می گردد و اغلب به صورت ترکیب با مایه پنیر گوساله (با نسبت های ۷۰:۳۰ ، ۵۰:۵۰ و...) به کار برده می شود. مایه پنیر در شکل پودر به طور اسمی ۱۰ بار قوی تر از مایه پنیر مایع می باشد .

### جایگزین برای مایه پنیر حیوانی

تقریباً از ۵۰ سال پیش ، تحقیق برای یافتن جانشین مناسب مایه پنیر حیوانی شروع شده است . زیرا بعضی از مردم در هند و اسرائیل و افراد گیاهخوار پنیر ساخته شده با مایه پنیر دامی را مصرف نمی کردند. مسمانان جهان نیز از مصرف مایه پنیر خوک و پنیر ساخته شده با آن خود داری می کردند که این خود یک دلیل دیگر برای یافتن جانشین مناسب مایه پنیر حیوانی بود. از طرف دیگر به علت تقاضای رو به ازدیاد مصرف مایه پنیر برای تولیدات صنعتی و

می سازد. بنابراین فقط در حالت های ویژه مانند تولید "پنیر آبی" و پنیر فتا (Feta cheese) از شیر گاو، چربی آن بامحتوای ۲۰-۱۵ درصد خامه هموژنیزه می گردد. هموژنیزه کردن شیر باعث سفید شدن محصول نهایی می گردد و همچنین چربی موجود بیشتر در معرض فعالیت آنزیم های لیپولیتیک (در زمان رسیدن) قرار گرفته و مقداری اسید چرب آزاد تولید می گردد که در ایجاد عطر و طعم در این نوع پنیر ها موثر می باشد.

#### اضافه نمودن استارتر

معمولا، استارتر در دمای تقریبا ۳۰ درجه سانتیگراد و در زمان پرشدن وت یا مخزن پنیر سازی به آن اضافه می گردد. دو دلیل اصلی برای اضافه کردن استارتر به طور مختصر عبارتند از:

- ۱- دستیابی به توزیع یکسان باکتری ها در شیر،
  - ۲- زمان دادن به باکتری ها برای خوگرفتن با محیط جدید.
- زمان لازم از تلقیح تا شروع به رشد را زمان پیشرسی (Pre- ripening time)، می نامند و تقریبا ۶۰-۳۰ دقیقه به طول می انجامد.
- مقدار استارتر لازم برای انواع پنیر ها متفاوت می باشد. در پنیر سازی، باید از اختلاط هوا با شیر در هنگام ورود شیر به داخل وت پنیر سازی جلوگیری به عمل آید، زیرا علاوه بر تاثیر سوء بر روی کیفیت باعث افزایش تمایل به از دست رفتن کازئین در آب پنیر می گردد.

#### افزودنی ها و آنزیم زنی

در صورت نیاز کلرور کلسیم و نمک نیترات را قبل از افزودن مایه پنیر به شیر پنیر سازی اضافه می نمایند. مقدار مصرف نمک کلرور کلسیم دهیدراته حدود ۲۰ گرم به ازای هر ۱۰۰ کیلو گرم شیر می باشد. مقدار مصرف نمک نیترات نباید از ۳۰ گرم به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم شیر تجاوز نماید. در بعضی کشور ها مقدار مصرف نیترات بوسیله قانون محدود یا منع شده است.

مقدار مصرف مایه پنیر حداقل ۳۰ میلی لیتر از نوع مایه پنیر مایع، با قدرت ۱:۱۰۰۰۰ تا ۱:۱۵۰۰۰ به ازای هر ۱۰۰ کیلو گرم شیر می باشد. برای کمک به تسهیل یخش مایه پنیر ممکن است آنرا قبل از افزودن به داخل شیر با دو برابر حجم خودش با آب رقیق نمایند. پس از افزودن مایه پنیر شیر به مدت حداکثر ۳-۲ دقیقه بهم زده می شود. پس از آن شیر را در حالت سکون کامل به مدت تقریبا ۱۰-۸ دقیقه به حال خود رها می کنند، اجتناب از بهم خوردن لخته در زمان سکون بسیار مهم می باشد زیرا در غیر این صورت مقدار زیادی از کازئین در آب پنیر به هدر خواهد رفت.

مشابه دیگر تسریع بخشید.

دو نوع ماده اصلی به عنوان جانشین و لخته ساز معرفی شدند:

- آنزیم های لخته ساز گیاهی،

- آنزیم های لخته ساز میکروبی،

تحقیق ها نشان داد که به طور عمومی، توانایی لخته سازی، آنزیم های گیاهی خوب می باشد.

یکی از مشکلات استفاده از این آنزیم ها توسعه مزه تلخ در پنیر طی زمان نگهداری است.

آنزیم های انواع مختلفی از باکتری ها و کپک ها مورد بررسی و تحقیقات قرار گرفته اند

و امروزه انواع زیادی از آنها با نام های مختلف تجاری به فروش می رسد.

در تحقیقات جدید با استفاده از فن آوری (DNA) مایه پنیر با مشخصات مشابه با مایه

پنیر گاوی تولید شده است، که احتمالا پس از آزمایش های لازم از دیدگاه بی خطر بودن به

بازار خواهد آمد.

#### دیگر سیستم های آنزیمی

چندین موسسه تحقیقاتی بر روی جدا سازی سیستم های آنزیمی که بتوانند در زمان

رسانیدن پنیر تسریع به عمل آورند مشغول بررسی می باشند. این فن آوری هنوز قابل استفاده

عموم نشده است. بهر حال در آینده نزدیک این گونه سیستم های حیاتی (Bio-system) وارد

چرخه تولید خواهند شد.

#### روش های پنیر سازی

امروزه انواع گوناگونی از پنیر بر پایه سال ها تجربه ساخته می شوند. هر نوع پنیر فرمول

تولید مخصوص به خود را دارد و اغلب با یک عملیات دستی خاص توام می باشد. اصول بعضی

فرایندها در زیر شرح داده می شود.

#### تولید لخته

##### آماده سازی شیر

همان طوری که قبلا بیان شد فرایند پاستوریزاسیون بر روی شیر پنیر سازی برای اکثر

انواع پنیر ها انجام می پذیرد. در این میان شیر به کار رفته برای تولید پنیر امیتال سوئسی یا پنیر

پارمیسان از این قاعده مستثنی می باشند.

شیر پنیر سازی به طور معمول هموژنیزه نمی گردد، به جز مواردی که از شیر باز ساخته

(Recombined) برای پنیر سازی استفاده شود. زیرا انجام هموژناسیون باعث افزایش استحکام



شکل ۹-۱۴. وت مرسوم پنیر سازی با ابزار ساخت پنیر

(A) وت هنگام همزدن

(B) وت هنگام برش

(C) وت هنگام تخلیه آب پنیر

(D) وت هنگام فشردن لخته

۱- وت دو جداره پنیر سازی با اهرم و موتور محرکه آن

۲- اسباب همزن

۳- اسباب برش

۴- صافی جاگذاری شده در خروجی وت

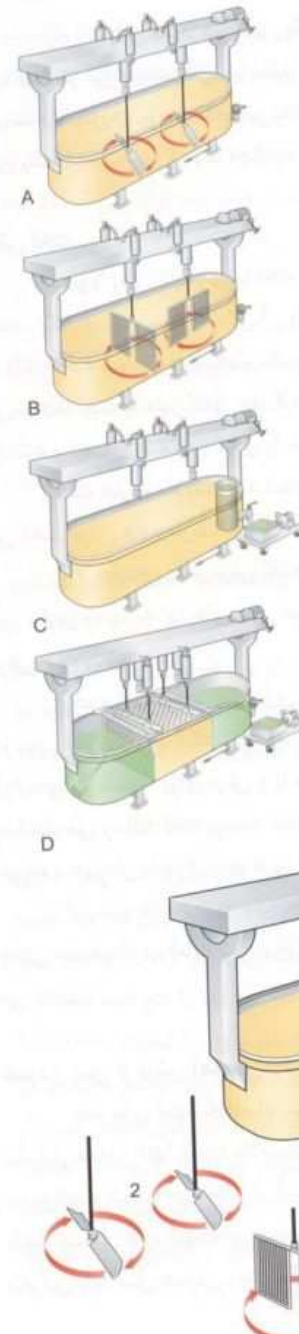
۵- پمپ آب پنیر روی گاری حمل کننده با ظرف کم عمق

۶- صفحات فشارنده مقدماتی برای تولید پنیر باحفرات کروی

۷- ابزار نگاهدارنده وسایل

۸- سیلندر هیدرولیک برای واحد فشارنده

۹- چاقوی برش دهنده



سده است در این سیستم آنزیم با مقدار کافی آب رقیق شده و سپس بوسیله نازل مخصوص به صورت افشانه‌ای در روی سطح شیر پخش می‌گردد و با آن همزده می‌شود. چنین سیستمی را برای وت یا مخازن بزرگ (۲۰۰۰۰-۱۰۰۰۰ لیتر) استفاده می‌نمایند.

### برش لخته

معمولاً زمان مایه زنی یا لخته شدن حدود ۳۰ دقیقه به طول می‌انجامد. قبل از برش لخته، یک آزمایش ساده آمادگی آن را برای برش نشان می‌دهد. برای این کار، تیغه یک چاقو به داخل لخته فرو برده شده و تکه‌ای از آن را برش داده و به آرامی به سوی بالا آورده می‌شود تا لخته به طور کامل جدا گردد. لخته آماده برش در این حالت مانند شیشه ترک برداشته و لبه‌های شفاف و تیزی را خواهد داشت.

لخته‌ها را با ملایمت به اندازه حبه‌های ۱۵-۳ میلیمتر بسته به نوع پنیر، برش می‌دهند. برش‌های ظریف تر رطوبت را در محصول نهایی بیشتر کاهش می‌دهد. ابزار مختلفی برای برش لخته طراحی شده‌اند، شکل (۹-۱۴) یک "وت" باز مرسوم در پنیر سازی مجهز به ابزارهای قابل تعویض برای انجام عملیات‌های مختلف، مانند همزدن و برش را نشان می‌دهد.

یک وت پیشرفته پنیر سازی، به شکل مخزن افقی همراه با همزن و برش دهنده که در روی شفت افقی با امکان دور معکوس شونده سوار شده‌اند در شکل (۱۰-۱۴) دیده می‌شود. ابزارهای دو منظوره برای برش و یا همزدن، کار برش و همزدن را بسته به مسیر چرخش محور به انجام می‌رسانند لخته بوسیله تیغه‌های تیز شعاعی که از جنس فولاد ضد زنگ هستند برش خورده و همزمان با حرکت لبه‌های گرد با ملایمت بهم می‌خورند.

این وت‌ها مجهز به یک تخلیه کننده خودکار آب پنیر با صافی، نازل افشانه‌ای برای پخش مناسب آنزیم (مایه پنیر) و نازل افشانه‌ای قابل اتصال به سیستم شستشوی در جا (CIP) می‌باشند.

### همزدن پس از برش (همزدن اولیه)

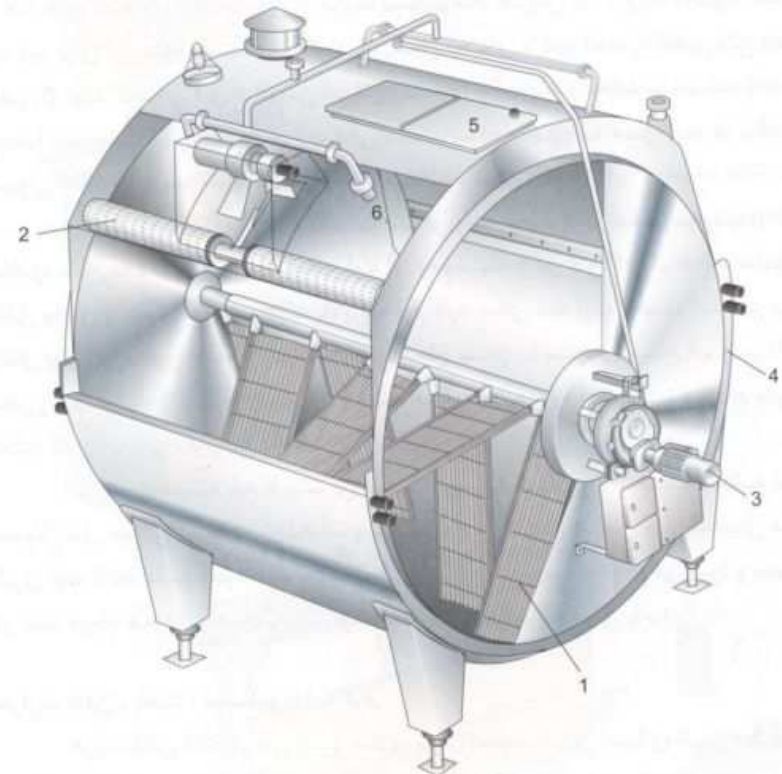
حبه‌های لخته بلافاصله پس از برش به عملیات مکانیکی، بسیار حساس می‌باشند، بنابراین همزدن آنها باید با ملایمت زیاد توأم بوده، اما درعین حال این عمل باید بقدر کافی سریع انجام شود تا حبه‌ها را در آب پنیر معلق نگه‌دارد. ته نشینی حبه‌های لخته در ته وت باعث تشکیل توده کلوخه‌ای خواهد شد. این حالت باعث افزایش فشار بر روی همزن شده بنابراین، باید عملاً همزدن، سه‌ا، جهت انجام مذکور، لخته نشود. در صورتی که همزدن به

پنیر،

• به وسیله اضافه نمودن آب داغ به مخلوط لخته و آب پنیر ،

شکل ۱۰-۱۴ وت مخزنی افقی پنیر سازی با همزن و برش ترکیبی ، وسیستم تخلیه آب پنیر

- |                               |                                  |                 |
|-------------------------------|----------------------------------|-----------------|
| ۱- ابزار دو منظوره برش و همزن | ۳- موتور دور متغیر و معکوس شونده | ۵- سوراخ آدم رو |
| ۲- صافی برای تخلیه آب پنیر    | ۴- لایه پوشش گرم کننده           | ۶- نازل CIP     |



برنامه حرارتی - زمان / دما- توسط روش ها و نوع پنیر تعیین می گردد. گاهی حرارت دادن بالاتر از ۴۰ درجه سانتیگراد را پخت می نامند و به طور معمول در دو مرحله انجام می گیرد. در ۳۷-۳۸ درجه سانتیگراد فعالیت باکتری های لاکتیکی مزوفیل کند می شود. در بالاتر از ۴۴ درجه سانتیگراد باکتری های مزوفیل تماماً غیر فعال شده و حفظ دما در ۵۲ درجه سانتیگراد به

انجام گیرد. کلوخه ای شدن لخته باعث از دست رفتن کازئین در آب پنیر گردد. دو عامل عملیات مکانیکی و تولید مداوم اسید لاکتیک بوسیله باکتری به خارج شدن آب پنیر از جبهه های لخته کمک می کنند .

### تخلیه اولیه آب پنیر

برای برخی از انواع پنیر، مانند گودا (Gouda) و ادام (Edam) باید تا حد امکان آب پنیر از جبهه های لخته جدا شود. بنابراین از حرارت مستقیم مثلاً افزودن آب داغ به مخلوط لخته و آب پنیر برای این منظور استفاده می گردد. این عمل محتوای لاکتوز لخته را کاهش می دهد . بعضی از تولید کنندگان قبل از افزودن آب داغ ، مقداری از آب پنیر را تخلیه می نمایند (۳۵-۵۰ درصد) تا در مصرف انرژی برای حرارت دهی سیستم صرفه جویی به عمل آید. در یک وت معمولی ، تخلیه آب پنیر به آسانی انجام پذیر می باشد ، شکل (۹C-۱۴) .

در شکل (۱۰-۱۴) سیستم تخلیه آب پنیر در ' وت ' مخزنی پنیر سازی (سروشیده) کاملاً مکانیزه نشان داده شده است. یک صافی لوله ای به وسیله کابل فولادی در حالت تعلیق در داخل مخزن و متصل به یک محرکه بالابرنده قرار دارد. صافی به لوله مکنده آب پنیر برای انتقال به بیرون مخزن ارتباط دارد. یک الکتروود سطح سنج با سنجش سطح آب پنیر داخل مخزن با دستور دادن به موتور تغییر محل دهنده صافی، آنرا همواره درست در زیر سطح مایع تا تخلیه کامل آب پنیر ، قرار می دهد.

آب پنیر را همیشه باید با بیشترین ظرفیت (توصیه شده در ۵-۶ دقیقه) تخلیه نمود. معمولاً عمل همزدن در هنگام تخلیه آب پنیر متوقف می گردد ، در این حال احتمال شکل گیری توده لخته ها نیز وجود دارد. تخلیه کامل آب پنیر در چند مرحله انجام می گیرد و معمولاً در ادامه مرحله همزدن و همچنین پس از حرارت دادن این امر انجام می پذیرد .

### حرارت دادن ، پخت ، شستشو با آب گرم

حرارت دادن لخته در طی پنیر سازی برای تنظیم میزان اسیدی شدن لخته لازم می باشد. رشد باکتری های تولید کننده اسید به وسیله حرارت محدود می گردد و بدین وسیله تولید اسید لاکتیک تنظیم و تعدیل می شود. جدا از اثرات باکتریولوژیکی ، دما با منقبض کردن لخته به تخلیه آب پنیر (سینرسیس) کمک می نماید .

بسته به نوع پنیر ، دما را به صورت زیر برلخته اعمال می نمایند :

• به وسیله تزریق بخار در جدار بین وت یا وت مخزنی ،



مدت ۱۰ تا ۲۰ دقیقه آنها را نابود می نماید. معمولا حرارت دادن به صورت منقطع برای کنترل اسیدیته، انجام می پذیرد.

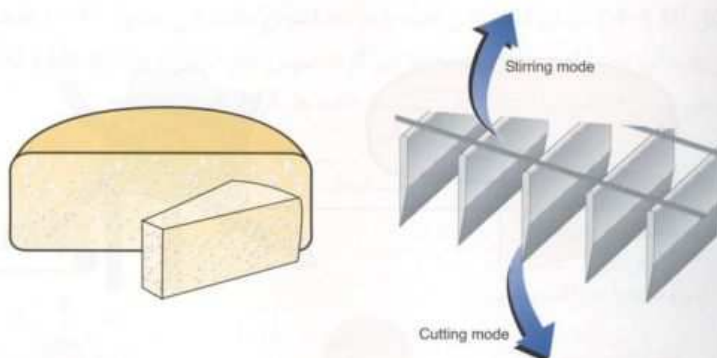
حرارت دادن بیشتر از ۴۴ درجه سانتیگراد را "نیم جوش" (Scalding) می نامند، بعضی انواع پنیر مانند امنتال، گریویر، پارمیسان و گرانا در معرض دمای بالا مانند ۵۶-۵۰ درجه سانتیگراد قرار می گیرند. در این حالت فقط باکترهای لاکتیکی مقاوم به حرارت زنده می مانند که از میان آنها می توان به پرو پیونی باکتریوم فردنریش (Propionibacterium Freudenreichii ssp. Shermanii) اشاره نمود که در شکل گیری ویژگی های پنیر امنتال بسیار مهم می باشد.

#### همزدن نهایی

همراه با ادامه همزدن و حرارت دادن از حساسیت حبه های لخته کاسته می شود و آب پنیر بیشتری از حبه ها در مرحله همزدن نهایی خارج می گردد که با توسعه اسید لاکتیک و اثرات مکانیکی همزدن تکمیل می گردد. مدت زمان همزدن نهایی منوط به دستیابی اسیدیته و محتوای رطوبت دلخواه در پنیر می باشد.

شکل ۱۱-۱۴ برش عرضی ابزار دو منظوره برش و همزن، باله های تیز برش و لبه های کند همزن

شکل ۱۲-۱۴ پنیر با بافت دانه ای (گرانولار)



#### حذف نهایی آب پنیر و رفتار با لخته

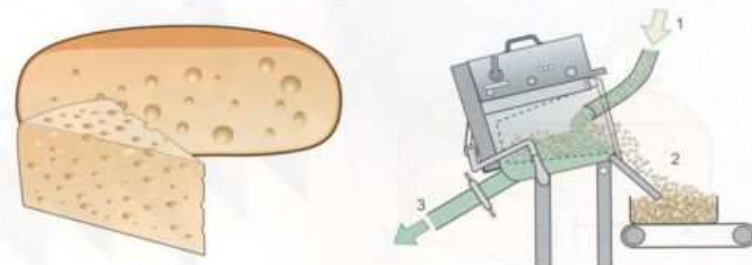
پس از اینکه لخته به استحکام و اسیدیته لازم رسید (با کنترل کاربر) آب پنیر باقی مانده را به طرق مختلف از لخته خارج می نمایند.

یک راه بیرون کشیدن آب پنیر از لخته به طور مستقیم، انجام عملیات دستی در وت معمولی پنیر می باشد. پس از تخلیه آب پنیر لخته ها با ملاقه به داخل قالب ها ریخته می شوند. پنیر بدست آمده از این روش، بافت دانه ای باحفرات (چشمک های) نامنظم را خواهد داشت، شکل (۱۲-۱۴). حفرات بوسیله گاز دی اکسید کربن ناشی از فعالیت میکروارگانیسم های مایه کشت LD (استرپتوکوکوس کرموریس / لاکتیس، لاکتو باسیلوس کرموریس و استرپتوکوکوس دی استی لاکتیس) ایجاد می گردند. اگر حبه های لخته قبل از جمع آوری و فشردن، در معرض هوا قرار گیرند حباب های گاز نمی توانند بهم پیوندند و به صورت منافذ ریز در داخل پنیر باقی می مانند. تولید دی اکسید کربن در زمان رسیدن پنیر و خارج شدن آن از بافت پنیر باعث بزرگ و نامنظم شدن حفرات (چشمک ها) در پنیر می گردد. آب پنیر را می توان به وسیله پمپ کردن مخلوط لخته / آب پنیر از میان یک صافی لرزاننده یا چرخاننده تخلیه نمود، شکل (۱۳-۱۴). در این حالت حبه ها پس از آبگیری مستقیما به داخل قالبها تخلیه می گردند. پنیر تولیدی در این روش دارای بافت دانه ای خواهد بود.

شکل ۱۴-۱۴ پنیر با چشمک های کروی یکسان

شکل ۱۳-۱۴ لخته و آب پنیر بوسیله صافی چرخاننده از هم جدا می گردند.

۱- مخلوط لخته / آب پنیر ۲- لخته آب گیری شده  
۳- خروجی آب پنیر



#### پنیر باچشمک های کروی شکل

باکتری های تولید کننده گاز، که معمولا همان انواعی هستند که در بالا توضیح داده شده اند در تولید پنیر باچشمک کروی نیز نقش دارند، شکل (۱۴-۱۴). اما فرایند تولید آن کمی متفاوت می باشد.



## وت هایی با فشاردهنده مقدماتی لخته

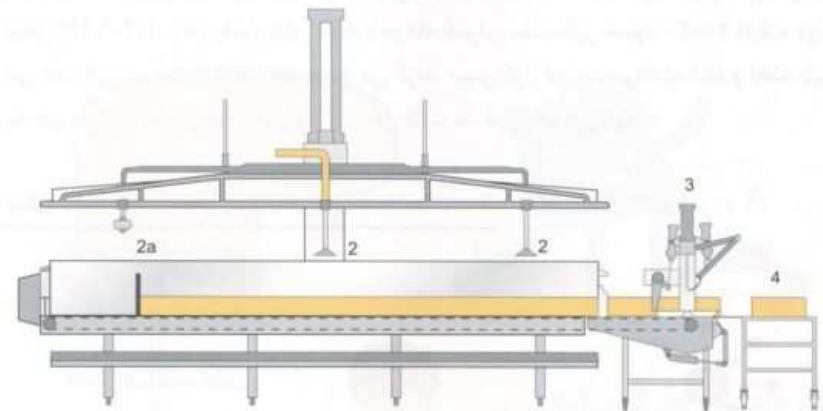
اغلب عمل فشردن مقدماتی در وت جداگانه ای انجام می گیرد، ابتدا مقدار معینی آب پنیر به داخل وت پمپ می گردد سپس باقیمانده مخلوط "لخته" آب پنیر<sup>۲</sup> به وسیله نیروی ثقل یا توسط پمپ به داخل وت انتقال داده می شود به گونه ای که تا حد امکان در معرض هوا قرار نگیرد.

در شکل (۱۶-۱۴) یک سیستم فشارنده مقدماتی را که برای حجم های تقریباً ۱۰۰۰ کیلوگرم لخته یا بیشتر به کار برده می شود نشان داده شده است. لخته به وسیله نیروی ثقل یا توسط پمپ از "وت" یا مخزن به داخل "وت" فشار دهنده آورده می شود برای انتقال از نازل های مخصوص استفاده شده در این محل لخته، به طور دستی با استفاده از چنگک و کاردک (Rake)، هموار و یک سطح می گردد. آب پنیر را باکمک وسایل زیر از جبهه های لخته جدا می نمایند:

- یک تسمه پلاستیکی ریز بافت،
- یک صفحه متخلخل از جنس فولاد ضد زنگ در زیر یک کلاهک (درپوش)،
- صفحه های متخلخل در انتها و کناره های "وت"،

شکل ۱۴-۱۶ وت با فشاردهنده مقدماتی مکانیکی با وسیله تخلیه کننده و برش دهنده

- ۱- وت با فشار دهنده مقدماتی
- ۲- تقسیم کننده لخته، قابل تعویض یا نازل CIP
- ۳- وسیله تخلیه کننده، ساکن یا متحرک
- ۴- نقاله

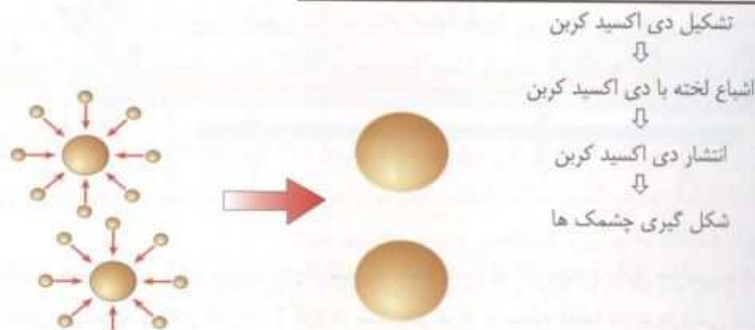


کلاهک به وسیله یک یا دو سیلندر پنوماتیک، که مقدار فشار به کار رفته در آنها محاسبه شده است عمل می نماید و فشار تقریباً ۲۰ گرم در سانتیمتر مربع بر سطح قطعه لخته وارد می سازد.

در روش سنتی تولید پنیر امتثال، لخته در داخل کرباس جمع آوری می شد و پس از خروج مقداری زیادی آب پنیر آن را به یک قالب بزرگ انتقال داده و در آنجا همراه با فشردن آب پنیر باقیمانده خارج می گردید. این کار از تماس هوا با لخته قبل از جمع آوری و فشردن، جلوگیری به عمل آورده و عامل مهمی در بدست آمدن بافت مناسب در این نوع پنیرها می باشد. مطالعه در شکل گیری چشمک های کروی نشان داده که وقتی جبهه های لخته در زیر سطح آب پنیر جمع می گردند، دارای حفرات میکروسکوپی می باشند. باکتری های استارتر در این حفرات کوچک مملو از آب پنیر تجمع می یابند. همراه با رشد آنان گاز تولید می گردد و در ابتدا در داخل مایع حل می شود. اما با تداوم رشد باکتری ها، حالت فوق اشباع موضعی رخ داده و در نتیجه آن، حفرات کوچکی تشکیل می گردند. اندکی بعد تولید گاز به علت کاهش مواد مغذی (اسید سیتریک) برای میکروارگانیسم متوقف می شود و انتشار که از فرایند های بسیار مهم می باشد شروع می گردد. این کار باعث توسعه حفرات شده و حفرات کوچکتر ناپدید می گردند. براساس قانون کشش سطحی حفرات بزرگتر فشار گاز کمتری را جهت بزرگتر شدن در مقایسه با حفرات کوچکتر نیاز دارند مراحل این رویدادها در شکل (۱۵-۱۴) نشان داده شده است. در طی این فرایند مقداری گاز از پنیر خارج می گردد.

در عملیات دستی که معمولاً وت پنیر مستطیل یا مربع شکل می باشد، جبهه های لخته را می توان درحالیکه هنوز در آب پنیر غوطه ور هستند در داخل یک محفظه موقتی با صفحه های سوراخدار محاصره کرده و فشرد. لخته در این حالت شکل هموار به خود گرفته و فشار بوسیله دو بازوی هیدرولیکی یا پنوماتیکی بر روی صفحه سوراخدار تنظیم می گردد، شکل (D ۹-۱۴). زمان فشار دادن لخته یا مرحله فشردن مقدماتی حدود ۲۰-۳۰ دقیقه دوام می یابد. آب پنیر آزاد از داخل وت تخلیه می گردد. سپس ابزار فشارنده برداشته شده و لخته پنیر به طور دستی به شکل قالبی بریده و در داخل قالب ها قرار داده می شود.

شکل ۱۵-۱۴ توسعه گاز در پنیر و شکل گیری چشمک ها،



ماده شستشو دهنده از این افشانک ها به آن وارد می گردند. یک خط فرایند با فشردن مقدماتی پیوسته ، در شکل (۱۴-۳۶) نشان داده شده است .

شکل ۱۷-۱۴ کازوماتیک ، یک سیستم عمل کننده متناوب و پیوسته برای فشردن مقدماتی لخته ، با تمام پرکننده قالب.

۱- ورودی مخلوط لخته و آب پنیر

۲- ستون با شیشه دید

۳- تخلیه آب پنیر از سطح آبکش

۴- محفظه جانبی

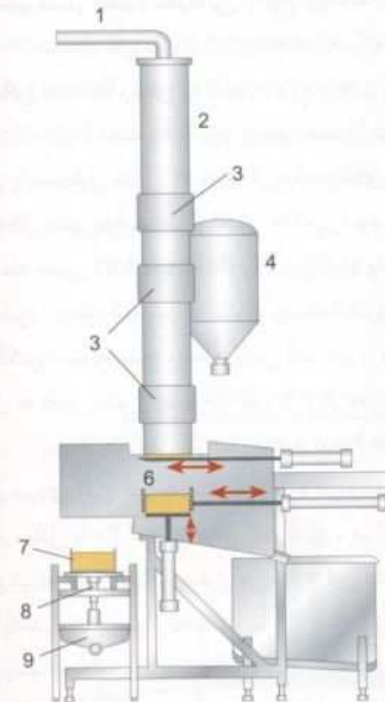
۵- مخزن تعادل آب پنیر

۶- برش و تخلیه پنیر

۷- قالب

۸- نقاله گیره دار

۹- ناودان جمع آوری آب پنیر



### پنیر با بافت سفت و فشرده

از انواع پنیر با بافت سفت و فشرده (Closed texture) می توان به چدار اشاره نمود . به طور معمول این نوع پنیرها را با کشت استارتر حاوی باکتری های فاقد توان تولید گاز (کشت نوع تک نژادی باکتریهای لاکتیکی مانند استریتوکوکوس کرموریس و استریتوکوکوس لاکتیس) عمل آوری می نمایند .

در این نوع پنیر ها فرایند ویژه ای برای ایجاد حفراتی که آنها را سوراخ های مکانیکی می نامند، به کار برده می شود ، شکل (۱۴-۱۸) . شکل حفرات (ناشی از خروج گاز) در

وقتی وت برای فشردن کامل (نهایی) عمل می نماید ، فشار وارده باید ۱۰ برابر بیشتر باشد . تسمه پلاستیکی در ته وت مانند نقاله عمل می نماید و قطعه های پنیر را پس از فشردن شدن مقدماتی به طرف انتهای " وت " هدایت می کند. قطعه های پنیر قبل از ترک وت به وسیله یک چاقوی گیوتینی برش داده می شوند. اندازه برش قطعه ها به وسیله چاقو قابل تنظیم می باشد . قطعه برش خورده به طور دستی یا به وسیله ماشین خود کار قالب گذاری می گردد.

### سیستم فشار دهنده مقدماتی از نوع پیوسته

دستگاه کازوماتیک (Casomatic) یک سیستم پیشرفته می باشد که کار فشردن مقدماتی لخته ها ، برش به قطعات لازم و قالب گیری را توأما انجام می دهد ، شکل (۱۷-۱۴). در ابتدا مخلوط لخته و آب پنیر به طور معمول در نسبت ۴-۳/۵ : ۱ از بالای ستون استوانه ای، مربع یا مستطیل شکل که در ته آن یک چاقوی متحرک قرار دارد، وارد می شود. در بخش های متخلخل ستون ، آب پنیر از لخته جدا می شود و قبل از ورود به داخل مخزن موقت به داخل محفظه جانبی (Interceptor) وارد می گردد و متعاقباً از آنجا به داخل مخزن نگهداری پمپ می شود . سطح آب پنیر در ستون بوسیله الکتروود سطح سنج ، کنترل می گردد . به محض این که الکتروود سطح سنج ، سطح پایین آب پنیر را در ستون نشان دهد ، آب پنیر مجدداً از محفظه حائل به داخل ستون پمپ می شود تا از در معرض هوا قرار گرفتن لخته ها جلوگیری نماید.

پس از طی زمان از قبل تنظیم شده ( معمولاً ، ۲۰-۳۰ دقیقه) لخته در ته ستون در اثر فشار نیروی وزن خود به استحکام لازم می رسد . ارتفاع ستون پنیر به گونه ای است که یک فشار معادل با ۲۰ گرم در سانتی متر مربع ، در ارتفاع تقریباً ۱۰ سانتی متر بالای صفحه متحرک واقع در ته ستون (چاقو) برقرار می سازد. این فشار تقریباً برابر با فشار وت های فشردن مقدماتی می باشد. ارتفاع ستون لخته تقریباً ۲/۲ متر و رویهم رفته ارتفاع واحد به بیشتر از ۵/۵ متر می رسد. در ادامه عملیات چاقو یا تیغه برش عقب رفته و ستون لخته تا ارتفاع از قبل تعیین شده ای فرود می آید و چاقو (تیغه برش) به محل قبلی خود برگشت می یابد و آن تکه از لخته بدینسان برش خورده و قطع می گردد. قطعه لخته متعاقباً بوسیله تسمه نقاله زیرین به سمت قالب گیری هدایت می گردد. پس از قالب گیری برای تحمل فشار نهایی به قسمت مربوطه فرستاده می شود.

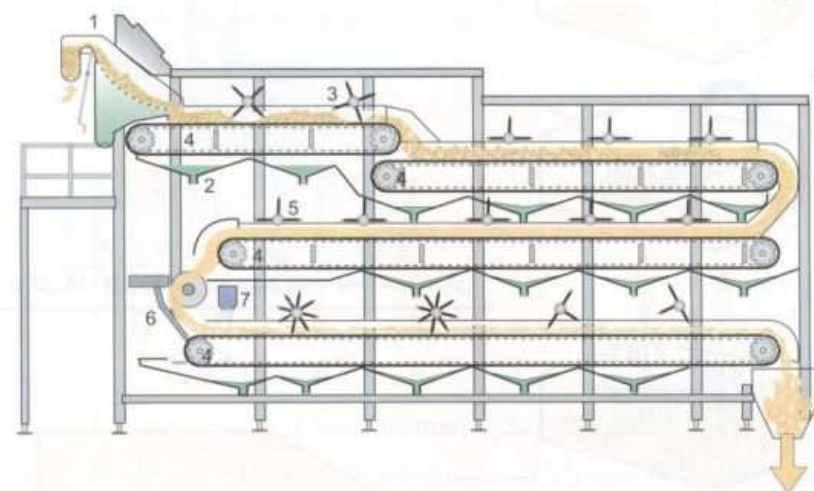
یک ستون استاندارد از این نوع می تواند تقریباً ۶۰۰ کیلوگرم لخته را در هر ساعت به ۲۰-۱۰ کیلوگرم پنیر تبدیل نماید. قطعات پنیر ها را می توان با اضافه نمودن ابزار برش ویژه در خارج از دستگاه به اوزان ۱ کیلوگرمی و بیشتر تقسیم نمود. ظرفیت بالاتر در تولید را با جفت کردن تعدادی از این ستون ها می توان بدست آورد.



امروزه ماشین بسیار پیشرفته جداری کننده، بنام آلفوماتیک (Alfomatic) در دسترس قرار دارد، شکل (۲۰-۱۴). ظرفیت تولید این ماشین در حدود ۱ تا ۸ تن پنیر در ساعت می باشد. نوع معمول این ماشین ها مجهز به چهار ردیف نقاله بوده که هر کدام به طور جداگانه حرکت می نمایند، سرعت آنها قابل تنظیم و به صورت مطبق در یک قاب فولادی ضد زنگ جا سازی شده اند. مخلوط لخته و آب پنیر به طور یکسان در روی یک پرده صافی (Drainage screen) جریان می یابد و قسمت اعظم آب پنیر از لخته جدا می گردد. لخته در ادامه روی اولین نقاله، ریخته شده، سطح این نقاله بصورت مشبک بوده و همزمان عمل همزدن ملایمی انجام می گیرد، در این مرحله نیز مقداری از آب پنیر باقی مانده در لخته از آن جدا می شود. نرده محافظ کنار نقاله، پهنای لخته را برای جلوگیری از ریزش به بیرون کنترل می کند.

شکل ۲۰-۱۴ سیستم پیوسته حذف آب پنیر، جداری کردن، آسیاب کردن و نمک زدن لخته برای انواع پنیر چدار

- |                        |                                            |                    |
|------------------------|--------------------------------------------|--------------------|
| ۱- صافی آب پنیر (پرده) | ۴- نقاله با سرعت دور متغیر                 | ۶- آسیاب تراشه ساز |
| ۲- چاهک خروج آب پنیر   | ۵- همزن (داخواه) برای تولید چدار مخلوط شده | ۷- نمک زنی خشک     |
| ۳- همزن                |                                            |                    |

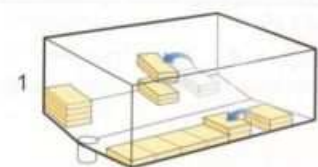


در سطح دومین نقاله به لخته اجازه درهم رفتن و آمیختن داده می شود. سپس لخته به سطح سومین نقاله منتقل شده و در اینجا بر روی لخته آمیخته، عملیات جداری شدن انجام می پذیرد.

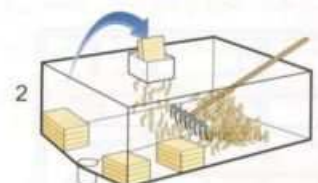
سطح داخلی ناهموار و خشنی را دارند.

برای تولید این نوع پنیر ها، وقتی که تیتراسیون اسیدیته آب پنیر به مقدار ۰/۲۲ - ۰/۲ درصد اسید لاکتیک (تقریباً ۲ ساعت پس از مایه زنی) رسید، آب پنیر تخلیه شده و لخته در معرض فرایند عملیات خاصی بنام جداری کردن (Cheddaring) قرار می گیرد. پس از تخلیه کامل آب پنیر، لخته برای افزایش اسیدیته و تیره تر شدن رنگ مدتی به حال خود رها می گردد. در این مرحله که حدود ۲/۵-۲ ساعت به طول می انجامد، برای خروج بهتر آب پنیر، قالب حاوی لخته به طور کامل وارنه و برعکس می گردد. در این مرحله وقتی که تیتراسیون اسیدیته آب پنیر به ۰/۸۵-۰/۷۵ درصد اسید لاکتیک رسید، قطعه های پنیر رابه شکل تراشه ای (چیپس Chips) آسیاب کرده و قبل از قالب گیری به شکل استوانه ای، به آنها نمک خشک افزوده می شود (قالب های پنیر چدار را هوپ Hoops می نامند). فرایند جداری کردن در شکل (۱۹-۱۴) نشان داده شده است.

شکل ۱۹-۱۴ مراحل فرایند در ساختن پنیر چدار



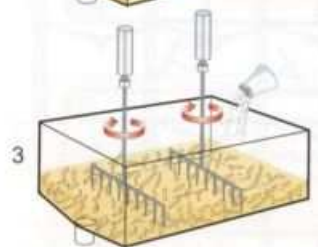
۱- جداری کردن



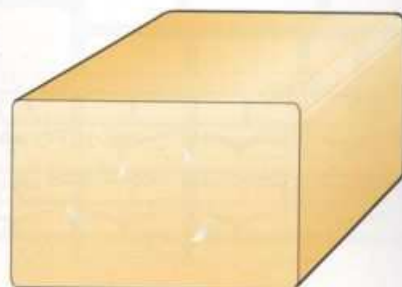
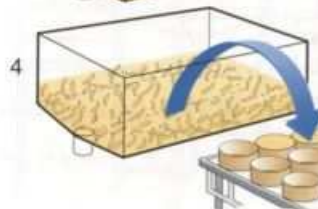
۲- آسیاب کردن به شکل تراشه در آوردن

۳- تراشه های نمک زده شده

۴- قالب گذاری به شکل قرص های استوانه ای



شکل ۱۸-۱۴ پنیر سفت و قشرده با حفرات ایجاد شده مکانیکی





همانطوری که قبلا توضیح داده شد، لخته پس از جدا سازی کامل از آب پنیر ممکن است به طرق مختلف تحت عملیات فراوری قرار گیرد:

- ۱- انتقال مستقیم به قالب (پنیر دانه ای)،
- ۲- طی مراحل فشردن مقدماتی و برش در اندازه های مناسب برای قالب گیری (پنیر با چشمک های کروی)،
- ۳- طی مراحل چداری و متعاقبا آسیاب به صورت تراشه ها، نمک زدن خشک و قالب گیری بشکل قرص (هویر)، یا اگر قرار است انواع پنیرهای پاستافیلاتا تولید گردد برای پخت و کش آمدن به ماشین مخصوص انتقال داده می شود.

### فشردن

پس از قالب گذاری یا به شکل قرص در آوردن لخته آنرا در معرض فشردن نهایی قرار می دهند. چهار هدف از این عمل انتظار می رود:

- کمک به خروج نهایی آب پنیر،
  - دستیابی به بافت مورد نظر،
  - شکل دادن به پنیر،
  - ایجاد یک پوسته پنیر به همراه مرحله طولانی عمل آوری،
- روش فشردن و مقدار فشار برای هر نوع پنیر تفاوت دارد. فشردن باید در ابتدا به صورت تدریجی افزایش داده شود، زیرا فشار زیاد با انسداد لایه های سطحی باعث احتباس رطوبت در داخل بافت پنیر می گردد. فشار لازم باید برپایه مقدار نیروی وارده بر واحد سطح محاسبه گردد.
- دستگاه فشاردهنده دستی که به طور عمودی و افقی فشار را بر قطعه پنیر وارد می سازد، برای ظرفیت های تولید کم در دسترس می باشد. در واحد های بزرگ از سیستم فشاردهنده پنوماتیک یا هیدرولیک استفاده می گردد. شکل (۲۲-۱۴) یک فشار دهنده عمودی را نشان می دهد. در بعضی از سیستم های دقیق تر، از یک سیستم فشاردهنده مجهز به زمان سنج (Timer) و فشار سنج الکترونیکی استفاده شده است. سیگنال ارسالی به عملگر تغییرات فشار را بر اساس برنامه از پیش تعیین شده، تعیین و اصلاح می نماید. سیستم های گوناگونی برای تولید در مقادیر بالا در دسترس می باشند.

### فشارنده از نوع میز چرخ دار

این نوع سیستم (Trolley table pressing) را به طور وسیعی در واحد های نیمه مکانیزه پنیر سازی به کار می برند، آنها شامل اجزای زیر می باشند:

در انتهای سومین نقاله، لخته به شکل تراشه های باریک یکسان آسیاب شده و متعاقبا بر روی نقاله چهارم ریزش می کند. در بعضی از این نوع ماشین ها مخصوصا در مواردی که خط تولید پنیر کلبی (Colby) برقرار است، به نقاله ۲ و ۳ برای تسهیل در عملیات اختلاط و جلوگیری از درهم آمیختن، همزن (Stirrer) اضافه می گردد. در این مرحله تراشه های آسیاب شده پنیر برگشت داده می شوند.

آخرین نقاله برای افزودن نمک می باشد. برای این کار تمک خشک بر روی لخته ریخته شده و برای اختلاط بهتر آنها را با استفاده از همزن های مخصوص هم می زنند، سپس لخته از طریق قیف به قسمت قرص ساز (هویر) فرستاده می شود.

اولین نقاله ممکن است به یک سیستم شستشو برای تولید پنیر کلبی (Colby) مجهز گردد.

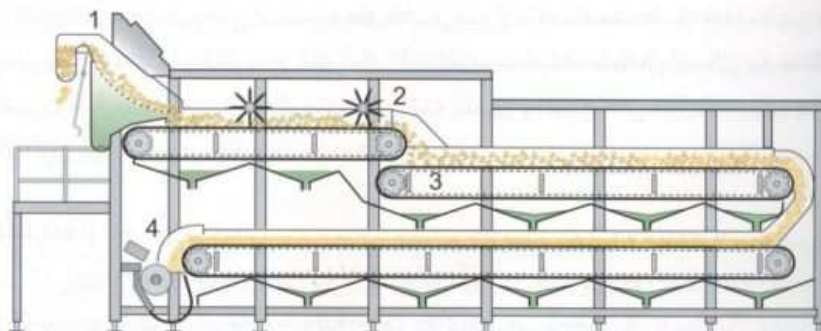
در جایی که چداری کردن بخشی از فن آوری پنیر می باشد تراشه های آسیاب شده به طور معمول قبل از پخت و کشدار کردن (Stretching) نمک زده نمی شوند. ماشینی با دو یا سه نقاله برای تولید پنیر های پاستافیلاتا (Pasta Filata) و دیگر پنیر های مشابه آنها (موزارلا Mozzarella، کاشکالوال Kashkaval و...) مناسب می باشد.

یک طرح با سه نقاله در شکل (۲۱-۱۴) نشان داده شده است. لخته در سطح اولین نقاله همزده می شود.

ماشین های چداری کننده، بدون توجه به تعداد نقاله ها، مجهز به نازل پاششی و سیستم CIP برای شستشو و تمیز کردن آن می باشند. قسمت های مختلف ماشین دارای قاب قابل جدا شدن از هم می باشد و رعایت اصول بهداشتی را تسهیل می نماید.

شکل ۲۱-۱۴ ماشین چداری کننده پیوسته با ۳ نقاله، مناسب برای تولید پنیر موزارلا

۱- صافی پارچه ای جدا کننده آب پنیر      ۲- همزن      ۳- نقاله      ۴- آسیاب



- یک میز چرخدار (گاری)،
- قالب های سوار شده بر روی میز ،
- سیلندرهایی منتهی به صفحه فشارنده به تعداد قالب های روی میز .

شکل ۲۲-۱۴ واحد فشاردهنده با سیستم صفحه های فشار دهنده پنوماتیک



#### تونل فشردن پنیر با تغذیه خودکار

در مواردی که حجم تولید زیاد باشد، استفاده از تونل خود تغذیه شونده که کار فشردن پنیر در داخل آنها انجام می پذیرد توصیه شده است. قالب های پنیر به وسیله یک تسمه نقاله به داخل دستگاه وارد می گردند و به طور خودکار در داخل قالب ها ۳ تا ۵ ردیفه دستگاه قرار گرفته و هنگام عبور از داخل تونل به وسیله سیلندر های پنوماتیکی فشرده می گردند. مقدار فشار و مدت زمان فشردن به طور خودکار از طریق یک تابلو کنترل می گردد. این سیستم به گونه ای طراحی شده که به طور همزمان فشار را اعمال و قطع می نماید تا فشار مطلوب بر روی قطعه پنیر وارد آید .

#### نقاله فشارنده

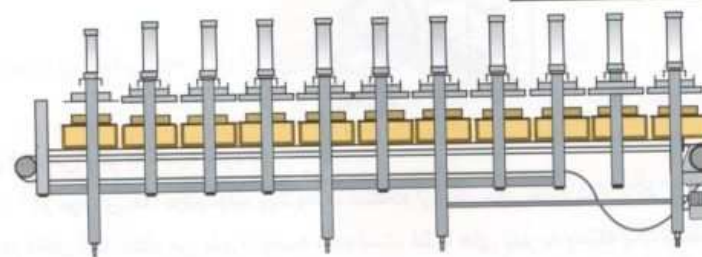
در مواردی که باید فاصله زمانی بین مرحله فشردن مقدماتی و نهایی در حداقل زمان انجام پذیرد، استفاده از نقاله فشار دهنده شکل (۲۳-۱۴) توصیه شده است. هر دوسیستم شرح داده شده در بالا (نقاله فشاردهنده و سیستم فشردن با تغذیه خودکار ) به طور معمول مجهز به سیستم (CIP) می باشند .

#### سیستم شکل دهنده قالب ها

یک مشکل جدی و قدیمی برای تولید کنندگان پنیر چدار، شکل گیری یکسان قالب ها می باشد . استفاده از یک سیستم ساده قالب گیر (Block former) مجهز به خلا که عمل

بعدیه به دستگاه بر اساس فشار نیروی وزن دران انجام می گیرد، این مشکل را حل می نماید. تراشه های (پنیر) آسیاب شده و نمک خورده با استفاده از خلا به بالای برج کشیده می شوند، شکل (۲۴-۱۴). زمانی که ستون برج پر می گردد و لخته در توده ستونی برج ، درهم آمیخته می گردد. خلا حاکم بر سراسر ستون ، باعث یکسانی محصول ، بدون همراه داشتن آب پنیر و هوا در خروجی انتهای ماشین می گردد. با تنظیم قالب ها (بلوک ها) در اندازه مورد نظر ، برای مثال با وزن تقریباً ۲۰-۱۸ کیلوگرم ، قالب ها به طور خودکار بوسیله گیوتین دستگاه برش خورده و خارج می گردند. پنیرهای قالبی متعاقباً در داخل کیسه قرار گرفته به قسمت دوخت تحت خلا در کنار خط تولید وارد می شوند. در این حالت به عملیات فشردن اضافی دیگر نیاز نمی باشد .

شکل ۲۳-۱۴ نقاله فشاردهنده



برج های این سیستم ها با ظرفیت اسمی ۶۸۰ کیلوگرم لخته پنیر در ساعت طراحی شده اند مدت زمان عبور ماده از میان برج تقریباً ۳۰ دقیقه می باشد و در هر ۱/۵ دقیقه یک قالب پنیر با مشخصات شرح داده شده تولید می گردد. ارتفاع ستون لخته تقریباً ۵ متر بوده و روی هم رفته ارتفاع لازم برای برج ۸ متر می باشد. طراحی ظرفیت های بالاتر این سیستم با بهم پیوستن چند برج مقدور می باشد. همه این واحدها مجهز به سیستم شستشوی درجا (CIP) می باشند .

#### پخت و کشدار کردن پنیر های نوع پاستافیلاتا

پنیر پاستافیلاتا (لخته نرم) در ردیف لخته کشدار (Elastic) حاصله از پخت و کش دار کردن لخته چداری شده توصیف شده است. منشاء این دسته از پنیر ها با لخته تنیده شده در هم (Spun curd) مانند : پروولون (Provolone) ، موزولا (Mozzarella) ، کاسیوکاوالو (Caciocavallo) از جنوب ایتالیا می باشند. امروزه پنیر پاستا فیلاتا نه فقط در ایتالیا بلکه در چندین کشور دیگر تولید می گردد. پنیر کاشکاوال (Kashkaval) که در چندین کشور اروپایی تولید می شود یک نوع پنیر پاستافیلاتا می باشد .



می باشد. لخته چداری به طور پیوسته به داخل قیف یا سیکلون دستگاه ( بسته به روش تغذیه که نقاله پیچی یا از نوع دمنده باشد) وارد می گردد.

در تولید پنیر کاشکاول ، پخت ممکن است با آب نمک ۵-۶ درصد انجام پذیرد. باید توجه داشت که آب نمک داغ خواص خوردگی (Corrosive) زیادی دارد بنابراین باید جنس شفت و تمام لوازم در تماس با آن از جنس فلز ویژه ساخته شده باشند.

### قالب زنی

پنیر پاستافیلاتا ، اغلب در اشکال مختلف مانند : توپ ، گلابی ، سوسیس و غیره تولید می گردد. بنابراین در نظر گرفتن یک شکل مخصوص برای آن مشکل می باشد. امروزه ماشین های قالب زن خودکار ، برای تولید پنیر پیزا (Pizza) بشکل مربع یا چهارگوش در دسترس می باشند. یک نمونه از این ماشین ها که با پرکن دوار عمل می نماید، در شکل (۲۶-۱۴) نشان داده شده است.

شکل ۲۵-۱۴ دستگاه پیوسته پخت و کشدار

کننده لخته برای پنیر پاستافیلاتا

شکل ۲۶-۱۴ ماشین قالب زن پنیر پیزا

۱- ناودان

۲- شفت های چرخنده نا همسو

۳- قسمت متحرک با قالب ساکن

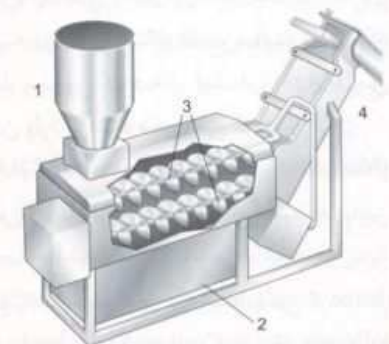
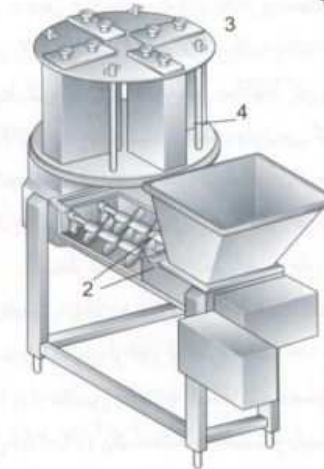
۴- قالب

۱- ناودانک تغذیه کننده دستگاه

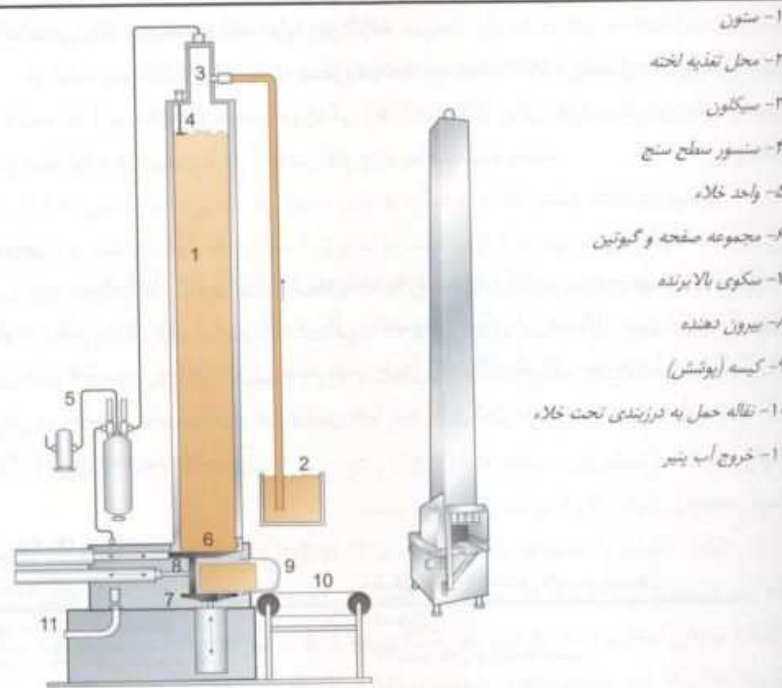
۲- مخزن ، برای کنترل دمای آب داغ

۳- دو شفت چرخنده نا همسو

۴- نقاله پیچی شکل



لخته نرم در دمای ۷۰-۶۵ درجه سانتیگراد به قالب ها (Moulds) ، وارد می شود. برای یکسان نمودن شکل پنیر و تسهیل در خروج از قالب ، قالب پنیر باید خنک گردد. برای



۱- ستون

۲- محل تغذیه لخته

۳- سیکلون

۴- سنسور سطح سنج

۵- واحد خلاء

۶- مجموعه صفحه و گیوتین

۷- سکوی بالابرنده

۸- بیرون دهنده

۹- کیسه (پوشش)

۱۰- نقاله حمل به درزبندی تحت خلاء

۱۱- خروج آب پنیر

پس از چداری کردن لخته و آسیاب کردن ، تراشه های لخته - در اسیدیته تقریبی ۰/۸ - ۰/۷ درصد اسید لاکتیک در آب پنیر (SH ۳۵/۵ - ۳۱) - به داخل یک کاسه مخلوط کن فولادی یا ماشین مخلوط کن خمیر از نوع بهداشتی (خمیرگیر) که قبلا با آب داغ ۸۵-۸۲ درجه سانتیگراد پر شده وارد می گردد. لخته در این دستگاه آنقدر مالیده و ورز داده می شود تا سرانجام به صورت توده ای نرم و کشدار و بدون کلوخه در آید. آب اختلاط این فرایند برای جدا سازی چربی در ضمن فرایند ورزدادن وارد آن شده ذخیره می گردد. کشدار شدن و اختلاط باید به طور کامل انجام گیرد. ایجاد حالت مرمرین (Marbling) در محصول نهایی ممکن است به دلیل اختلاط ناقص ، پایین بودن دمای آب ، اسیدیته پایین لخته ، یا ترکیبی از این نواقص باشد.

از ماشین پخت و کشدارکننده مداوم برای تولید در حجم های بالا استفاده می گردد. در شکل (۲۵-۱۴) یک دستگاه پخت و کشدار کننده (Cooker-Stretcher) نشان داده شده است. در این دستگاه سرعت شفت محوری قابل تغییر می باشد ، بنابراین حالت مطلوبی را برای مالش دادن لخته در آن ایجاد نموده است. دما و سطح آب پخت به طور پیوسته تحت کنترل



## آب نمک زدن

سیستم آب نمک زنی (Brine salting) در طرح های مختلف ، از نوع ساده تا به اصطلاح بسیار پیشرفته ، در دسترس می باشند. هنوز سیستم قرار دادن پنیر در ظرف حاوی آب نمک بیشترین کاربرد را دارد. ظرف حاوی آب نمک باید در یک اتاق خنک دردمای تقریبی ۱۴-۱۲ درجه سانتیگراد قرار داده شوند . در شکل (۲۸-۱۴) یک سیستم دستی آب نمک زنی نشان داده شده است .

یک نوع سیستم بر پایه نمک زنی در ظرف کم عمق قفسه ای برای تولید مقادیر زیاد پنیر در دسترس می باشد.

## آب نمک زنی کم عمق یا سطحی

در یک سیستم نمک زنی سطحی (Shallow brining) پنیر در داخل محفظه ای که با آب نمک پر شده شناور می گردد. جهت مرطوب نگه داشتن سطح پنیر آن را به صورت غوطه ور از زیر یک غلطک در حاشیه محفظه عبور می دهند. چگونگی عملیات غوطه وری در دستگاه قابل برنامه ریزی می باشد . در شکل (۲۹-۱۴) اصول سیستم نمک زنی سطحی نشان داده شده است .

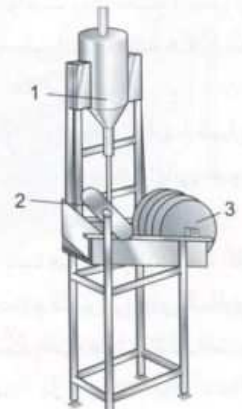
### شکل ۲۷-۱۴ نمک زن خشک

برای پنیر پاستا فیلاتا

۱- محفظه نمک

۲- کنترل سطح برای درگیر کردن پنیر

۳- ابزار شمار دار کننده



### شکل ۲۸-۱۴ سیستم غیر پیوسته آب نمک زنی ، با محفظه و لوازم گردش دهنده آب نمک .

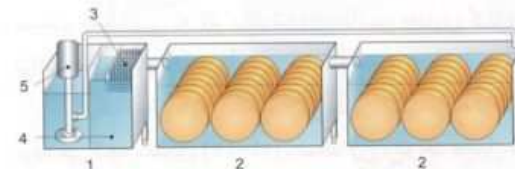
۱- ظرف حل کننده نمک

۲- ظروف آب نمک زنی

۳- صافی

۴- همزدن نمک

۵- پمپ برای گردش آب نمک در سیستم



(خنک کننده) استفاده میگردد که باید ضمیمه خط کامل تولید پنیر پاستا فیلاتا باشد . یک خط تولید پنیر موزارلا در شکل (۳۸-۱۴) نشان داده شده است .

## نمک زنی

در پنیر نیز مانند بیشتر غذا ها ، نمک به طور معمول به عنوان یک چاشنی به کار برده می شود . اما نمک اثرات مهم دیگری ، مانند به تعویق انداختن فعالیت استارتر و فرایندهای باکتریایی در مرحله رسانیدن را دارد. استعمال نمک درلخته باعث خروج بیشتررطوبت می گردد، همچنین نمک دارای اثرات اسمزی توام با اثرات ویژه نمک بر روی پروتئین ها می باشد. فشار اسمزی با ایجاد مکش در سطح لخته ، باعث افت و خروج رطوبت از پنیر می گردد.

با چند استثنا ، محتوای نمک بیشتر پنیر ها در حدود ۰/۵-۲ درصد می باشد . پنیر آبی ، و انواع پنیر سفید نمک دار ، مانند فتا (Feta) و دومیاتی (Domiaty) و مشابه آنها به طور معمول محتوای نمک ۳-۷ درصد را دارا می باشند .

تبادل کلسیم با سدیم در پاراکازینات ، در اثر افزودن نمک ، اثرات مطلوبی بر روی قوام پنیر داشته و آن را نرم تر می نماید. در حالت کلی لخته نمک زده ، تقریباً ۵-۶ ساعت پس از اضافه نمودن استارتر زنده به شیر پنیر سازی به pH برابر ۵/۶-۵/۳ دست خواهد یافت، مشروط به اینکه شیر حاوی باکتری جلوگیری کننده، یا مواد بازدارنده نباشد.

## روش های نمک زنی

### نمک زنی خشک

نمک زنی خشک (Dry salting) را می توان به طور دستی و مکانیکی انجام داد . نمک را به طور دستی از داخل یک سطل یا ظروف به طور یک نواخت روی لخته ( پس از تخلیه کامل آب پنیر) پخش می نمایند . برای پخش کامل نمک ، ممکن است ، لخته ها را به مدت ۵-۱۰ دقیقه تکان دهند .

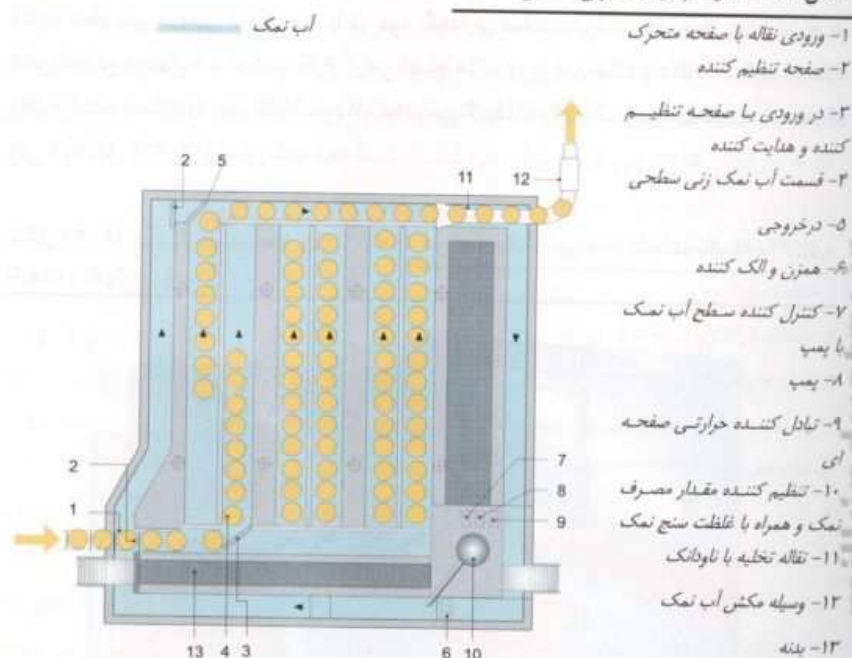
راه های مختلفی برای پخش مکانیکی نمک روی لخته وجود دارد . یکی از آنها همان سیستم نمک زنی به کار برده شده در ماشین چداری کننده پیوسته یعنی ، در مرحله نهایی عبور تراشه های چدار از میان آن می باشد.

یک روش دیگر ، نمک زنی جزئی است ، که در تولید پنیر پاستا فیلاتا (موزارلا) ، به کار برده می شود ، شکل (۲۷-۱۴) . نمک زن ، در حد فاصل مرحله پخت و قالب زنی جای گذاری می شود . فرایند که ۸ ساعت است را می توان تا ۲ ساعت و

## آب نمک زنی عمیق

سیستم آب نمک زنی عمیق (Deep brining) در درون وان ها (Hoisted cages) با همان اصول قبلی انجام می پذیرد. این وان ها در ابعادی ساخته شده اند که می توانند تولید یک شیفت کاری را در خود نگهداری نمایند. وان های ساکن یک قسمتی ۳-۲/۵ متر عمق دارند.

شکل ۲۹-۱۴ سیستم آب نمک زنی سطحی



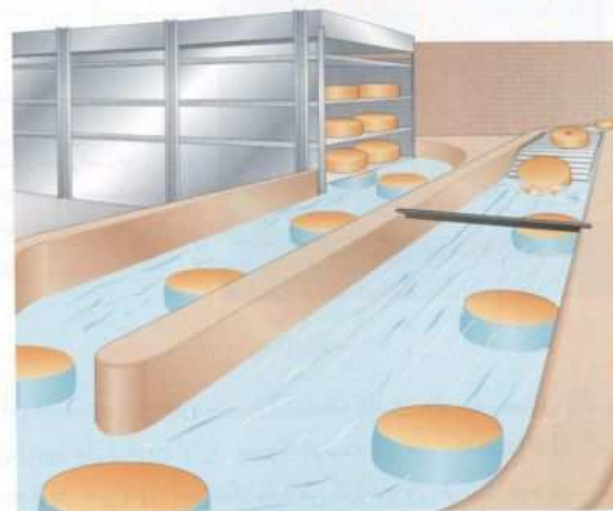
برای دست یابی به زمان یکسان آب نمک گذاری برای پنیر های تولید شده در یک نوبت کاری (ورود اول ، خروج اول) ، معمولاً در نیمه اول نوبت (شیفت Shift) کاری پنیر های تولید شده به داخل وان بدون آب نمک وارد می گردند و وان از نیمه دوم نوبت کاری پر از آب نمک می گردد برای مثال اگر نوبت کاری صبح ۸ ساعت باشد تا ۴ ساعت اول پنیر های تولید شده به داخل وان آب نمک (در حالیکه خالی است) وارد میگردد و از ابتدای ۴ ساعت دوم وان به تدریج از آب نمک پر می شود یا در روش دیگر پنیر های تولید شده در نیمه اول نوبت کاری در قسمت ذخیره ای وان جمع شده و از نیمه دوم نوبت کاری به تدریج وارد وان آب نمک می گردند. در غیر این صورت بین پنیری که در ابتدا وارد وان آب نمک شده با پنیری که در ادامه تولید می شود، اختلاف ساعت در زمان آب نمک گذاری ایجاد خواهد شد. از

این رو سیستم آب نمک زنی عمیق باید همیشه مجهز به یک محفظه اضافی قفسه های خالی (جهت ذخیره پنیر) باشد. در شکل (۳۰-۱۴) یک سیستم وان آب نمک زنی عمیق نشان داده شده است.

## سیستم آب نمک زنی قفسه ای

یکی دیگر از روش های نمک زنی عمیق، برپایه استفاده از قفسه هایی قرار دارد که قادرند تمام پنیر خروجی از یک وت را در خود نگهداری نمایند. با پر شدن قفسه ها عملیات قرار دادن آنها در محلول آب نمک ، خارج کردن قفسه ها از درون آب نمک و هدایت آنها به ایستگاه تخلیه کننده همگی به طور کاملاً خودکار انجام می گیرد. اصول یک سیستم قفسه آب نمک زنی در شکل (۳۱-۱۴) نشان داده شده است.

شکل ۳۰-۱۴ سیستم آب نمک عمیق ، وان ۱۰ x ۱/۱ متر با ۱۰ طبقه ، می تواند تولیدات یک وعده کاری (شیفت) را نگهداری نماید.



## نکاتی در باره آماده سازی آب نمک

اختلاف در فشار اسمزی بین آب نمک و پنیر باعث خروج بیشتر رطوبت همراه با اجزای حل شده در آن مانند ، پروتئین های آب پنیر ، اسید لاکتیک و مواد معدنی در تبادل با سدیم کلراید از بافت پنیر می گردد. در آماده سازی آب نمک علاوه بر دستیابی به غلظت مناسب، بایستی pH در محدوده ۵/۳ - ۵/۲ تنظیم گردد. جهت تنظیم pH می توان از اسید کلریدریک



و مدت زمان نفوذ نمک را طولانی تر می نماید. بنابراین پنیر یا محتوای چربی بالاتر در مقایسه با پنیری با محتوای چربی پایین تر، مدت زمان طولانی تری را برای عملیات نمک زنی احتیاج خواهد داشت.

عامل pH به طور قابل توجهی در سرعت جذب نمک دخالت دارد. در pH پایین تر نمک بیشتری جذب می گردد. در pH کمتر از ۵ قوام پنیر سفت و شکننده بوده و در pH بالاتر از ۵/۶ بافت پنیر انعطاف پذیر (Elastic) می باشد.

اهمیت pH پنیر در هنگام آب نمک گذاری به وسیله انیستیتو هیلرد (Hillierod) دانمارک مورد بررسی و تحقیقات قرار گرفته است.

قسمتی از یون های کلسیم به طور آزادانه با مجموعه کازئین اتصال پیدا می کنند، در جریان نمک زنی یون های آزادتر به وسیله تبادلات یونی با یون سدیم جابه جا می گردند. بسته به مقدار از دست رفتن این نوع اتصالات کلسیمی، قوام پنیر تغییر می یابد.

این نوع اتصالات آزاد کلسیمی به میزان درصد یون هیدرونیوم ( $H^+$ ) حساس می باشند. در حضور مقدار بیشتر یون هیدرونیوم، یون های کلسیم ( $Ca^{++}$ ) بیشتری، مجموعه کازئین را ترک خواهند نمود و یون هیدرونیوم در محل کلسیم جای خواهند گرفت. در جریان نمک زدن یون هیدرونیوم نمی تواند با یون سدیم ( $Na^+$ ) نمک، تبادل انجام دهد، این بدان معنا است که:

تابلو ۲-۱۴ چگالی در برابر غلظت نمک در آب نمک در ۱۵ درجه سانتیگراد

| چگالی           |           | آب نمک معمولی              |                   |
|-----------------|-----------|----------------------------|-------------------|
| کیلوگرم در لیتر | درجه بومه | کیلوگرم نمک در ۱۰۰ لیتر آب | درصد نمک در محلول |
| ۱/۱             | ۱۳/۲      | ۱۵/۷                       | ۱۳/۶              |
| ۱/۱۲            | ۱۵/۶      | ۱۹/۳                       | ۱۶/۲              |
| ۱/۱۴            | ۱۷/۸      | ۲۳/۱                       | ۱۸/۸              |
| ۱/۱۶            | ۲۰        | ۲۶/۹                       | ۲۱/۲              |
| ۱/۱۷            | ۲۱/۱      | ۲۹                         | ۲۲/۴              |
| ۱/۱۸            | ۲۲/۱      | ۳۱/۱                       | ۳/۷               |

۱- در pH بالا (۵/۸ - ۶) کلسیم بیشتری در درون کازئین می باشد که متعاقبا سدیم بیشتری در اتصال با مجموعه کازئین خواهد بود در نتیجه پنیر نرمتر خواهد شد. این پنیر ممکن است در زمان رسیدن شکل خودش را از دست بدهد.

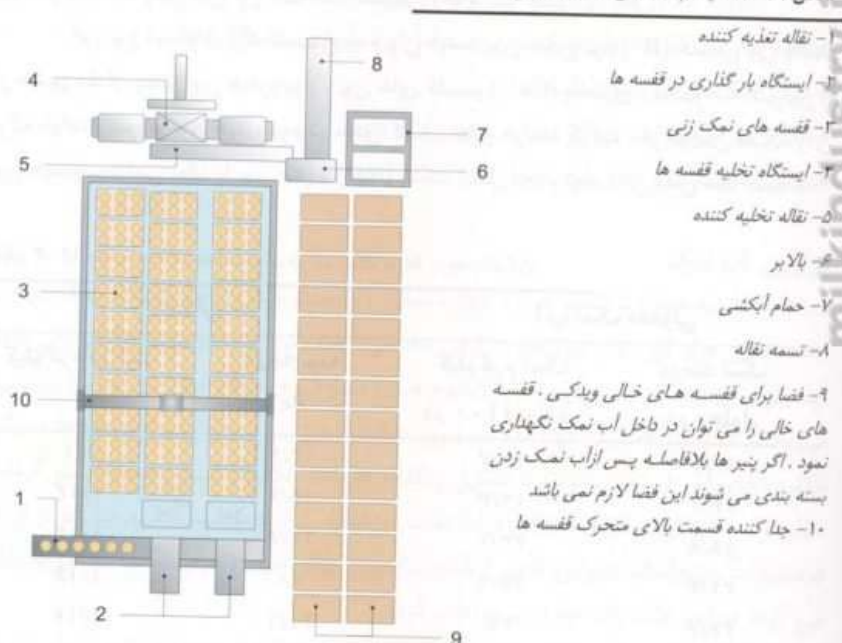
خوراکی (عاری از فلزات سنگین و آرسنیک)، اسید لاکتیک و دیگر اسید های بی ضرر استفاده نمود.

کلسیم به شکل کلرور کلسیم ( $CaCl_2$ ) نیز اضافه می شود. غلظت مناسب برای کلسیم ۰/۲ - ۰/۱ درصد می باشد. تابلو (۲-۱۴) می تواند راهنمای خوبی برای آماده سازی آب نمک باشد.

### نفوذ نمک در پنیر

توضیحات مختصر زیر برپایه گزارش شماره ۲۲ موسسات دولتی مجیرفرسگ (Mejeriforsog) و هیلرد (Hillierod) دانمارک تهیه شده و تصورات کلی اتفاقات در پنیر را وقتی که به آن نمک افزوده می گردد، نشان می دهد.

شکل ۳۱-۱۴ سیستم قفسه ای آب نمک زنی



در لخته پنیر، انشعابات بی شماری از مجاری مویینه وجود دارد به طوری که در هرسانتیمتر مربع می توان تقریباً ۱۰۰۰۰ مجاری را یافت. عوامل متعددی بر روی قابلیت تراوایی این مجاری مویینه و توانایی جریان یافتن محلول نمک از میان آنها موثر بوده که همه



• پاستوریزاسیون تعادل آب نمک را برهم زده و باعث رسوب کلسیم فسفات و چسبیدن آن به صفحه های تبادل کننده حرارتی می شود. همچنین در مخزن حاوی آب نمک رسوب نموده و تولید لجن ته نشین شونده می نماید. گاهی اوقات مواد شیمیایی دیگری برای اهداف خاصی به آب نمک افزوده می گردد. از جمله می توان به ، سدیم هیپوکلراید، سوربات سدیم یا پتاسیم یا دلوئید (Delvocide) یا پیمارسین (Pimaricine) اشاره کرد . استفاده از مواد شیمیایی باید در چهارچوب قوانین انجام پذیرد .

تابلو ۳-۱۴ غلظت نمک در انواع مختلف پنیر

| نام پنیر                     | درصد نمک  |
|------------------------------|-----------|
| کاتیج (Cottage)              | ۰/۲۵-۱    |
| امنتال (Emmenthal)           | ۰/۴-۱/۲   |
| گودا (Gouda)                 | ۱/۵-۲/۲   |
| چدار (Cheddar)               | ۱/۷۵-۱/۹۵ |
| لیمبورگر (Limburger)         | ۲/۵-۳/۵   |
| فتا (Feta)                   | ۳/۵-۷     |
| گورگونزولا (Gorgonzola)      | ۳/۵-۵/۵   |
| انواع پنیر آبی (Blue cheese) | ۳/۵-۷     |

از راه های دیگر کاهش بار میکروبی یا توقف فعالیت میکروارگانیسم ها در آب نمک می توان به موارد زیر اشاره نمود :

- قرار دادن آب نمک در معرض نور لامپ UV ،
- عبور دادن از صافی ،
- جلوگیری از اختلاط آب نمک فرآوری شده با آب نمک فرآوری نشده ،
- استفاده از سیستم میکروفیلتراسیون ،

تابلو (۳-۱۴) فهرستی از درصد نمک در تعدادی از انواع پنیر را نشان می دهد .

### رسانیدن و نگهداری پنیر (عمل آوری)

در مراحل ساخت تمام پنیرها بجز پنیر تازه ، پس از شکل گیری لخته ، یک سلسله عملیات و فرایندهای میکروبیولوژیکی ، بیو شیمیایی و فیزیکی روی آن انجام می پذیرد . این تغییرات شامل تغییراتی بر روی لاکتوز ، پروتئین ها و چربی در چرخه رسانیدن (عمل آوری)

موجود بوده تا اتصالات کافی را برای پیوند با یون سدیم برقرار سازند . در نتیجه قوام پنیر خوب خواهد بود .

۳- در pH پایین تر از (۵/۲) مقدار یون های هیدرونیوم کازئین بسیار زیاد خواهد بود ، یون سدیم توانایی تبادل با یون هیدرونیوم را ندارد بنابراین قوام پنیر سخت و شکننده می گردد. نتیجه این که : بهترین pH برای پنیر قبل از نمک زدن تقریباً ۵/۴ می باشد.

دما در سرعت جذب نمک و کاهش رطوبت موثر می باشد . دمای بالا ، سرعت جذب را بالاتر خواهد برد.

غلظت بیشتر نمک در آب نمک ، جذب نمک را بیشتر می نماید. در غلظت کمتر از ۱۶ درصد، کازئین متورم شده و سطح پنیر چسبناک ، لزج می گردد و ممکن است قسمتی از کازئین دوباره محلول گردد .

غلظت های بالاتر از ۱۸-۲۳ درصد نمک در دمای ۱۴-۱۰ درجه سانتیگراد مورد استفاده قرار می گیرد ، زمان نمک زدن به عوامل و شرایط زیر بستگی دارد :

- مقدار نمک در پنیر مورد نظر ،
- اندازه پنیر (قطعه پنیر بزرگتر زمان بیشتری لازم دارد)،
- غلظت آب نمک و دمای آن ،

### فرآوری آب نمک

همیشه همراه با تنظیم دوباره غلظت نمک ، وضعیت میکروبیولوژیکی آب نمک نیز باید تحت کنترل قرار گیرد تا از بروز عیوب کیفی مختلفی که ممکن است در محصول نهایی پدید آید جلوگیری شود . بعضی از میکروارگانیسم های مقاوم به نمک قادر به تجزیه پروتئین می باشند بنابراین فعالیت آنها موجب بروز حالت لزجی در سطح پنیر می گردد ، دیگر باکتری های این دسته می توانند با تشکیل رنگدانه ها باعث لکه دار شدن سطح پنیر گردند. خطر مزاحمت های میکروبیولوژیکی در آب نمک در هنگامی که غلظت آب نمک کمتر از ۱۶ درصد باشد بیشتر است. بنابراین گاهی از پاستوریزاسیون برای اصلاح کیفیت آب نمک استفاده می گردد در این حالت باید موارد زیر مراعات گردد.

- سیستم باید به گونه ای طراحی شود که مانع اختلاط آب نمک پاستوریزه با غیر پاستوریزه گردد .
- آب نمک خواص خورندگی شدیدی دارد ، بنابراین باید از مواد مقاوم در برابر خوردگی مانند تیتانیوم (Titanium) برای دستگاه های تبادل کننده های حرارتی استفاده گردد . این مواد

آنزیمی زیر انجام می پذیرد :

• مایه پنیر

• میکرواورگانیزم ها

• پلاسمین (Plasmin) که آنزیم سیستم فیبرینولیتیکال (Fibrinolytical) می باشد .

فقط مایه پنیر می تواند مولکول پاراکازئین را به شکل پلی پپتید بشکند. این اولین تجزیه به وسیله مایه پنیر، شرایط را به طور قابل توجهی برای تجزیه کازئین بوسیله آنزیم های باکتریایی مساعد می نماید. پنیلهایی که در دمای بالا با آب گرم پخت شده اند مانند امتال و پارمیسان ، فعالیت پلاسمین نقش مهمی را در اولین مرحله از تجزیه برعهده خواهد داشت.

در پنیر های نیمه نرم مانند : تیلستر و لیمبورگ ، دو فرایند رسیدن ، به موازات یکدیگر تداوم می یابند. به طور مختصر این که ، فرایند رسیدن طبیعی پنیر به طریق (آنزیمی) همراه با فرایند رسیدن با اندود کردن (Smear) در سطح پیش می رود. در فرایند اخیر تجزیه پروتئین تا مرحله تولید آمونیاک ادامه می یابد که نتیجه عمل پروتئولیتیکی قوی باکتری های اندود کننده سطح پنیر می باشد.

## انبار کردن

هدف از انبار کردن پنیر ، ایجاد شرایط بیرونی مناسب برای کنترل چرخه رسانیدن پنیر تا حد ممکن می باشد. هر نوع پنیر یک ترکیب ویژه از دما و رطوبت نسبی را برای طی زمان و مراحل مختلف رسانیدن لازم دارد .

## شرایط نگهداری

انواع گوناگون پنیر در زمان انبار مانی به دما و رطوبت نسبی مختلفی نیاز دارند . شرایط اقلیمی نقش مهمی را در سرعت رسیدن پنیر، کاهش وزن ، پوسته بستن و توسعه فلور میکروبی سطحی ( در تیلستر ، رومادر و...) و به بیانی دیگر طبیعت کلی یا مشخصه پنیر ایفا می کند .

**پنیر با پوسته** ، این نوع پنیر بیشتر انواع سخت و نیمه سخت را دربر می گیرد و می تواند با استفاده از امولسیون نرم (Emulsion) یا پارافین (Paraffin) یا پوشش مومی (Wax) فراهم گردد .

**پنیر بدون پوسته** این نوع پنیر ها را با استفاده از لایه نازک پلاستیکی (Plastic film) یا کیسه پلاستیکی منقبض شونده (Shrinkable plastic bag) پوشش می دهند .

پوشش دادن پنیر دو هدف اصلی را دنبال می نماید :

می باشد ، نه به طور وسیعی در بین انواع سخت و نیمه سخت و نرم پنیر تفاوت دارد . حتی اختلافات آشکاری در بین خود این گروه ها ملاحظه می گردد .

## تجزیه لاکتوز

اصول کلی تولید انواع مختلف پنیر ، تکیه بر کنترل رشد و فعالیت باکتری اسید لاکتیک دارد. در این مسیر ممکن است به طور همزمان درجه و سرعت تخمیر لاکتوز مد نظر باشد. همان طوری که قبلا در بحث چداری کردن فرایند، بیان شد، قبل از اینکه لخته به شکل حلقه درآید لاکتوز تخمیر می گردد. تخمیر لاکتوز باید تحت کنترل بوده و تجزیه لاکتوز در زمان فشردن پنیر و نهایتا در مدت زمان اولین هفته یا در دو هفته اول نگهداری به وقوع بپیوندد .

اسید لاکتیک تولید شده در پنیر به طور گسترده ای به وسیله ترکیبات بافری موجود در شیر پنیر سازی که به داخل لخته راه یافته اند، خنثی می گردد. معمولا اسید لاکتیک به صورت لاکتات ها (Lactates) در پنیر حضور دارند. در مراحل بعدی لاکتات ها ، به عنوان مواد اولیه مناسب برای باکتری های اسید پروپیونیک بوده و شرایط را برای فعالیت آنها فراهم می آورند ، این باکتری ها قسمت مهمی از فلور میکروبیولوژیکی پنیرهای امتال ، گریویر و انواع مشابه را تشکیل می دهند. وانگهی اسید پروپیونیک و اسید استیک به طور قابل توجهی گاز دی اکسید کربن را تولید می کنند که این گاز ، مسئول شکل دادن چشمک (حفرات) در انواع پنیرها می باشد .

همچنین لاکتات ها ممکن است در صورت وجود شرایط مناسب به وسیله باکتری های اسید بوتیریک ، تخمیر و تجزیه شوند (تخمیر بوتیریکی) . تولیدات حاصله از این تخمیر ناخواسته، گاز هیدروژن، اسید چرب فرار و دی اکسید کربن می باشد. این نوع تخمیر از نوع نامطلوب بوده و در مرحله دیررس رسانیدن پنیر بروز می نماید و خروج گاز هیدروژن از پنیر باعث تخریب و ترکیدن بافت آن می گردد .

کشت استارتر که به طور معمول در تولید بیشتر پنیرهای سخت و انواع متوسط و نرم به کار برده می شود. علاوه بر توانایی تخمیر لاکتوز باحمله به اسید سیتریک موجود در پنیر در تولید دی اکسید کربن و شکل گیری چشمک در هر دونوع پنیر با چشمک گرد و دانه دار شرکت می نماید. تخمیر لاکتوز ، به وسیله آنزیم لاکتاز موجود در باکتری های لاکتیکی شکل می گیرد .

## تجزیه پروتئینی

مرحله رسیدن پنیر (Ripening)، مخصوصا در پنیر سخت در درجه اول به وسیله

تجزیه پروتئین توسط باکتری ها و آنزیم ها انجام می پذیرد .

داده های ارائه شده برای دما و رطوبت نسبی پنیر تقریبی بوده و برای انواع مختلف پنیر در همان گروه تفاوت می نماید. مقادیر رطوبت قید شده برای پنیرهای رسیده لافاه دار یا بسته بندی شده نمی باشد .

شکل ۳۲-۱۴ انبار مکانیزه پنیر - هوای مرطوب از طریق نازل های پلاستیکی به لایه های پنیر در قفسه ها دمیده می شود



روش های تهویه هوا

یک سیستم کامل تهویه هوا (Air condition system) باید قادر باشد رطوبت و دمای لازم را در انبار رسانیدن پنیر بدون در نظر گرفتن شرایط بیرونی حفظ نماید. هوای ورودی به سیستم نیز باید به وسیله سرد کردن رطوبت گیری شده و مجددا مطابق با شرایط انبار، گرم و رطوبت زنی شود.

۲- برای محافظت سطح پنیر از آلودگی و جرم و خاکی

چهار مثال ذیل اهداف و تفاوت ها را در شرایط مختلف انبار مانی، برای چند نوع پنیر نشان می دهد .

۱- به طور کلی "رسیدن" پنیر های خانواده چدار ، در دمای پایین ، ۸-۴ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی کمتر از ۸۰ درصد انجام می گیرد، معمولا آنها را در لایه نازک پلاستیکی یا کیسه، لفاف پیچی کرده و سپس در داخل کارتن مقوایی یا جعبه چوبی قرار داده و به انبار منتقل می نمایند . زمان "رسیدن" در این نوع پنیر ها از چند ماه تا بیشتر از ۱۰-۸ ماه با توجه به سلیقه مصرف کنندگان به طول می انجامد .

۲- انواع پنیر هایی مانند امنتال ، ممکن است در صورت لزوم در اتاق رشدکپک (Green cheese room) در دمای ۱۲-۸ درجه سانتیگراد به مدت ۳-۴ هفته نگهداری گردد. سپس عملیات همراه با انبار مانی در اتاق تخمیر (Fermenting room) در دمای ۲۵-۲۲ درجه سانتیگراد به مدت ۷-۶ هفته ادامه پیدا می کند. متعاقبا پنیر به مدت چند ماه در دمای ۱۲-۸ درجه سانتیگراد برای رسیدن نهایی نگهداری می گردد. رطوبت نسبی در تمام مراحل و در داخل اتاق ها ۹۰-۸۵ درصد می باشد .

۳- انواع پنیر با سطح آلوده شده (Smear-treated) ، مانند تیلسیتز (Tilsiter) ، هاوارتی (Havarti) و ... ، در اتاق تخمیر و در دمای ۱۶-۱۴ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۹۰ درصد به مدت ۲ هفته نگهداری می گردند. در خلال این زمان سطح پنیر با کشت ویژه ای همراه با یک محلول نمکی آلوده می گردد. وقتی که یک لایه دلخواه آلوده گسترش یافت ، پنیر به اتاق رسانیدن در دمای ۱۲-۱۰ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۹۰ درصد منتقل شده و به مدت بیشتر از ۳-۲ هفته نگهداری می شود. سرانجام بقایای آلوده شده از سطح پنیر شسته می شود و پس از لفاف پیچی در ورق های نازک آلومینیومی (Aluminium foil) آن را به سردخانه با دمای ۱۰-۶ درجه سانتیگراد و با رطوبت نسبی تقریبا ۷۵-۷۰ درصد منتقل کرده و تا زمان توزیع در این شرایط نگهداری می نمایند.

۴- انواع پنیر سخت و نیمه سخت ، مانند گودا و مشابه آن ها ابتدا به مدت دوهفته در اتاق کپک زنی در دمای ۱۲-۱۰ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۷۵ درصد نگهداری می گردد . پس از طی این مرحله از رسانیدن، تقریبا به مدت ۳-۴ هفته آن را در دمای ۱۸-۱۲ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۸۰-۷۵ درصد نگهداری می نمایند . در انتها پنیر به یک انبار نگهداری در دمای تقریبا ۱۲-۱۰ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۷۵ درصد انتقال داده می شود. که در اینجا مشخصه نهایی پنیر توسعه و حاصل می گردد .



با وجود این شرکت هایی وجود دارند که کار آنها به طور ویژه سیستم دهی به انبار های گوناگون به صورت سیستم های مرسوم تا سیستم های رایانه ای می باشد . همچنین آنها آگاهی و اطلاعات لازم در ارتباط با تهیه هوای انبار را در اختیار قرار می دهند .

### خطوط فرایند برای پنیر سخت و نیمه سخت

در ادامه این فصل فقط به شرح مثال هایی از خط فرایند بعضی انواع پنیر ها پرداخته خواهد شد .

شکل ۳۳-۱۴ انبار پنیر با استفاده از پالت گذاری



انواع پنیر سخت

### خط فرایند برای پنیر امتال

شیری که قرار است برای تولید پنیر امتال به کار برده شود ، نباید به طور معمول پاستوریزه گردد. اما باید محتوای چربی آن استاندارد شده باشد. در مواردی که شیر حاوی مقدار زیادی اسپور باکتریایی باشد، پس از رساندن دمای شیر به ۶۳-۵۰ درجه سانتیگراد ، عملیات بهبود سازی بر روی آن در یک باکتوفوگ یا در واحد میکرو فیلتراسیون برای کاهش مکانیکی اسپورها انجام می پذیرد .

پس برای حل این مشکل از مجاری پخش کننده هوا استفاده می گردد. دور نگهداشتن این مجاری از آلودگی های قارچی و کبکی نکته بسیار مهمی در پایداری شرایط است . بنابراین مجاری باید به گونه ای طراحی گردند که امکان تمیز کردن و ضدعفونی شدن را دارا باشند .

### طراحی انبار و فضای لازم

طراحی انبار به نوع پنیر تولیدی در کارخانه بستگی دارد. نصب کردن قفسه های ثابت نگهداری پنیر (Permanent cheese racks) در انبار، برای ذخیره پنیر های سخت و نیمه سخت متداول می باشد. ظرفیت این انبار ها برای پنیر هایی با وزن تقریبی ۱۰-۸ کیلوگرم در ده قفسه مطبق ، تقریباً ۳۵۰-۳۰۰ کیلوگرم در متر مربع است. گذرگاه بین قفسه ها ۰/۶ متر پهنا دارد و برای راهروی اصلی در وسط انبار معمولاً ۱/۸ - ۱/۵ متر پهنا پیش بینی شده است . استفاده از بالابر چرخدار یا از نوع آویز سقفی ، لزوم ایجاد راهرو بین قفسه ها را حذف می نماید . همچنین این نوع بالابرها را می توان در زمان غیر لازم جمع نمود. این سیستم ظرفیت انبار را به مقدار ۴۰-۳۰ درصد افزایش می دهد ، بدون این که هزینه انبارمانی و ساختمانی افزایش یابد. با این وجود این نوع قفسه بندی هزینه زیاد تری دارد.

امروزه قفسه های پالتی (Pallet racks) یا پالت جعبه ای (Container) به طور وسیعی به کار برده می شوند. پالت ها یا پالت جعبه ای را می توان با قرار دادن بر روی چرخ مخصوص پالت در روی ریل های آهنی حرکت داد. این روش نیز به فشردگی فضای انبار کمک می کند. در شکل (۳۳-۱۴) یک انبار مکانیزه نگهداری پنیر نشان داده شده است. در روی هر طبقه چوبی ۵ قالب پنیر قرار داده می شود. طبقه ها به وسیله یک بالابر ویژه - در تصویر دیده نمی شود - با پایین یا بالا رفتن از قفسه ها ، به محل پیش بینی شده هدایت می گردند. در شکل (۳۳-۱۴) یک انبار ذخیره پنیر بر اساس پالت گذاری نشان داده شده است.

**پنیر رساننده شده در لایه نازک (فیلم) که در داخل جعبه مقوایی بسته بندی شده** است بر روی سطح پالت ها به صورت انباشته قرار داده می شود. پالت ها را در این حالت نمی توان بر روی هم انباشت. بنابراین از "قفسه پالت" (Pallet racks) استفاده می گردد . در این روش باید توانایی تحمل بار گذاری در واحد سطح در نظر گرفته شود و نباید وزن بارگیری دور از حد معمول مجاز خصوصاً در بنا های قدیمی باشد .

پالت جعبه ای ظرفیت انبار را به طور قابل توجهی در مقایسه با قفسه های دائمی بالا

می برد .

کیلوگرمی تولید می گردد، بنابراین مرحله آب نمک گذاری آن بسیار متفاوت بوده و ممکن است بیشتر از ۷ روز به طول انجامد.

به دنبال آب نمک گذاری، پنیر بدون پوسته به وسیله لایه نازک پلاستیکی (فیلم) پوشش داده شده و پس از قراردادن در داخل کارتن یا ظروف بزرگ به انبار نگهداری انتقال داده می شوند. چرخش دادن (تغییر وضعیت) پنیر در زمان نگهداری برای دستیابی به شکل بهتر و یکسانی بیشتر در شکل گیری چشمک ها توصیه شده است. طرح های ویژه ای برای بلند کردن و چرخش دادن پالت حاوی جعبه های پنیر نیز در دسترس می باشد.

### خط فرایند برای پنیر چدار

پنیر چدار و انواع مشابه آن به طور وسیعی در دنیا تولید می گردند. پنیر چدار به طور کلی دارای رطوبت بر پایه بدون چربی (Moisture on fat-free basis=MFFB) ۵۵ درصد می باشد بنابراین در دسته بندی پنیرهای سخت قرار می گیرد، گرچه رطوبت آن در حدود نزدیک به نوع نیمه سخت قرار دارد. اصول تولید مکانیزه پنیر چدار در شکل (۳۵-۱۴) نشان داده شده است.

معمولا لخته از شیر با چربی استاندارد و پاستوریزه تهیه می گردد. پس از ۲ تا ۲/۵ ساعت و در اسیدیته تقریبا ۰/۲ درصد اسید لاکتیک، مخلوط لخته و آب پنیر به وسیله پمپ از وت پنیر سازی، به داخل ماشین چداری کننده پیوسته (۲) وارد می گردد. عمل تخلیه مقدماتی آب پنیر به شکل معمول انجام نمی پذیرد.

عمل چداری کردن به طور پیوسته در دستگاه با توجه به تعداد وت ها و محاسبه فواصل تغذیه و تخلیه سیستم حدود ۲۰ دقیقه به طول می انجامد.

پس از مرحله چداری کردن تقریبا ۲/۵ ساعت زمان برای آسیاب کردن و نمک زنی خشک تراشه ها (در اسیدیته تقریبا ۰/۶ درصد اسید لاکتیک) صرف می گردد. تراشه ها متعاقبا برای شکل گیری قالبی به داخل ماشین (۳) مربوطه هدایت می شوند. در این محل باید قالب گیرها برای حفظ پیوستگی فرایند به تعداد کافی در دسترس باشند.

در بیرون هر قالب گیر یک سیستم کیسه کننده قالب های پنیر، قرار دارد که پنیر ها را در درون کیسه قرار می دهد. پنیر های قالبی کیسه شده با نقاله به ماشین دوخت در خلا (۴) برده می شوند. پس از توزین و دوخت (۵) به داخل ماشین کارتن زن (۶) رفته و پس از قرار گرفتن در کارتن به روی پالت (۷) منتقل می شوند. پالت های پر شده با واگن به داخل انبار رسانیدن برده می شود. در این محل پنیر در دمای ۸-۴ درجه سانتیگراد به مدت ۱۲-۴ نگهداری می گردد.

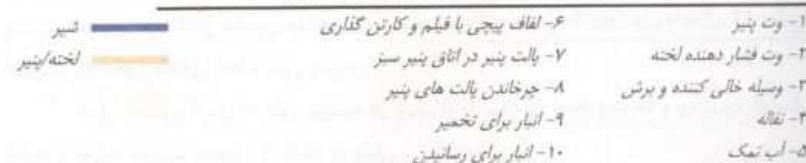
پس از عملیات مقدماتی و افزودن مواد لازم، تولید لخته شروع می گردد. یک نما از مراحل عملیات مقدماتی برای تولید پنیر امتال بدون پوسته در شکل (۳۴-۱۴) نشان داده شده است.

وقتی که لخته در شرایط مطلوب اسیدی شده و قوام لازم را پیدا نمود، همزمان با جدا سازی و تخلیه آب پنیر، لخته به داخل وت فشار دهنده (۲) روانه می گردد. مخلوط لخته و آب پنیر به وسیله پمپ از طریق سه توزیع کننده به داخل وت فشار دهنده وارد می گردد. در ادامه مخلوط لخته و آب پنیر به طور دستی هموار و یک سطح شده (ترکیبی از سیستم توزیع کننده و هموار کننده لخته نیز ساخته شده و در دسترس می باشد)، سپس کلاهی فشار دهنده پایین آورده می شود. تا لخته کاملا فشرده گردد، آب پنیر مازاد این مرحله به طور همزمان از کل لخته تخلیه می گردد.

برنامه ریزی برای سیستم فشار دادن پیوسته به گونه ای است که معمولا در برگزیده ۲۰-۱۰ ساعت زمان بسته به توسعه اسید لاکتیک در لخته می باشد.

پس از مرحله فشردن، لخته پنیر برای شکل گیری درون قالب به قسمت برش هدایت می گردد تا به اندازه مناسب بریده شود. این قسمت مجهز به چاقو های عمودی برای برش طولی و یک گیوتین برای برش عرضی می باشد.

شکل ۳۴-۱۴ نمای مراحل جریان کار در تولید مکانیزه پنیر امتال بدون پوسته



برش لخته به شکل قالبی، سطوح جدید بدون پوسته ای را برای پنیر ایجاد می نماید. گاهی اوقات این سطوح را برای دستیابی به یکسانی نفوذ آب نمک به داخل بافت پنیر، کور (Seal) می نمایند. برای این کار قالب پنیر در میان یک صفحه داغ فلزی که به وسیله تفلون (Teflon) پوشش داده شده به طور ملایم از همه جهات فشرده می گردد.



شیر پس از استاندارد شدن چربی و پاستوریزه شدن با شیوه معمول در مدت ۲ ساعت به شکل مخلوط لخته و آب پنیر در می آید. معمولاً قسمتی یا همه فرایند حرارتی به طور مستقیم بر اساس اضافه نمودن آب داغ (۵۰-۶۰ درجه سانتیگراد) به مقدار ۲۰-۱۰ درصد حجم اولیه شیر انجام می پذیرد. برای انجام بهتر کار، حدود ۲۰-۳۰ درصد آب پنیر را قبل از اضافه نمودن آب تخلیه می نمایند.

پس از تکمیل و تشکیل لخته و تخلیه بیشتر آب پنیر از مخلوط لخته و آب پنیر با نسبت ۱ به ۴-۳/۵، محتویات وت پنیر به داخل یک مخزن بینابینی (۲) مجهز به یک همزن برای (پخش مناسب لخته در آب پنیر) وارد می گردد. این مخزن دو جداره بوده و قادر است با استفاده از گردش آب سرد یا آب یخ در جدار خارجی، محتویات خود را تا دمای ۱-۲ درجه سانتیگراد خنک نماید. این کار در این مرحله از فرایند برای کاهش فعالیت میکروارگانیسم های تلقیح شده (کشت) لازم می باشد.

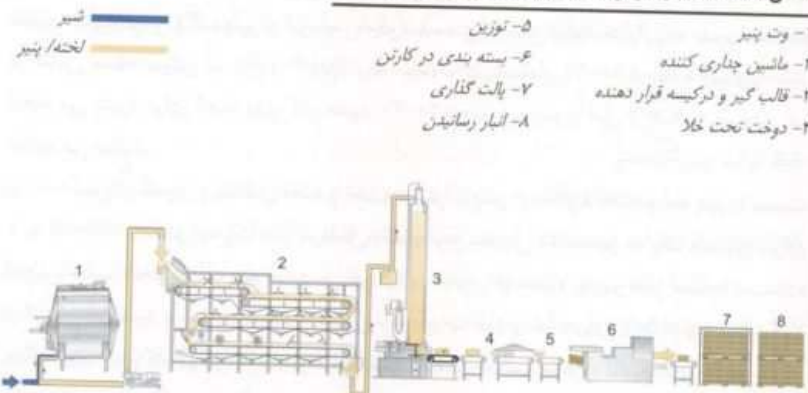
مخلوط آب پنیر و لخته، به وسیله پمپ از مخزن بینابینی به داخل یک یا چند ستون فشردن مقدماتی (۳) وارد می گردد. در بسیاری از مواقع در مرحله فشردن مقدماتی ستون را ابتدا با آب پنیر پر می نمایند، به طور معمول از همان آب پنیر تخلیه شده از وت اول در ابتدای فرایند استفاده می گردد. دلیل انجام این کار جلوگیری از در معرض هوا قرار گرفتن لخته در هنگام ورود به داخل ستون فشردن کننده می باشد.

در عملیات مداوم یک تعداد مناسب از وت های پنیر به صورت زنجیره ای وجود دارند که در فواصل زمانی معین معمولاً ۲۰-۳۰ دقیقه به سیستم تخلیه می گردند.

متعاقب فشردن مقدماتی یک گیوتین در ته ستون، لخته را به شکل قطعه هایی با اندازه از پیش تعیین شده برش می دهد و سپس آنها را به بیرون هدایت می نماید. قطعه ها به وسیله نیروی وزن به داخل قالب های تمیز که ابتدا در ماشین شستشو شسته شده و در زیر ستون قرار داده شده اند، انتقال داده می شوند. یک سیستم مکانیزه از این نوع شامل:

- کلاhek گذار مکانیکی (۴) برای قالب ها،
- انتقال دهنده قالب ها به نقاله یا تونل فشارنده با برنامه از پیش تعیین شده مقدار و زمان فشردن (۵)
- پرکن و تخلیه کننده از نوع فشار دهنده
- انتقال دهنده قالب ها به ایستگاه برداشتن کلاhek ها (۶)، یک وسیله چرخاننده قالب (۷)، یک سیستم خالی کننده قالب ها (۸)، یک توزین کننده (۹) و هدایت قطعات پنیر به سیستم پیشرفته آب نمک گذاری (۱۰).
- قالب ها، کلاhek ها، به طور جدا گانه به دستگاه شستشو دهنده (۱۲) توأم قالب و کلاhek منتقل می شود تا برای استفاده مجدد آماده شوند.

شکل ۳۵-۱۴ نمای جریان کار برای تولید مکانیزه پنیر چدار

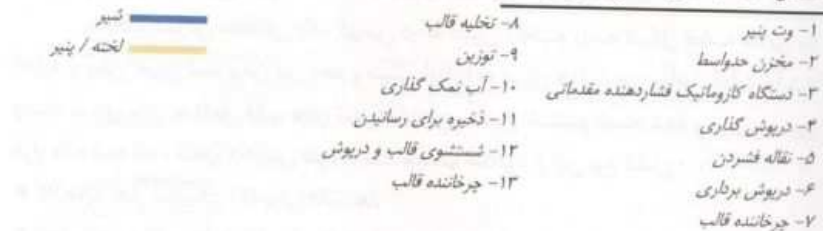


#### پنیر های نیمه سخت

#### خط فرایند پنیر گودا

احتمالاً گودا (Gouda) مشهورترین نوع پنیر دارای چشمک های گرد (حفره) می باشد. فرایند خط تولید گودا در شکل (۳۶-۱۴) نشان داده شده است.

شکل ۳۶-۱۴ نمای خط تولید پنیر گودا





متعاقبا ممکن است همراه با ارسال پنیر به سردخانه (۱۰-۶ درجه سانتیگراد) آن را در درون لفاف فویل آلومینیمی ببندند.

### خط فرایند پنیر موزارلا

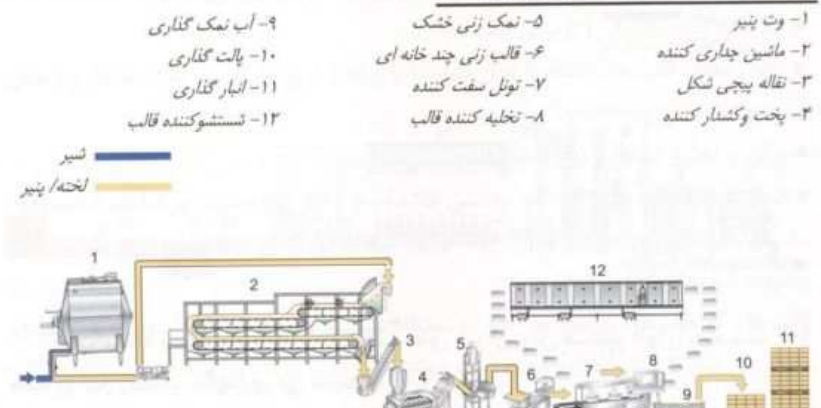
فورماگیو آ پاستافیلاتا (Formaggio a pasta filata) نام ایتالیایی یک نوع پنیر می باشد که آن را در انگلیس پنیر پاستا فیلاتا می نامند. از مشخصه های آن داشتن حالت انعطاف پذیر (Elastic) می باشد. برای مثال از این نوع پنیر ها می توان به موزارلا (Mozzarella) و پروولون (Provolon) اشاره نمود.

پنیر نوع موزارلا در اصل باید با استفاده از شیر گاومیش (Buffalo) تهیه گردد. معمولا از شیر گاومیش های پرورشی در مناطق مرکزی ایتالیا برای این منظور استفاده می نمایند. اما به طور کلی می توان آن را با مخلوطی از شیر گاومیش و شیر گاو و یا از شیر گاو تهیه نمود. در بعضی از کشور ها موزارلا را پنیر پیزا (Pizza) می نامند. تولید موزارلا شامل مراحل زیر می باشد:

- تولید لخته با روش معمول ،
- چداری کردن تراشه های آسیاب شده بدون افزودن نمک ،
- پخت و کشدار کردن محصول تا دستیابی به یک حالت انعطاف پذیر و رشته رشته مانند،
- شکل دادن ، سفت کردن و نمک زنی،
- بسته بندی به طور نمونه در کیسه های پلاستیکی همراه با مقداری آب نمک،
- نگهداری کوتاه مدت قبل از توزیع .

شکل (۳۸-۱۴) اصول یک خط تولید مکانیزه این نوع پنیر را نشان می دهد.

### شکل ۳۸-۱۴ نمودار تولید مکانیزه پنیر موزارلا



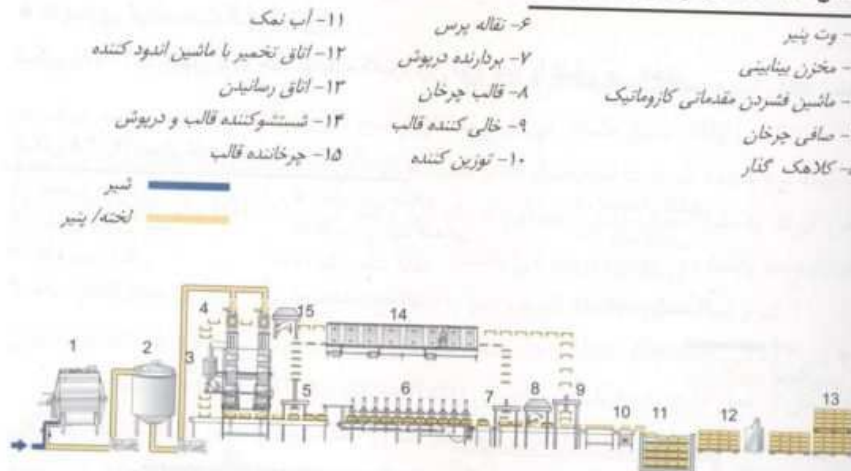
پس از آب نمک گذاری ، پنیر مربوط به خط فرایند ۱۰-۱۲ درجه سانتیگراد نگهداری می گردد و پس از آن متعاقبا برای رسانیدن نهایی به مدت ۱۲-۲ ماه در دمای ۱۵-۱۲ درجه سانتیگراد ذخیره می گردد .

### خط تولید پنیر تلیستر

پنیر تلیستر (Tilster) به عنوان شاخص برای نشان دادن پنیر با بافت دانه ای (Granular) انتخاب شده است . فرایند خط تولید در شکل (۳۷-۱۴) نشان داده شده است . عملیات مقدماتی و تولید لخته همانند پنیر گودا می باشد . اولین اختلاف اساسی در ستون فشردن مقدماتی می باشد. زیرا لخته و آب پنیر درست قبل از ورود به ستون باید از هم جدا شده باشند. این کار در یک صافی چرخان (۴) (Rotating strainer) که در بالای ستون تعبیه شده انجام می پذیرد. از جهات دیگر روش تولید همانند پنیر گودا می باشد .

پس از آب نمک گذاری ، پنیر تلیستر عملیات ویژه ای را به صورت اندود کردن سطح با یک کشت باکتریایی محلول در آب نمک ۵ درصد متحمل می گردد. این عمل برای ایجاد عطر و طعم ویژه در پنیر می باشد. روش اندود کردن به طور دستی یا ماشینی می باشد. در اولین مرحله ، نگهداری در اتاق تخمیر با رطوبت نسبی بالاتر از ۹۵-۹۰ درصد و در دمای تقریبا ۱۶-۱۴ درجه سانتیگراد به مدت ۱۲-۱۰ روز انجام می پذیرد.

### شکل ۳۷-۱۴ نمای تولید پنیر تلیستر



در مرحله بعدی پس از عبور دادن قالب های پنیر از دوش شستشو آنها را به مدت ۲-۳

## پنیر رگه آبی

الگوی پنیرهای رگه آبی، رکفورت (Roquefort) بوده که منشای اصلی آن از کمیته رکفورت در دیپارتمان اویرون (Aveyron) در فرانسه می باشد.

پنیر رکفورت از شیر گوسفند تولید می گردد. اگر هرنوع شیر دیگری در تولید این محصول به کار برده شود آن را نباید پنیر رکفورت نامید، بلکه یک نوع پنیر مشابه می باشد. پنیر رگه آبی نام عمومی (Generic) پنیرهایی است که در داخل آنها قارچ "سبز آبی" کشت داده می شود.

اگر در تولید پنیر مشابه رکفورت از شیر گاو استفاده شود برای ایجاد طعم ویژه باید شیر پنیرسازی تحت هموژن شدن جزئی قرار داده شود. به عبارت دیگر با اختلاط شیر پس چرخ با خامه هموژنیزه حاوی ۲۰ درصد چربی، شیر را استاندارد می نمایند. دلیل انجام این کار حساس کردن چربی موجود در شیر می باشد. زیرا که چربی هایی که تحت عمل هموژن کردن قرار می گیرند در مقابل اثر آنزیم های لیپولیتیک ناشی از تلقیح قارچ پنی سیلینیوم رکفورتی (*Penicillium roqueforti*) بسیار حساس می گردند.

معمولا پس از استاندارد کردن چربی شیر آنرا در دمای تقریباً ۷۰ درجه سانتیگراد پاستوریزه کرده و متعاقباً تا دمای ۳۲-۳۱ درجه سانتیگراد خنک نموده و به داخل وت پنیر وارد می نمایند. پس از اضافه نمودن یک کشت استارتر معمولی و یک سوسپانسیون از اسپور قارچ پنی سیلینیوم رکفورتی، شیر را کاملاً و با ملایمت هم می زنند تا از پخش یکسان میکرواورگانیزم ها در داخل شیر اطمینان حاصل گردد.

اصول تولید پنیر آبی در نمودار ستونی، شکل (۳۹-۱۴) نشان داده شده که گویای مراحل انجام کار در تولید این نوع پنیر می باشد.

تقریباً ۵ روز پس از تولید و نگهداری در اتاق رسانیدن پنیر، آنرا با وسایل خاصی سوراخ می نمایند هدف از انجام این کار تسهیل به دسترسی اکسیژن لازم برای رشد قارچ در پنیر می باشد. سوراخ کردن به وسیله یک ابزار با سوزن هایی به قطر ۲ میلیمتر و با طولی مساوی با درازای قالب پنیر انجام می پذیرد. تعداد سوزن ها بسته به قطر استوانه پنیر بوده و اغلب سوراخ کردن از قاعده بالا به پایین و پایین به بالا به طور متناوب برای اجتناب از خطر ترک خوردگی انجام می گیرد. یک ماشین سوراخ کننده در شکل (۴۰-۱۴) نشان داده شده است.

لخته و آب پنیر به وسیله پمپ به یک ماشین مکانیکی چداری کننده (۲) انتقال داده می شود. نوع کار در اینجا تا اندازه ای شبیه عملیات تولید پنیر چدار می باشد، لخته پس از درهم تانیده شدن و آسیاب شدن به شکل تراشه ها در می آید. این عملیات تقریباً ۲/۵ - ۲ ساعت زمان را در بر می گیرد.

پس از چداری کردن، تراشه ها بوسیله یک نقاله پیچی شکل (۳) به داخل محفظه دریافت کننده برای طی مراحل پخت و کشدار شدن (۴) روانه می گردند. لخته پس از کشدار شدن و پیدا کردن حالت انعطاف پذیر به طور پیوسته وارد ماشین رشته ساز (۶) شده و به صورت رشته ای شکل (شبیه به ماکارونی) در می آید. در این مسیر ممکن است نمک زنی به صورت خشک (۵) انجام شده تا زمان نگهداری پنیر را در آب نمک تقریباً ۸ ساعت به ۲ ساعت تقلیل دهند.

لخته پس از قالب گیری به داخل تونل سفت کننده هدایت می گردد. در اینجا به وسیله پاشیدن آب خنک روی قالب ها دمای پنیر از ۷۰-۶۵ درجه سانتیگراد به ۵۰-۴۰ درجه سانتیگراد کاهش داده می شود. در انتهای تونل، پنیر به وسیله دستگاه تخلیه کننده قالب (۸) از داخل قالب ها خارج شده و با ملایمت به طور پیوسته در داخل حمام آب نمک خنک (۱۰-۸ درجه سانتیگراد) قرار می گیرد. قالب های خالی (۱۱) به ماشین شستشو (۱۲) هدایت می شود و پس از شستشو دوباره به ماشین پرکن برگشت داده می شوند.

پنیر پس از بسته بندی در کارتن، پالت گذاری شده و با لیفتراک به انبار منتقل گردد.

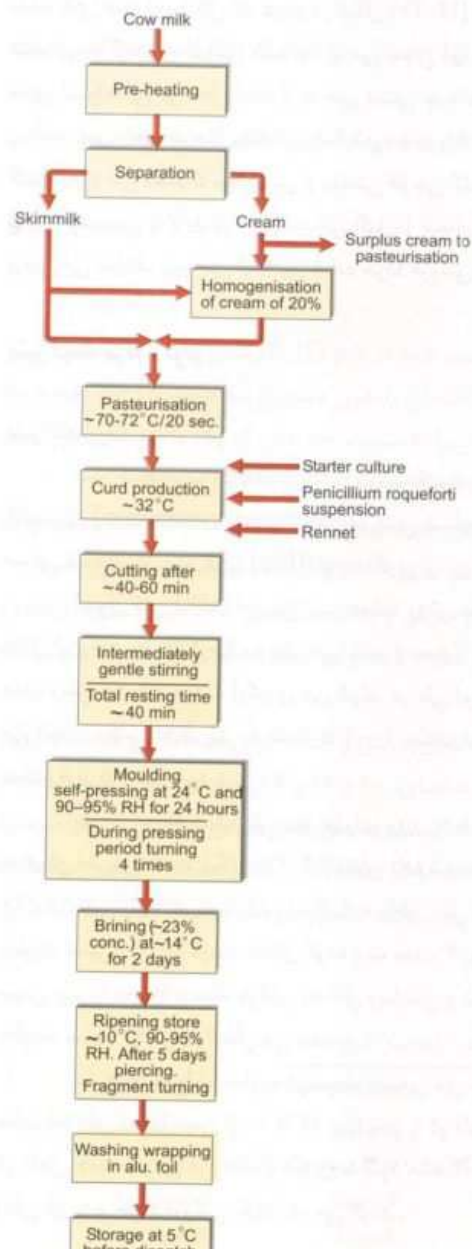
## پنیر های نیمه سخت، نیمه نرم، نرم

گاهی اوقات بسیار مشکل می توان به طور واضح پنیری را در دسته بندی نیمه سخت، یا نیمه نرم و نیمه نرم یا نرم قرار داد و همیشه انواعی در حد واسطه دسته بندی ها قرار می گیرند. به طور نمونه تیلستر، پنیر آبی یا رگه آبی و پنیر بری (Brie) (یکی از انواع پنیر نرم) نماینده حد واسطه بین دو دسته پنیر می باشند.

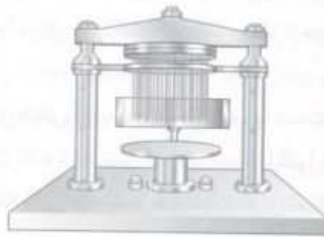
شرح زیر به طور خلاصه تعریف پنیر را با ارجاع به روش تولید بیان می دارد:

- پنیر رگه آبی (Blue cheese) حد واسطه پنیر های نیمه سخت و نیمه نرم یا ساختمان داخلی متشکل از عمل قارچ پنی سیلیوم روکفورتی (*Penicillium roqueforti*) می باشد.
- پنیر کاممبرت (Camembert) حد واسطه پنیر های نیمه نرم و نرم یا ساختمان خارجی متشکل از قارچ های پنی سیلیوم کاممبرتی (*Penicillium camemberti*) و پنی سیلیوم کاندیدم (*Penicillium candidum*) می باشد.

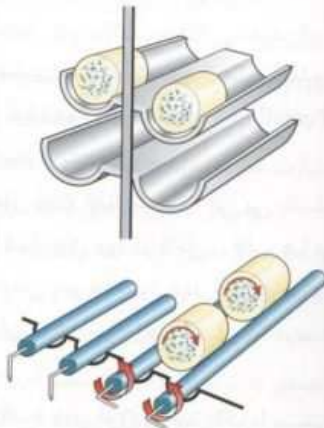
شکل ۳۹-۱۴ اصول تولید پنیر رگه آبی



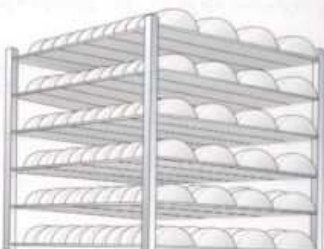
شکل ۴۰-۱۴ ماشین سوراخ کن برای سوراخ کردن پنیر رگه آبی



شکل ۴۱-۱۴ قفسه قنجانی شکل و میله های چرخان جهت نگهداری پنیر آبی



شکل ۴۲-۱۴ قفسه برای پنیر کیک سفید



در مرحله رسانیدن، پنیر به مدت ۸-۵ هفته در دمای ۱۲-۹ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی کمتر از ۹۰ درصد نگهداری می شود. پنیر را معمولاً در داخل طبقه های قنجانی شکل یا طبقه های میله ای شکل که هردو در شکل (۴۱-۱۴) نشان داده شده قرار می دهند. طبقه های میله ای به گونه ای طراحی شده اند که می توان آنها را برای سهولت چرخاندن پنیر در محور استوانه ای در محل استقرار به طور دستی چرخاند.

پس از طی مرحله مقدماتی رسانیدن، پنیر را از زیر دوش آب شستشو در ماشین شستشو کننده عبور می دهند تا سطح پنیر از پوشش قارچی کشت داده شده تمیز گردد. متعاقباً آنرا در فویل آلومینیومی یا لایه نازک پلاستیکی (قبل از انتقال به سردخانه ۵ درجه سانتیگراد) لفاف پیچی می نمایند. پنیر پس از ۲ روز آماده خرده فروشی می باشد.

### پنیر نیمه نرم، نرم

#### پنیر کاممبرت

پنیر کاممبرت (Camembert) با مشخصه پوششی با کپک سفید از پنی سیلیوم کاممبرتی (*Penicillium camemberti*) و پنی سیلیوم کاندیدوم (*Penicillium candidum*) معرفی شده است. پنیر بری (Brie) نوع دیگری از این دسته از پنیر می باشد. اصول کلی ساخت این نوع پنیر همانند روش معمول برای تولید پنیر رگه آبی می باشد. شکل این نوع پنیرها کوچک و پهن می باشد و معمولاً با فشار وزن خود در داخل قالب ها در مدت زمان ۲۰-۱۵ ساعت آبیگری می شوند. در طی این زمان پنیر ها حدود چهار بار چرخانده می شوند. سپس لخته پنیر به مدت ۱/۵ - ۱ ساعت در آب نمک اشباع (تقریباً با ۲۵ درصد نمک) قرار داده می شود.

پس از مرحله نمک زنی پنیر ها را بر روی ردیف قفسه های فولادی ضد زنگ با سینی به همان طریقی که در شکل (۴۲-۱۴) نشان داده شده قرار می دهند. مجموعه قفسه های ۲۰-۱۵ تایی را به وسیله بارکش (تراک) به داخل اتاق نگهداری در دمای ۱۸ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۸۰-۷۵ درصد منتقل کرده و به مدت ۲ روز در این شرایط نگهداری می نمایند. سپس پنیر را مجدداً بوسیله بارکش به اتاق رسانیدن و ذخیره در دمای ۱۳-۱۲ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۹۰ درصد انتقال می دهند.

پنیر ها را به طور متناوب در مرحله رسیدن می چرخانند. پس از توسعه مناسب کپک سفید (به طور معمول پس از ۱۰ تا ۱۲ روز) پنیر را در داخل ورقه آلومینیومی بسته بندی نموده و در داخل جعبه مقوایی قرار داده و سپس به سردخانه ۴-۲ درجه منتقل می نمایند و در آنجا تا زمان توزیع و خرده فروشی نگهداری می گردد.



سانتیگراد) با دمای ۴ درجه سانتیگراد ، همراه با مقدار کمی نمک به عنوان چاشنی به لخته اضافه شده و کاملاً مالش داده می شود. پنیر کاتیج معمولی حاوی تقریباً ۷۹ درصد رطوبت ، ۱۶ درصد مواد جامد بدون چربی (MSNF) ۴ درصد چربی و ۱ درصد نمک می باشد. در انتها پنیر کاتیج را در داخل ظرف بسته بندی کرده و در دمای ۴-۵ درجه سانتیگراد تا زمان توزیع برای فروش نگهداری می نمایند .

نمای خط تولید پنیر کاتیج در شکل (۴۳-۱۴) نشان داده شده است .

شکل ۴۳-۱۴ نمودار تولید مکانیزه پنیر کاتیج



مرحله انعقاد و زمان نگهداری تا برش در درون وت (۱) مخصوص انجام می گیرد. سیستم به گونه ای طراحی شده تا شیر را در زمان طولانی انعقاد لخته (۲۰-۱۶ ساعت) یا حتی به طور نسبی کوتاه (۵ ساعت) در مقابل عفونت های منتشره از طریق هوا محافظت نماید. مخلوط لخته و آب پنیر پس از برش از طریق یک صافی ساکن آب پنیر (۲) به مخزن خنک کننده و شستشو دهنده (۳) پمپ می گردد.

همزمان با ورود آب پنیر به مخزن جمع آوری ، لخته وارد مخزن شستشو و خنک کننده با سطح معینی از آب تازه می گردد. آب تازه قبل از ورود لخته به داخل مخزن از طریق ورودی واقع در ته به داخل پمپ می گردد. در داخل مخزن در سطح معینی یک خروجی برای مایعات مازاد وجود دارد در مقابل این خروجی قسمت متخلخلی قرار گرفته تا از خروج لخته جلوگیری به

### پنیر کاتیج

پنیر کاتیج (Cottage) یک لخته تازه خامه ای می باشد که دارای اسیدیته کمی بوده در زمان تولید کاملاً شسته می شود .

تولید پنیر کاتیج با ویژگی های خاص به صورت انتخاب یکی از سه روش زیر ممکن می باشد .

- روش انعقاد لخته در مدت زمان طولانی،
- روش انعقاد لخته در مدت زمان متوسط ،
- روش انعقاد لخته در مدت زمان کوتاه.

تفاوت های بین این روش ها به طور مختصر شده در تابلو (۴۳-۱۴) نشان داده شده است. قطع نظر از روش ، پس از برش لخته آن را بدون همزدن به مدت ۱۵-۳۵ دقیقه به حال خود می گذارند. هنگام برش لخته آن را به صورت حبه های کوچک یا متوسط یا بزرگ در می آورند . ظرافت و یکسانی در اندازه ها حبه ها موضوع مهمی به شمار می رود .

پس از استراحت دادن به لخته برش خورده و همزدن ، معمولاً عملیات پخت به صورت حرارت غیر مستقیم به مدت ۳-۱ ساعت در دمای ۴۷ تا ۵۶ درجه سانتیگراد انجام می پذیرد .

پس از تکمیل مراحل لخته سازی ، برش و پخت ، در ضمن تولید پنیر کاتیج (در داخل وت ) حجم معینی از آب پنیر را تخلیه می نمایند تا جا برای اضافه نمودن آب شستشو و خنک کننده باز شود.

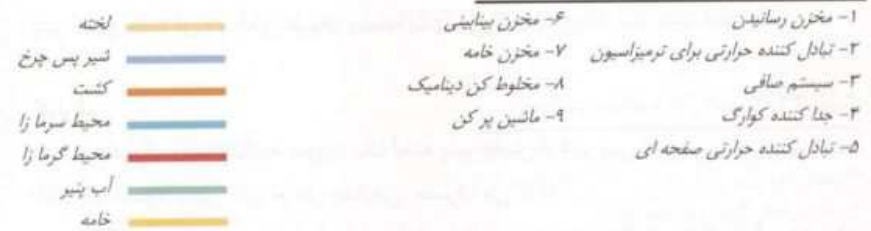
وقتی که از همان وت تولید لخته برای شستن و خنک کردن استفاده می گردد ، به طور معمول به ترتیب با سه قسمت آب در دماهای ۳۰ و ۱۶ و ۴ درجه سانتیگراد شستشو انجام می پذیرد و آب هر مرحله تخلیه می گردد. شستشو به طور کامل لاکتوز و اسید لاکتیک موجود را رقیق می نماید تولید اسید و انقباض لخته در اثر خنک کردن تا تقریباً ۴-۵ درجه سانتیگراد متوقف می گردد. کل زمان شستشو ، همراه با تخلیه به طور متوسط تقریباً ۳ ساعت به طول می انجامد .

تابلو ۴۳-۱۴ داده های فرایند در روش های مختلف تولید پنیر کاتیج

| مرحله فرایند        | روش طولانی        | روش متوسط           | روش کوتاه         |
|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| زمان قبل از برش     | ۱۶-۱۴ ساعت        | ۸ ساعت              | ۵ ساعت            |
| دمای نگهداری شیر    | ۲۲ درجه سانتیگراد | ۲۶/۵ درجه سانتیگراد | ۳۲ درجه سانتیگراد |
| اضافه نمودن استارتر | ۰/۵ درصد          | ۳ درصد              | ۵ درصد            |
|                     | ۲ ppm             | ۲ ppm               | ۲ ppm             |

در دمای مسطحه وسیع در محیط بدنه دسحاه از ان خارج سده و به داخل یک سیجلون تعبیه شده در جلوی سپراتور وارد می گردد. از این محل آن را به وسیله یک پمپ جابه جا کننده مثبت به یک خنک کننده صفحه ای (۵) هدایت می نمایند و متعاقبا به مخزن بینابینی (۶) وارد می گردد. آب پنیر از خروجی سپراتور تخلیه می شود.

شکل ۴۴-۱۴ نمودار تولید مکانیزه کوارگ



دما در مرحله خنک کردن نهایی وابسته به مقدار مواد جامد و در واقع محتوای پروتئین می باشد. با ماده خشک ۱۹-۱۶ درصد رساندن به دمای ۱۰-۸ درجه سانتیگراد لازم است. وقتی که ماده خشک ۲۰-۱۹ درصد باشد، کوارگ را تا ۱۲-۱۰ درجه سانتیگراد خنک می نمایند. ممکن است از خنک کننده های لوله ای (Tubular coolers) برای این کار استفاده گردد. اما استفاده از آنها برای مقادیر کم محصول به واسطه عدم استفاده از ظرفیت کامل دستگاه غیر اقتصادی می باشد.

محصول نهایی خنک شده در یک مخزن بینابینی جمع آوری شده و سپس برای سیستم بسته بندی ارسال می گردد.

اگر قرار باشد به کوارگ خامه اضافه گردد، محصول را به مسیر یک مخلوط کننده دینامیکی (۸) هدایت کرده و همزمان یک حجم مناسب از خامه شیرین یا کشت داده شده را به جریان ورودی دستگاه ارتباط می دهند، متعاقبا محصول پس از این مرحله به ماشین بسته بندی (۹) فرستاده می شود.

گاهی اوقات در این مرحله برای افزودن به مدت ماندگاری محصول یک فرایند حرارتی را برای غیر فعال کردن میکروارگانیسم اعمال می نمایند.

عمل آورد. چند دقیقه پس از تنظیم سطح مایع در مخزن ریزش آب به داخل متوقف شده و آب به وسیله گردش از میان یک تبادل کننده حرارتی صفحه ای (۴)، به تدریج به دمای پایین تر از ۴-۳ درجه سانتیگراد رسانیده می شود. خنک کردن و شستشو دادن محصول بدون احتساب زمان پر و خالی کردن مخزن حدود ۶۰-۳۰ دقیقه زمان را در بر می گیرد.

پس از شستشو و خنک کردن، لخته به وسیله پمپ از طریق یک تخلیه کننده (۵) به یک خامه زن (۶) طراحی شده برای اختلاط لخته و خامه پوششی هدایت می گردد. سرانجام پنیر کاتیج خامه ای در داخل ظروف، بسته بندی می گردد.

### کوارگ

کوارگ (Quarg) به صورت یک لخته پنیر حاصل از شیر پس چرخ ترش معرفی شده است که معمولا بدون طی مراحل رسانیدن مصرف می گردد.

کوارگ را اغلب مخلوط با خامه و گاهی اوقات با میوه و چاشنی های دیگر مصرف می نمایند. استاندارد این محصول در کشور های مختلف متفاوت بوده و ماده خشک بدون چربی آن ممکن است بین ۱۴ تا ۲۴ درصد تغییر نماید.

سپراتور کوارگ در ابتدا بدین شکل معرفی شده بود که شیر قبل از تخمیر و جدا سازی، در دمای تقریبا ۷۳ درجه سانتیگراد پاستوریزه می شود، این روش را روش سنتی می نامند.

امروزه بیشتر دمای بالا و زمان طولانی برای پاستوریزاسیون شیر پس چرخ، یعنی دمای ۹۵-۸۵ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵-۵ دقیقه و عملیات حرارتی مجدد شیر اسیدی شده قبل از جدا سازی به کار گرفته می شود. روش اخیر را ترمیزاسیون (Thermisation) می نامند و دمای ۵۶ و ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت حداکثر ۳ دقیقه در آن به کار برده می شود. این کار به همراه دمای بالای پاستوریزاسیون شیر پس چرخ، راندمان را بالا می برد. خط تولید کوارگ در شکل (۴۴-۱۴) نشان داده شده است.

پس از پاستوریزاسیون و خنک کردن شیر تا دمای ۲۸-۲۵ درجه سانتیگراد، شیر به داخل یک مخزن (۱) ارسال می گردد. یک کشت باکتریایی، نوعا حاوی باکتری های استرپتوکوکوس لاکتیس و یا کرموریس به همراه مقدار کمی مایه پنیر، به آن اضافه می گردد. مقدار مصرف مایه پنیر معمولا یک دهم مصرفی در پنیر سازی معمولی یا تقریبا ۲ میلی لیتر مایه پنیر (مایع) برای ۱۰۰ کیلوگرم شیر می باشد. این کار برای دستیابی به یک لخته قوام دار کمک می نماید.

لخته پس از تقریبا ۱۶ ساعت در (۴/۷ - ۴/۵ pH) شکل می گیرد. سپس لخته به آرامی همزده شده و تولید کوارگ با ترمیزاسیون (۲) و خنک کردن تا ۳۷ درجه سانتیگراد شروع



۱- پمپ تزریق کننده مقدار معین برای:

a- ماده تغلیظ شده

b- استارتر

c- مخلوط مایه پنیر

۲- مخلوط کننده ساکن

۳- دریچه ها

۳- لخته ساز

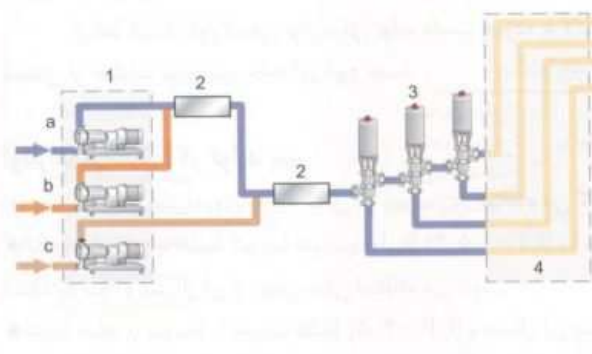
۵- واحد برش لخته

لخته

تغلیظ شده

کشت

انزیم



با استفاده از پمپ ها مقدار انزیم و استارتر لازم به شیر تغلیظ شده اضافه می گردد و قبل از ورود به داخل لوله ۱ کاملاً مخلوط می گردند. وقتی که در لوله ۱ لخته در حال شکل گیری می باشد، به ترتیب و به صورت متوالی لوله های ۲ و ۳ و ۴ به همان ترتیب پر می شوند. زمان انعقاد بگونه ای تنظیم می گردد که وقتی لوله شماره ۱ در حال تخلیه لخته آماده شده می باشد لوله شماره چهار در حال پر شدن است و لوله های شماره ۲ و ۳ هر کدام در حال گذران مراحل از انعقاد می باشند. زمان انعقاد در لوله ها به وسیله سرعت پمپ تزریق کننده مقدار دقیق، کنترل می گردد.

لوله های لخته ساز در انتها به واحد برش منتهی می گردند. در این واحد ها محل هایی با چاقو های برش دهنده ساکن و متحرک تعبیه شده است، شکل (۴۶-۱۴). لخته به شکل استوانه ای سوسیس مانند (Sausage) از میان چاقو های ساکن عبور داده می شود و به شکل نوار باریکه ای از پنیر در می آید. در ادامه این نوار های لخته، به وسیله چاقوی چرخنده کار گذاشته شده در جلوی چاقو های ساکن، به شکل مکعب بریده می شوند. متعاقباً این جبهه ها برای ساختن انواع پنیر، تحت عملیات مختلف قرار می گیرند.

### پنیر سازی با روش اولترافیلتراسیون و ماشین لخته ساز

پنیرهای دارای چشمک و دانه ای با بافت فشرده را می توان بوسیله به کارگیری اولترافیلتراسیون و ماشین لخته ساز شرح داده شده، تولید نمود. ملزومات پایین دست پس از

مواد پایدار کننده (Stabiliser) در مخزن بینابینی به کوارگ افزوده شده و به وسیله همزن کاملاً در آن پخش می گردد. آنها برای پایداری سیستم پروتئینی قبل از حرارت نهایی لازم می باشند، این کار ممکن است در یک تبادل کننده حرارتی صفحه ای، لوله ای یا تراشده سطح، انجام پذیرد.

از خط فرایند کوارگ می توان برای تولید ماست همزده یا لاینه (Labneh) و برای انجام قسمتی از عملیات تولید پنیر خامه ای سود جست.

### اولترافیلتراسیون در تولید پنیر

از اولترا فیلتراسیون به سه شکل در پنیر سازی استفاده می گردد.

- تغلیظ مقدماتی یا تغلیظ کم یا ضریب تغلیظ  $(CF = 2-1/5)$  تا نسبت پروتئین به چربی استاندارد شود و پس از آن از روش سنتی استفاده می شود.
- تغلیظ میانه یا متوسط یا ضریب تغلیظ  $(CF = 3-5)$  و بدنبال آن پنیر سازی در یک فرایند اصلاح شده انجام می پذیرد لوازم و تجهیزات به طور کامل با روش سنتی تفاوت دارد.
- تغلیظ تا رساندن ماده خشک به حد لازم در پنیر، شیر در این حالت ابتدا به وسیله سیستم اولترا فیلتراسیون تا ضریب تغلیظ ۸-۶ غلیظ شده، در این حالت محتوای ماده خشک تقریباً به ۳۵ درصد می رسد. ممکن است فرایند به وسیله سیستم خلاء تا دستیابی به مقدار ماده خشک مورد نظر در پنیر، تکمیل گردد.

به طور کلی دو روش اول و دوم برای ساخت چندین نوع پنیر به کار برده می شود و روش سوم برای ساخت نوع جدیدی از پنیر استفاده می گردد.

با ضریب تغلیظ  $(CF=3-5)$  استحکام لخته افزایش می یابد، بنابراین ضرورت تقویت ابزار برش یا به کار گیری طرح های ویژه برای برش و همزدن لخته وجود دارد. ابزار برش معمولی قادر به برش لخته با پروتئین تقریباً ۷ درصد با فاکتور تغلیظی حدوداً ۲ می باشند. نوع جدیدی از ماشین های لخته ساز ساخته شده اند که می توانند با فاکتور تغلیظی ۳-۵ کار نمایند یکی از آنها در شکل (۴۵-۱۴) نشان داده شده است.

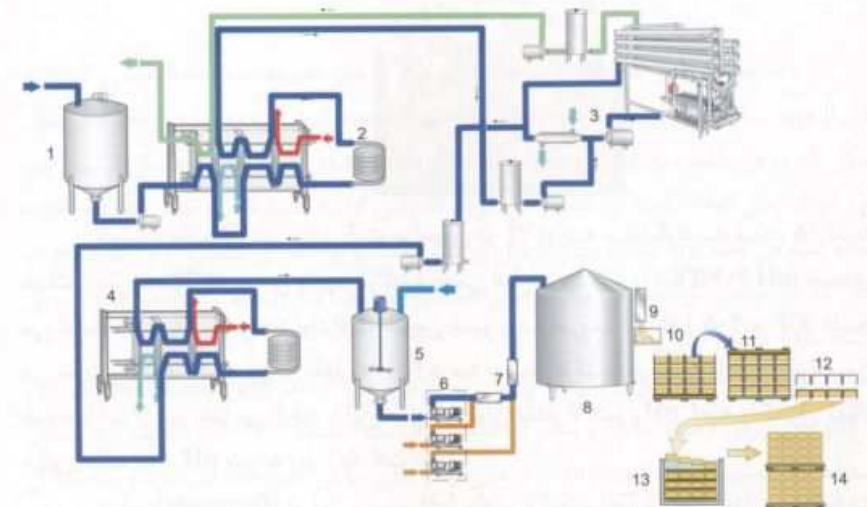
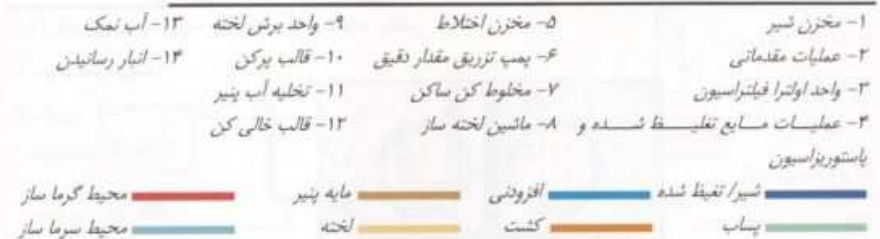
ماشین لخته ساز شامل پمپ تزریق کننده مقدار دقیق (Dosing pumps) (۱)، واحد دریچه ای (۳)، مخلوط کن ساکن (۲)، یک محل برای لوله های لخته ساز (۴) و یک واحد برش دهنده (۵) می باشد.

پمپ های تزریق کننده مقدار دقیق، شیر غلیظ شده را با مایه پنیر و استارتر مخلوط کرده و آن را در لوله های لخته ساز توزیع می نماید. یک ماشین استاندارد از این نوع دارای چهار لوله لخته ساز ماریچ می باشد که بوسیله یک لایه عایق و یک دیواره از جنس فولاد ضد زنگ محافظت می گردند. لایه عایق به حفظ دما برای انزیم زنی کمک می نماید.



مکانیکی به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه قبل از ورود به داخل قالب تحت فشردن قرار می دهند .

شکل ۴۷-۱۴ نمودار تولید پنیر تلیستر با روش اولترافیلتراسیون و ماشین لخته ساز

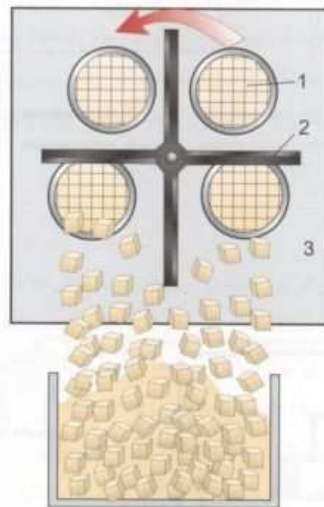


معمولا پنیر را در آب نمک قرار داده تا محتوای نمک آن به ۱/۸-۱/۶ درصد برسد برای این کار لازم است هر ۴ کیلوگرم پنیر را در آب نمک ۲۰-۲۳ درصد با دمای ۱۲-۱۰ درجه سانتیگراد به مدت تقریباً ۳۰ ساعت غوطه ور نمایند.

ماشین لخته ساز برای تولید هر نوع پنیر اختصاصی می باشند . در شکل (۴۷-۱۴) خط تولید پنیر تلیستر در سیستم اولترافیلتراسیون نشان داده شده است .

شکل ۴۶-۱۴ واحد برش در روی ماشین برش دهنده لخته

- ۱- انتهای لوله ها منتهی به جاقو های ساکن عمودی و افقی  
۲- جاقو های چرخنده  
۳- قاب



عملیات مقدماتی شیر مانند پاستوریزاسیون در ۷۲ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ ثانیه همانند روش معمول انجام می پذیرد. در تولید بعضی انواع پنیر ، شیر را تا (۳/۶-۶ pH) اسیدی می نمایند . سپس در واحد اولترافیلتراسیون شیر را تا ضریب تغلیظ (CF = ۳-۵) غلیظ می نمایند تا ماده خشک آن به مقدار ۲۵-۴۰ درصد برسد. لاکتوز در زمان اولترا فیلتراسیون همراه با آب از شیر جدا می گردد. با این عمل می توان مقدار لاکتوز و pH لخته را کنترل نمود. در این حالت نباید pH پنیر به زیر ۵/۱ افت نماید .

پساب (Permeate) در این سیستم فقط حاوی لاکتوز ، مقداری مواد معدنی و ترکیبات غیر پروتئینی می باشد.

مایع (شیر) تغلیظ شده (Retentate) یا بخش ماندگار تا دمای ۳۸-۲۰ درجه سانتیگراد بسته به نوع تولید پنیر خنک می گردد . سپس مایع تغلیظ شده را از میان ماشین لخته ساز (۸) عبور می دهند . محصول خروجی از ماشین لخته ساز ، به صورت قطعه های پنیر مکعبی شکل (۹)، به داخل یک سیستم قالب گیری (۱۰) تخلیه می گردد . آبیگری از لخته تحت اثر نیروی وزن خودش انجام می پذیرد. در این حالت قالب های حاوی لخته را چندین بار می چرخانند

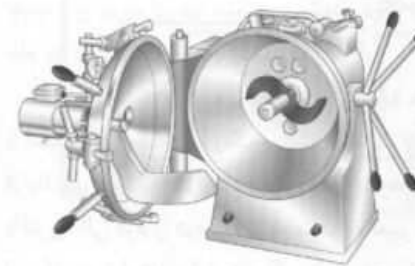
فرایند تولید با خرد کردن و شستن پنیر پس از آسیاب کردن آن شروع می گردد . در کارخانه های بزرگ خرده پنیر ها را جمع آوری و به طور پیوسته ذوب می نمایند . در واحد های کوچک خرده پنیر به داخل دیگ های پخت (Cookers) انتقال داده می شوند . انواع متفاوتی از دیگ های پخت وجود دارد که یک نوع آن در شکل های ( ۴۸-۱۴ ) و ( ۴۹-۱۴ ) نشان داده شده است .

ابتدا در داخل دیگ آب ، نمک ، امولسیفایر و پایدار کننده را با خرده پنیر مخلوط می نمایند. مخلوط را تا دمای ۷۰-۹۵ درجه سانتیگراد یا حتی بیشتر (بسته به نوع پنیر پرورده) ، در داخل دیگ به طور غیر مستقیم (داغ شدن جداره های دیگ) و یا به طور مستقیم (تزریق بخار به داخل دیگ) حرارت می دهند. زمان پخت برای پنیر قالبی ۵-۴ دقیقه و برای پنیر گسترده (مالیدنی) ۱۵-۱۰ دقیقه می باشد. هم زدن مداوم مخلوط در هنگام حرارت دادن محصول را از سوختن حفظ می نماید. معمولاً فرایند را تحت خلاء برقرار می نمایند که از دیدگاه امولسیون سازی و پخش یکسان حرارت مفید، می باشد و همچنین خلاء به حذف بوهای نامطبوع و تنظیم رطوبت کمک می نماید. ظرفیت دیگ های پخت از این نوع تقریباً ۷۵ کیلوگرم می باشد.

شکل ۴۸-۱۴ دیگ پخت ، پنیر پرورده



شکل ۴۹-۱۴ دیگ پخت باز و یک ور شده برای تخلیه .



مقدار pH پنیر پرورده باید برای نوع گسترده ۵/۹-۵/۶ و برای نوع قالبی یا برش دادنی (Slice) ۵/۶-۵/۴ تنظیم گردد . اختلاف در pH مواد خام مصرفی را به وسیله اختلاط پنیرهای با pH های مختلف و افزودن امولسیفایر و پایدار کننده تنظیم می نمایند . امولسیفایر و

پس از نمک زنی پنیر را به محل نگهداری با دمای ۱۶ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۹۰ درصد انتقال می دهند. عملیات اضافی بر روی سطح پنیر و فراوری بیشتر در همین درجه حرارت مانند آنچه که قبلاً برای تولید پنیر تلیستر شرح داده شده انجام می پذیرد .

### روش های جدید

تغلیظ شیر پنیر سازی در یک واحد اولترافیلتراسیون یا ضریب تغلیظی ۸-۶ انجام می گیرد متعاقباً تغلیظ بیشتر با استفاده از سیستم خلاء برای مایع تغلیظ شده (Retentate) به وقوع می پیوندد. در این حالت ماده خشک حاصل مشابه ماده خشک پنیر می شود. این عمل مجال جدیدی را برای تولید معقولانه تر و اقتصادی تر فراهم می آورد و قویاً به هدر رفتن چربی و پروتئین را در آب پنیر محدود می نماید .

### پنیر پرورده (پروسس)

پنیر پرورده به وسیله اعمال فرایند اضافی بر روی پنیر کامل ساخته می شود ، برای این کار معمولاً از انواع پنیر سخت تولید شده با روش آنزیمی و باعطرو طعم مختلف و درجات متفاوت رسیدن استفاده می نمایند. دو نوع از این پنیر ها وجود دارند .

- پنیر با قوام سفت ، اسیدیته بالا و با رطوبت نسبتاً پایین .
- پنیر گسترده (Spread) با قوام نرم ، اسیدیته پایین و رطوبت بالا .

انواع متفاوتی از طعم دهنده را- برای مثال طعم دود (Smok) - می توان به این نوع پنیر افزود. معمولاً پنیر پرورده حاوی ۳۰ تا ۴۰ درصد چربی در ماده خشک کل می باشد. انواع کم چرب و پر چرب آن نیز ساخته می شود . دیگر ترکیبات پنیر وابسته به محتوای رطوبت و مواد خام به کار رفته در آن می باشند .

پنیر قابل استفاده برای این فرایند باید همان کیفیت پنیر خوراکی را دارا باشد. پنیرهایی با آسیب های سطحی ، رنگ ، بافت ، اندازه و شکل و ماندگاری محدود را می توان برای این فرایند مورد استفاده قرار داد ، برای مثال پنیرهای تخمیر شده ناجور مانند تخمیر به وسیله باکتری کلی فرم را در صورتی که منجر به تغییر طعم در محصول نشده باشند را می توان برای این کار مورد استفاده قرار داد. اگر برای ساخت این نوع پنیر از پنیر های تخمیر شده به وسیله اسید بوتیریک استفاده شود ، باعث بروز مشکل و تخمیر ناجور در پنیر پرورده می گردند.

کیفیت بالای پنیر پرورده را فقط می توان به وسیله استفاده از مواد اولیه با کیفیت بالا تضمین نمود .

## فصل پانزده

### فراوری آب پنیر

آب پنیر یا به عبارتی مایع باقی مانده از تولید پنیر و یا تولید کازئین، یکی از بزرگترین منابع پروتئین غذایی بوده که هنوز به طور وسیعی خارج از چرخه مصرف انسانی قرار دارد. مقدار تولید آب پنیر دنیا در سال ۱۹۹۰ تقریباً ۱۲۰ میلیون تن بوده این مقدار حاوی ۰/۷ میلیون تن پروتئین با ارزش نسبی بالا است، که برابر پروتئین موجود در تقریباً ۲ میلیون تن سویا می باشد. در حالیکه هنوز بسیاری از مردم جهان از کمبود مزمن پروتئین رنج می برند. از کل این مقدار پروتئین سهم قابل توجهی به صورت دور ریز فاضلابی به هدر می رود. سهم دور ریز فاضلابی آب پنیر در سال ۱۹۹۰-۱۹۸۹ میلادی ۵۰ درصد بوده است.

آب پنیر (Whey) حدود ۹۰-۸۰ درصد از کل حجم شیر ورودی به فرایند پنیر سازی را تشکیل می دهد و حاوی تقریباً ۵۰ درصد از مواد مغذی اصلی شیر مانند: پروتئین های محلول، لاکتوز، ویتامین ها و مواد معدنی می باشد. آب پنیر یک محصول جانبی ناشی از ساخت پنیرهای سخت، نیمه سخت و یا نرم با رسوب آنزیمی می باشد که به صورت آب پنیر شیرین با pH برابر ۵/۹-۶/۶ شناخته شده است. رسوب دادن کازئین شیر با اسیدهای معدنی تولید آب پنیر اسیدی با pH برابر ۴/۳-۴/۶ می نماید. در تابلو (۱-۱۵) ترکیبات تقریبی آب پنیر ناشی از تولید پنیر و آب پنیر تولید شده در جریان تولید کازئین نشان داده شده است.

آب پنیر در اغلب موارد با آب رقیق می گردد. در جدول فوق داده ها براساس آب پنیر رقیق نشده گزارش داده شده اند. در ترکیب بخش ازت غیر پروتئینی (NPN) آن تقریباً ۳۰ درصد اوره موجود می باشد و باقیمانده آن متشکل از آمینو اسید ها و پپتید ها (گلوکوماکرو پپتید ناشی از عمل آنزیم مایه پنیر بر روی کازئین) می باشد. در تابلو (۲-۱۵) فهرست کاربردهای آب پنیر و فراورده های ساخته شده از آن نشان داده شده است.

پایدار کننده با اتصال به کلسیم باعث تثبیت پنیر و از کاهش رطوبت یا چربی جلوگیری می نماید.

پنیر پرورده را پس از طی فرایند از داخل دیگ پخت به داخل یک ظرف فولادی ضد زنگ تخلیه نموده و آن را به واحد بسته بندی انتقال می دهند. در آنجا محصول به داخل ناودانک تغذیه ماشین های بسته بندی تخلیه می گردد. این ماشین ها معمولاً به طور کاملاً خودکار بوده و می توانند محصول را با اوزان مختلف و اشکال متفاوت بسته بندی نمایند. به طور معمول پنیر پرورده را به طور داغ در همان دمای پخت بسته بندی می نمایند. نوع گستردنی پنیر پرورده را باید پس از بسته بندی و تا حد ممکن با سرعت خنک نمود. برای این کار آن را بلافاصله پس از بسته بندی از میان تونل خنک کننده عبور می دهند. خنک کردن با سرعت خواص گستردنی پنیر را ارتقا می بخشد. از طرف دیگر پنیر قالبی یا برش دادنی را باید به آرامی خنک نمود بنابراین پس از بسته بندی، پنیر ها را در دمای محیط خنک می نمایند.



در صورت عدم انجام عملیات حرارتی باید آن را به سرعت تا دمای تقریباً ۵ درجه سانتیگراد خنک نمود، سرما باعث توقف رشد باکتری ها می گردد.

تابلو ۲- ۱۵ مثال هایی برای کاربرد آب پنیر و پودر آب پنیر

| آب پنیر |          | فراورده ها                        |             |                    |           |              | آب پنیر تغلیظ شده |              |             | آب پنیر      |                       |
|---------|----------|-----------------------------------|-------------|--------------------|-----------|--------------|-------------------|--------------|-------------|--------------|-----------------------|
| لاکتوز  |          | پروتئین آب پنیر تغلیظ شده یا پودر |             |                    |           |              |                   |              |             |              |                       |
| لاخته   | بار یافت | بنون مولا                         | بنون لاکتوز | بنون مولا          | بنون مولا | بنون پروتئین | بنون مولا         | بنون پروتئین | بنون لاکتوز | آب پنیر مایع |                       |
|         |          | معنی                              |             | معنی و بنون لاکتوز | طبیعی     | شیرین        | معنی              |              |             |              |                       |
|         |          |                                   |             |                    | ○         |              | ○                 | ○            | ○           | ○            | غذای دام              |
|         | ○        | ○                                 | ○           | ○                  |           |              | ○                 |              |             |              | مصارف انسانی          |
| ○       | ○        | ○                                 | ○           | ○                  |           |              | ○                 |              |             |              | غذای کودک             |
|         |          | ○                                 |             |                    |           |              | ○                 |              |             |              | غذای رژیمی            |
|         |          |                                   |             |                    |           |              | ○                 |              |             |              | سویس                  |
|         |          |                                   |             |                    | ○         | ○            | ○                 |              |             |              | سوپ ها                |
|         |          | ○                                 |             |                    | ○         |              | ○                 |              |             | ○            | فراورده های باکتری    |
|         |          |                                   |             |                    | ○         |              | ○                 |              |             |              | پوشش سبزی ها          |
|         |          |                                   |             |                    | ○         |              | ○                 |              |             |              | پنیر آب پنیر          |
|         |          |                                   |             |                    | ○         |              | ○                 |              |             |              | پنیر با فراورده طبیعی |
|         |          |                                   |             | ○                  |           |              |                   |              |             | ○            | برشیده ها             |
|         | ○        |                                   |             |                    | ○         | ○            | ○                 |              |             |              | غذای                  |
|         | ○        |                                   |             |                    |           |              |                   |              |             |              | مردود باکتری          |
| ○       | ○        |                                   |             |                    |           |              |                   |              |             | ○            | تولید مخمر            |
|         |          |                                   |             |                    |           |              |                   |              |             |              | فراورده های صنعتی     |

هرچند آب پنیر حاوی مواد مغذی کرانیه می باشد اما فقط در سال های اخیر فرایند تجارتی برای تولید فراورده های آب پنیر با کیفیت بالا توسعه یافته است .

تابلو ۱- ۱۵ ترکیبات تقریبی آب پنیر (درصد)

| ترکیبات                    | آب پنیر حاصل از تولید ، پنیر | آب پنیر حاصل از تولید کازئین |
|----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| عاده خشک کل                | ۶/۴                          | ۶/۵                          |
| آب                         | ۹۳/۶                         | ۹۳/۵                         |
| چربی                       | ۰/۰۵                         | ۰/۰۴                         |
| پروتئین حقیقی              | ۰/۵۵                         | ۰/۵۵                         |
| NPN (نیتروژن غیر پروتئینی) | ۰/۱۸                         | ۰/۱۸                         |
| لاکتوز                     | ۴/۸                          | ۴/۹                          |
| خاکستر (مواد معدنی)        | ۰/۵                          | ۰/۸                          |
| کلسیم                      | ۰/۰۴۳                        | ۰/۱۲                         |
| فسفر                       | ۰/۰۴                         | ۰/۰۶۵                        |
| سدیم                       | ۰/۰۵                         | ۰/۰۵                         |
| پتاسیم                     | ۰/۱۶                         | ۰/۱۶                         |
| کلر                        | ۰/۱۱                         | ۰/۱۱                         |
| اسید لاکتیک                | ۰/۰۵                         | ۰/۴                          |

نمودار ستونی شکل (۱-۱۵) فهرستی از فرایندهای گوناگون به کار گرفته در فراوری آب پنیر و فراورده های نهایی تولید شده از آن را نشان می دهد. با قطع نظر از عملیات بعدی بر روی آب پنیر، در اولین مرحله ، جدا سازی چربی و ذرات کازئین انجام می پذیرد، شکل (۲-۱۵). این قسمت بهره اقتصادی را افزایش می دهد زیرا که چربی و کازئین در عملیات بعدی ایجاد مزاحمت می نمایند .

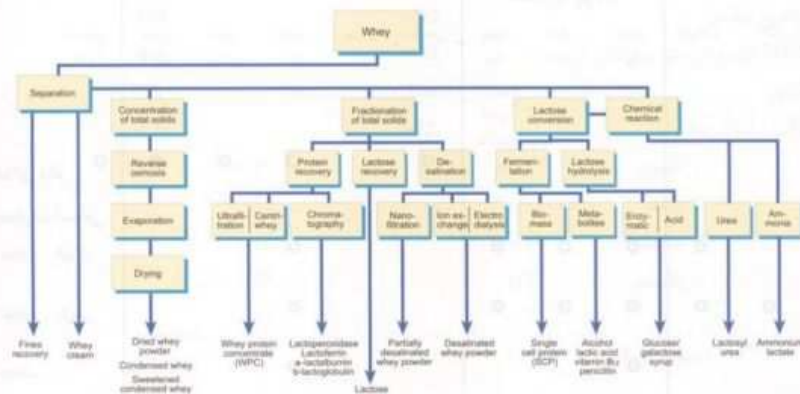
تولید پودر آب پنیر ، پودر آب پنیر فاقد مواد معدنی ، لاکتوز و پودر آب پنیر لاکتوزگیری شده رایج است. خوشبختانه یک گرایش تدریجی در پیشرفت به سوی تولید فراورده های جدید از آب پنیر و تبدیل آب پنیر از یک محصول ناخواسته به مواد خام مهم برای ساخت فراورده های با کیفیت به وجود آمده است. بعضی از این فراورده ها که در حال حاضر کاربرد یافته اند در این فصل شرح داده خواهد شد .

### فرایندهای مختلف آب پنیر

آب پنیر باید به محض جمع آوری در اولین فرصت ممکنه تحت فرایند قرار گیرد. زیرا ترکیبات و دمای آن شرایط مناسب رشد و تکثیر سریع باکتری ها را فراهم می آورد .

اگر منع قانونی وجود نداشته باشد، می توان آب پنیر را با افزودن بی سولفیت سدیم (Sodium bisulphite)، به طور نمونه ۰/۴ درصد محاسبه شده براساس اکسید سولفور ( $\text{SO}_2$ )، یا آب اکسیژنه ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) به طور نمونه ۰/۲ درصد از محلول ۳۰ درصد آب اکسیژنه محافظت نمود.

شکل ۱- ۱۵ راههای مختلف فرایند آب پنیر



### باز یافت خرده های کازئین و جدا سازی چربی

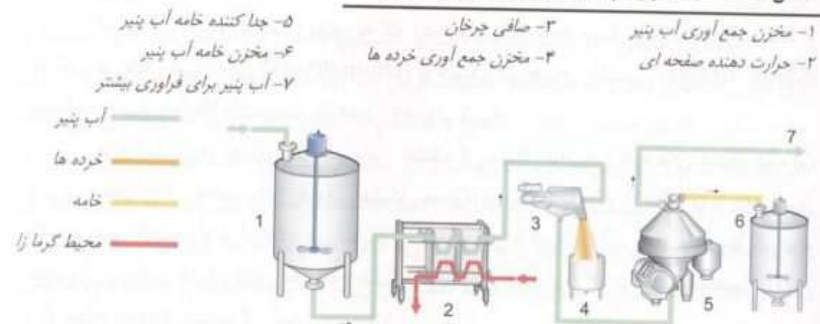
مقدار معتابیهی از خرده های کازئین همیشه در آب پنیر وجود دارد . وجود آنها در روند جدا سازی چربی از آب پنیر مزاحمت ایجاد می نماید. بنابراین باید در ابتدا آنها را از آب پنیر جدا نمود. از وسایل مختلفی برای جدا سازی آنها از آب پنیر استفاده می گردد که از جمله می توان به سیکلون های جداکننده های سانتریفوژی یا صافی های چرخان اشاره نمود ، شکل (۲-۱۵). خرده های کازئین را پس از جدا سازی مانند پنیر فشرده و برای تولید پنیر پرورده به کار می برند .

بازیافت چربی در جدا کننده های سانتریفوژی انجام می پذیرد . خامه آب پنیر ، اغلب با محتوای چربی ۳۰-۲۵ درصد را می توان برای استاندارد کردن شیر پنیر سازی مورد استفاده قرار داد . همچنین می توان آنرا مانند خامه تازه برای تولید قراورده های خامه ای ویژه به کار برد .

### خنک کردن و پاستوریزه کردن

آب پنیری که قرار است ذخیره گردد به محض حذف چربی از آن ، باید سرد یا پاستوریزه گردد. برای زمان کوتاه نگهداری مثلاً ۱۵-۱۰ ساعت ، خنک کردن برای کاهش فعالیت باکتریایی کافی می باشد. اما برای مراحل طولانی تر نگهداری باید حتماً آن را پاستوریزه نمود.

شکل ۲- ۱۵ جدا سازی خرده های کازئین و چربی از آب پنیر



### تغلیظ ماده خشک کل

#### تغلیظ

تغلیظ آب پنیر به طور معمول ، تحت شرایط خلاء در تبخیر کننده لایه ریز (Falling-film) در بیشتر از دو مرحله انجام می پذیرد. از نیمه دهه هفتاد به بعد تبخیر کننده هایی تا هفت بدنه برای استفاده بهینه از انرژی و کاهش هزینه ها مرسوم گردید. امروزه سیستم فشردن بخار به طریق مکانیکی و حرارتی معرفی شده است، این نوع تبخیرکننده ها به منظور کاهش بیشتر هزینه های انرژی می باشند.

از واحدهای اسمز معکوس (Reverse osmosis=RO) یا طرح لوله ای (Tubular) برای تغلیظ مقدماتی آب پنیر قبل از تحویل آن به دامدار (برای مصارف تغذیه دام) یا به تبخیر کننده برای تغلیظ نهایی استفاده می گردد.

تبخیر را تا رسیدن ماده خشک کل آب پنیر به ۴۵-۶۵ درصد ادامه داده و سپس آنرا به سرعت تا دمای ۳۰ درجه سانتیگراد در یک تبادل کننده حرارتی صفحه ای خنک می نمایند و متعاقباً آن را به داخل یک مخزن سه جداره همزن دار برای خنک شدن بیشتر (۲۰-۱۵ درجه سانتیگراد) وارد می نمایند. این کار باعث تشکیل بلورهای کوچکتری شود و به مدت ۸-۶ ساعت ادامه می یابد. وقتی این قراورده را با روش پاششی (Spray) خشک نمایند، یک محصول غیر هیگروسکوپیک (Non-hygroscopic) (نم ناپذیر) تولید می گردد.

استفاده قرار می گیرند. فرایندی که بیشترین کاربرد را برای جدا سازی پروتئین های آب پنیر از سرم آب پنیر دارد، دنا تورا سیون حرارتی می باشد. رسوب دهی پروتئین آب پنیر با استفاده از فرایند حرارتی را (Heat Precipitated Whey Protein=HPWP) می نامند.

فینک و کسلر (Fink and Kessler) در سال ۱۹۸۸ گزارش دادند که حد اکثر دنا تورا سیون پروتئین آب پنیر فقط ۹۰ درصد آن را در بر می گیرد. پروتئوز پیتون (Proteose peptone) که در بر گیرنده ۱۰ درصد باقیمانده می باشد، غیر قابل دنا تورا سیون می باشد.

پروتئین طبیعی آب پنیر (که از اجزای تشکیل دهنده پودر آب پنیر می باشند) را می توان به آسانی و با دقت در هنگام خشک کردن آب پنیر بدست آورد. محدودیت آنها به عنوان ماده غذایی، داشتن محتوای بالای لاکتوز و خاکستر در مقابل فقط ۱۱ درصد پروتئین می باشد. امروزه جدا سازی پروتئین های اصلی آب پنیر توسعه بیشتری یافته است و با استفاده از جدا ساز های غشایی (Membrane separation) یا تبادل کننده های یونی (Ion exchange) می توان آنها را به شکل تقریباً دست نخورده بدست آورد. به گونه ای که از خواص کاربردی مناسبی چون حلالیت، کف کردن، تشکیل امولسیون و خواص ژلاتینی برخوردار باشند.

#### باز یافت پروتئین به وسیله اولترافیلتراسیون

غلظت شده های پروتئینی طبیعی، دارای اسید آمینه های مرغوبی با نسبت های بالایی از لیزین و سیستئین در دسترس می باشند. غلظت شده های پروتئینی آب پنیر (Whey protein concentrates = WPC) پودر های حاصل از اولترافیلتراسیون آب پنیر می باشند. آنها را بر اساس میزان پروتئینی که دارند توصیف می نمایند. درصد پروتئین در ماده خشک در آنها از ۳۵ تا ۸۵ درصد متغیر است. برای تولید یک فراورده با ۳۵ درصد پروتئین، آب پنیر مایع را حدود ۶ برابر تغلیظ کرده تا ماده خشک آن به ۹ درصد برسد.

مثال: ۱۰۰ کیلوگرم آب پنیر در طی ۶ (۵/۸۸) بار تغلیظ و در حدود ۱۷ کیلوگرم بخش ماندگار (تغلیظ شده) و ۸۳ کیلوگرم بخش عبوری (پساب) تولید می نماید. در تابلو (۳-۱۵) ترکیبات مایع ورودی (آب پنیر) و مایع تغلیظ شده و پساب نشان داده شده است.

درصد پروتئین در ماده خشک بر اساس داده های تابلو (۳-۱۵) عبارت است از:

$$\frac{100 \times 0.55}{1.57} = 35$$

در جریان تغلیظ، تقریباً بیشتر پروتئین حقیقی (۹۹ درصد) و تقریباً ۱۰۰ درصد چربی در مایع تغلیظ شده باقی می ماند. تغلیظ بر روی درصد مقدار لاکتوز، NPN و خاکستر مایع تغلیظ شده و پساب، مقایسه با آب پنیر، ارائه نموده است. اما یک تجمع حدود ۱۰۰، ۵۰، ۲۰ درصد

آب پنیر تغلیظ شده یک محلول فوق اشباع لاکتوز می باشد، که می توان تحت شرایط معین دما و غلظت، لاکتوز آن را قبل از ترک تبخیر کننده، بلورین نمود. غلظت های بالاتر از ماده خشک ۶۵ درصد، محصول بسیار ویسکوز شده و به آسانی قابل جریان یافتن نمی باشد. برای اطلاعات بیشتر در باره اسمز معکوس و تبخیر کننده ها به فصل ۶ بخش ۴ و ۵ مراجعه نمایید.

#### خشک کردن

اساساً آب پنیر را با همان روش به کار رفته برای شیر یا به عبارت دیگر با استفاده از خشک کن های استوانه ای (Drum dryers) یا خشک کن های پاششی (Spray dryers) خشک می نمایند (اطلاعات بیشتر در فصل ۱۷ پودر شیر).

مانع اساسی در به کار بردن استوانه خشک کن مشکل تراشیدن لایه های خشک شده آب پنیر از سطح آن می باشد. برای رفع این مشکل معمولاً از یک ماده پرکن (Filler) یا حجم ساز مانند سیوس گندم چاودار استفاده می نمایند. ماده پرکن را ابتدا با آب پنیر مخلوط کرده و سپس آن را برای خشک شدن به سطح خشک کن می فرستند این کار تراشیدن محصول نهایی را از سطح استوانه خشک کن آسان می سازد.

امروزه خشک کن های پاششی آب پنیر، کاربرد بیشتر و وسیع تری را دارد. قبل از شروع به خشک کردن، آب پنیر تغلیظ شده آن را تحت عملیاتی حرارتی که قبلاً توضیح داده شد قرار می دهند تا بلور های کوچک لاکتوز شکل گیرد. این عمل باعث خواهد شد محصول نهایی غیر نمگیر (غیر هیگروسکوپیک) شده و وقتی در معرض رطوبت قرار گیرد کلوخه تشکیل ندهد.

آب پنیر اسیدی حاصل از پنیر کاتیج و تولید کازئین به علت محتوای بالای اسید لاکتیک در هنگام خشک کردن مشکل خواهد داشت و به آسانی در خشک کن پاششی متراکم شده و تشکیل کلوخه را می دهد. برای سهولت خشک کردن می توان همراه با خنثی سازی موادی مانند شیر پس چرخ و فراورده های غله ای را به آن افزود، اما معمولاً این نوع آب پنیر امروزه تولید نمی شود.

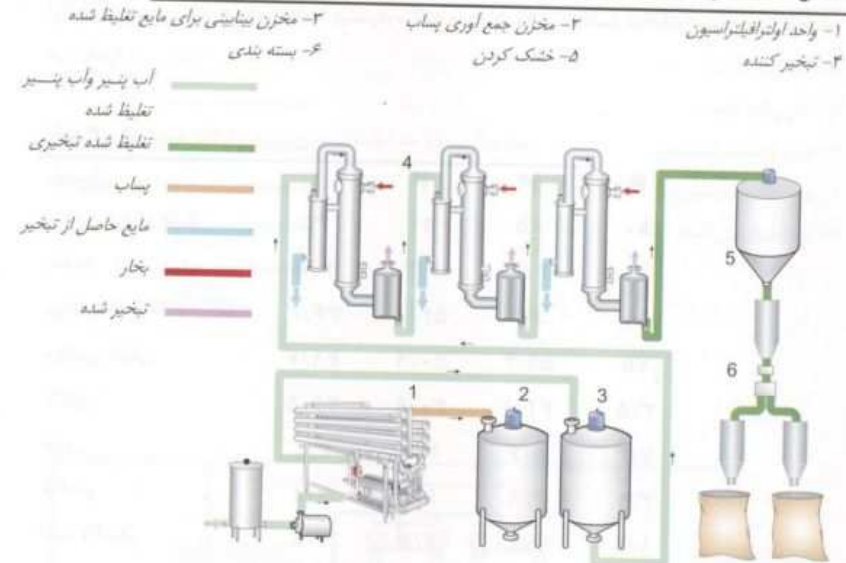
#### تفکیک اجزای ماده خشک کل

##### باز یافت پروتئین

پروتئین های آب پنیر را با استفاده از روش هاو تکنیک های مختلف رسوب دهی و جدا سازی می نمایند. اما امروزه جدا سازهای غشایی (تفکیک جز به جز) و فرایند های کروماتوگرافی همراه با رسوب دهنده ها، تکنیک های پیچیده ای هستند که برای این کار مورد



شکل ۳-۱۵ فرایند بازیافت پروتئین تغلیظ شده خشک با به کار گیری اولترافیلتراسیون



یک خط فرایند برای تولید پروتئین خشک با استفاده از اولترافیلتراسیون در شکل (۳-۱۵) نشان داده شده است. در این سیستم تقریباً ۹۵ درصد آب پنیر ورودی به صورت پساب درآمده و پروتئین تغلیظ شده دارای غلظت ۸۵-۸۰ درصد (محاسبه شده بر اساس محتوای ماده خشک) در محصول خشک شده می باشد. برای اطلاع بیشتر در ارتباط با اولترافیلتراسیون به فصل ۶ بخش ۴ مبحث صافی های غشایی مراجعه نمایید.

#### حذف چربی از غیظ شده های پروتئینی آب پنیر

پودر پروتئینی آب پنیر بدون چربی (Defatted Whey protein concentrate) حاوی ۸۵-۸۰ درصد پروتئین در ماده خشک بوده و کاربردهای وسیعی را دارا می باشد. برای مثال جانشین مناسبی به جای استفاده از سفیده تخم مرغ در فراورده های زدنی مانند مرینگوس (Meringues) می باشد و برای افزایش ارزش تغذیه ای مواد غذایی مختلف و آب میوه جات نیز بکار می رود.

در ادامه فراوری آب پنیر تغلیظ شده در یک واحد اولترافیلتراسیون، یک واحد میکروفیلتراسیون (MF) می تواند محتوای چربی پودر پروتئینی تغلیظ شده (با محتوای پروتئین ۸۵-۸۰ درصد) را از ۷/۲ درصد به کمتر از ۰/۴ درصد کاهش دهد. میکروفیلتراسیون همچنین باعث تغلیظ غشائی گویچه های چربی و بیشتر باکتری ها در بخش تغلیظ شده می گردد، که

مواد در مایع تغلیظ شده، نشان می دهد. زیرا که به جای مقدار درصد لاکتوز که حذف شده همان مقدار به درصد دیگر مواد از جمله مواد معدنی افزوده می گردد. به طور کلی تجمع نسبی مواد در اولترافیلتراسیون به عوامل زیر وابسته می باشد:

- نوع غشا،
- سرعت جریان مواد،
- خصوصیت های مایع ورودی (رقیق کردن اولیه با آب، تغلیظ کردن اولیه پس از حذف مواد معدنی و...).

تابلو ۳-۱۵ ترکیبات آب پنیر، مایع تغلیظ شده، پساب ناشی از فرایند آب پنیر

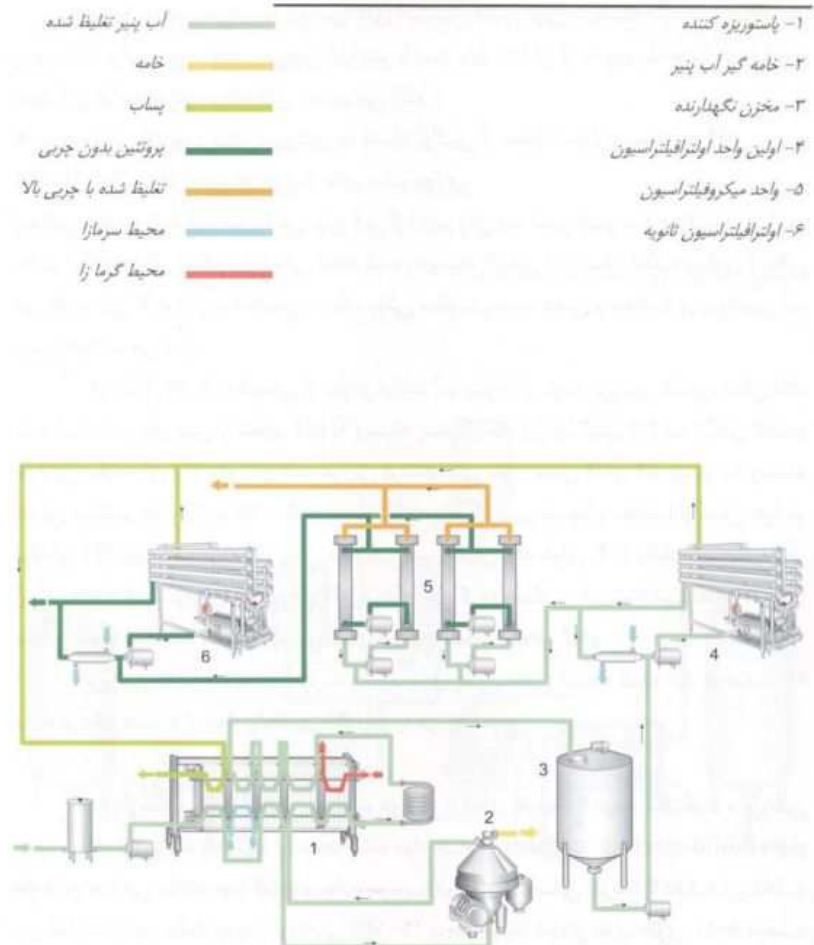
| ترکیب         | آب پنیر معمولی | وزن در ۱۰۰ کیلوگرم | وزن در ۱۷ کیلوگرم | وزن در ۸۳ کیلوگرم | پساب |
|---------------|----------------|--------------------|-------------------|-------------------|------|
| پروتئین حقیقی | ۰/۵۵           | ۰/۵۵               | ۰/۵۵              | ۰/۵۵              | ۰    |
| لاکتوز        | ۴/۸            | ۴/۸                | ۰/۸۲              | ۴/۸۲              | ۳/۹۸ |
| خاکستر        | ۰/۸            | ۰/۸                | ۰/۱۴              | ۰/۸۲              | ۰/۸  |
| NPN*          | ۰/۱۸           | ۰/۱۸               | ۰/۰۳              | ۰/۱۸              | ۰/۱۵ |
| چربی          | ۰/۰۳           | ۰/۰۳               | ۰/۰۳              | ۰/۱۸              | ۰    |
| ماده جامد تام | ۶/۳۶           | ۶/۳۶               | ۱/۵۷              | ۹/۲۴              | ۴/۷۹ |

NPN\* = ازت غیر پروتئینی

برای بدست آوردن پروتئین تغلیظ شده تا ۸۵ درصد، مایع آب پنیر را ابتدا تا ۳۰-۲۰ برابر به وسیله سیستم اولترافیلتراسیون مستقیم تا رسیدن ماده جامد ۲۵ درصد تغلیظ می نمایند. این حالت حداکثر توجه اقتصادی عملیات را در بر دارد. لازم است متعاقباً بخش غلیظ شده (در عملیات اولترافیلتراسیون) تحت فرایند دیافیلتر (Diafilter) قرار داده شود تا لاکتوز و مواد معدنی بیشتری حذف (جدا) گردد و غلظت پروتئین نسبت به ماده خشک کل افزایش یابد. دیافیلتراسیون (Diafiltration) عملیاتی است که در آن آب به ماده ورودی اضافه شده و در نتیجه در ضمن فیلتراسیون، مولکول های کوچک همراه آب شسته شده و از میان غشا عبور می نمایند. در این سیستم موادی که بدین صورت شسته شده و خارج می گردند اساساً شامل لاکتوز و مواد معدنی می باشند.

در تابلو (۳-۱۵) ترکیبات چند نوع پودر پروتئین آب پنیر تغلیظ شده (WPC) نشان داده شده است.

شکل ۴-۱۵ فرایند برای حذف چربی پروتئین تغلیظ شده آب پنیر



مایع تغلیظ شده ناشی از فرایند میکرو فیلتراسیون ، که حاوی چربی و باکتری ها می باشد به طور جداگانه جمع آوری شده و پساب فاقد چربی به اولترافیلتراسیون ثانویه و متعاقبا دیافیلتراسیون (۶) هدایت می گردد. نتیجه کار غلیظ شده پروتئینی آب پنیر با تقریبا ۲۵-۲۰ درصد ماده خشک می باشد که برای خشک کردن نهایی به خشک کن پاششی فرستاده می شود دراین جا رطوبت آن به حداکثر ۴ درصد رسیده و آماده بسته بندی می گردد.

اولترافیلتراسیون ثانویه برای تغلیظ بیشتر فرستاده می شود و متعاقبا دیافیلتراسیون نیز انجام می پذیرد .

تابلو ۴-۱۵ درصد ترکیبات چند نوع پودر تغلیظ شده پروتئین آب پنیر

| محصول                           | ۱    | ۲    | ۳    | ۴   |
|---------------------------------|------|------|------|-----|
| پروتئین در ماده خشک             | ۳۵   | ۵۰   | ۶۵   | ۸۰  |
| رطوبت                           | ۴/۶  | ۴/۳  | ۴/۲  | ۴   |
| پروتئین خام ( $N \times 6/38$ ) | ۳۶/۲ | ۵۲/۱ | ۶۳   | ۸۱  |
| پروتئین حقیقی                   | ۲۹/۷ | ۴۰/۹ | ۵۹/۴ | ۷۵  |
| لاکتوز                          | ۴۶/۵ | ۳۰/۹ | ۲۱/۱ | ۳/۵ |
| چربی                            | ۲/۱  | ۳/۷  | ۵/۶  | ۷/۲ |
| خاکستر                          | ۷/۸  | ۶/۴  | ۳/۹  | ۳/۱ |
| اسید لاکتیک                     | ۲/۸  | ۲/۶  | ۲/۲  | ۱/۲ |

خصوصیات محصول :

- ۱- جانشین شیر پس چرخ ، ۳۵ درصد پروتئین در ماده خشک .
- ۲- مکمل پروتئینی به غذاهای دیگر ، ۵۰ درصد پروتئین در ماده خشک .
- ۳- حد عملی تغلیظ پروتئین به وسیله اولترافیلتراسیون تنها ، ۶۵ درصد پروتئین در ماده خشک .
- ۴- محصول اولترافیلتراسیون و دیافیلتراسیون ، ۸۰ درصد پروتئین در ماده خشک .

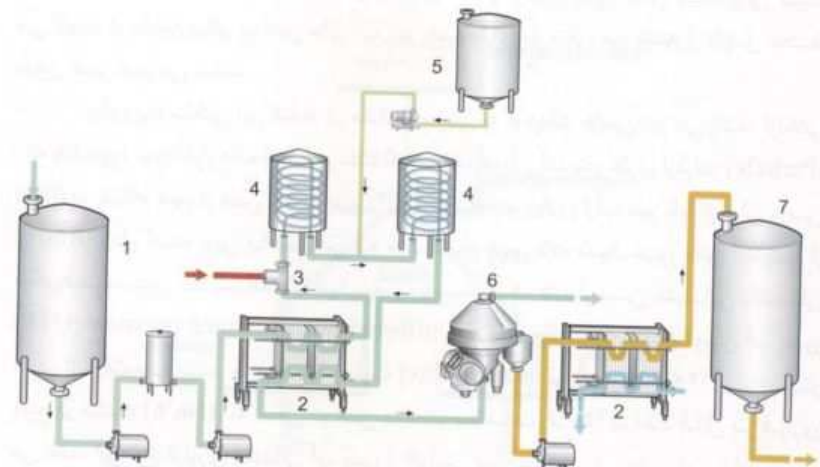
milkindustry.ir

همانطور که در شکل (۴-۱۵) نشان داده شده است ، آب پنیر پس از حرارت مقدماتی (۱) به وسیله خامه گیرسانتریفوژی (۲) (برای بازیافت هرچه بیشتر چربی ) تحت فرایند قرار می گیرد. محصول این مرحله به صورت خامه ۳۰-۲۵ درصد برای استاندارد کردن شیر پنیر سازی استفاده می شود. این مرحله از جدا سازی شامل حذف خرده های کازئینی نیز می باشد. پس از این مرحله آب پنیر ، پاستوریزه (۱) شده و قبل از انتقال به مخزن نگهدارنده تا دمای تقریبا ۵۵-۶۰ درجه سانتیگراد خنک می گردد .

پس از طی یک زمان نگهداری ، آب پنیر را به وسیله پمپ به اولین واحد اولترافیلتراسیون (۴) فرستاده و در این محل آن را تا تقریبا سه برابر تغلیظ می نمایند. مایع تغلیظ شده به واحد میکروفیلتراسیون (۵) هدایت می گردد و پساب پس از خنک شدن در قسمت بازیافت حرارتی به مخزن جمع آوری وارد می گردد .

شکل ۵-۱۵ بازیافت پروتئین های دنا توره شده آب پنیر

- ۱- مخزن جمع آوری آب پنیر
- ۲- تبادل کننده حرارتی
- ۳- تزریق کننده بخار
- ۴- لوله هولدر
- ۵- مخزن اسید
- ۶- جدا کننده
- ۷- مخزن جمع آوری پروتئین های دنا توره شده آب پنیر



### جدا سازی لاکتوپراکسیداز و لاکتوفرین با روش کرماتوگرافی

کاربرد عوامل بیواکتیو طبیعی (Natural bioactive agents) به طور وسیعی در ساخت موادی مانند: فرمولاسیون غذای نوزادان، غذای های شفا بخش، کرم های مخصوص پوست و خمیر دندان رایج می باشد. تعدادی از چنین ترکیباتی مانند پروتئین های بیواکتیو لاکتوپراکسیداز (Lactoperoxidase=LP) و لاکتوفرین (Lactoferrin=LF) به مقدار بسیار کم در آب پنیر موجود می باشند، برای نمونه در یک لیتر آب پنیر ۲۰ میلیگرم لاکتوپراکسیداز و

### پروتئین های دنا توره شده آب پنیر

عموما پروتئین سرمی یا پروتئین های آب پنیر را نمی توان به وسیله مایه پنیر یا اسید رسوب داد. برای رسوب دادن پروتئین آب پنیر با اسید باید ابتدا آن را به وسیله حرارت دنا توره نمود. این فرایند به دو مرحله قابل تقسیم می باشد:

- رسوب دادن (دنا توره کردن) پروتئین به وسیله ترکیبی از عملیات حرارتی و تنظیم pH.
  - تغلیظ پروتئین ها به وسیله جداساز های سانتریفوژی.
- پروتئین دنا توره شده آب پنیر را می توان قبل از آنزیم زدن به شیر پنیر سازی افزود. در این حالت آنها در داخل شبکه ساختمانی ایجاد شده به وسیله کازئین (در زمان لخته سازی) باقی می مانند. این کاربرد لزوم دستیابی به یک روش مطلوب رسوب دهی و جداسازی پروتئین آب پنیر را ایجاد می نماید.

در شکل (۵-۱۵) قسمتی از نمودار فرایند آب پنیر برای تولید پروتئین دنا توره نشان داده شده است. آب پنیر پس از تنظیم pH به وسیله پمپ از مخزن بینابینی (۱) به تبادل کننده حرارتی صفحه ای (۲) برای بازیافت حرارتی فرستاده می شود. سپس دمای آب پنیر به وسیله تزریق مستقیم بخار (۳) تا ۹۵-۹۰ درجه سانتیگراد بالا برده می شود و متعاقبا از میان هولدر لوله ای (۴) عبور داده می شود، زمان عبور آب پنیر از میان لوله هولدر ۳-۴ دقیقه می باشد. در این مرحله از اسید برای پایین آوردن pH استفاده می گردد. ممکن است از اسیدهای آلی یا معدنی (اسید لاکتیک یا اسید کلریدریک) برای این منظور استفاده گردد.

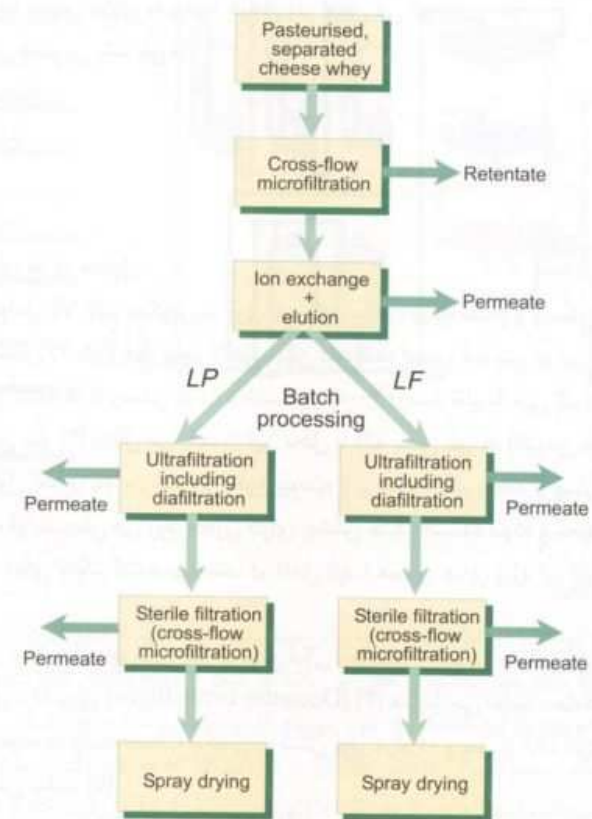
پروتئین ها که به وسیله حرارت و اسید برای رسوب دادن آماده شده اند در مدت ۶۰ ثانیه در یک قسمت از هولدر لوله ای (۴) رسوب می نمایند.

پس از خنک کردن با روش بازیافت حرارتی تا دمای تقریبا ۴۰ درجه سانتیگراد، پروتئین های رسوب داده شده را توسط یک جدا کننده مواد جامد (Solid-ejecting clarifier) (۶) از فاز مایع جدا می نمایند. جدا کننده، مواد رسوبی را در فواصل زمانی تقریبا ۳ دقیقه ای تخلیه می نماید. در این حالت رسوب پروتئینی تا ۱۵-۱۲ درصد تغلیظ شده و تقریبا حاوی ۱۰-۸ درصد پروتئین می باشد. با این روش می توان تا ۹۵-۹۰ درصد پروتئین قابل دنا توره شدن را بازیافت اضافه کردن تغلیظ شده پروتئینی آب پنیر (دنا توره) به شیر پنیر سازی برای انواع پنیرهای نرم و نیمه سخت اساسا تغییرات ناچیزی را در خواص لخته پدید می آورد. در این حالت ساختمان لخته ظریف تر و از یکنواختی بیشتری در مقایسه با روش مرسوم برخوردار خواهد بود. پروتئین های آب پنیر فرایند شده در مقایسه با کازئین از خواص آب دوستی بیشتری برخوردار می باشند. برای مثال در ساختن پنیر کاممبرت با افزودن پروتئین های آب پنیر فراوری شده، افزایش راندمان ۱۲ درصد گزارش شده است.



پنیر می رسد. فرایند بیشتر به وسیله ایزوالتراسیون و دیالیزاسیون برای حذف یونهای اضافی و حذف باقی مانده های پروتئین انجام می پذیرد و تقریباً خلوص ۹۵ درصد بدست می آید. در انتها پس از استریل کردن با فیلتراسیون (به وسیله جریان یافتن از میان یک میکروفیلتر با منافذ ۰/۱-۰/۲ میکرون) پروتئین تغلیظ شده به خشک کن پاششی برای خشک شدن فرستاده می شود، شکل (۶-۱۵).

شکل ۶-۱۵ نمودار ستونی مراحل جدا کردن لاکتوپراکسیداز و لاکتوفرین از آب پنیر



## بازیافت لاکتوز

لاکتوز اصلی ترین جزء آب پنیر می باشد. اساساً دو روش برای بازیافت آن با توجه به نوع ماده خام وجود دارد:

طراحی را در مقیاس صنعتی، بر پایه جدا سازی با روش کروماتوگرافی این پروتئین ها از آب پنیر تکمیل وارائه نموده است.

اصول فرایند بر اساس نقطه ایزوالکتریک هر دو پروتئین (لاکتو پراکسیداز و لاکتوفرین) که در pH قلیایی ۹/۵-۹ قرار دارد استوار است، بدین معنی که این پروتئین ها در pH طبیعی آب پنیر شیرین یعنی ۶/۶-۶/۲ دارای بار مثبت می باشند، در حالیکه دیگر پروتئین های آب پنیر برای مثال: بتا لاکتوگلوبولین، آلفا لاکتوگلوبولین و سرم آلبومین گاوی در این محدوده از pH دارای بار منفی می باشند. یک فرایند مناسب برای جدا سازی لاکتو پراکسیداز و لاکتوفرین عبور دادن آنها از میان رزین تبادل کننده کاتیونی (Cation exchange resin) برای جذب انتخابی می باشد. مولکول لاکتو پراکسیداز و لاکتوفرین با بار منفی به گروه فعال تبادل کننده کاتیونی بر اساس جذب بارهای غیر هم نام اتصال پیدا می کنند و بر روی رزین تبادل کننده یونی تثبیت می شوند. در حالیکه دیگر پروتئین های آب پنیر چون دارای بار منفی می باشند از داخل محیط بدون تغییر عبور می نمایند.

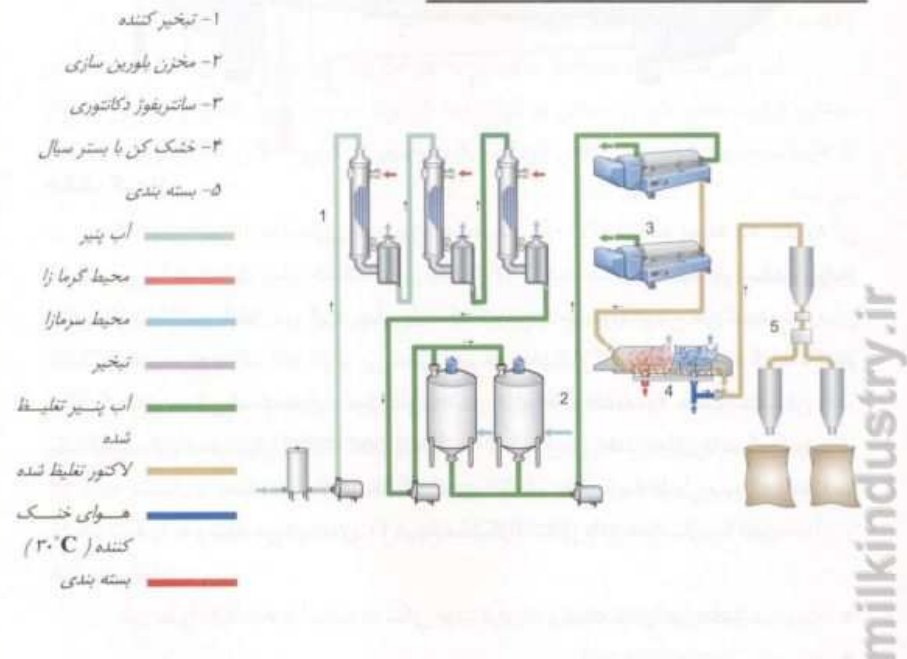
برای پویا ساختن این فرایند در مقیاس صنعتی به توجهات خاصی نیاز می باشد. از نکاتی که باید مورد توجه قرار داده شود این است که سرعت جریان آب پنیر عاری از ذرات (Particle-free) در هنگام عبور از میان رزین باید بالا باشد، زیرا حجم زیادی از آب پنیر باید از میان رزین (Resin) تبادل کننده یونی تا دستیابی به حد اشباع عبور داده شود. عبور دادن آب پنیر از میکروفیلتراسیون با منافذ ۱/۴ میکرون، تحت یک فشار بین غشایی یکسان (Uniform transmembrane pressure=UTP) روش موثقی برای بدست آوردن آب پنیر عاری از ذرات بوده است. جریان عبوری ثابت (stable flux) برابر ۱۲۰۰-۱۵۰۰ لیتر در متر مربع در ساعت (l/m<sup>2</sup>h) به آسانی در این سیستم به مدت ۱۶-۱۵ ساعت قابل برقراری می باشد. این نوع فراوری مقدماتی آب پنیر، از افزایش فشار برگشتی در روی ستون تبادل یونی جلوگیری به عمل می آورد.

ظرفیت رزین تبادل کننده یونی به مقدار ۴۵-۴۰ گرم لاکتوپراکسیداز و لاکتوفرین در هر لیتر رزین قبل از احیای دوباره سیستم می باشد. با یک بستر رزینی به حجم ۱۰۰ لیتر، تقریباً می توان ۱۰۰۰۰۰ لیتر آب پنیر را در هر چرخه فراوری نمود.

با انتخاب شرایط درست برای شستن و حذف ناخالصی های پروتئین های بیو اکتیو که در روی ستون جذب سطحی شده اند می توان به درصد بسیار خالصی از لاکتوپراکسیداز و لاکتوفرین دسترسی پیدا کرد. از محلول های نمکی با توانایی های مختلف در این مرحله استفاده می گردد. پروتئین ها در آب شستشو دهنده رزین حدود ۱ درصد وزنی تغلیظ می شوند. بنابراین در مرحله تبادل یونی غلظت این دو پروتئین به حدود ۵۰۰ برابر مقدار اولیه آنها در آب

درجه بلورین سازی در اصل به وسیله مقدار تبدیل بتا لاکتوز به شکل مطلوب آلفا لاکتوز ، مشخص می گردد. بنابراین روند خنک کردن مایع تغلیظ شده باید با دقت کنترل و تنظیم گردد.

شکل ۷-۱۵ خط فرایند ساخت و تولید لاکتوز



### جدا سازی لاکتوز

انواع گوناگونی از سانتریفوژ ها را برای جدا سازی بلور های لاکتوز استفاده می نمایند. یکی از آنها که سانتریفوژ دکانتوری افقی می باشد در شکل (۸-۱۵) نشان داده شده است . نقاله پیچی شکل موجود در این دستگاه به طور پیوسته کار برداشت و تخلیه بلور های لاکتوز را به انجام می رساند . معمولاً برای افزایش راندمان از دو دستگاه که به طور پشت سرهم و ردیفی کار گذاشته شده اند، استفاده می گردد. بلور لاکتوز پس از گذر از اولین دستگاه از میان دومین واحد نیز عبور داده می شوند. در زمان جدا سازی ناخالصی های همراه بلور لاکتوز شسته شده و بنابراین درجه خلوص بالاتر بدست می آید. رطوبت باقیمانده در بلور لاکتوز پس از عبور از دومین جداساز به کمتر از ۹ درصد می رسد. لاکتوز خالص تقریباً ۹۹ درصد ماده خشک دارد.

• بلورین سازی : سور بر آب پنیر بهیمه شده و سرورری شده

• بلورین سازی لاکتوز از آب پنیری که پروتئین آن به وسیله اولترافیلتراسیون یا دیگر روش ها قبل از تغلیظ حذف شده است .

در هردو روش یک پس مانده یعنی ملاس (Molasses) تولید می گردد ، که می توان آنرا خشک و برای تغذیه دام به کار برد . با نمک گیری از ملاس و افزودن پروتئین با کیفیت بالا می توان ارزش تغذیه ای آن را به طور قابل ملاحظه ای بالا برد .

### بلورین سازی

چرخه بلورین سازی به وسیله عوامل زیر تعیین می شود :

- سطح قابل دسترس رشد بلورها،
- خلوص محلول،
- درجه اشباع،
- دما،
- ویسکوزیته،
- همزدن بلور ها در محلول،

تعدادی از عوامل بالا تاثیر معکوس بر روی هم دارند مانند : درجه اشباع و ویسکوزیته.

در شکل (۷-۱۵) خط تولید لاکتوز نشان داده شده است . آب پنی در این خط ابتدا به وسیله تبخیر کننده ها تا رسیدن به ماده خشک ۶۲-۶۰ درصد تغلیظ می گردد و سپس به مخزن بلورین ساز (۳) انتقال می یابد. در این محل با دانه پاشی بلور ها (افزودن بلور های آماده شده به محلول اشباع) بلورین شدن به وقوع پیوسته و بر اساس یک برنامه از پیش تعیین شده دما و زمان ، فرایند پیش می رود. مخزن دارای پوشش خنک کننده بوده و مجهز به لوازمی برای کنترل دمای خنک کننده می باشد. در داخل آنها همزن های ویژه ای کار گذاشته شده است .

پس از تشکیل دانه های بلور در مایع آبکی ، مخلوط را جدا نمودن بلور ها به داخل سیراتور دکانتوری (Decanter centrifuges) (۳) هدایت می نمایند . متعاقباً بلور ها را خشک (۴) نموده به وسیله آسیاب چکشی به شکل پودر درآورده و پس از الک کردن، لاکتوز را بسته بندی می نمایند (۵).

برای افزایش کارایی و تسهیل در جدا سازی بلور های لاکتوز از مایع مادر ، باید فرایند به گونه ای ترتیب داده شود که اندازه بلور ها بیشتر از ۲/۰ میلیمتر و بزرگتر باشند.

### حذف املاح (نمک گیری)

آب پنیر به طور متوسط از محتوای املاح نمکی بالایی، تقریباً ۱۲-۸ درصد بر اساس وزن خشک، برخوردار می باشد. این حالت مصرف آن را در چرخه غذایی انسان محدود می نماید. به وسیله حذف املاح از آب پنیر زمینه های مختلفی از مصرف را می توان برای آن پدید آورد. مواد معدنی و املاح را می توان به طور جز به جز (۲۰-۲۵ درصد) و یا بالاتر (۹۶-۹۰ درصد) از آب پنیر حذف نمود.

آب پنیر تغلیظ شده همراه با حذف جز به جز املاح را می توان برای مثال در ساختن بستنی، فراورده های نانوائی یا حتی در گوارک به کار برد. آب پنیر بدون املاح را به صورت پودر یا تغلیظ شده در فرمولاسیون غذای کودک و گروه وسیعی از فراورده های غذایی دیگر به کار می برند.

### اصول حذف مواد معدنی

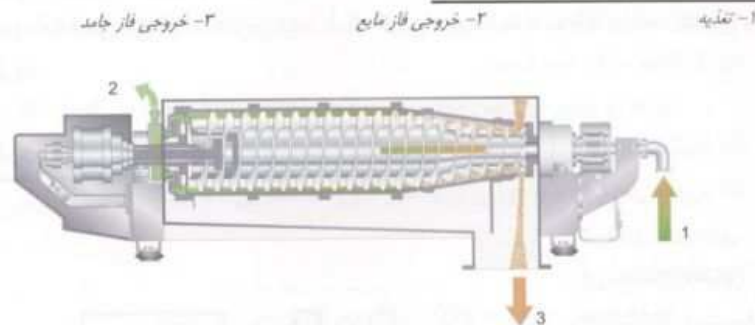
حذف املاح در آب پنیر شامل نمک های غیر آلی و کاهش یون های معدنی مانند لاکتات ها و سیترات ها می باشد.

حذف جزء به جزء (Partial) املاح، در اصل بر پایه عبور دادن مایع از میان غشاهای مخصوص که برای کاهش دادن این مواد تا حد نانومتر ( $10^{-9}$  m) طراحی شده اند، می باشد. این نوع فیلتراسیون را نانو فیلتراسیون (Nanofiltration=NF) می نامند. حذف درجات بالاتری از نمک با کمک دو روش زیر انجام می پذیرد:

- الکترو دیالیز (Electrodialysis)،
- تبادل یونی (Ion exchange).

### حذف جز به جز املاح به وسیله نانوفیلتراسیون

با استفاده از طرح ویژه ای از غشا اسمز معکوس، ذرات کوچکی مانند یون های تک ظرفیتی، مانند سدیم، پتاسیم، کلسیم و مولکول های کوچک آلی مانند اوره و اسید لاکتیک را می توان از غشا عبور داد. این نوع غشا فرایند کننده را به نام های گوناگونی مانند اولتراسموز (Ultraosmosis)، اسمز معکوس تراوش کننده (leaky RO) و نانوفیلتراسیون می شناسند. امروزه در دستگاه های جدید بیشتر از نوع صافی های پیچیده حلزونی استفاده می گردد (۱۹۹۴). برای اطلاعات بیشتر در باره این نوع غشا ها به فصل ۶ بخش ۴، فیلترهای غشایی مراجعه کنید.



### خشک کردن

لاکتوز را پس از جدا سازی تا رسیدن به رطوبت ۰/۵-۰/۱ درصد بسته به کاربرد آن خشک می نمایند. دما در زمان خشک کردن نباید از ۹۳ درجه سانتیگراد تجاوز نماید زیرا در دمای بالا بتا لاکتوز شکل می گیرد. زمان خشک کردن باید مورد توجه قرار گیرد، در زمان خشک کردن سریع، یک لایه نازک بی شکل (غیر بلورینه) از لاکتوز به شکل بلور آلفا لاکتوز شکل گرفته و ممکن است متعاقباً باعث کلوخه شدن فراورده گردد. معمولاً خشک کردن را در یک خشک کن بستر سیال (Fluidised bed drier) انجام می دهند. دمای خشک کردن در ۹۲ درجه سانتیگراد حفظ شده و زمان خشک کردن ۲۰-۱۵ دقیقه به طول می انجامد. قند خشک شده را به وسیله هوا در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد انتقال داده همزمان با این امر آن را خشک می نمایند.

بلور ها را بلافاصله با آسیاب به شکل پودر درآورده و بسته بندی می نمایند.

### تصفیه لاکتوز

در بعضی موارد مثلاً در کاربردهای دارویی درجه خلوص بالایی نیاز می باشد. بنابراین برای چنین کاربردهایی باید تصفیه بیشتری بر روی لاکتوز اعمال گردد. برای این کار بلور لاکتوز را مجدداً در داخل آب داغ تا غلظت ۵۰ درصد حل می نمایند. مقداری کربن فعال، فسفات و یک عامل کمکی در صاف کردن را به محلول اضافه می کنند. پس از صاف کردن لاکتوز محلول را به مخزن بلور ساز انتقال می دهند. لاکتوز خالص حاصله را پس از جداسازی و خشک کردن، آسیاب نموده و بسته بندی می نمایند.



## درجات بالا بر حذف املاح

### الکترودیالیز

در الکترودیالیز انتقال یون از میان غشا نیمه تراوا به صورت غیر انتخابی تحت اثر جریان مستقیم (Direct current = DC) الکتریکی انجام می پذیرد. غشاها کار تبادل آنیون و کاتیون را برعهده دارند، فرایند الکترودیالیز قادر است محتوای مواد معدنی را در مایع تحت فرایند، مانند آب دریا یا آب پنیر کاهش دهد.

در شکل (۹-۱۵) تصویر طراحی شده از یک واحد الکترودیالیز نشان داده شده است. این واحد به وسیله دیواره های غشایی که به طور متناوب از قابلیت تبادل کنندگی کاتیونی و آنیونی برخوردارند به خانه هایی تقسیم شده اند. فضای بین خانه ها تقریباً ۱ میلی متر یا کمتر می باشد. در انتهای هر خانه الکترودهایی کار گذاشته شده است، ممکن است بین هر جفت الکترود بیشتر از ۲۰۰ جفت سلول (خانه) قرار داشته باشد.

دو الکترود در انتهای مجموعه دسته سلول ها همراه با مجاری جداگانه شستشو کننده در شکل (۹-۱۵) نشان داده شده اند. یک جریان اسیدی جداکننده برای محافظت الکترودها در برابر واکنش های شیمیایی در اطراف آنها چرخش داده می شود.

برای بهبود کیفیت آب پنیر، آن را همراه با آب نمک اسیدی شده به طور متناوب از میان مجموعه خانه ها عبور می دهند. ساختمان دستگاه را می توان شبیه به تبادل کننده حرارتی صفحه ای یا لایه های صافی اولترافیلتراسیون تصور نمود.

### اصول عملیات

خانه های متناوب در مجموعه الکترودیالیز کار تغلیظ و ترقیق را به ترتیب به انجام می رسانند. آب پنیر از میان خانه های رقیق کننده عبور می کند و یک آب نمک با غلظت ۵ درصد به عنوان محلول حمل کننده از میان خانه های تغلیظ کننده چرخش داده می شود.

با برقراری جریان برق مستقیم (DC) از میان خانه ها، کاتیون ها به طرف کاتد و آنیون ها به طرف آند شروع به مهاجرت می نمایند، شکل (۹-۱۵). مهاجرت یون ها کاملاً آزادانه نمی باشد زیرا که غشا ها مانند یک سد در برابر یون های غیر هم نام عمل می نمایند. یعنی آنیون ها از میان یک غشا آنیونی عبور می نمایند اما آنها امکان عبور از میان غشاء کاتیونی را ندارند و بالعکس. نتیجه کار تخلیه یون ها در خانه محتوی آب پنیر (رقیق) می باشد. سرانجام در این عملیات آب پنیر در یک دامنه معین ملح زدایی می گردد.

واحد الکترودیالیز ممکن است به صورت پیوسته یا غیر پیوسته عمل نماید. یک سیستم غیر پیوسته، که اغلب آن را برای ملح زدایی بالای ۷۰ درصد به کار می برند، ممکن است دارای تعداد دسته های غشایی بالاتری باشد مایع فرایند شونده مثلاً آب پنیر آنقدر در آن

نمونه هایی از نسبت تغلیظ اجزای آب پنیر شیرین معمولی در سیستم نانوفیلتراسیون در تابلو (۵-۱۵) نشان داده شده است.

تابلو مشخص می سازد که کاهش محتوای کلر در آب پنیر شیرین می تواند تا بیشتر از ۷۰ درصد و سدیم و پتاسیم تا ۳۵-۳۰ درصد انجام پذیرد. دلیل این اختلاف در غلظت حذف مواد بر اساس ایجاد تعادل الکتروشیمیایی بین یون های منفی و مثبت می باشد.

تابلو ۵-۱۵ نسبت تغلیظ شدن اجزای آب پنیر شیرین معمولی در زمان نانوفیلتراسیون

| درصد   | مواد کاهش یافته | حالت نهایی مواد        |
|--------|-----------------|------------------------|
| ۳۱     | پتاسیم          | ماده خشک نهایی ۲۲ درصد |
| ۱۳     | سدیم            | فسریب تغلیظ ۴ x        |
| ۶۷     | کلر             | ۲۱ درجه سانتیگراد      |
| ۳      | کلسیم           | ۲/۵ مگاپاسکال (۲۵ بار) |
| ۴      | منیزیم          |                        |
| ۶      | فسفر            |                        |
| ۰      | سیترات          |                        |
| < ۳    | لاکتات          |                        |
| ۲۵     | خاکستر          |                        |
| ۳      | ماده خشک کل     |                        |
| ۲۷     | NPN             |                        |
| < ۰/۰۳ | لاکتوز          |                        |

milkindustry.ir

نکته مهم در فرایند نانوفیلتراسیون آب پنیر، جلوگیری از نشت لاکتوز به مقدار حد اکثر ۰/۱ درصد می باشد، تا از بروز مشکل نیاز اکسیژن بیولوژیکی (Biological oxygen demand = BOD) در فاضلاب (پساب) اجتناب به عمل آید.

به کارگیری نانوفیلتراسیون در فرایند آب پنیر در حالات زیر می تواند مورد توجه قرار گیرد:

- راه حلی با هزینه پایین برای کاستن طعم نمکی پودر آب پنیر شیرین معمولی می باشد.
- به عنوان مرحله مقدماتی برای حذف کامل املاح از آب پنیر به وسیله الکترودیالیز و تبادل کننده یونی می تواند استفاده شود.
- برای حذف اسید هیدروکلریک و اسید لاکتیک در آب پنیر حاصل از تولید کازین قابل استفاده می باشد، باید توجه داشت که شدت نفوذ از غشاء برای یون لاکتات پایین بوده اما برای مولکول اسید لاکتیک آزاد بالا می باشد.
- برای کاهش نمک در آب پنیر نمک دار (برای مثال آب پنیر ناشی از تولید پنیر چدار) مناسب است.

milkindustry.ir

محلول قلیایی (حداکثر pH برابر ۹) ، آب شستشو دهنده میانی ، شستشو با اسید کلریدریک (pH=۱) و آب شستشو دهنده نهایی می باشد. معمولاً برنامه شستشو ۱۰۰ دقیقه زمان لازم دارد.

### نیروی الکتریکی و خودکار کردن

از جریان الکتریکی مستقیم (DC) در واحد الکترودیالیز استفاده می گردد. سیستم باید به گونه ای باشد که به آسانی بتوان جریان را در محدوده (۰-۱۸۵) آمپر و ولتاژ در محدوده (۰-۴۰۰) ولت برقرار نمود. سرعت جریان ، دما ، قابلیت هدایت ، pH آب فرایند و محصول ، فشار محصول ورودی ، اختلاف فشار بین خانه ها ، جریان و افزایش ولتاژ هر بسته غشایی ، باید در زمان فرایند تحت نظارت و کنترل دقیق قرار داشته باشد.

### عوامل محدود کننده در الکترودیالیز

عامل بزرگ محدود کننده ، برای کاربرد الکترودیالیز در صنایع لبنی هزینه بالای تعویض غشا ها ، فاصله گذار ها و الکترودها می باشد که حدود ۳۵-۴۰ درصد کل هزینه را در راه اندازی طرح به خود اختصاص می دهند . تعویض غشا ها بر اثر انسداد غشاء با علل زیر ضروری می باشد :

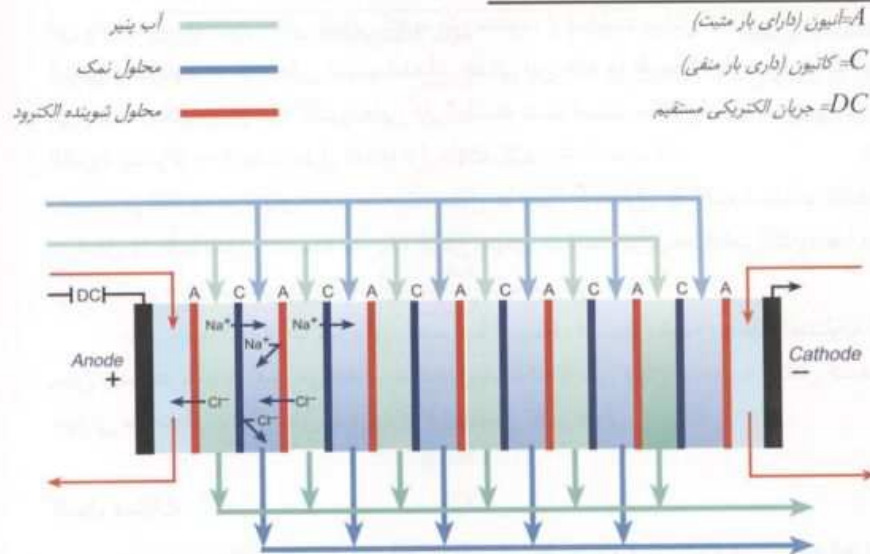
- رسوب فسفات کلسیم روی سطح غشا تبادل کننده کاتیونی،
  - ته نشینی پروتئین روی سطح غشا تبادل کننده آنیونی،
- مشکل حالت اول را می توان به وسیله طراحی مناسب جریان بر روی سطح غشا و شستشوی منظم با اسید کاهش داد .

ته نشینی پروتئین ، عامل اصلی کوتاه شدن عمر غشا آنیونی می باشد . زمینه ساز بروز این مشکل طبیعت پروتئین های آب پنیر است . در pH طبیعی آب پنیر ، پروتئین های آن به طور قابل توجهی دارای یون منفی (آنون) می باشند، بنابراین آنها تحت تاثیر میدان الکتریکی در مجموعه خانه های سیستم الکترودیالیز قرار گرفته و به سوی غشای آنیونی جذب می گردند. معمولاً این مولکول ها بزرگتر از آنند که بتوانند از داخل غشا تبادل کننده آنیونی عبور نمایند، بنابراین به صورت یک لایه نازک پروتئینی روی صفحه غشاء تبادل کننده آنیونی در سمت آب پنیر ته نشین می گردند . استفاده از روش های قطبیت معکوس (Polarity reversal) برای دور کردن این رسوبات از غشا می تواند موثر واقع گردد .

هرچند شستشوی منظم با محلول های دارای pH بالا برای زدودن هرچه بیشتر رسوبات می تواند مفید واقع گردد. اما شستشوی دستی در فواصل ۲-۴ هفته ای برای مجموعه خانه های الکترودیالیز توصیه شده است .

زدایی تا ۹۰ درصد ، زمان نگهداری در سیستم غیر پیوسته بیشتر از ۵-۶ ساعت در دمای ۳۰-۴۰ درجه سانتیگراد می باشد. تغلیظ مقدماتی آب پنیر تا مقدار ۳۰-۲۰ درصد ماده خشک با توجه به ظرفیت مورد استفاده و مصرف انرژی الکتریکی مطلوب به نظر می رسد. آب پنیر تغلیظ شده باید قبل از ورود به واحد الکترودیالیز به وسیله جداساز سانتریفوژی تحت فرایند قرار گیرد.

شکل ۹-۱۵ خانه ها در ساختمان الکترودیالیز

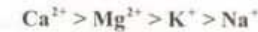


به کار گیری دمای بالاتر در فرایند، خطر رشد بیولوژیکی در محصول را همراه خواهد داشت . بنابراین در صورت مجاز بودن از یک توقف دهنده رشد باکتریایی مانند آب اکسیژنه استفاده می گردد و آن را به آب پنیر اضافه می نمایند. مایع تحت اثر فرایند گرم می شود بنابراین یک مرحله خنک سازی برای تعدیل حرارتی لازم می باشد. معمولاً واحد پیوسته شامل پنج دسته غشایی بوده که به طور ردیفی و پشت سر هم قرار داده شده اند، زمان نگهداری در آنها تا مدت زمان ۴۰-۱۰ دقیقه کاهش داده شده است . حداکثر توان ملح زدایی چنین واحدی اغلب محدود و تقریباً ۷۰-۶۰ درصد می باشد. در مقایسه ظرفیت سطح غشای کار گذاشته شده در یک واحد پیوسته ، بیشتر و بزرگتر از واحد غیر پیوسته است .

واحد الکترودیالیز را می توان به آسانی با یک سیستم برنامه شستشو درجا (CIP) خودکار تجهیز نمود. معمولاً تمیز کردن به ترتیب شامل آب شستشو دهنده اولیه ، شستشو با

واکنش یادشده عمداً به شکل یک موازنه نوشته شده است، زیرا تأکید بر ادامه واکنش در ارتباط با غلظت یون در فاز مایع و فاز جامد رزین دارد. این موازنه به وسیله یک ثابت مشخص می‌گردد. در طی عملیات می‌توان واکنش را با به کارگیری مثلاً اسید کلریدریک ۴ درصد معکوس نمود (این واکنش اصل جذب سدیم به رزین می‌باشد). غلظت بالای یون هیدروژن در اسید، موازنه را به جهت چپ هدایت می‌نماید.

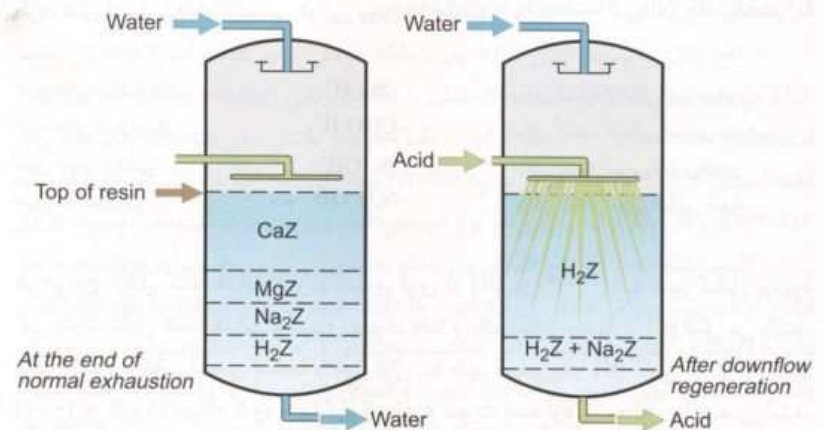
ثابت موازنه بر اساس نوع یون تغییر می‌کند و این ثابت امکان انتخاب (Selectivity) را در فرایند تبادل کننده یونی پدید می‌آورد. به طور کلی گفته شده که یون‌های چند ظرفیتی ویژگی انتخاب شدن بالاتری را در مقایسه با یون‌های تک ظرفیتی دارا می‌باشند (زودتر تبادل می‌گردند) و در یون‌های هم ظرفیت آنکه بزرگتر است از خواص انتخاب شدن بالاتری برخوردار می‌باشد. برای کاتیون‌های موجود در فرایند‌های صنایع لبنی، خواص انتخاب شدن به شرح زیر برقرار است:



همین‌طور، خواص انتخاب شدن در تبادل کننده آنیونی با ترتیب زیر قرار می‌گیرد:



شکل ۱۰-۱۵ بستررزین تبادل کننده کاتیونی قبل و بعد از احیا با اسید



یون‌ها عملاً در ستون تبادل کننده یونی، بر اساس قابلیت تبادل (انتخاب شدن) لایه‌هایی را در رزین شکل می‌دهند، شکل (۱۰-۱۵). در این شکل نشان داده شده وقتی که

ظرفیت از ۵۰ درصد به ۷۵ درصد و از ۷۵ به ۹۰ درصد هزینه را برای هر مرحله دو برابر افزایش می‌دهد. این بدان معنی است که به ازای هر کیلو ملح زدایی از محصول جامد از ۵۰ درصد به ۹۰ درصد هزینه عملیات چهار برابر افزایش می‌یابد. دلیل این امر کاهش ظرفیت واحد عمل کننده در محدوده ملح زدایی ۹۰ درصد می‌باشد.

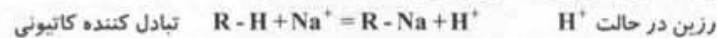
تصفیه آب، نیروی برق، مواد شیمیایی و بخار هزینه‌های جاری واحد ملح زدایی را تشکیل می‌دهند. تصفیه فاضلاب در این سیستم خود یک موضوع بزرگ می‌باشد. زیرا در زمان ملح زدایی به میزان ۹۰ درصد، معمولاً مقدار ۷-۱۰ درصد لاکتوز از میان غشا به طرف بیرون تراوش می‌نماید و همچنین فسفات برداشته شده از آب پنی‌ر در داخل جریان فاضلاب تجمع می‌یابد. هزینه‌های عملیات را در یک واحد الکترودیالیز می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی نمود: هزینه نیروی برق ۱۵-۱۰ درصد، هزینه مواد شیمیایی (معمولاً اسید کلریدریک) کمتر از ۵ درصد، هزینه بخار برای حرارت دهی مقدماتی محصول، خنک کردن و هزینه کنترل فرایند دما مجموعاً ۱۵-۱۰ درصد (بسته به میزان ملح زدایی).

استفاده از الکترودیالیز برای ملح زدایی در پایین‌تر از ۷۰ درصد راه حل مناسبی بوده و توان رقابت با سیستم مشابه را در تبادل کننده یونی دارد.

### تبادل یونی

در مقایسه بافرایند الکترودیالیز، که در آن برداشت مواد جامد یونیزه از محلول بر اساس واکنش الکتروشیمیایی قرار دارد، فرایند تبادل یونی از پایه رزینی برای جذب و تبادل مواد یون‌ها استفاده می‌نماید. رزین‌ها دارای ظرفیت محدود می‌باشند، بنابراین وقتی که آنها به طور کامل از مواد جذب کرده، اشباع شدند. باید با برداشت مواد، رزین را قبل از استفاده مجدد، احیا نمود. معمولاً رزین‌ها در داخل یک ستون ثابت با طراحی مناسب قرار داده می‌شوند.

رزین‌های تبادل کننده یونی، ماکرو مولکول‌های (Macromolecule) خلل و فرج دار از مواد پلاستیکی می‌باشند که به شکل یک بستر با ضخامت ۱/۲-۳/۴ میلی‌متر در ستون با توجه به ضروت‌های تکنیکی نشانده شده‌اند. از لحاظ شیمیایی وقتی آنها به شکل نمک در می‌آیند در محیط‌های اسیدی یا قلیایی نامحلول باقی می‌مانند. مشخصه اصلی رزین‌های تبادل کننده یونی، توانایی آنها در تبادل یون‌های متحرک هم‌بار می‌باشد. یک مثال ساده از این واکنش برای برداشتن کلرید سدیم در موازنه زیر نشان داده شده، R در این واکنش گروه تبدیلی یونی متصل به رزین نامحلول می‌باشد.





یونی رسوب نمایند. به همین دلیل رزین تبادل کننده انیونی قلیایی ضعیف، نیز فقط در محدوده pH پایین تر از (۷-۱۰) فعال می باشند.

برای سهولت در احیاء رزین اشباع شده، مصلحت در به کارگیری رزین های تا حد ممکن ضعیف قرارداد. از نظر تئوری آنها را می توان با افزودن فقط (۵۰-۱۰) درصد اسید یا باز احیا نمود. رزین قوی در مقایسه به مقدار (۴۰۰-۳۰۰) درصد اسید یا باز برای احیا نیاز دارد. در ملح زدایی با روش مرسوم تبادل کننده کاتیونی اسیدی قوی در شکل هیدروژن را با یک تبادل کننده انیونی قلیایی ضعیف دارای گروه هیدروکسیل ترکیب می نمایند. استفاده از تبادل کننده کاتیونی اسیدی ضعیف به جای نوع قوی توصیه نمی شود، زیرا کاتیون های تبادل کننده با گروه های هیدروکسیلی به وسیله اتصالات هیدروژنی متصل می گردند.

از دیگر مشخصه های مهم تبادل کننده های یونی عبارتند از :

- ظرفیت تبادل یونی،
- خواص متورم شدن ،
- دوام مکانیکی،
- سیالیت در زمان شستشوی معکوس ،
- افت فشار،
- محدودیت برای جریان های ویسکوز،
- نیازهای شستشو با آب پس از احیا،

#### فرایندهای ملح زدایی با استفاده از تبادل کننده یونی

ملح زدایی به وسیله تبادل کننده یونی، سابقه طولانی برای تصفیه آب را دارا می باشد اما از دو دهه پیش آنرا برای حذف مواد معدنی یا خاکستر زدایی (De-ashing) از آب پنیئر مورد استفاده قرار داده اند. آب پنیئر از نظر ترکیبات یک محصول یکسان نمی باشد. آب پنیئر ناشی از لخته اسیدی کازئین ، دارای pH در حدود ۴/۶-۴/۳ بوده ولی pH آب پنیئر شیرین در محدوده ۶/۶-۶/۳ قرار دارد. اختلاف بین این دو نوع آب پنیئر، قطع نظر از محیط اسیدی ، وجود مقدار زیادی کلسیم فسفات در آب پنیئر اسیدی می باشد. به کاربردن کاتیون ها برای محاسبه مقدار املاح در آب پنیئر بهتر می باشد ، زیرا که آنیون ها مانند : سترات ها و فسفات ها خود در واکنش های پروتولیتیک نقش دارند. بنابراین محاسبه محتوای ویژه یون کار دشواری می باشد . مقادیر مختلف محتوای کاتیون در آب پنیئر شیرین و اسیدی در تابلو (۶-۱۵) نشان داده شده است.

آب پنیئر به عنوان یک مایع با درصد بالای نمک شناخته شده و در صورت استفاده از تبادل یونی مراحل احیای رزین ها مکرر و زیاد خواهد بود و در نتیجه هزینه احیای مجدد مواد بالا می باشد.

برای احیای رزین های تبادل کننده یونی قلیایی ضعیف، اسید می شود. کاتیون ها در رزین با عامل یونی تبادل شده و در رزین باقی می مانند. در تصویر جانی حالت پس از احیا رزین اشباع شده ، با اسید نشان داده شده است. افزودن اسید باعث جابه جایی یون هیدروژن با کاتیون متصل به رزین گشته و همراه با شستشو از ستون خارج می گردند همان طوری که در تصویر دیده می شود یون سدیم (Na) مدت طولانی تری در ستون باقی می ماند که بر اساس موارد شرح داده شده در خصوص خواص انتخابی می باشد.

با مراجعه مجدد به تصویر ملاحظه می گردد که در ستون تبادل کاتیونی تفکیک و تقسیم یون ها با رخنه یون سدیم (Na) شروع شده و به ترتیب به وسیله یون های منیزیم (Mg) و کلسیم (Ca) دنبال می گردد. در مراحل اولیه احیا ممکن است در ابتدا یک یون اولیه مثلاً یون سدیم در فاز تخلیه تراوش گردد. اما با ادامه مرحله احیا به وسیله یون هیدروژن (H) جایگزین می گردد، شکل (۱۰-۱۵). بخش پایینی ستون تبادل کننده یونی ، تراوش یون ها را از مایع تحت فرایند تعیین می نماید .

#### ویژگیهای رزین تبادل کننده یونی

رزین های تبادل کننده یونی که امروزه در صنعت به کار برده می شوند اکثراً بر پایه مواد پلیمر پلاستیکی (Polymeric plastic) با ساختمان خلل و فرج دار قرار دارند. موادی که عموماً مورد استفاده قرار می گیرند پلی استایرن دی وینیل بنزن (Polystyrene divinyl benzene) و پلی اکریلات (Polyacrylate) می باشند. گروه های اتصال دهنده شیمیایی در این رزین ها عبارتند از :

|                   |                                    |                                |
|-------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| گروه های سولفونیک | $-\text{SO}_3\text{H}^+$           | تبادل کننده کاتیونی اسیدی قوی  |
| گروه های کربوکسیل | $-\text{COOH}^+$                   | تبادل کننده کاتیونی اسیدی ضعیف |
| آمین چهار ظرفیتی  | $-\text{N}^+(\text{OH})^-$         | تبادل کننده انیونی قلیایی قوی  |
| آمین سه ظرفیتی    | $-\text{N}^+(\text{H})\text{OH}^-$ | تبادل کننده انیونی قلیایی ضعیف |

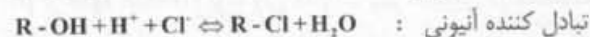
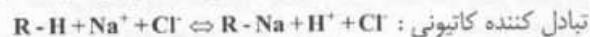
هر دو نوع تبادل کننده قلیایی قوی و اسیدی قوی در pH بین (۱۴-۰) به طور کامل یونیزه می شوند. تبادل کننده قلیایی و اسیدی ضعیف فقط در یک سطح محدود از pH فعال می باشند. تبادل کننده کاتیونی اسیدی ضعیف را نمی توان به طور معمول در pH پایین تر از محدوده (۷-۰) به کاربرد ، زیرا که گروه های کربوکسیل به صورت اسید آزاد در محلول ها در می آیند، فعالیت این نوع رزین ها را به وسیله ثابت تفکیک اسید / باز (اغلب به صورت  $\text{pK}_a = -10$ ) لگاریتم ثابت تفکیک بیان می گردد) معین می نمایند. در مقادیر pH بالاتر از ثابت تفکیک

| آب پنیر اسیدی |       | آب پنیر شیرین |       | یون    |
|---------------|-------|---------------|-------|--------|
| meq/l         | %     | meq/l         | %     |        |
| ۲۲            | ۰/۰۵  | ۲۲            | ۰/۰۵  | سدیم   |
| ۴۱            | ۰/۱۶  | ۴۱            | ۰/۱۶  | پتاسیم |
| ۶۰            | ۰/۱۲  | ۱۷/۵          | ۰/۰۳۵ | کلسیم  |
| ۱۰            | ۰/۰۱۲ | ۵/۸           | ۰/۰۰۷ | منیزیم |
| ۱۳۳           |       | ۸۶/۳          |       | جمع    |

#### تبادل کننده یونی مرسوم برای ملح زدایی

یک واحد ساده ملح زدایی با به کار گیری رزین تبادل کننده یونی در شکل (۱۱-۱۵) نشان داده شده است. آب پنیر پس از ورود بارزین تبادل کننده قوی کاتیونی مواجه شده و عامل H در آن جایگزین می گردد. سپس به طور مداوم با تبادل کننده آنیونی از نوع قلیای ضعیف به شکل "باز" آزاد در می آید. ستون های تبادل کننده یونی به طور جداگانه شسته و به وسیله اسید هیدروکلریک رقیق و هیدروکسید سدیم (آمونیاک) احیا می گردند. ستون ها روزی یک بار با مقدار کمی محلول کلر فعال ضدعفونی می شوند.

در ادامه موازنه واکنش در هنگام ملح زدایی نشان داده شده است (NaCl به عنوان نماینده نمک هادر آب پنیر و بنیان (R) بیان کننده رزین غیر محلول تبادل کننده می باشد).



عملیات های مختلف در ضمن فرایند تبادل یونی شامل مراحل زیر می باشد:

#### • تهی سازی

۱۰-۱۵ حجم از بستر آب پنیر را می توان پس از هر احیا به کار برد، حجم بستر ها بر پایه حجم بستر تبادل کننده کاتیونی قرار دارد.

#### • احیاء

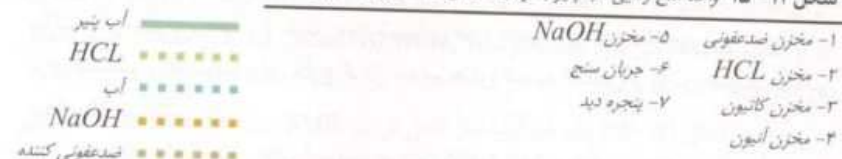
#### • جابه جایی آب پنیر،

#### • شستشوی معکوس،

#### • اتصال با محلول احیا کننده،

#### • شستشو با آب،

شکل ۱۱-۱۵ واحد ملح زدایی آب پنیر به وسیله تبادل کننده یونی معمولی



اغلب ستون های تبادل کننده یونی از فولاد متوسط با آستر لاستیکی، برای اجتناب از بروز مشکل خوردگی ساخته شده اند. شکل مخروطی مخزن برای تبادل کننده آنیونی امکان جا باز کردن (تورم) بستر را در زمان تغییر حالت از بستر خالی به شکل ترکیب با نمک را فراهم می سازد.

اغلب از جریان نا همسو برای احیای کاتیون تبادل کننده استفاده می گردد. بنابراین وقتی که آب پنیر در زمان فراوری به طرف پایین جریان دارد، احیا به سمت بالا جریان می یابد. این سیستم مصرف مواد شیمیایی لازم برای احیا را تا بیشتر از ۳۰-۴۰ درصد کاهش می دهد. اما مستلزم سرمایه گذاری و طراحی پیچیده می باشد. این واحد به آسانی قابلیت خودکار شدن را دارد. معمولاً برای این کار دو یا سه سیستم تبادل کننده یونی را به طور موازی قرار می دهند تا آب پنیر به طور مداوم جریان داشته باشد. هر دوره معمولی تبادل یونی شش ساعت زمان لازم دارد که چهار ساعت آن برای احیا صرف می گردد.

دهی به  $\text{NH}_3$ ،  $\text{CO}_2$  و آب ( $\text{H}_2\text{O}$ ) تجزیه می گردد و در مرحله تبخیر به صورت بخار از آب پنیر خارج می گردد. با جمع آوری  $\text{NH}_3$  و  $\text{CO}_2$  امکان ساختن محلول جدید احیا ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ) برای فرایند فراهم می آید. بخشی از محلول احیا حاوی  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  اضافی جمع آوری شده به برج تقطیر فرستاده می شود (تقریباً در مورد  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  اضافی به طور صد در صد اعمال می گردد).

در شکل (۱۳-۱۵) یک نما از ساختار کامل فرایند SMR نشان داده شده است. آب پنیر ابتدا در ستون تبادل کننده آنیونی احیا شده در شکل  $\text{HCO}_3^-$  وارد می شود و سپس در ستون تبادل کننده کاتیونی در شکل  $\text{NH}_4^+$  احیا می گردد. معمولاً سیستم تبادل کننده یونی به صورت جفتی استفاده می گردد، درحالیکه یکی در حال کار می باشد، دیگری در چرخه احیا قرار دارد. معمولاً چرخه احیا به ۴ ساعت زمان نیاز دارد.

آب پنیر سرد پس از عبور از واحد تبادل کننده یونی (۱) برای باز یافت حرارتی در ستون جذب و به عنوان محیط سرمازا در کندانسور (۲) متصل به برج تقطیر (۹) به کار برده می شود. در انتهای مرحله ملح زدایی، آب پنیر وارد تبخیر کننده (۳) شده پس از تغلیظ برای خشک شدن به خشک کن پاششی (۱۰) هدایت می گردد. مواد کندانسه مرحله تبخیر کننده (۲) که غنی از آمونیاک می باشد به طور جدا گانه و به طور پیوسته به برج جذب (۴) هدایت می گردد در این محل آمونیاک به شکل قلیا مایع در آمده و به عنوان محلول تازه احیا، به کار برده می شود. مواد کندانسه از مرحله تبخیر ۲ برای تمیز کردن رزین تبادل کننده یونی به کار برده می شوند. با چنین روشی مقدار زیادی آمونیاک باز یافت می گردد. بیشترین مقدار دی اکسید کربن حاصل از مرحله تبخیر به وسیله یک سیستم جمع آوری کننده گاز (Exhaust gases) و خلاء مکانیکی بازیافت شده و متعاقباً آنرا مستقیماً به داخل ستون جذب وارد می نمایند، در این محل آن را به همراه دیگر عناصر ورودی به  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  تبدیل می نمایند. معمولاً بازیافت کامل نبوده، بنابراین برج جذب را با تزریق ۲۵ درصد از محلول تازه ( $\text{CO}_2$  و  $\text{NH}_3$ ) شارژ می نمایند.

قسمت محلول احیا کننده که غنی از  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  می باشد در یک مخزن (۸) جمع آوری می شود، در این محل فسفات را به وسیله اضافه نمودن  $\text{MgCl}_2$  و تنظیم pH با سود ته نشین می نمایند. وقتی که ترکیب منیزیم آمونیوم فسفات ( $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$ ) رسوب کرد، فاز مایع بالایی را به بالای برج تقطیر (۹) پمپ می نمایند و در همان زمان در یک تبادل کننده حرارتی صفحه ای (که نشان داده نشده) تحت فرایند مقدماتی حرارتی قرار می گیرد. تقریباً ۱۰ درصد مایع به صورت بخار تخلیه شده و بقیه برای فراوری آب پنیر در سیستم تبادل کننده یونی مورد

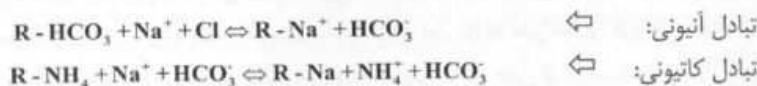
آب پنیر یک مایع با محتوای بالای نمک محسوب می گردد که در سیستم تبادل کننده یونی به معنی کوتاه تر شدن زمان بین تبادل یون و احیا (اشباع سریعتر) تلقی می گردد. بنابراین مصرف بالایی از مواد شیمیایی را برای احیا لازم داشته و بار نمکی را در فاضلاب از طریق حذف خاکستر آب پنیر و برداشت از طریق مواد شیمیایی مورد مصرف در احیا، بالا می برد. مصرف آب برای شستشو، مخصوصاً برای خارج کردن سدیم هیدروکسید اضافی از رزین ضعیف آنیونی بسیار بالا می باشد.

مقداری از پروتئین های آب پنیر به علت دناتوره شدن و جذب بر روی ستون از دست می روند، علت اصلی این کار بروز تغییرات وسیع در pH آب پنیر در هنگام فرایند تبادل یونی می باشد. مصرف مواد شیمیایی احیا کننده ۶۰-۷۰ درصد هزینه عملیات فرایند را دربر دارد. فرایند اصولاً برای ۹۰ درصد ملح زدایی طراحی شده است، اما می توان آن را برای ملح زدایی در اندازه دلخواه تنظیم نمود.

### یک روش جایگزین در فرایند تبادل یونی

برای کاستن از مصرف مواد شیمیایی برای احیای رزین و همچنین بهبود وضعیت فاضلاب در سیستم ملح زدایی، واحد تحقیقات و توسعه انجمن لبنی سوئد (SMR) فرایند خاصی را برای جایگزینی فرایند تبادل یونی توسعه داده است. واحد های عمل کننده در این فرایند در شکل (۱۲-۱۵) نشان داده شده است. در ابتدا آب پنیر وارد ستون آنیونی حاوی یک رزین "بازی" ضعیف و احیا شده در شکل بیکربنات ( $\text{HCO}_3^-$ ) می گردد. تبادل کننده آنیونی عمل تبادل یون  $\text{HCO}_3^-$  را با آنیون های آب پنیر به انجام می رساند. پس از این مرحله آب پنیر وارد ستون کاتیونی می گردد که حاوی یک رزین کاتیونی اسیدی ضعیف و احیا شده در شکل آمونیوم ( $\text{NH}_4^+$ ) می باشد. در هنگام عبور آب پنیر از میان این ستون، کاتیون های آب پنیر با یون  $\text{NH}_4^+$  تبادل می گردند. بنابراین پس از این فرایند ها آب پنیر دارای نمک های بیکربنات آمونیوم  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  می گردد.

واکنش های انجام گرفته را می توان به طور مختصر در فرمول زیر بیان کرد. در این فرمول  $\text{NaCl}$  به عنوان نماینده نمک های آب پنیر و R نمایانگر عامل تبادل رزین می باشد.





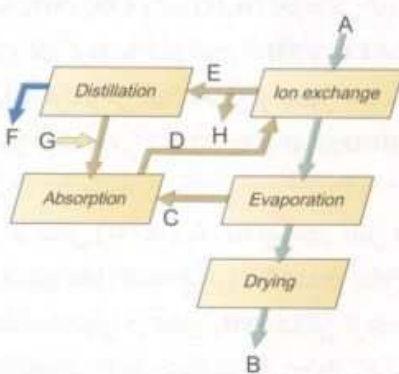
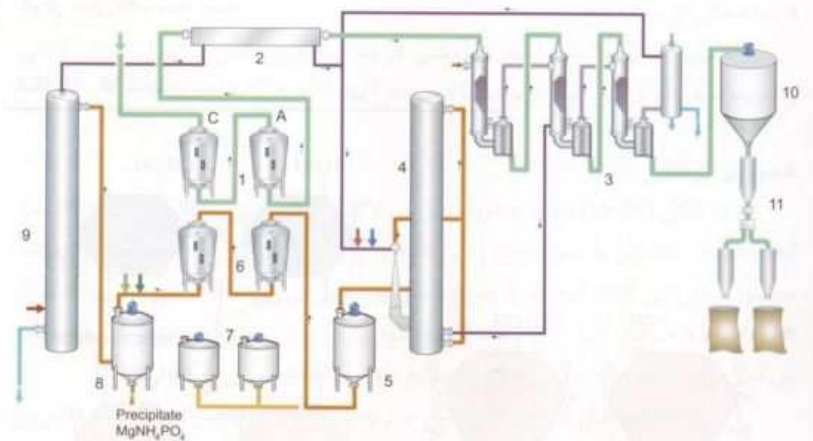
با این روش می توان تقریباً ۸۰ درصد کلسیم فسفات را در آب پنیر اسیدی به آسانی رسوب داده و تصفیه نمود و رسوب حاصل را می توان برای غذای دام یا حتی برای مصارف انسانی به کار برد.

شکل ۱۳- ۱۵ نمای ساختاری واحد ملح زدایی پودر آب پنیر



A = تبادل کننده آنیونی

B = تبادل کننده کاتیونی



A- آب پنیر ورودی  
B- پودر آب پنیر ملح زدایی شده  
C- کنسانسور با  $\text{CO}_2$  و  $\text{NH}_3$   
D- بیکربنات آمونیوم  
E- محلول احیا به کار رفته  
F- فاضلاب  
G-  $\text{CO}_2 + \text{NH}_3$   
H- منتریم آمونیوم فسفات

از ویژگی های فرایند SMR می توان به موارد زیر اشاره نمود :

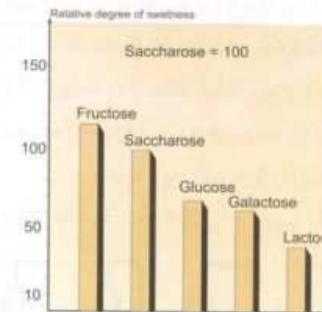
- داشتن هزینه پایین ، به خاطر بازیافت مواد شیمیایی ،
- کاهش کمتر مواد جامد آب پنیر ، در مقایسه با فرایند معمولی تبادل یونی که فقط نصف مقدار را دربر می گیرد ،
- تغییرات کمتر pH در زمان تبدلات یونی (۶/۵-۸/۲) ، در نتیجه حداقل آسیب به پروتئین های آب پنیر وارد می گردد .
- کارایی بالای ملح زدایی ، بیشتر از ۹۰ درصد ،
- پایین بودن دمای عملیات (۵-۶ درجه سانتیگراد) که ارتقا کیفیت باکتریایی محصول نهایی را همراه خواهد داشت .
- راندمان بالای حذف مواد جامد آب پنیر ، در مقایسه با روش معمول در تبادل کننده یونی و الکترودیالیز .
- بازیافت مناسب حرارتی ،

### محدودیت ها و هزینه های فرایند

در بیشتر موارد هزینه مواد شیمیایی مورد استفاده در فرایند بیشترین مقدار هزینه فرایند را تشکیل می دهد ، اما در فرایند SMR به علت بازیافت این مواد هزینه عملیات ۷۰-۳۰ درصد کمتر از روش معمول فرایند تبادل کننده یونی می باشد. این فرایند مانند دیگر سیستم های ملح زدایی ، (الکترودیالیز و تبادل کننده یونی معمولی) به مقدار کلسیم بالا در مایع ورودی به سیستم حساس می باشد. بنابراین مصلحت کار ایجاب می کند که با تنظیم pH و دما در مرحله فرایند مقدماتی قبل از ملح زدایی مقدار کلسیم در مایع کاهش داده شود .

لاکتوز در مقایسه با دیگر انواع قند ها، چندان شیرین نمی باشد. درجه شیرینی انواع قندها و مقایسه آنها از این لحاظ در شکل (۱۵-۱۵) نشان داده شده است. پس از هیدرولیز لاکتوز به طور قابل ملاحظه ای فراورده های شیرین تر تولید می شود.

شکل ۱۵-۱۵ درجه شیرینی انواع مختلف قندها



بعضی از مردم فاقد آنزیم تجزیه کننده لاکتوز می باشند، بنابراین آنها قادر به خوردن یا آشامیدن محصولات و فراورده های شیر نمی باشند. این حالت را عدم تحمل لاکتوز (Lactose intolerance) می نامند. هیدرولیز لاکتوز در فراورده های شیر امکان دسترسی این گروه از مردم را به پروتئین های با کیفیت بالا، ویتامین ها و دیگر موادموجود در شیر و فراورده های آن میسر می سازد.

بعضی اختلال ها مانند ایجاد بافت شنی در بستنی (بلورین شدن لاکتوز) با حذف لاکتوز به وسیله هیدرولیز در این گونه فراورده ها از بین می رود.

#### هیدرولیز آنزیمی

در شکل (۱۵-۱۶) فرایند هیدرولیز آنزیمی لاکتوز در آب پنیر نشان داده شده است. انجام عملیات مقدماتی به صورت ملح زدایی ضروری نمی باشد اما این کار باعث ارتقا کیفیت محصول نهایی می گردد. آب پنیر را پس از هیدرولیز تبخیر می نمایند تا شربتی با ماده خشک ۷۵-۷۰ درصد حاصل آید. ۸۰ درصد لاکتوز موجود در این شربت هیدرولیز شده است و می توان آن را مانند یک شیرین کننده در صنایع نانوایی و تولید بستنی به کار برد.

در هنگام فرایند آنزیم به وسیله اعمال حرارت یا تنظیم pH غیر فعال شده بنابراین نمی توان آن را دوباره به کار برد. امروزه به جای به کار بردن آنزیم آزاد از نوعی آنزیم که بر روی پایه ای تثبیت شده است استفاده می گردد، حامل های آنزیم ممکن است از نوع محلول در آب یا نامحلول باشند. در این سیستم امکان بازیافت مجدد آنزیم وجود دارد و می توان آنرا

لوازم فرایند بیشتر همانند فرایند تبادل کننده یونی معمولی می باشد. هرچند این سیستم لزوم سرمایه گذاری اولیه بالایی را می طلبد، اما باید آنرا در مقایسه با هزینه پایین عملیات و دیگر فایده های آن مورد سنجش قرار داد.

#### لاکتوز

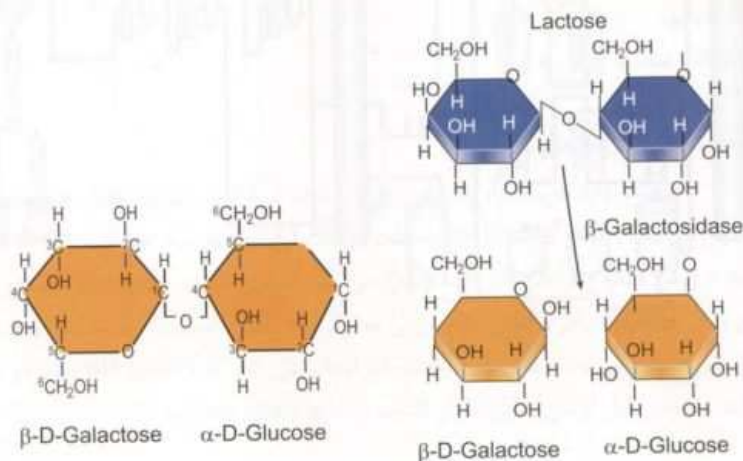
##### هیدرولیز لاکتوز

لاکتوز یک مولکول دو قندی می باشد که از دو مولکول تک قندی گلوکز و گالاکتوز ساخته شده است، شکل (۱۴-۱۵). لاکتوز در دو شکل ایزومری آلفا لاکتوز و بتا لاکتوز یافت می شود. تفاوت اصلی آنها در ترتیب ویژه گروه هیدروکسیل در اتم کربن مولکول گلوکزی می باشد، از موارد دیگر تفاوت می توان به ویژگی های زیر که در هر ایزومر اختصاصی است اشاره نمود:

- حلالیت،
- شکل بلور،
- نقطه ذوب،
- اثرات فیزیولوژیکی،

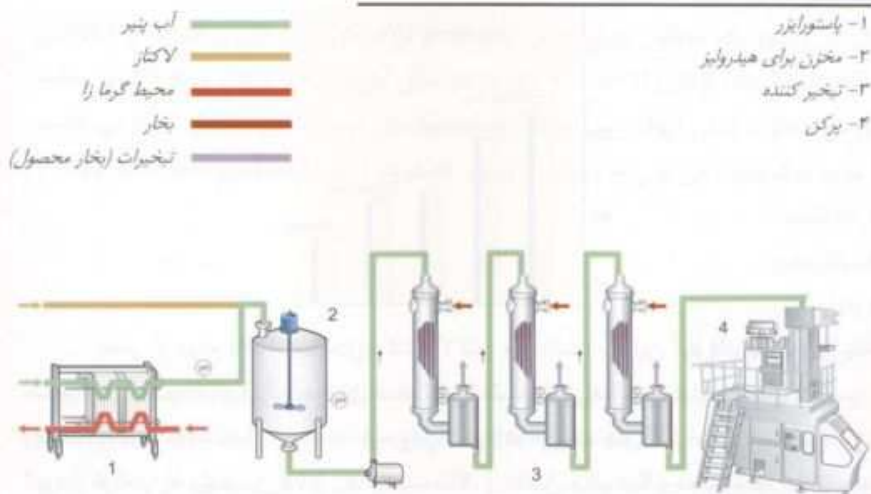
لاکتوز در اثر هیدرولیز یعنی به وسیله اتصال با آب پایه وسیله آنزیم تجزیه می گردد. آنزیم شکنده لاکتوز بتا گالاکتوسیداز ( $\beta$ -galactosidase) نام دارد که به گروه هیدرولاز ها (Hydrolase) تعلق دارد. در شکل (۱۴-۱۵) شکستن آنزیمی لاکتوز و تبدیل آن به گالاکتوز و گلوکز نشان داده شده است.

شکل ۱۴-۱۵ ساختمان شیمیایی لاکتوز و شکستن لاکتوز



مصرف نمی شوند و می توانند به طور پیوسته در فرایند هیدرولیز مقدار زیادی از محصول شرکت نمایند. این امر سودآوری را افزایش می دهد. البته هنوز کاربرد این روش به طور عمومی توسعه نیافته است.

شکل ۱۶- ۱۵ خط هیدرولیز آنزیمی لاکتوز در آب پنیر



### هیدرولیز اسیدی

همچنین لاکتوز را می توان به وسیله اسید و عملیات حرارتی یا با عبور از یک تبادل کننده کاتیونی در شکل هیدروژن، در دمای بالا (تقریباً ۱۰۰ درجه سانتیگراد) تجزیه نمود. درجه هیدرولیز به وسیله انتخاب pH، دما و زمان نگهداری دما، معین می گردد. چون در اثر هیدرولیز آب پنیر رنگ قهوه ای بروز می نماید بنابراین تصفیه قراورده نهایی بازعال (کربن) فعال توصیه شده است.

### واکنش شیمیایی

در برنامه غذایی تشخوار کنندگان می توان از مواد نیتروژن دار غیر پروتئینی مانند اوره و آمونیاک به جای پروتئین استفاده کرد. زیرا میکروارگانیسم های معینی در داخل شکمبه قادر به ساختن پروتئین از این مواد می باشند. با توجه به ضرورت تعادل در نیتروژن و انرژی رژیم غذایی دام، اوره و آمونیاک بهترین شرایط مصرف را برای این منظور دارند. زیرا نیتروژن موجود

در آنها به تدریج در داخل شکمبه آزاد شده و برای ساختن پروتئین ها مورد استفاده قرار می گیرد. لاکتوزیل اوره (Lactosyl urea) و لاکتات آمونیوم دو محصول قابل تولید از آب پنیر می باشند و می توانند بدین منظور مورد استفاده قرار گیرند.

### لاکتوزیل اوره

به طور مختصر طرز تولید آن بشرح زیر می باشد:  
آب پنیر را در دو مرحله تا ۷۵ درصد ماده خشک تغلیظ می نمایند. پس از اضافه نمودن اوره و اسید سولفوریک خوراکی، آب پنیر تغلیظ شده را در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰ ساعت در یک مخزن پوشش دار مجهز به همزن نگهداری می نمایند. تحت این شرایط اوره با لاکتوز واکنش داده و لاکتوزیل اوره تولید می گردد.  
در ادامه محصول را خشک نموده و آن را به یک کارخانه تولید غذای کنسانتره دام یا مستقیماً به دامداری ها می فرستند.

### لاکتات آمونیوم

این فرایند شامل تخمیر لاکتوز موجود در آب پنیر به اسید لاکتیک و حفظ pH آن به کمک آمونیاک و در نتیجه تولید لاکتات آمونیوم می باشد. پس از تغلیظ این ماده تا ۶۱/۵ درصد ماده خشک، محصول آماده استفاده برای مصرف در غذای دام می باشد.



شیر تغلیظ شده غیر شیرین که محصولی تبخیری است معمولا در داخل قوطی بسته بندی شده و سپس در اتوکلاو ها (Autoclaves) یا استریل کننده های افقی، استریل می گردد. فراورده های شیر تغلیظ شده بر پایه استفاده از شیر باز ساخته شده را می توان هم در قوطی استریل نمود و یا پس از عملیات UHT در داخل بسته های مقوایی بسته بندی کرد.

**شیر تغلیظ شده شیرین** اساسا شیر تغلیظ شده ای است که مقداری قند به آن افزوده شده است. معمولا این محصول ظاهری زرد رنگ و شبیه به مایونز (Mayonnaise) به نظر می رسد. محتوای بالای قند در شیر تغلیظ شده شیرین باعث افزایش فشار اسمزی می گردد که این حالت به نابودی بیشتر میکروارگانیسم ها کمک می نماید. مقدار قند در فاز آب تغلیظ شده نباید کمتر از ۶۲/۵ درصد یا بیشتر از ۶۴/۵ درصد باشد. در صورت بیشتر بودن درصد قند در درون محصول، باعث اشباع شدن آن در داخل فراورده شده که منجر به تشکیل بلور خواهد شد. بلور ها در فراورده نهایی ته نشین می شوند. شیر تغلیظ شده شیرین را می توان از شیر کامل یا شیر پس چرخ یا شیر باز ساخته (تهیه شده از پودر شیر پس چرخ و چربی بدون آب و آب) نیز تولید نمود.

شیر تغلیظ شده شیرین تهیه شده از شیر کامل، حاوی ۸ درصد چربی، ۴۵ درصد قند، ۳۰ درصد ماده جامد بدون چربی و ۲۷ درصد آب می باشد. آن را در داخل بشکه های بزرگ برای مصارف صنعتی (در کارخانجات بستنی و شکلات سازی) و در قوطی برای مصرف خرده فروشی (در آب و هوای گرمسیری) و اخیرا در بسته های مقوایی آسپتیک نیز بسته بندی می نمایند.

فرایند ساخت دو محصول فوق الذکر در نمودار ستونی شکل های (۱-۱۶) و (۲-۱۶) نشان داده شده است. در مرحله اول برای هردو محصول چربی و محتوای ماده خشک شیر استاندارد می گردد. در ادامه شیر تحت عملیات حرارتی قرار می گیرد. دو هدف از فرایند حرارتی انتظار می رود: هدف اول نابودی میکروارگانیسم های موجود در شیر و هدف دوم تثبیت کردن شیر است تا متعاقب فرایند استریل کردن تولید دلمه ننماید. مواد خام مورد نیاز و عملیات مقدماتی برای هردو محصول یکسان می باشد. پس از این مرحله اندکی تفاوت در فرایندها وجود دارد.

در تولید شیر تغلیظ شده معمولی (بدون افزودن قند) شیر پس از عملیات حرارتی به وسیله بمپ به یک تبخیر کننده برای تغلیظ شیر هدایت می گردد. شیر پس از تغلیظ، هموژنیزه و خنک می گردد. شیر قبل از بسته بندی از لحاظ وجود دلمه در آن تحت بازرسی قرار می گیرد. در صورت لزوم ممکن است یک تثبیت کننده مانند دی یا تری سدیم فسفات

## فصل شانزدهم

### شیر تغلیظ شده

روش نگهداری شیر به وسیله استریل کردن شیر تبخیر شده، و بسته بندی در ظروف کاملا مسدود از ابتدای سال ۱۸۸۰ میلادی توسعه یافت. البته از چند سال قبل یعنی تقریبا در سال ۱۸۵۰ میلادی روش نگهداری شیر تبخیر شده با افزودن شکر به وسیله یک امریکایی ابداع شده بود. اصول تولید شیر تغلیظ شده، ترکیبی از این دو روش در مقیاس صنعتی می باشد.

شیر تغلیظ شده به دو صورت مختلف تولید می گردد:

شیر غلیظ شده غیر شیرین (Unsweetened condensed milk) (تبخیر شده) که به آن افزودنی خاصی اضافه نشده است و شیر تغلیظ شده شیرین (Sweetened condensed milk) که به آن مقداری قند افزوده شده است.

شیر تغلیظ شده غیر شیرین (گاهی اوقات شیر دوبار تغلیظ شده نامیده می شود) یک فراورده استریل، با رنگ روشن و ظاهر خامه ای شکل می باشد. این محصول بازار مصرف و فروش گسترده ای را برای مثال در کشورهای حاره ای، در مسافرت های دریایی و برای مصارف نیروهای نظامی دارد. معمولا در مکان هایی که امکان دسترسی به شیر تازه وجود ندارد، از آن بیشتر استفاده می نمایند. گاهی اوقات از شیر تغلیظ شده به جای شیر تغذیه نوزاد استفاده می گردد که در این موارد مقداری ویتامین D به آن افزوده می گردد. این محصول مانند خامه قهوه، قابل افزودن به قهوه می باشد و کاربرد های مشابه را داراست. این فراورده را از شیر کامل، شیر پس چرخ یا شیر باز ساخته (Recombine) [تهیه شده از پودر شیر پس چرخ و چربی بدون آب شیر (Anhydrous milk fat=AMF)]، آب و افزودنی های لازم - در فصل ۱۸ مبحث فراورده های شیر بازساخته شده توضیحات بیشتری داده شده است - می سازند.

- تعداد اسپور و باکتری های مقاوم به حرارت در شیر خام کم باشد،
- مقاومت حرارتی شیر بالا باشد تا شیر بتواند بدون دلمه شدن (ثبات پروتئین ها) فرایند های حرارتی بالا را تحمل نماید .

### کیفیت باکتریایی ماده خام

تبخیر شیر تحت شرایط خلاء و در دمای ۷۰-۶۵ درجه سانتیگراد انجام می پذیرد. در این دما (زیر ۶۵ درجه سانتیگراد) اسپور و باکتری های مقاوم به حرارت در شرایط مناسب رشد و تکثیر قرار خواهند گرفت ، که نتیجه آن ایجاد فساد در کل فراورده خواهد بود. رسیدگی دقیق به شرایط باکتریایی فرایند از نکات مهم در تولید شیر تغلیظ شده می باشد.

### ثبات حرارتی ماده خام

توانایی شیر به تحمل کردن عملیات حرارتی بالا به مقدار اسیدیته (که باید پایین باشد) و تعادل املاح در شیر مربوط می باشد. تعادل املاح شیر در فصل های مختلف سال ، طبیعت علوفه مورد مصرف دام و مرحله شیردهی تغییر می یابد. می توان توانایی شیر به تحمل فرایند حرارتی را ارتقاء داد.

### فرایند حرارتی مقدماتی

فرایند حرارتی مقدماتی اساسا برای هردو نوع شیر تغلیظ شده غیر شیرین و شیرین ، یکسان می باشد و معمولا آن شامل استاندارد کردن محتوای چربی و مواد جامد بدون چربی و البته نوع عملیات حرارتی می باشد.

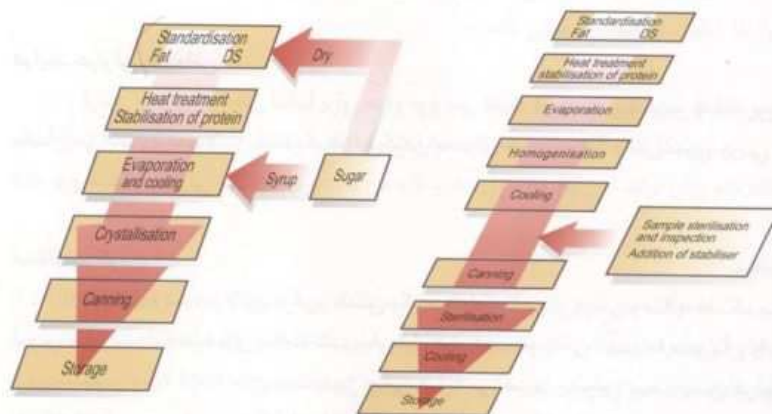
### استاندارد کردن

شیر تغلیظ شده با تاکید به دربر داشتن یک محتوای خاص از چربی و ماده خشک به فروش می رسد. استانداردهای رعایت شده برای این فراورده متفاوت می باشد، اما معمولاً آن را با ۸ درصد چربی و ۱۸ درصد ماده جامد بدون چربی عرضه می نمایند. بنابراین نسبت بین چربی به ماده خشک بدون چربی متعاقبا ۸ : ۱۸ یا ۱ : ۲/۲۵ خواهد بود. این مقادیر به حداقل درصد لازم این مواد در شیر تغلیظ شده اشاره دارد ، معمولا بنا به دلایل اقتصادی مقدار این مواد از یک مرز منطقی فراتر نمی رود. برای اطمینان بیشتر مقدار این مواد را در محدوده ۸/۰۵ درصد چربی و ۱۸/۱ درصد برای ماده جامد بدون چربی، تنظیم می نمایند .

در سیستم های خودکار استاندارد کننده امکان استاندارد کردن دقیق و پیوسته هردو عامل محتوای چربی و نسبت بین محتوای چربی و ماده خشک بدون چربی در شیر وجود دارد.

(Di or trisodium phosphate) ، به محصول اضافه گردد. محصول را پس از بسته بندی در درون قوطی با اتوکلاو استریل می نمایند. قوطی ها را قبل از انبار کردن خشک می نمایند. در فرایند تولید شیر تغلیظ شده شیرین ، شیر پس از طی عملیات حرارتی در تبخیرکننده تغلیظ می گردد . معمولا قند به صورت محلول در هنگام تغلیظ شدن (تبخیر) به شیر اضافه می گردد . اما می توان قند را به صورت خشک بر اساس ماده خشک محاسبه و قبل از تبخیر به شیر افزود. پس از تغلیظ محصول را همانند خشک کردن محلول اشباع لاکتوز به آرامی خشک می نمایند، تا بلور های تشکیل شده در محلول فوق اشباع بسیار کوچک باشد. اندازه این بلور ها باید کوچک و کمتر از ۱۰ میکرون باشند تا نتوان به وسیله زبان آنها را حس نمود. پس از خشک کردن و تبلور، شیر تغلیظ شده شیرین را در قوطی بسته بندی و انبار می نمایند .

شکل ۱-۱۶ مراحل فرایند برای شیر تغلیظ شده شیرین  
شکل ۲-۱۶ مراحل فرایند برای شیر تغلیظ شده غیر شیرین



### ماده اولیه برای تولید شیر تغلیظ شده

کیفیت مواد اولیه برای تولید شیر تغلیظ شده ، اساسا همانند دیگر فراورده های معمولی شیر می باشد ولی باید به دو نکته مهم توجه گردد :

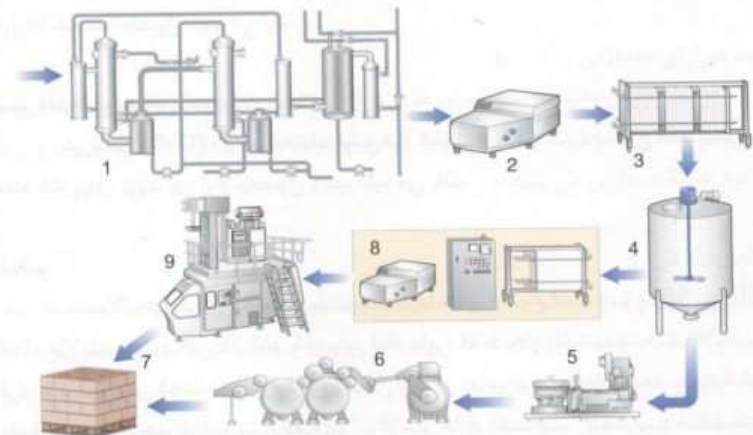
## هموژن کردن

شیر تغلیظ شده پس از طی مراحل تبخیر به وسیله پمپ به هموژن کننده وارد می گردد، هموژن کردن در فشار ۲۵-۱۲/۵ مگاپاسکال (۲۵۰-۱۲۵ بار) انجام می پذیرد. هموژن کردن شیر باعث توزیع یکسان چربی شده و از بهم چسبیدگی گویچه های چربی پس از استریل شدن جلوگیری به عمل می آورد. به طور معمول استفاده از هموژن کننده دو مرحله ای برای تولید این فراورده توصیه شده است.

باید در نظر داشت برای این فراورده ها نباید از هموژن کردن در فشار خیلی بالا استفاده گردد زیرا ممکن است به پایداری پروتئینی فراورده آسیب وارد نماید و در نتیجه خطر دلمه شدن شیر را هنگام استریل کردن افزایش دهد. بنابراین لازم است فشار مناسب برای هموژن کردن تا حدی که بتواند به توزیع یکسان چربی در فراورده کمک نماید یافته شود و تا حد ممکن این فشار پایین باشد تا خطر دلمه شدن شیر در اثر فرایند حرارتی کاهش یابد.

شکل ۳-۱۶ فرایند تولید شیر تغلیظ شده معمولی (غیر شیرین)

۱- تبخیر کننده ۲- هموژن کننده ۳- خنک کننده ۴- مخزن بینابینی ۵- قوطی کردن ۶- استریل کردن ۷- انبار کردن  
۸- عملیات UHT ۹- پرکن اسپتیک



## خنک کردن و استریل کردن

شیر را پس از هموژن کردن تقریباً تا دمای ۱۴ درجه سانتیگراد خنک و بلافاصله بسته بندی می نمایند. یا دمای آن را تا ۵-۸ درجه سانتیگراد خنک نموده و تا رسیدن نتیجه نمونه استریل شده از آزمایشگاه آن را ذخیره می نمایند. معمولاً در این مرحله یک کنترل نهایی بر روی محتوای چربی و ماده جامد بدون چربی انجام می پذیرد.

برای دستیابی به اطلاعات بیشتر در باره استاندارد کردن می توانید به فصل ۲-۶ میحث دستگاه های سانتریفوژی و استاندارد کردن چربی شیر مراجعه نمایید.

## عملیات حرارتی

شیر استاندارد شده قبل از استریل شدن متحمل فرایند حرارتی شدیدی می شود تا میکروارگانیسم های آن نابود شوند و پایداری حرارتی شیر (لخته نشدن پروتئین های شیردر اثر حرارت) بهبود یابد. عملیات حرارتی اغلب در واحد لوله ای پوسته ای یا تبادل کننده حرارتی صفحه ای و در دمای ۱۲۰-۱۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳-۱ دقیقه انجام می پذیرد و محصول متعاقباً از خنک شدن (تا دمای تقریباً ۷۰ درجه سانتیگراد) روانه تبخیر کننده ها می گردد.

هنگام به کار گیری عملیات حرارتی قسمت عمده پروتئین های سرمی (آب پنیر) شیر دناتوره شده و نمک های کلسیم رسوب می نمایند. در این مسیر، مخلوط پروتئین های شیر پایدار شده و آن را قادر می سازد تا دمای استریل شدن را تحمل نماید و متعاقباً در هنگام انبار مانی ایجاد دلمه ننماید.

این نوع عملیات حرارتی تاحدی ویسکوزیته محصول نهایی را افزایش می دهد که در ارتقا کیفیت محصول مهم می باشد.

## شیر تغلیظ شده غیر شیرین

در شکل (۳-۱۶) مراحل مختلف تولید شیر تغلیظ شده غیر شیرین نشان داده شده است. ماده خام برای تولید این نوع محصول، شیر تازه می باشد.

## تبخیر

معمولاً تبخیر کردن شیر در سیستم چند مرحله ای از نوع لایه ریز (Falling film) انجام می پذیرد. برای این کار شیر را از میان لوله هایی که با بخار داغ شده و تحت خلأ نسبی قرار دارد، عبور می دهند. در این حالت جوشیدن شیر در دمای بین ۷۰-۶۵ درجه سانتیگراد به وقوع می پیوندد. همراه باجوشش، مقداری آب از شیر خارج شده و به درصد ماده خشک موجود در شیر افزوده می گردد. چگالی فراورده در ضمن فرایند به طور پیوسته تحت کنترل قرار می گیرد. تغلیظ ماده جامد خشک تا دستیابی به چگالی تقریباً ۱/۰۷ ادامه می یابد. به طور معمول ۲/۱ کیلوگرم شیر خام با محتوای چربی ۳/۸ درصد و جامد بدون چربی ۸/۵۵ درصد می تواند ۱ کیلوگرم شیر تغلیظ شده معمولی با ۸ درصد چربی و ۱۸ درصد ماده جامد بدون چربی تولید نماید.



قبل از کارتن گذاری، قوطی ها و بسته های مقوایی آسپتیک حاوی شیر تغلیظ شده را برچسب می زنند. شیر تغلیظ شده را تا زمان فروش در انبار با دمای ۱۵-۰ درجه سانتیگراد نگهداری می نمایند. اگر دمای انبار بالا باشد باعث بروز رنگ قهوه ای در شیر خواهد شد و در انبار با دمای بسیار پایین نیز رسوب پروتئین شیر مشاهده می گردد.

شیر تغلیظ شده باید دارای رنگ شفاف بوده و ظاهر آن شبیه خامه باشد. معمولاً از هر محموله تولید چندین نمونه قوطی برای بازرسی برداشته می شود. این قوطی ها را ابتدا در سه دمای محیط، ۳۰ درجه سانتیگراد و ۳۸ درجه سانتیگراد نگهداری می نمایند. قوطی ها را پس از ۱۴-۱۰ روز برای تعیین کیفیت هر محموله مورد آزمایش قرار می دهند. آزمایش های درصد چربی، ماده خشک بدون چربی، ویسکوزیته، شمارش باکتری واسیور، رنگ، بو و مزه بر روی شیر تغلیظ شده انجام می پذیرد. تعدادی از قوطی ها را برای تکمیل ارزیابی و اهداف مشابه تا یک سال نگهداری می نمایند.

### شیر تغلیظ شده شیرین

در شکل (۴-۱۶) خط تولید شیر تغلیظ شده شیرین با استفاده از شیر تازه نشان داده شده است. قبل از انجام تبخیر، مقدار چربی و ماده جامد بدون چربی شیر همانند روش تولید شیر تغلیظ شده غیر شیرین، استاندارد می گردد. عملیات حرارتی بر روی شیر برای نابودسازی میکروارگانیسم ها و آنزیم ها که ممکن است سبب بروز مشکل و عدم ثبات پروتئین های شیر گردند با دقت انجام می پذیرد. ضمناً عملیات حرارتی باعث بهبود ویسکوزیته محصول که یک حالت مهم در شیر تغلیظ شده شیرین می باشد (در هنگام انبار مانی) می گردد. عملیات حرارتی خیلی شدید باعث شکل گیری یک حالت ژلی (Gel) در فرآورده می گردد. معمولاً شیر را در دمای ۸۲ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰ دقیقه برای دستیابی به محصولی با ویسکوزیته تقریباً بالا تحت عملیات حرارتی قرار می دهند. اگر هدف تولید فرآورده ای با ویسکوزیته پایین باشد، ترکیب دما و زمان به صورت ۱۱۶ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ ثانیه انتخاب می گردد.

افزودن شکر یک مرحله کلیدی در تولید شیر تغلیظ شده شیرین می باشد. به کاربردن مقدار مناسب شکر، نقش مهمی بر روی ماندگاری و ایجاد فشار اسمزی بالا در شیر دارد. محتوای ۶۲/۵ درصد قند در فاز "آبی" می تواند فشار اسمزی لازم را که مانع رشد باکتری ها گردد، ایجاد نماید.

دو روش برای افزودن شکر وجود دارد:

- افزودن شکر خشک قبل از عملیات حرارتی،
- افزودن شربت شکر به شیر در داخل واحد تبخیر کننده،

همان طوری که قبلاً توضیح داده شد پایداری حرارتی شیر تغلیظ شده را می توان به وسیله افزودن پایدار کننده (Stabilisers) که معمولاً دی یا تری سدیم فسفات است ارتقا داد. مقدار فسفات لازم به وسیله نمونه استریل شده معلوم می گردد. افزودن ویتامین ها نیز در این مرحله انجام می پذیرد.

### قوطی کردن

ماشین بسته بندی، شیر تغلیظ شده را به طور خودکار در درون قوطی ها پر و درب بندی می نماید. دمای قوطی کردن به گونه ای انتخاب می گردد تا کف کمتری ایجاد گردد.

### استریل کردن

قوطی های پر و درب بندی شده به اتوکلاو مداوم یا غیر مداوم برای استریل شدن هدایت می گردند. در سیستم اتوکلاو غیر مداوم قوطی ها را ابتدا در داخل سبد های مخصوص چیده و سپس آنها را به داخل اتوکلاو هدایت می نمایند. در اتوکلاو با سیستم های مداوم، قوطی ها از روی یک تسمه نقاله با کنترل دقیق سرعت از داخل بخش استریل کننده عبور داده می شوند.

در هر دو نوع روش اتوکلاو کردن، برای کمک به توزیع بیشتر و بهتر حرارت قوطی ها را به طریقی حرکت می دهند. این عمل علاوه بر فوائد فوق باعث می شود که اگر پروتئینی هنگام عملیات حرارتی در قوطی رسوب کرده باشد به طور یکسان در میان شیر پخش شود. پس از رسیدن دمای شیر داخل قوطی به ۱۲۰-۱۱۰ درجه سانتیگراد، دما را به مدت ۲۰-۱۵ دقیقه ثابت نگهداری می نمایند. متعاقباً شیر تا دمای انبار مانی خنک و ذخیره می گردد. به کار گیری عملیات حرارتی شدید ممکن است منجر به تغییر رنگ ملایم قهوه ای در فرآورده گردد که به دلیل بروز واکنش شیمیایی بین پروتئین و لاکتوز شیر (واکنش میلارد Maillard reaction یا واکنش قهوه ای شدن) می باشد.

### عملیات UHT

عملیات در واحد UHT را نیز می توان برای شیر تغلیظ شده به کار برد. در این حالت شیر پس از نمونه گیری و کنترل شرایط عملیات، پس از افزودن یک پایدار کننده، برای استریل شدن به واحد UHT پمپ می گردد. در آنجا شیر تحت دمای ۱۴۰ درجه سانتیگراد به مدت تقریباً ۳ ثانیه در معرض حرارت قرار داده می شود. پس از خنک کردن شیر را به طور آسپتیک در بسته های مقوایی چند لایه بسته بندی کرده و انبار می گردد.

## خنک کردن و بلورین سازی

شیر تغلیظ شده شیرین باید پس از عملیات تبخیر خنک گردد. این مرحله بحرانی ترین قسمت عملیاتی فرایند می باشد. آب موجود در شیر تغلیظ شده فقط نصف مقدار لاکتوز موجود در شیر را به حالت محلول در خود نگه می دارد و نصف دیگر به شکل بلور رسوب می نماید. اگر به لاکتوز مازاد اجازه رسوب آزادانه داده شود دانه های بلور تشکیل شده بزرگ بوده و به محصول حالت شنی می دهد و این حالت برای مصرف کننده غیر مطلوب می باشد. لذا باید بلورین شدن لاکتوز تحت کنترل در آید تا بلور های بسیار کوچک تولید گردند. اندازه بزرگترین بلورها در شیر درجه یک فقط ۱۰ میکرون می باشد. بلور هایی با این اندازه در دمای معمولی ۱۵-۲۵ درجه سانتیگراد در داخل شیر پخش می باشند و بر روی زبان قابل حس نیستند. بلور سازی باید همراه با همزدن قوی بدون ورود هوا به مخلوط انجام پذیرد. وقتی که شیر تا دمای بلورین شدن (تقریباً ۳۰ درجه سانتیگراد) خنک شد، دانه پاشی به شکل افزودن دانه های ریز بودری یا به صورت محلول (شربت) برای تسریع و شروع مرحله بلورین شدن به مقدار تقریباً ۰/۰۵ درصد انجام می شود. سپس مخلوط را با حد اکثر سرعت تادمای ۱۸-۱۵ درجه سانتیگراد خنک نموده و بطور پیوسته با یک همزن قوی به مدت تقریباً یک ساعت همزده می شود.

ویسکوزیته شیر تغلیظ شده شیرین بسیار بالا است بنابراین وجود همزن بسیار قوی در مخزن بلورین سازی ضرورت دارد.

شیر تغلیظ شده خنک را به وسیله پمپ به مخزن نگهداری انتقال داده و در آنجا برای تکمیل تبلور تاروز بعد از فرایند نگهداری می نمایند.

## بسته بندی و بازاریابی

رنگ شیر تغلیظ شده شیرین باید زرد فام بوده و شفافیت مایونز را داشته باشد. به طور مرسوم آن را در داخل قوطی بسته بندی می نمایند. قوطی های مورد استفاده باید قبل از استفاده تمیز و استریل شده باشند. زیرا پس از پر کردن هیچ فرایند استریل کننده ای بر روی آن انجام نمی پذیرد.

امروزه همچنین بسته بندی شیر تغلیظ شده شیرین، در بسته بندی مقوایی چند لایه نیز انجام می گیرد.

بسته بندی در بشکه های چوبی (Beech-wood barrels) با ظرفیت تقریباً ۳۰۰ کیلوگرم برای استفاده در مقیاس های بزرگ (صنعتی) نیز رایج می باشد.

تولید کننده شیر تغلیظ شده شیرین، باید تعدادی از نمونه های بسته بندی شده را برای بیشتر از یک سال جهت کنترل و نظارت بر روی آن نگهداری نماید. تمام آزمایشات لازم بر

مرحله ای که شکر به شیر افزوده می گردد در بروز ویسکوزیته در محصول نهایی مؤثر می باشد. یک فرضیه بیان می دارد که افزودن زود هنگام شکر می تواند سبب افزایش ویسکوزیته محصول در هنگام نگهداری گردد.

## تبخیر کردن

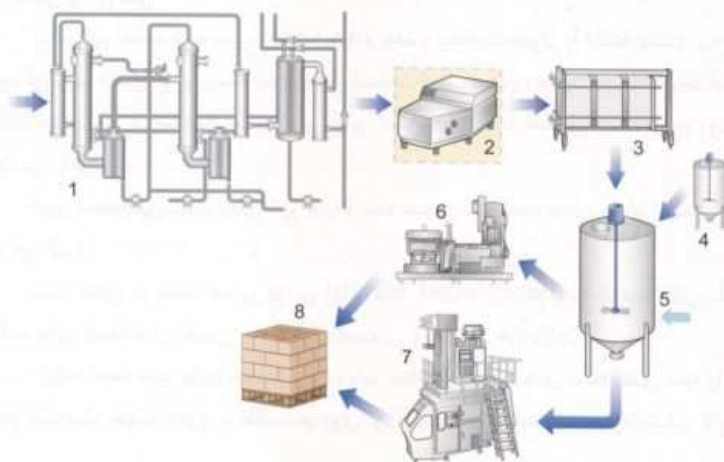
مراحل تبخیر کردن در تولید شیر تغلیظ شده شیرین، اساساً همانند عملیات شیر تغلیظ شده معمولی می باشد. در روشی که شکر در مرحله تبخیر به شیر افزوده می گردد، شربت را در اواسط مرحله فرایند تبخیر، به داخل تبخیر کننده هدایت نموده و با شیر مخلوط می نمایند و سپس تبخیر کردن به طور پیوسته تا دستیابی به ماده خشک لازم ادامه می یابد. ماده خشک این مخلوط تا دستیابی به چگالی لازم به وسیله چگالی سنج کنترل می گردد. چگالی لازم برای رسیدن به ماده خشک مورد نظر برای شیر کامل شیرین تقریباً ۱/۳ و برای شیر پس چرخ شیرین ۱/۲۵ می باشد. از مقدار ۲/۵ کیلوگرم شیر با چربی ۳/۲ درصد همراه با ۰/۴۴ کیلوگرم شکر، ۱ کیلوگرم شیر تغلیظ شده شیرین با ۸ درصد چربی، ۴۵ درصد شکر و ۲۷ درصد آب تولید می گردد.

بعضی از تولید کنندگان، شیر تغلیظ شده شیرین را بلافاصله پس از مرحله تبخیر برای تنظیم ویسکوزیته در فشار ۷/۵-۵ مگاپاسکال (۷۵-۵۰ بار) هموژن می نمایند.

## شکل ۴-۱۶ فرایند تولید شیر تغلیظ شده شیرین

۱- تبخیر کننده ۲- هموژن کننده ۳- خنک کننده ۴- افزودن مایع لاکتوز ۵- مخزن بلورین سازی ۶- قوطی کردن

۷- بسته بندی مقوایی ۸- انبار کردن



## فصل هفدهم

### پودر شیر

محافظت از مواد خوراکی مختلف به وسیله خشک کردن و در نتیجه محروم کردن میکروارگانیسم ها از دسترسی به آب، از قرن ها پیش شناخته شده بود. در سفرنامه مارکوپولو گفته شده که مغول ها تولید پودر شیر را در حرارت آفتاب انجام می دادند . امروزه تولید پودر شیر در واحد های پیشرفته و در مقیاس های بزرگ انجام می گیرد. حد اکثر عمر ماندگاری پودر شیر بدون چربی تقریباً ۳ سال و پودر شیر کامل تقریباً ۶ ماه می باشد. دلیل این تفاوت ، اکسیداسیون چربی موجود در پودر شیر کامل هنگام نگهداری ، فساد تدریجی و تغییرهای مزه می باشد .

### خشک کردن

خشک کردن (Drying) به معنی حذف آب از محصول مایع (دراین جاشیر) می باشد که در آن صورت محصول حاصل به شکل جامد در خواهد آمد. آب باقی مانده در پودر شیر حدود ۲/۵ و ۵ درصد خواهد بود که در این شرایط هیچ گونه باکتری قادر به رشد نخواهد بود. خشک کردن علاوه بر افزایش عمر ماندگاری شیر، باعث کاهش وزن و حجم آن نیز می گردد . این حالت هزینه حمل و نقل و انبار کردن محصول کاهش می یابد.

از روش خشک کردن در انجماد (Freeze-drying) برای تولید پودر با کیفیت بسیار بالا استفاده می شود. در این فرایند آب تحت شرایط خلأ از شیر جدا و تبخیر می گردد. در این روش به دلیل آسیب ندیدن پروتئین ، محصول با کیفیتی بالا تولید می شود. پودر تولید شده در اثر حرارت بالا همیشه از شرایط حاکم بر خشک کردن متاثر می شود. خشک کردن در انجماد به علت نیاز به انرژی زیاد هنوز برای خشک کردن شیر به طور گسترده کاربرد پیدا نکرده است. روش های تجاری خشک کردن بر مبنای در معرض حرارت قرار دادن ماده اولیه (شیر) استوار است . در این شرایط آب تبخیر شده به صورت بخار حذف می شود و باقیمانده محصول

روی شیر تغلیظ شده شیرین مانند شیر تغلیظ شده غیر شیرین می باشد ، علاوه برآن باید کنترل خاصی برای اندازه گیری اندازه بلور ها انجام پذیرد .



استفاده گردد، این پودر باید قابلیت حلالیت بالایی را داشته و مزه و ارزش غذایی  $\geq$  ۲۰۰ را در خود حفظ کرده باشد. درجات کمی از کاراملیزه شدن لاکتوز در پودر شیر آن را برای مصرف فرآورده های شکلات سودمند خواهد نمود. در حالت اول خشک کردن ملایم محصول در یک برج پاششی ضروری است، درحالیکه در حالت دوم می توان محصول را به وسیله عملیات حرارتی شدیدتر مثلا در یک خشک کن استوانه غلطکی خشک نمود.

تابلو ۱-۱۷ درجه بندی پودر شیر پس چرخ بر اساس ADMI

| خواص                                                                                 | خشک کن پاششی (حداکثر) | خشک کن غلطکی (حداکثر) |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| محتوای چربی شیر                                                                      | ۱/۲۵ %                | ۱/۲۵ %                |
| محتوای رطوبت                                                                         | ۴ %                   | ۴ %                   |
| اسیدیته قابل تیتراسیون                                                               | ۰/۱۵ %                | ۰/۱۵ %                |
| ضریب حلالیت                                                                          | ۱/۲۵ میلیلیتر/گرم     | ۱۵ میلیلیتر/گرم       |
| برآورد باکتریایی                                                                     | ۵۰۰۰۰ در هر گرم       | ۵۰۰۰۰ در هر گرم       |
| ذرات سوخته                                                                           | دیسک B (۱۵ میلیگرم)   | دیسک C (۲۲/۵ میلیگرم) |
| * ADMI = (American Dry Milk Institute) انیستیتو شیر خشک آمریکا،                      |                       |                       |
| ** بجز پودر خشک شده در حرارت بالا، برای آن تا حداکثر ۲ میلی لیتر اجازه داده شده است. |                       |                       |

بنابراین دو نوع پودر ناشی از خشک کردن شیر بدست می آید:

۱- پودر حاصله از خشک کن استوانه غلطکی،

۲- پودر حاصل از خشک کن پاششی،

در تابلو (۱-۱۷) یک نمونه از استاندارد به کار رفته برای پودر شیر پس چرخ نشان داده شده است. حلالیت مجدد پودر تولید شده با روش پاششی بسیار خوب بوده و در مقابل، این ویژگی در پودر خشک شده با روش استوانه غلطکی ضعیف می باشد. علت آن اعمال عملیات حرارتی شدید تر در خشک کن استوانه غلطکی است.

پسته به شدت عملیات حرارتی به کار رفته در تولید پودر شیر، آن را دسته بندی می نمایند.

عملیات حرارتی باعث دناتوره شدن پروتئین های سرمی شده و با افزایش دما در عملیات حرارتی به درصد دناتوراسیون پروتئین ها افزوده می گردد. درجه دناتوراسیون به وسیله شاخص ازت پروتئین آب پنیر (Whey Protein Nitrogen Index = WPNI) بر حسب میلی گرم پروتئین آب پنیر دناتوره شده به ازای هر گرم پودر بیان می شود.

اطلاعات در مورد انواع طبقه بندی پودر شیر پس چرخ خشک شده در تابلو (۲-۱۷) نشان داده شده است.

به صورت خشک در می آید. در صنایع لبنی از دو روش اصلی برای خشک کردن فرآورده ها استفاده می گردد:

۱- خشک کردن با استوانه غلطکی (Roller drying)

۲- خشک کردن پاششی (Spray drying)

در خشک کردن پاششی شیر را ابتدا به وسیله تبخیر تغلیظ کرده و سپس در برج پاششی خشک می نمایند.

هنگام خشک کردن در اولین مرحله آب اضافی که به صورت آزاد در بین ذرات جامد قرار دارد تبخیر می گردد. در مرحله نهایی آب موجود در منافذ و موینه های ذرات جامد تبخیر می شود.

اولین مرحله خشک کردن، به طور نسبی سریع بوده درحالیکه مرحله آخر نیازمند انرژی و زمان بیشتری است. اثرات ناخواسته ناشی از گرما بر روی محصول به طور قابل توجهی در خشک کردن به وسیله سطح داغ مانند خشک کردن با روش استوانه غلطکی افزایش می یابد. وجود ذرات سوخته در پودر شیر به کیفیت آن لطمه می زند.

#### کاربردهای مختلف پودر شیر

از شیر خشک برای مصارف گوناگونی استفاده می گردد مانند:

- تولید شیر باز ساخته،
- افزودن به خمیر در صنایع نانوائی برای افزایش حجم نان و ارتقا ظرفیت اتصال های آبی (جلوگیری از بیات شدن سریع). در این حالت نان به مدت طولانی تری تازه باقی می ماند.
- افزودن به خمیر ماکارونی برای افزایش تردی در محصول نهایی.
- جانشین تخم مرغ در فرمولاسیون نان و ماکارونی،
- در تولید شیر شکلات در صنایع شکلات سازی،
- در تولید سوسیس و انواع مختلف غذای های پخته و آماده مصرف در صنایع غذایی،
- جانشینی برای شیر مادر در غذای کودک،
- در تولید بستنی،
- در تولید خوراک دام.

#### پودر شیر پس چرخ

پودر شیر پس چرخ به مراتب بیشترین مصرف را در مقایسه با انواع پودر ها دارد.

هر زمینه از مصرف ویژگی های خاصی را از پودر شیر طلب می نماید. برای مثال اگر قرار است از پودر شیر برای تولید شیر باز ساخته شده (Recombined) برای مصارف انسانی

با روش پاششی، برتری داشته و بلافاصله به محض قرار گرفتن در آب (حتی آب سرد) در آن کاملاً حل می گردد.

### چگالی حجمی (تراکم توده)

وقتی که قرار باشد پودر شیر مثلاً به وسیله کشتی به مسافت های دور ارسال گردد. در این حالت چگالی حجمی (High bulk density) بالا برای محصول در راستای کاهش حجم یک برتری محسوب می گردد، زیرا اغلب موارد هزینه های حمل و نقل بر اساس حجم محموله محاسبه می گردد. چگالی حجمی بالا کار بسته بندی را ساده تر می نماید. باوجود این بعضی تولید کنندگان اصرار بر پایین بودن چگالی حجمی محصول خود دارند، زیرا معتقدند از دیدگاه بصری مقدار محصول آنها بیشتر از محصول مشابه تولید شده به وسیله تولید کنندگان رقیب به نظر می رساند. چگالی حجمی کمتر ناشی از انباشتگی (Agglomeration) خاص ذرات پودر شیر می باشد و از مشخصه های مهم پودر فوری محسوب می گردد.

### تعاریف

چگالی حجمی وزن واحد حجم پودر شیر می باشد که در عمل آن را به صورت زیر بیان می نمایند: g/ml ، g/100 ، یا g/l .

### عوامل موثر بر چگالی حجمی

چگالی حجمی پودر شیر یک خاصیت بسیار پیچیده می باشد و تحت تاثیر عوامل مختلفی قرار دارد. از عوامل اصلی موثر بر چگالی حجمی ، می توان به موارد زیر اشاره نمود :

- ۱- چگالی ذرات شامل :
- چگالی مواد سازنده پودر،
- مقدار هوای جذب شده در داخل ذرات ،
- ۲- مقدار هوای بین ذرات .

### چگالی مواد سازنده پودر

چگالی مواد سازنده پودر به وسیله ترکیبات پودر تعیین می گردد و وابسته به محتوی و چگالی تک تک ترکیبات بوده و بر اساس فرمول زیر محاسبه می گردد.

$$\frac{100}{\frac{\%A}{D_A} + \frac{\%B}{D_B} + \frac{\%C}{D_C} + \text{etc.} + \% \text{moisture}}$$

(رطوبت = moisture ، و غیره = etc.)

### پودر شیر کامل

پودر شیر کامل خشک شده به طریقه پاششی ، به طور معمول از شیر با چربی استاندارد تهیه می گردد. پس از استاندارد کردن شیر ، هموژنیزه کردن آن ضرورت ندارد و فقط چربی در آن همزده شده و احتیاط لازم به عمل آمده تا هوا وارد محصول نگردد. همزدن قبل از تبخیر و قبل از خشک کردن با روش پاششی ، نیز بر روی محصول انجام می پذیرد. در مواقعی که هدف تولید شیر کامل فوری (Instant whole milk) باشد پس از مرحله تغلیظ کردن هموزن کردن هم انجام می گیرد .

تابلو ۲-۱۷ دسته بندی پودر شیر پس چرخ خشک شده بطریقه پاششی

| دسته بندی                     | دما / زمان                 | WPNI (mg/g u.w-p)    |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------|
| حرارت فوق العاده کم           | < ۷۰ °C                    | غیر قابل اندازه گیری |
| پودر حرارت پایین              | ۷۰ °C در ۱۵ ثانیه          | > ۶                  |
| پودر حرارت متوسط              | ۸۵ °C در ۲۰ ثانیه          | ۵ - ۶                |
| پودر حرارت متوسط              | ۹۰ °C در ۳۰ ثانیه          | ۴ - ۵                |
| پودر حرارت متوسط              | ۹۵ °C در ۳۰ ثانیه          | ۳ - ۴                |
| حرارت نسبتاً بالا             | ۱۲۴ °C در ۳۰ ثانیه         | ۱/۵ - ۲              |
| حرارت بالا                    | تقریباً ۱۳۵ °C در ۳۰ ثانیه | < ۱/۴                |
| حرارت بالا / ثبات بالا از شیر | تقریباً ۱۳۵ °C در ۳۰ ثانیه | < ۱/۴                |

انتخاب شده

مرجع : Sanderson N.Z., J. Dairy technology, 2, 35 (1967)

به طور معمول چربی در شیر استاندارد برای تولید پودر شیر خشک با روش استاندارد غلطکی هموزن می گردد.

پودر شیر کامل مانند پودر شیر پس چرخ دسته بندی نمی گردد. شیری که در نظر است برای تولید پودر شیر کامل به کار برده شود ، به طور معمول در دمای ۸۵-۸۰ درجه سانتیگراد پاستوریزه می گردد هدف از این کار غیرفعال کردن آنزیم های لیپولیتیک بوده تا در زمان نگهداری باعث فساد چربی شیر موجود در پودر شیر نگردد.

### پودر شیر فوری

روش ویژه ای برای تولید هر دو نوع پودر شیر پس چرخ و شیر کامل که حلالیت بسیار خوبی را دارند و بنام پودر فوری (Instant powder) شناخته شده اند در دسترس می باشند. این پودر از دانه بندی درشت تری برخوردار بوده و از نظر حل شدن در مقایسه با پودر تولید شده

در تولید شیر خشک غلظکی، شیر پیش فرایند شده به خشک کن غلظکی داده شده و کل فرایند خشک کردن در یک مرحله انجام می شود.

در تولید پودر شیر با روش پاششی، شیر ابتدا تحت خلاء تبخیر شده تا محتوای ماده خشک آن به تقریباً ۵۵-۴۵ درصد برسد. پودر شیر پس چرخ تولید شده با روش پاششی بر پایه دو نوع کیفیت تولید می شود:

- محصول معمولی،
  - محصول انباشته (Agglomerated product)، برای تهیه پودر شیر فوری، به وسیله سیستم های گوناگون خشک کن پاششی.
- متعاقباً محصول هر دو نوع خشک کن را ( غلظکی و پاششی ) در قوطی، مقوا، بسته های چند لایه یا کیسه های پلاستیکی، با توجه به کیفیت و نیازمندی های مصرف کننده بسته بندی می نمایند.

## مواد اولیه

تاکید بسیار سخت و شدیدی بر روی کیفیت مواد اولیه برای تولید پودر شیر وجود دارد. در تابلو (۱-۱۷) نشان داده شده که در بعضی از کشورها تعداد باکتری در هر گرم از پودر نباید از مقدار ۵۰۰۰۰ یا حتی ۳۰۰۰۰ متجاوز گردد. این مقدار تقریباً معادل ۵۰۰۰ (یا ۳۰۰۰) باکتری در هر لیتر از شیر بازساخته شده می باشد، مشروط بر آن که هیچ گونه آلودگی ثانویه در خلال تولید رخ نداده باشد. از آنجایی که تولید پودر شیر با روش پاششی دربردارنده یک مرحله تبخیر در خلاء می باشد (حرارت پایین است)، بنابراین باید تعداد باکتری های مقاوم به حرارت در محصول تغلیظ شده در حداقل مقدار باشد که در هنگام تبخیر تکثیر نگردند. عملیات باکتوفوگاسیون یا میکروفیلتراسیون شیر برای حذف اسپور باکتریها باعث ارتقا کیفیت باکتريولوژیکی محصول نهایی خواهد شد.

شیر مورد استفاده برای تولید پودر شیر هرگز نباید در معرض فرایند شدید حرارتی (قبل از ورود به واحد تولید پودر شیر) قرار گیرد. این قبیل عملیات حرارتی باعث انعقاد پروتئین های آب پنیر در شیر شده و به قابلیت انحلال، مواد معطر فرار و مزه در محصول نهایی لطمه می رساند. با استفاده از آزمایش پراکسیداز (Peroxidase test) یا آزمایش پروتئین آب پنیر می توان شدت عملیات حرارتی قبلی را بر روی شیر معین نمود. اگر باستوریزاسیون حرارت بالا بر روی شیر انجام پذیرفته باشد در نتایج هر دو آزمایشات اشاره شده بالا، مشخص خواهد گردید.

در این فرمول  $A\%$ ،  $B\%$ ،  $C\%$ ، معادل درصد ترکیبات دارای چگالی های  $D_A$ ،  $D_B$ ،  $D_C$  در محصول می باشند.

## میزان هوای محبوس شده در پودر شیر

پودر شیر به طور معمول حاوی ۱۰ تا ۳۰ میلی لیتر هوای محبوس شده در هر ۱۰۰ گرم پودر می باشد. عوامل متعددی در جذب هوا به داخل ذرات پودر تاثیر دارند، به تعدادی از این عوامل در زیر اشاره شده است:

- رخنه هوا به داخل محصول پس از مرحله عبور آن از درون تبخیر کننده (البته در این مرحله هوای داخل شده به محصول در شرایط خلاء خارج می گردد) و در مرحله انتقال به خشک کن پاششی از طریق منافذ لوله ها و ... انجام می گیرد.
- نوع سیستم انتخاب شده برای پاشش مایع تغلیظ شده به داخل خشک کن ممکن است سبب ورود هوا گردد.
- مقدار هوای آمیخته شده در محصول، فقط وابسته به عمل زده شدن (Whipping) در هنگام قبل یا بعد از ذره ای شدن (Atomisation) در سیستم نمی باشد بلکه به خواص خود ماده مثلاً توانایی آن به ایجاد کف نیز بستگی دارد. این خواص اساساً تحت تاثیر مقدار و کیفیت پروتئین های موجود در محصول و عوامل ممانعت کننده از "زده شدن" قرار دارد. مواد تغلیظ شده ای که حاوی چربی هستند خیلی کمتر مستعد کف کردن (در مقایسه با شیر پس چرخ) می باشند. در ادامه عوامل موثر در خواص کف زایی شیر پس چرخ، در فرایند خشک کردن شرح داده خواهد شد.
- پروتئین های دناتوره نشده سرمی (آب پنیر) تمایل زیادی به ایجاد کف دارند، این خصیصه را می توان با استفاده از عملیات حرارتی تا دست یابی به درجاتی از دناتوراسیون این پروتئین ها کاهش داد، تابلو (۲-۱۷).
- مواد تغلیظ شده با مقدار ماده جامد کل و کم در مقایسه با مواد تغلیظ شده با ماده جامد کل زیاد، کف بیشتری ایجاد می کنند.
- مواد غلیظ سرد (شیری) در مقایسه با مواد گرم بیشتر و سریعتر "زده" می شوند.

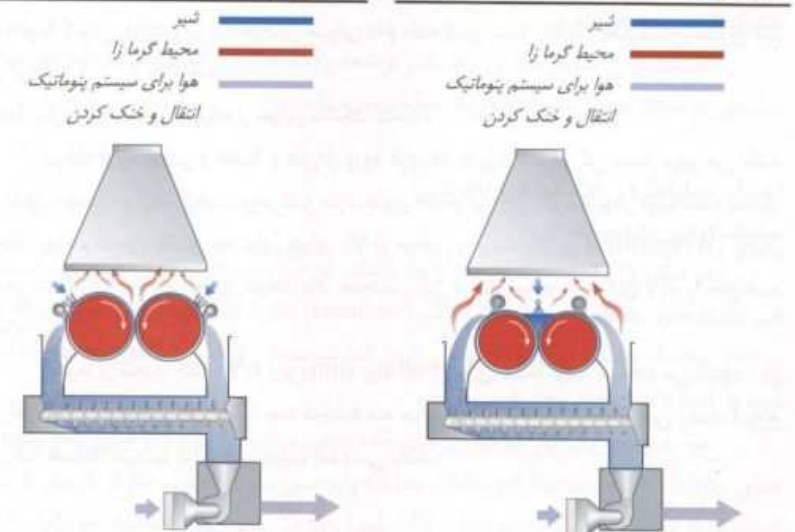
## هوای بین ذرات

مقدار هوای بین ذرات، ممکن است به مقدار تقریباً ۱۲۷ میلی لیتر در هر ۱۰۰ گرم از پودر باشد. این خصیصه بسیار پیچیده بوده و به اندازه ذرات پخش شده و درجه انباشتگی آنها بستگی دارد.



با توجه به ظرفیت ممکن است دو استوانه غلطکی خشک کن دارای ۶-۱ متر درازا و ۰/۶-۳ متر قطر باشند. معمولاً اندازه با توجه به ضخامت لایه نازک، دما، سرعت دوران استوانه و ماده خشک لازم در محصول خشک شده نهایی تعیین می گردد.

**شکل ۱-۱۷ اصول کار در خشک کن غلطکی با تغذیه ریزی** **شکل ۲-۱۷ اصول کار در خشک کن غلطکی با تغذیه پاششی**



ضخامت لایه خشک را می توان به وسیله تنظیم فاصله شکاف بین استوانه ها تنظیم نمود. در شکل (۲-۱۷) اصول تغذیه پاششی به غلطک خشک کن نشان داده شده است. پاشنده ها (Nozzles) مایع را به صورت ذرات ریز و به شکل یک لایه نازک در روی سطح داغ استوانه ها پخش می کنند. به این ترتیب تقریباً از ۹۰ درصد انتقال حرارت در سطح استفاده می شود این نسبت در غلطک با تغذیه ریزی از راندمان ۷۵ درصد برخوردار می باشد.

ضخامت لایه به وسیله میزان اعمال فشار به پاشنده های ذرات ریز (Spray nozzles) معین می گردد. زمان خشک کردن را می توان با تنظیم دما و سرعت دوران استوانه ها کنترل نمود. این تنظیم بسته به مشخصه مورد انتظار از پودر شیر انجام می گیرد. اگر تمام عوامل درست انتخاب شوند، لایه شیر وقتی از سطح استوانه ها تراشیده می شود تقریباً خشک می باشد.

لایه شیر خشک تراشیده شده از سطح استوانه ها در معرض همان عملیات های گفته شده در خشک کن غلطکی ریزی قرار می گیرند.

### پیش فرایندهای عمومی شیر

در تولید پودر شیر پس چرخ، شیر ابتدا باید تحت فرایند جدا سازی سانتریفوژی برای حذف چربی قرار گیرد. اگر هدف تولید پودر شیر کامل باشد ممکن است فرایند استاندارد کردن چربی شیر در سیستم استاندارد کننده مستقیم انجام پذیرد. شیر استاندارد شده برای تولید پودر شیر کامل به طور معمول هموژن نمی گردد، مگر آنکه بخواهند آن را با خشک کن استوانه غلطکی فرایند نمایند.

شیر پس چرخ که در نظر است، برای تولید پودر مورد استفاده قرار گیرد باید تحت فرایند باستوریزه کردن تا مرحله منفی شدن آزمایش فسفاتاز (Phosphatase) قرار گیرد. در صورت استفاده از شیر کامل، عملیات حرارتی شدیدتری باید اعمال گردد تا بتواند لیپاز را غیر فعال سازد. منفی شدن آزمایش پراکسیداز شیر، نشانه کفایت فرایند حرارتی می باشد.

### خشک کن استوانه ای یا غلطکی

در روش خشک کردن غلطکی (Roller) شیر بر روی سطح داغ استوانه دوران کننده پاشیده می شود. آب موجود در شیر تبخیر شده و به وسیله جریان هوا از سطح استوانه دور می گردد. دمای بالای سطح داغ، موجب شکل گیری پروتئین به حالتی می شود که به آسانی محلول نشده و موجب تغییر رنگ محصول نیز می گردد.

عملیات حرارتی شدید خواص اتصالات آبی پودر را افزایش می دهد که این مشخصه در صنعت غذا های آماده سودمند می باشد.

تفاوت بین خشک کن های غلطکی با تغذیه به صورت ریزی (Trough-fed) و تغذیه به صورت پاششی (Spray-fed) مبتنی بر روشی است که شیر بر روی سطح غلطک ها وارد می شود.

در شکل (۱-۱۷) استوانه غلطکی با تغذیه ریزی در سطح غلطک خشک کن نشان داده شده است. شیر پس از عملیات حرارتی مقدماتی به صورت ریزی بر روی سطح استوانه های چدنی و دیواره انتهایی آنها ریخته می شود. یک لایه نازک از شیر بر روی استوانه ها در اثر تماس با سطح داغ به سرعت حرارت دیده و آب موجود در آن تبخیر شده و لایه شیر در روی سطح استوانه ها خشک می گردد. این لایه خشک شده به طور پیوسته به وسیله تیغه های مماس با محیط هر استوانه تراشیده می شوند.

شیر خشک شده به صورت پوسته پوسته بر روی یک نقاله پیچی شکل فرود می آید و پس از جدا کردن ذرات سخت و سوخته آنها را به یک آسیاب انتقال می دهند.

### خشک کردن دو مرحله ای

در سیستم خشک کن دو مرحله ای روش تولید مانند حالت قبلی است ، در اینجا فقط سیستم پنوماتیکی انتقال دهنده با یک خشک کن بستر سیال (Fluid bed dryer) جایگزین شده است . اصول کار آن متعاقبا تحت عنوان اصول عملیات در خشک کن پاششی شرح داده شده است .

### خشک کردن سه مرحله ای

خشک کردن سه مرحله ای ، حالت توسعه یافته خشک کردن دو مرحله ای برای دستیابی به صرفه جویی بیشتر در هزینه عملیاتی می باشد .

### اصول عملیات در خشک کن پاششی

#### خشک کردن یک مرحله ای

در شکل (۳-۱۷) ساختمان یک واحد خشک کن یک مرحله ای نشان داده شده است . شیر تغلیظ شده به طور پیوسته به ذره پاش (atomiser) (۵) با کمک یک پمپ فشار بالا (۴) به داخل محفظه خشک کن (۱) تغذیه می گردد. قطرات بسیار ریز شیر به داخل محفظه پاشیده شده در آنجا با هوای داغ مخلوط می گردد .

هوا به وسیله یک فن که قبلا از میان یک صافی و گرم کننده (۲) عبور داده شده با دمای ۲۵۰-۱۵۰ درجه سانتیگراد به داخل محفظه وارد می شود . هوای داغ از طریق تقسیم کننده ها به محفظه مخلوط کننده (هوا و ذرات شیر) وارد می گردد. در محفظه اختلاط ، ذرات شیر کاملا با هوای داغ مخلوط شده و آب موجود در شیر بخار می گردد.

طی خشک کردن ، قطرات ریز شیر که با سرعت بالا از ذره پاش رها می شوند در برخورد با هوای داغ ، بر اثر اصطکاک از سرعت آنها کاسته می شود . آب آزاد موجود در ذرات به سرعت بخار شده و آب موجود در بین منافذ و مجاری موئینه ابتدا به سطح ذره آمده و متعاقبا بخار می گردد در این حالت ذره به آرامی در داخل برج پاششی ته نشست می نماید .

ذرات شیر در این شرایط فقط تا ۸۰-۷۰ درجه سانتیگراد حرارت می بینند زیرا بیشتر حرارت هوا به طور پیوسته به وسیله بخار شدن آب مصرف می گردد.

با حذف آب از قطرات ریز شیر به طور قابل توجهی از وزن ، حجم و قطر آنها کاسته می شود . تحت شرایط مناسب خشک کردن ، وزن تقریبا ۵۰ درصد ، حجم تقریبا ۴۰ درصد و قطر قطرات تقریبا ۷۵ درصد در مقایسه با اندازه اولیه قطرات کاهش می یابد ، شکل (۴-۱۷) .

### خشک کن پاششی

عملیات در خشک کن پاششی در دو بخش (Phase) انجام می پذیرد . در بخش اول شیر، عملیات حرارتی اولیه را متحمل شده و در تحت خلا تا دست یابی به ماده خشک ۵۵-۴۵ درصد تغلیظ می گردد. در بخش دوم مایع تغلیظ شده، به وسیله پمپ به یک برج خشک کن ارسال می گردد. این فرایند در سه مرحله به وقوع می پیوندد :

- پخش مایع تغلیظ شده به صورت قطرات بسیار ریز ،
- مخلوط کردن ذرات ریز با جریان هوای داغ ، که این عمل باعث بخار شدن سریع آب می گردد،
- جدا سازی ذرات شیر خشک از هوای خشک کننده .

مرحله اولیه تبخیر و تغلیظ و قبل از ورود فراورده به برج خشک کن بسیار مهم می باشد و نقش مهمی در ارتقا کیفیت پودر شیر دارد. بدون انجام این کار ، ذرات پودر تولید شده بسیار کوچک بوده و ضمن داشتن محتوای هوای بالا از خواص رطوبت پذیری (Wettability) پایین و عمر ماندگاری کوتاه برخوردار خواهد بود. همچنین این فرایند توجه اقتصادی لازم را نخواهد داشت .

عموما از تبخیر کننده لایه ریز (Falling film) برای تغلیظ اولیه استفاده می شود ، در این تغلیظ کننده ها شیر طی دو یا چند مرحله به ماده جامد ۵۵-۴۵ درصد می رسد. لوازم بکاررفته همانند سیستم تولید شیر تغلیظ شده می باشد .

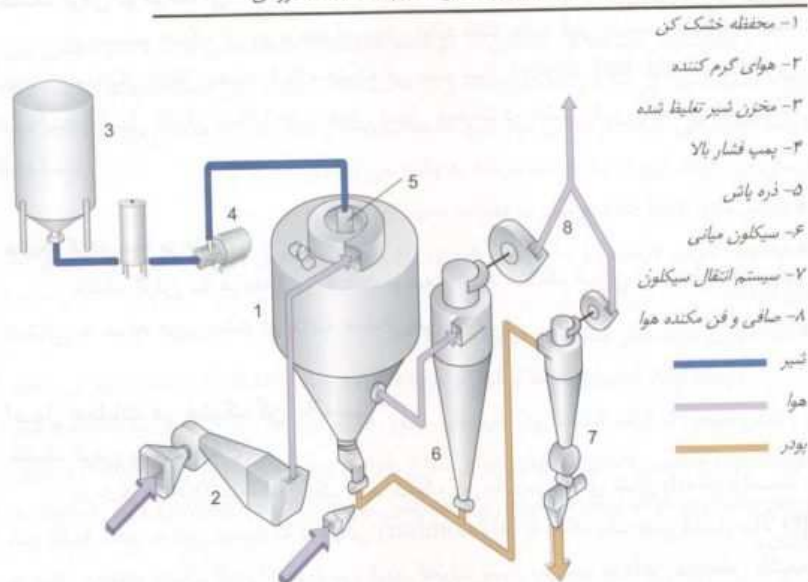
### تاسیسات اساسی خشک کردن

#### خشک کردن یک مرحله ای

ساده ترین تاسیسات برای تولید پودر شیر خشک معمولی ، خشک کن پاششی با سیستم انتقال دهنده پنوماتیکی می باشد ، شکل (۳-۱۷) .

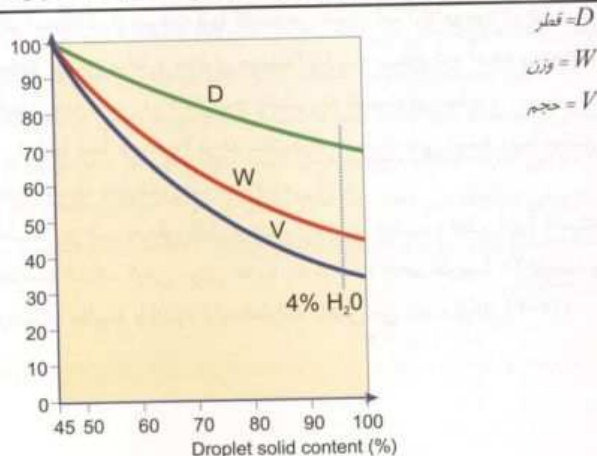
این سیستم بر اساس خشک کردن یک مرحله ای عمل می نماید ، به بیانی دیگر حذف تمامی رطوبت از شیر تغلیظ شده تا دستیابی به رطوبت نهایی در محفظه خشک کن پاششی (۱) انجام می گیرد . متعاقبا سیستم حمل کننده پنوماتیکی کار جمع آوری پودر خارج شده از محفظه مخروطی را انجام می دهد، جدا سازی پودر از هوادر سیکلون اصلی (۶) انجام می شود. پس از خنک شدن پودر آن را از طریق سیکلون نهایی (۷) به ناودانک منتهی به بسته بندی هدایت می نمایند .

شکل ۳-۱۷ خشک کن پاششی معمولی (یک مرحله ای) با محفظه مخروطی



ذرات شیر خشک به صورت پودر در ته محفظه خشک کن سقوط می نمایند و از دریچه ته محفظه تخلیه می گردند. کار انتقال به صورت پنوماتیکی و با استفاده از جریان هوای خنک به واحد بسته بندی انجام می پذیرد. مخلوط هوا و پودر به واحد تخلیه (۷) انتقال داده شده و پس از جدا سازی هوا از پودر آن را به واحد بسته بندی روانه می سازند.

شکل ۴-۱۷ کاهش وزن، حجم و قطر قطره شیر در شرایط مناسب خشک کردن تا رطوبت ۴ درصد



بعضی از ذرات کوچک و سبک ممکن است همراه با هوا، محفظه خشک کن را ترک نمایند. این پودر هارا در یک یا چند سیکلون (۶و۷) جدا نموده و پودر جدا شده را به جریان اصلی پودر شیر وارد می نمایند.

### ذره ای کردن قطرات شیر

هرچه شیر به ذرات یا قطرات ریزتر تقسیم گردد سطح ویژه (Specific area) آن افزایش خواهد یافت (سطح ویژه = نسبت سطح به حجم - مترجم) که در فرایند خشک کردن موثر می باشد. یک لیتر شیر مساحتی برابر تقریباً ۰/۰۵ متر مربع را دارد. اگر این مقدار شیر در برج پاششی به صورت ذره درآورده شود، هر قطره کوچک آن مساحتی برابر ۰/۱۵ - ۰/۰۵ میلیمتر مربع را خواهد داشت. مجموع کل مساحت تمام قطرات یک لیتر شیر در این حالت برابر تقریباً ۳۵ متر مربع خواهد شد. بنابراین ذره ای شدن مساحت را تقریباً ۷۰۰ برابر افزایش می دهد.

طراحی ملزومات ذره پاش متکی بر اندازه ذرات و خواص مورد انتظار از محصول خشک شده می باشد. این خواص شامل اندازه ذرات، بافت، حلالیت، چگالی و رطوبت پذیری می باشد. خشک کن ها معمولاً ذره ساز (Nozzle) ساکن دارند، شکل (۵-۱۷). در شکل (۵-۱۷ A) ترتیب ساختمانی یک برج پاششی با قرار گرفتن ذره پاش در مسیر جریان هوا نشان داده شده است. در این حالت اندازه ذرات به طور نسبی بزرگ خواهد بود. در شکل (۵-۱۷ B) نشان داده شده که ذره پاش ذرات را به طور هم مسیر با هوای داغ در داخل برج آزاد می سازد. در این حالت فشار شیر تغذیه شده به سیستم، اندازه ذرات را معین می نماید. اعمال فشار بالا (بالای ۳۰ مگاپاسکال یا ۳۰۰ بار) پودر بسیار ریزی با چگالی بالا تولید می نماید. در فشار پایین (۲۰-۵ مگاپاسکال یا ۲۰۰-۵۰ بار) اندازه ذرات بزرگتر بوده و ذرات بسیار ریز را که اصطلاحاً غبار (Dust-size) می نامند به وجود نخواهد آمد.

در شکل (۶-۱۷) نوع بسیار معمول ذره پاش نشان داده شده که شامل یک صفحه چرخان (Rotating disc) با مجاری خروج شیر در سرعت بالا می باشد. در این سیستم خواص مورد نظر محصول به وسیله سرعت صفحه چرخنده کنترل می گردد. سرعت صفحه چرخنده بین ۵۰۰ و ۲۵۰۰ دور در دقیقه متغیر می باشد.

### خشک کردن دو مرحله ای

برداشتن آخرین ذرات آب بسیار مشکل می باشد و نیازمند اعمال دمای خروجی بالادر خشک کن و تجهیزات لازمه برای رانش کافی جریان هوا می باشد. بالا بردن دمای خروجی

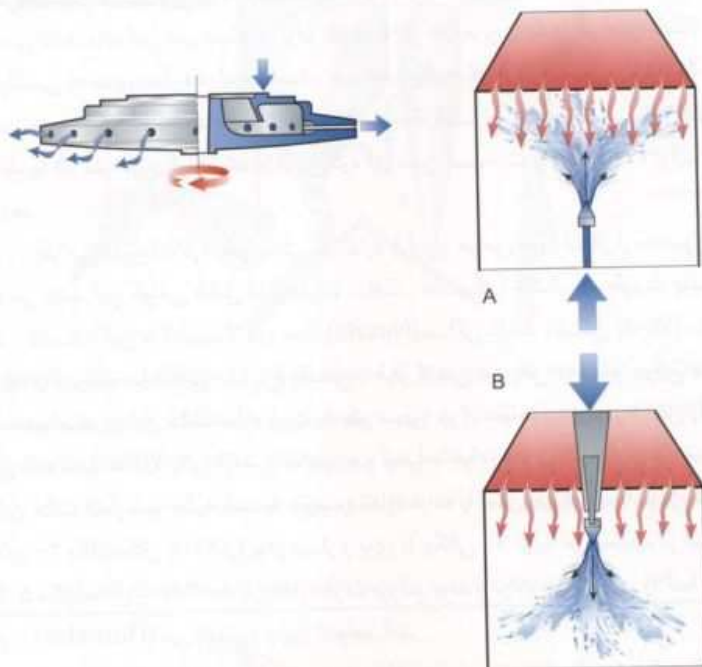


حسب جن ارباب تعیین کنندہ ای بر کیفیت پودر دارد، البتہ لازم است برای فراورده های لبنی از حرارت پایین تری استفاده گردد.

شکل ۶-۱۷ صفحه چرخان برای ذره پاش شیر در محفظه خشک کن پاششی.

شکل ۵-۱۷ ذره ساز ساکن برای ذره پاشی شیر در یک خشک کن پاششی

A= ذره ساز با مسیر مخالف جریان هوا  
B= ذره ساز هم مسیر با جریان هوا



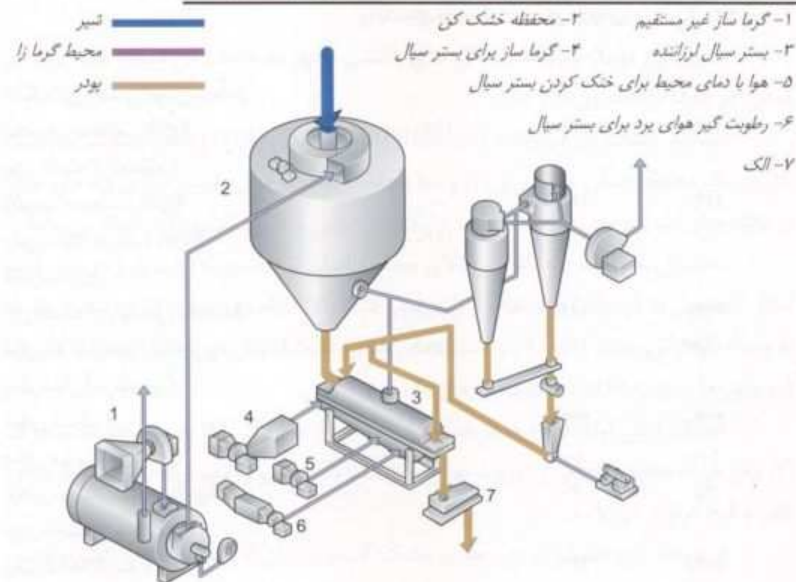
اگر مقدار رطوبت باقی مانده در پودر خیلی بالا باشد یک مرحله خشک کردن بعدی (After-drying stage) را پس از خشک کن پاششی در مرحله دوم فرایند با آن ترکیب می نمایند، شکل (۷-۱۷).

روش به کار رفته برای خشک کردن دو مرحله ای در تولید پودر شیر، استفاده از خشک کن پاششی یک مرحله ای و خشک کن بستر سیال به عنوان مرحله دوم می باشد.

پودر شیر با ۲-۳ درصد رطوبت بالاتر از محصول نهایی از محفظه خشک کن پاششی خارج می گردد، در ادامه خشک کن بستر سیال کار حذف رطوبت اضافی و خشک کردن پودر را به انجام می رساند.

خشک کردن دو مرحله شیر قبلا برای بدست آوردن پودر انباشته (Agglomeration) توسعه یافته بود، اما در اوایل دهه ۷۰ این سیستم برای تولید پودر شیر معمولی غیر فشرده نیز متداول گردید. در این حالت محصول از کیفیتی بالاتر و توجیه اقتصادی تر برخوردار می باشد.

شکل ۷-۱۷ خشک کن پاششی با بستر سیال ضمیمه (خشک کن دو مرحله ای)



پودر حاصله از فرایند یک و دو مرحله ای به طور قابل توجهی دارای ذرات منفرد می باشند این ذرات را غبار (dust) می گویند که در هنگام بازسازی شیر ایجاد مشکل می نماید. اختلاف اندکی بین دو نوع پودر فوق وجود دارد. پودر خشک شده در شرایط دو مرحله ای از ذرات زبرتر و چگالی حجمی بیشتر برخوردار بوده که ناشی از بزرگتر بودن ذرات اولیه می باشد. متعاقبا چون از ذرات غباری کمتری برخوردار است بنابراین بازسازی آن آسانتر می باشد. بنابراین بیشترین تفاوت بین این دو در خواصی است که طی حرارت دهی در آنها پدید می آید.

از خواص مذکور در فوق می توان به شاخص حلالیت و مقدار هوای جذب کرده و چگالی حجمی اشاره نمود. دمای قطرات درست پس از ذره پاش پایین بوده اما در عین حال به طور جزئی بالاتر از "دمای مرطوب" (Wet bulb) هوا در محفظه می باشد. دمای ذرات به تدریج با حذف آب افزایش یافته و سرانجام در محصول بسته به مقدار رطوبت همراه، با دمایی پایین تر

خشک کن قرار داده می شود .

دو نوع خشک کن که در مرحله سوم فرایند خشک کردن برای کاهش رطوبت و خشک کردن محصول از آنها استفاده می شود عبارتند از :

۱- خشک کن بستر سیال ،

۲- خشک کن تسمه ، نقاله ای (Integrated belt)،

اصول نوع دوم ، یعنی خشک کن های پاششی مجهز به خشک کن تسمه نقاله ای ، در تماس دو طرفه با محصول قرار دارد .

سیستم خشک کن فیلترمات (Filtermat) که در شکل (۸-۱۷) نشان داده شده است دارای یک محفظه اصلی خشک کن (۳) و سه محفظه کوچکتر برای بلورین سازی (به طور مثال در تولید پودر آب پنیر برای تبلور لاکتوز) ، خشک کن نهایی و خشک کننده (۱۰ و ۹) می باشد . محصول به وسیله ذره پاش در بالای محفظه اصلی به صورت ذرات ریز در می آید، انتقال محصول به ذره پاش با استفاده از یک پمپ فشار بالا انجام می پذیرد، فشار اعمال شده به وسیله ذره پاش بیشتر از ۲۰۰ بار است. دمای هوای خشک کردن در داخل محفظه اطراف ذره پاش ها حدود ۲۸۰ درجه سانتیگراد می باشد .

خشک کردن اولیه قطره ها در هنگام ریزش آنها از ذره پاش (۲) به روی تسمه متحرک (۷) واقع در ته محفظه انجام می پذیرد. پودر ته نشست شده در روی تسمه به صورت لایه دارای خلل و فرج فراوان می باشد .

در مرحله دوم خشک کردن ، هوای خشک کننده از میان لایه ها به طرف پایین مکش می گردد. رطوبت موجود در پودر روی تسمه (۷) حدود ۲۰-۱۲ درصد ، بسته به نوع محصول متفاوت می باشد . رطوبت محتوای پودر پس از عبور از این مرحله به مقدار ۱۰-۸ درصد کاهش می یابد. رطوبت محتوای محصول در دستیابی دقیق به درجه تراکم و تخلخل پودر شیر بسیار مهم می باشد. سومین و آخرین مرحله خشک کردن برای تهیه پودر حاصله از شیر پس چرخ و شیر کامل تغلیظ شده در دو محفظه ۹ و ۸ انجام می پذیرد، در این محل هوای داغ با دمای ورودی ۱۳۰ درجه سانتیگراد از میان لایه های پودر و تسمه مکش می گردد. پودر در محفظه نهایی تا ۱۰ درجه سانتیگراد خشک می گردد . از محفظه ۸ برای مواردی که بلورین سازی (لاکتوز در آب پنیر) لازم باشد استفاده می گردد. در این موارد هوا به دلیل دربرداشتن بیشتر از ۱۰ درصد رطوبت به محفظه برگشت داده نمی شود. سومین مرحله خشک کردن در محفظه (۹) دنبال می گردد و برای خشک کردن از هوای تهیه شده از محفظه (۱۰) استفاده می گردد .

در این سیستم مقدار کمی از ذرات کوچک پودر همراه با هوای خشک کننده و یا خشک کننده محفظه ۱، تک م. نمایند. این ذرات در سیکلور (۱۲) از هوا جدا سازی می گردند. این

از هوای خروجی محفظه را ترک می کند. سیستم خشک کن یک مرحله ای و دو مرحله ای در تابلو (۳-۱۷) مقایسه شده اند .

تابلو ۳-۱۷ مقایسه سیستم خشک کن های یک و دو مرحله ای

| سیستم خشک کن                            |  |  | یک مرحله ای          | دو مرحله ای          | دمای ورودی |
|-----------------------------------------|--|--|----------------------|----------------------|------------|
|                                         |  |  | با دمای ورودی ۲۰۰ °C | با دمای ورودی ۲۰۰ °C | ۲۳۰ °C     |
| خشک کن پاششی (اولین مرحله)              |  |  |                      |                      |            |
| تبخیر در محفظه ، kg/h                   |  |  | ۱۱۵۰                 | ۱۴۰۰                 | ۱۷۲۰       |
| پودر حاصله از محفظه ها:                 |  |  |                      |                      |            |
| رطوبت ۶ درصد ، kg/h                     |  |  | -                    | ۱۴۶۰                 | ۱۷۹۰       |
| رطوبت ۳/۵ درصد ، kg/h                   |  |  | ۱۱۴۰                 | -                    | -          |
| مصرف انرژی                              |  |  |                      |                      |            |
| کل خشک کن پاششی ، Mcal                  |  |  | ۱۸۱۸                 | ۱۸۲۳                 | ۲۱۲۰       |
| انرژی به ازای هر کیلوگرم پودر ، kcal    |  |  | ۱۵۹۵                 | ۱۲۵۰                 | ۱۱۸۳       |
| بستر سیال (مرحله دوم)                   |  |  |                      |                      |            |
| هوای خشک کن                             |  |  | -                    | ۲۳۲۰                 | ۲۲۹۰       |
| دمای هوای ورودی ، °C                    |  |  | -                    | ۱۰۰                  | ۱۰۰        |
| تبخیر در بستر سیال ، kg/h               |  |  | -                    | ۴۰                   | ۴۵         |
| پودر حاصله از بستر سیال                 |  |  |                      |                      |            |
| رطوبت ۳/۵ درصد ، kg/h                   |  |  | -                    | ۱۴۲۰                 | ۱۷۴۵       |
| مصرف انرژی ، kW                         |  |  | -                    | ۲۰                   | ۲۲         |
| مصرف انرژی                              |  |  |                      |                      |            |
| کل در بستر سیال ، Mcal                  |  |  | -                    | ۹۵                   | ۱۱۵        |
| جمع کل عملیات                           |  |  |                      |                      |            |
| کل مصرف انرژی ، Mcal                    |  |  | ۱۸۱۸                 | ۱۹۱۸                 | ۲۲۲۵       |
| انرژی به ازای تولید هر کیلو پودر ، kcal |  |  | ۱۵۹۵                 | ۱۲۵۰                 | ۱۲۸۰       |
| نسبت انرژی                              |  |  | ۱۰۰                  | ۸۵                   | ۸۰         |

اندازه : محفظه خشک کن ها همسان با جریان هوای ورودی = ۳۱۵۰۰ kg/h

محصول : شیر پس چرخ تغلیظ شده با ماده جامد ۴۸ درصد

### خشک کردن سه مرحله ای

خشک کن سه مرحله ای در سیستم خشک کن پاششی در ادامه مرحله دوم خشک کردن قرار دارد و با همان اصول محفظه خشک کن پاششی بوده و کار خشک کردن نهایی و

دارای خلل و فرج بیشتری گردند، برای دستیابی به تخلخل لازمه در ذرات، شیر ابتدا باید تا مرحله ای که بیشترین آب موجود در منافذ و موینه ها تبخیر شده و هوا بجای آن جایگزین گردد، خشک گردد. سپس ذرات را رطوبت می دهند، این عمل باعث می شود که سطح ذرات به سرعت متورم شده و مسیر موینه ها را مسدود کند. سطح ذرات در این حالت چسبناک شده و ذرات به شکل متراکم بهم می پیوندند.

یک روش تولید پودر فوری، گردش دادن دوباره ذرات شیر خشک به عقب یعنی به محفظه اختلاط که حاوی هوای خشک کننده و ذرات ریز شیر، می باشد، شکل (۹-۱۷). به محض ورود این ذرات خشک در داخل محفظه، سطح آنها به وسیله بخار آب (تبخیری)، مرطوب گشته و باعث تورم ذرات می گردد. این کار باعث انسداد موینه ها و منافذ می گردد و ذرات به صورت چسبناک درآمده در نتیجه ذرات به هم پیوسته و تراکم و تخلخل لازم را کسب می نمایند.



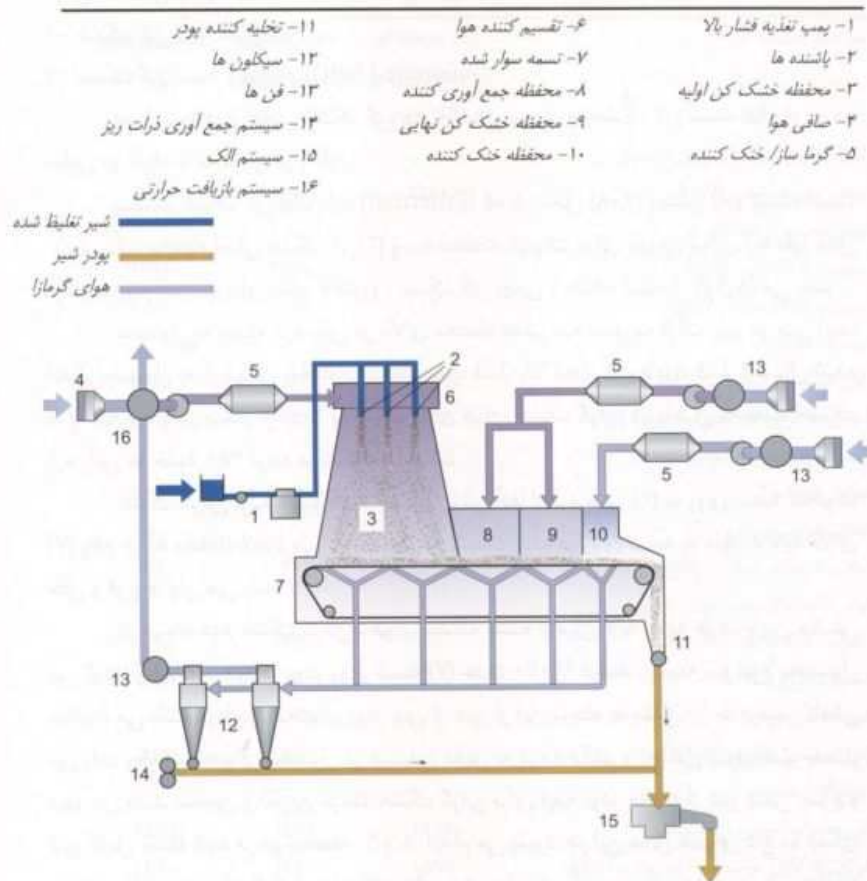
#### خشک کن بستر سیال

با استفاده از بستر سیال، تولید پودر فوری با کارایی بیشتری انجام می پذیرد، شکل (۱۰-۱۷). بستر سیال را در پایین محفظه خشک کن قرار می دهند و شامل یک غلاف با سوراخ هایی در ته می باشد. غلاف به وسیله یک موتور حالتی فنری ولرزان بخود می گیرد. وقتی که یک لایه پودر بر روی سطح منفذ دار پخش می گردد، لرزش دستگاه کار انتقال یکسان پودر را در امتداد طول غلاف فراهم می سازد.

پودر حاصله از محفظه خشک کن وارد اولین قسمت می گردد که در این محل آن را به وسیله بخار رطوبت می دهند. لرزش کار انتقال پودر را از میان قسمت خشک کن انجام دهد در این مرحله هوا که از میان بستر پودر جریان دارد و به تدریج از دمای محصول می کاهد. در اثر چسبیدن ذرات بهم دیگر تراکم به وجود می آید. رطوبت هنگام عبور پودر از میان قسمت های خشک کن بخار می گردد. در نهایت پس از عبور از داخل محفظه غلاف بستر سیال به خشکی لازم دسترسی خواهند یافت.

پودر ها در گردش مجدد به محفظه اصلی یا قسمت مناسبی از فرایند بسته به نوع محصول وارد می شود.

شکل ۸-۱۷ خشک کن با شش بامجهز باتسمه و صافی (فیلترمات) ویژه (خشک کردن سه مرحله ای)

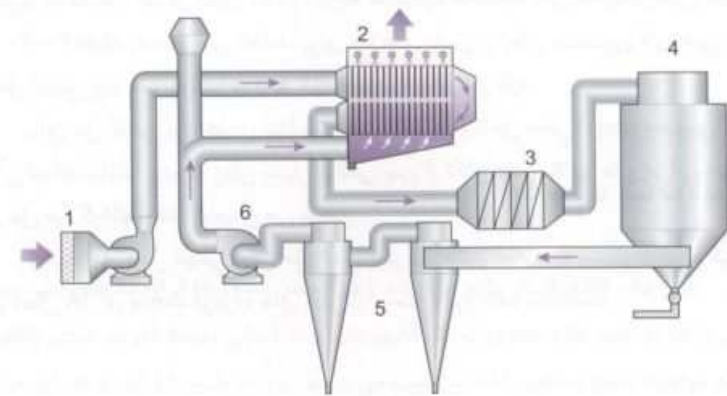


پودر پس از ترک خشک کن با استفاده از الک (۱۵) یا آسیاب، بسته به نوع محصول به اندازه لازم درآورده می شود.

#### تولید پودر فوری

پودر شیری که بتوان به سرعت آن را در آب حل نمود باید به صورت فوری (Instantised) در آورده شده باشد، یعنی ذرات شیر باید به گونه ای تحت فرایند قرار گیرند تا





بسته بندی پودر شیر

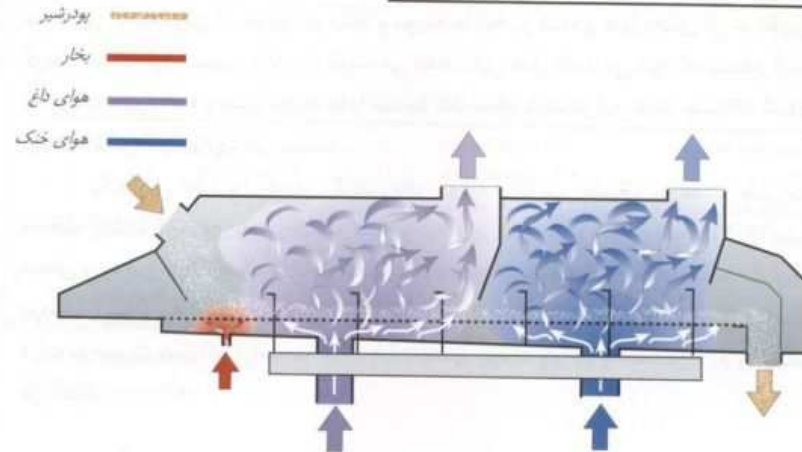
اندازه بسته بندی ها در کشور های مختلف بسیار متفاوت می باشد. اغلب بسته بندی ها در داخل بسته های چند لایه با یک لایه داخلی از جنس پلی اتیلن انجام می پذیرد. لایه پلی اتیلن بدون درز و چلیک فلزی (Sheet-metal drums)، در مقابل نفوذ هوا مقاوم می باشند. رایج ترین اندازه ها برای نوع کیسه در اندازه های ۲۵-۱۵ کیلوگرم است. هرچند متناسب با تقاضای مصرف کننده، بسته بندی های دیگری نیز وجود دارد. پودر شیر را برای مصارف خانگی و مصرف در مقیاس های کوچک در داخل قوطی های نازک بسته بندی می نمایند. بسته های کیسه ای چند لایه یا پلاستیکی را برای نقل و انتقال در داخل کارتن قرار می دهند.

#### تغییرات پودر شیر در هنگام انبار مانی

چربی پودر شیر کامل، در هنگام انبار مانی در معرض اکسیداسیون قرار دارد. در مقیاس صنعتی می توان ماندگاری را به وسیله فرایندهای مقدماتی شیر، افزودن آنتی اکسیدان (Anti-oxidants) و پر کردن محفظه بسته بندی (مثلا چلیک های فلزی) با یک گاز بی اثر افزایش داد.

پودر شیر باید در شرایط خنک و به دور از رطوبت نگهداری گردد. تمام واکنش های شیمیایی که در پودر شیر در دمای اتاق و محتوای کم آب (فعالیت آبی پایین) به وقوع می پیوندد بسیار کند می باشد بنابراین حتی پس از سال ها انبار مانی نمی تواند در روی ارزش غذایی آن تاثیر چندانی پدید آورند.

شکل ۱۰-۱۷ بستر سیال برای تولید پودر فوری شیر



ذرات بزرگتر در خروجی بستر خشک، با غریبال جدا شده و مجدداً به ورودی مسیر هدایت می شوند. ذرات پودر فوری از غریبال عبور کرده، به وسیله هوای خنک کننده به سیکلون مخروطی انتقال داده شده در آنجا هوا از ذرات جدا شده و متعاقباً بسته بندی می شوند. هوای خشک کننده بستر سیال همراه با هوای برج پاششی برای باز یافت ذرات شیر به داخل سیکلون دمیده می شوند.

#### باز یافت حرارتی

مقدار زیادی از حرارت در فرایند خشک کردن از دست می رود. قسمتی از آن را می توان در مبدل های حرارتی باز یافت نمود، اما این هوا معمولاً حاوی خاکه (غبار) و بخار بوده بنابراین باید برای آن مبدل خاصی طراحی گردد.

در مواردی از یک نوع مبدل حرارتی ویژه با لوله های شیشه ای استفاده شده است شکل (۱۱-۱۷). سطح صاف شیشه به طور گسترده ای از ته نشست ذرات جلوگیری به عمل می آورد. یک سیستم شستشو درجا (CIP) نیز در این واحد گذاشته می شود.

هوای داغ از سمت پایین در میان لوله های شیشه ای و با فشار هدایت می گردد. هوای تازه که قرار است گرم گردد، از بیرون این لوله های شیشه ای جریان می یابد. با این روش می توان تا ۳۰-۲۵ درصد حرارت را باز یافت نمود.

یک روش دیگر برای باز یافت حرارتی، استفاده از دمای ناشی مایع کندانس شده تبخیر کننده می باشد. این واحد به طور موازی با واحد خشک کن پاششی عمل می نماید. این راه حل برای کاهش ۵-۸ درصد هزینه خشک کردن موثر می باشد.

## فصل هجدهم

### محصولات شیر باز ساخته

شیر یک کالای فساد پذیر می باشد و در بیشتر کشور ها فراورده های لبنی مصرف بالایی را دارند. شیر تازه محدودیت ماندگاری دارد و به آسانی توسط آنزیم های باکتریایی ویا در مواجهه با نور مستقیم آفتاب آسیب می بیند. توزیع شیر در آب و هوای حاره ای مشکل می باشد، خصوصا اگر فاصله زیادی بین محل تولید و مصرف وجود داشته باشد. در چنین شرایطی شیر تازه را به صورت فراورده با دوام تری جایگزین کرده اند. از این گونه فراورده ها می توان به شیر تغلیظ شده و شیر استریل شده با روش UHT اشاره نمود.

باز سازی (Recombination) یک روش جایگزین برای شیر تازه در بازار مصرف بخصوص در مواقعی که دسترسی به شیر تازه مقدور نیست ، می باشد. تولید شیر بازساخته و دیگر فراورده های لبنی از این گونه در بیشتر کشور های جهان رایج می باشد. فرایندها و لوازم لازم برای این کار توسعه زیادی یافته است.

تقریبا اصول همه فرایندهای بازسای یکسان می باشد و اصلی ترین هدف بدست آوردن شیر مایع است، اما ممکن است بازسازی برای شیر تغلیظ شده غیر شیرین و شیر تغلیظ شده شیرین نیز انجام پذیرد. امروزه فرایند باز سازی برای فراورده هایی چون ماست ، کره و پنیر نیز انجام می گیرد.

این فرایند ها در طی سال ها از یک فرایند ساده غیر پیوسته به فرایند های پیچیده ای با ظرفیت های بالا تبدیل گشته اند .

فرایند های اصلی بر پایه عملیات باز سازی عبارتند از :

- کنترل مواد اولیه ،
- توزین و اختلاط،
- صاف کردن ، هموژن کردن و پاستوریزه کردن .

### حل کردن پودر شیر

معمولا برای حل کردن یک قسمت از پودر شیر خشک تهیه شده با سیستم پاششی آن را با تقریبا ده قسمت آب در دمای ۵۰-۳۰ درجه سانتیگراد مخلوط می نمایند. زمان انحلال تقریبا ۳۰-۲۰ دقیقه به طول می انجامد. برای دما های پایین تر زمان بیشتری لازم می باشد مثلا حل کردن پودر شیر در آب سرد به ۱۲-۸ ساعت زمان نیاز دارد.

برای حل کردن پودر فوری ابتدا مقدار لازم آب را در داخل مخزن ریخته و سپس پودر را به آن اضافه نمایند. پودر در زمان بسیار کوتاهی پس از تکان دادن ملایم حتی در آب سرد به خوبی حل می گرددو آماده آشامیدن می باشد .

کیفیت آب عامل مهمی برای حل شدن پودر می باشد. اطلاعات بیشتر در باره کیفیت آب در فصل ۱۸ در مبحث فراورده های شیر باز ساخته ، قرار داده شده است .

روغن کره (Butter oil)، محصول ساخته شده از خامه یا کره با تاریخ تولید نامعین است که ممکن است از محتوای چربی پایینی برخوردار باشند.

چربی گیاهی (Vegetable oils)، انواع چربی تصفیه شده، همراه با رنگ بری و بی بو سازی روغن های گیاهی می باشد، ترجیحاً از روغن نارگیل، پالم و سویا تهیه می گردند.

## کنترل مواد اولیه

### پودر شیر

برای تولید شیر باز ساخته از ماده جامد بدون چربی که اغلب به صورت پودر شیر پس چرخ وجود دارد، استفاده می گردد. برای تهیه پودر شیر پس چرخ، شیر کامل در دستگاه جداکننده سانتریفوژی چربی گیری شده و سپس به وسیله تبخیر کننده آب آن گرفته و خشک می گردد. این پودر را می توان ماه ها یا حتی سال ها بدون آسیب دیدن نگهداری نمود. حل کردن مجدد آن در آب برای تولید شیر پس چرخ باز ساخته آسان می باشد.

روشی که بیشتر برای دسته بندی پودر شیر پس چرخ (SMP) به کار برده می شود با توجه به تکنیک به کار رفته در فرایند و عملیات حرارتی بر روی شیر پس چرخ در مرحله تبخیر و خشک کردن به طریقه پاششی قرار دارد.

در هنگام عملیات حرارتی شیر، پروتئین های آب پنیر موجود در آن در درجات مختلفی بسته به ترکیب دما و زمان دنا توره می شوند. دسته بندی درجات دنا توره شدن با ضریب ازت پروتئین آب پنیر (Whey Protein Nitrogen Index = WPNI) در فصل ۱۷ بیان شده است.

تفاوت بین شیر باز ساخته با استفاده از پودر شیر پس چرخ تهیه شده در فرایند های مختلف حرارتی در تابلو (۱-۱۸) نشان داده شده است.

معمولاً پودر شیر پس چرخ به صورت بسته بندی شده در کیسه های پلاستیکی چند لایه در وزن ۲۵ کیلوگرم وجود دارد. در واحد های کوچکتر تخلیه پودر به داخل قسمت مخلوط کننده با دست انجام می پذیرد اما در واحد های بزرگ این کار به طور خودکار انجام شده و ممکن است با طراحی پیچیده تری کار انتقال پودر از مخزن سیلو (که در آن پودر از کیسه ها تخلیه می شود) تا قسمت اختلاط با استفاده از سیستم پنوماتیکی انجام پذیرد.

در مواردی کار انتقال پودر به واحد های باز ساختی در صندوق هایی با ظرفیت ۱۰۰۰-۲۰۰ کیلوگرم انجام می گیرد. به هر حال اندازه ظروف با توجه به سهولت کنترل در محل دریافت پودر انتخاب می گردد.

## تعاریف

تعاریف ذیل راهنمایی برای بیان اصطلاحات صنعتی به کار رفته در تولیدات و فراورده های خاص می باشد:

شیر باز ساخته (Reconstituted milk)، این نوع شیر حاصل افزودن آب به پودر شیر پس چرخ (SMP) یا پودر شیر کامل (WMP) می باشد.

شیر باز ترکیبی (Recombined) این نوع شیر حاصل افزودن آب به پودر شیر پس چرخ و اضافه نمودن چربی شیر به مقدار استاندارد می باشد.

فراورده های شیر باز ساخته، تولیداتی هستند که در نتیجه افزودن آب به مقدار لازم در محصولات خشک یا تغلیظ شده شیر برای ایجاد دوباره نسبت معین آب به مواد جامد در آنها حاصل می گردند.

فراورده های شیر باز ترکیبی، تولیداتی هستند که در نتیجه اختلاط چربی شیر و مواد جامد بدون چربی شیر (MSNF) با یا بدون آب می باشند. در باز سازی این ترکیبات باید نسبت چربی به مواد جامد بدون چربی و ماده خشک به اندازه شیر تازه باشد.

شیر باز ساخته اصلاح شده (Recombined modified milk) و شیر عادی باز ترکیبی فراورده هایی هستند که از اجزای لبنی در ترکیب با سایر فراورده های لبنی معمول مانند محصولات معطر، کره حاصل از چربی یا شیر تغلیظ شده تبخیری رژیمی ساخته می شوند. فراورده های شیر تکمیلی (Filled milk) تولیدات نیمه لبنی بوده که در آنها چربی شیر با روغن های گیاهی جایگزین شده است. برای مثال می توان از این دسته محصولات به شیر مایع، شیر تبخیر شده، شیر تغلیظ شده یا پنیر همراه با روغن گیاهی نام برد. نام دیگر این محصولات را می توان فراورده های مشابه (imitation) یا محصولات جایگزین (Substitute) نامید.

شیر غنی شده (Fortified milk) تولیداتی از شیر تازه، بازساختی یا باز ترکیبی همراه با اضافه نمودن یک یا چند ماده از اجزای محصولات لبنی می باشند.

شیر سبک (Toned milk) تولیداتی ناشی از اختلاط شیر تازه با شیر باز ترکیبی یا شیر پس چرخ باز ساخته می باشد. هدف از تولید این فراورده تهیه شیر با ترکیبات طبیعی اصلاح شده همراه با چربی بالا و با تنظیم ماده خشک بدون چربی می باشد.

چربی بدون آب شیر (Anhydrous milk fat = AMF)، چربی خالص حاصله از خامه شیر تازه یا کره، بدون افزودن هیچ ماده خنثی ساز می باشد.

روغن بدون آب کره (Anhydrouse butter oil)، محصول تمام چرب ساخته شده از خامه و کره با تاریخ تولید متفاوت می باشد.



گروه بدون نمک را می‌توان در ساخت شیر باز ساخته به کار برد ، اما باید در شرایط سرد خانه ای نگهداری شده باشد .

تابلو ۱-۱۸ پودر شیر پس چرخ برای تولید محصولات باز ساخته و باز ساخته ترکیبی

| کیفیت نوع پودر |                     |                |                    |                   |               |               |
|----------------|---------------------|----------------|--------------------|-------------------|---------------|---------------|
| نوع و مشخصات   | با حرارت خیلی پایین | با حرارت پایین | حرارت متوسط        | حرارت متوسط، بالا | حرارت بالا    | حرارت بالا    |
|                | Extra LH            | LH             | MH                 | MHH               | HH            | HHHS*         |
|                | < ۷۰ °C / 1۵ S      | < ۷۰ °C / 1۵ S | ۸۵-۹۰ °C / ۲۰-۳۰ S | ۹۶-1۲۴ °C / ۳۰ S  | 1۳۵ °C / ۳۰ S | 1۳۵ °C / ۳۰ S |
| WPNI,mg/g      | -                   | > ۶            | ۵/۹ - ۴/۵          | ۴/۴ - ۱/۵         | < ۱/۴         | < ۱/۴         |
| عدد حرارتی     | -                   | < ۸۰           | ۸۰/۱-۸۳            | ۸۳/۱-۸۸           | > ۸۸/۱        | > ۸۸/۱        |

## محصولات باز ساخته

|                                                                                              |                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| بدون آنتی بیوتیک                                                                             | پنیر سخت            |
| با توانایی خوب مایه پنیر زنی                                                                 |                     |
| بدون آنتی بیوتیک                                                                             | پنیر نیمه سخت       |
| با توانایی خوب مایه پنیر زنی                                                                 |                     |
| بدون آنتی بیوتیک ، با توانایی خوب مایه پنیر زنی                                              | پنیر سفید           |
|                                                                                              | پنیر تازه           |
| بدون آنتی بیوتیک                                                                             | شیر                 |
|                                                                                              | شیر پاستوریزه       |
| count: $< 5 \times 10^5 / \text{ml}$                                                         | شیر UHT             |
| بدون آنتی بیوتیک                                                                             | شیر استریل          |
| بدون آنتی بیوتیک                                                                             | شیر تغلیظ شده شیرین |
|                                                                                              | شیر تیخیر شده       |
| بدون آنتی بیوتیک                                                                             | شیر گشت داده        |
| بدون آنتی بیوتیک                                                                             | بستنی استاندارد     |
| * پودر با ثبات بالا در حرارت بالا از شیر انتخاب شده مخصوص،<br>(High heat high powder = HHHS) |                     |

چربی بدون آب شیر را سه هفته چربی بدون آب شیر / ۱۹/۵  
که باید در شرایط مناسب نگهداری شده باشد. معمولاً این فرآورده در قوطی های ۱۹/۵  
کیلوگرمی یا در بشکه های ۱۹۶ کیلوگرمی بسته بندی می گردند. برای اجتناب از تماس هوا با  
این فرآورده آن را در تحت شرایط حضور یک گاز خنثی مانند (نیتروژن) بسته بندی می نمایند.  
چربی بدون آب شیر تحت این شرایط حتی در دمای ۴۰-۳۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۲-۶ ماه  
قابل نگهداری می باشد.

برای ذوب شدن چربی شیر بسته بندی شده در قوطی را به طور غوطه ور در داخل آب داغ با دمای ۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲-۳ ساعت قرار می دهند. شبکه های حاوی چربی بدون آب زمان بیشتری را برای ذوب شدن نیازمندند، روش معمول در باره آنها نگهداری شبکه ها در اتاق گرم با دمای ۴۵-۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴-۲۸ ساعت قبل از استفاده می باشد. همچنین ممکن است از یک محفظه بخار یا تونل با جریان بخار برای ذوب محتویات شبکه ها در زمان تقریباً ۲ ساعته استفاده گردد. یک روش برای تسهیل ذوب چربی بدون آب انتقال از به مخزن نگهدارنده دو جداره است.

از روش های فوق برای ذوب روغن گیاهی جامد که در تولید فراو ده های شیر باز ساخته به کار می روند استفاده می گردد .

آ

آب یکی از اصلی ترین مواد در ساختار تمام انواع فراورده های باز ترکیبی و باز ساختی محصولات شیر می باشد. آب باید از نظر کیفیت مناسب ، عاری از میکروارگانیسم های آسیب رسان و با مقدار سختی قابل قبول باشد که به صورت مقدار کربنات کلسیم ( $\text{CaCO}_3$ ) در لیتر یعنی کمتر از  $100 \text{ mg/l}$  یا برابر تقریباً ( $5^\circ \text{dH}$ ) باشد. باید توجه داشت که در ضمن فرایند تولید پودر شیر، فقط آب مقطر به صورت بخار از محصول حذف می گردد، بنابراین آب بکاررفته برای باز ترکیبی یا باز ساختی باید کاملاً خالص باشد. وجود بیش از اندازه مواد معدنی تعادل نمک ها را در محصول باز ترکیبی یا باز ساختی به مخاطره می اندازد، این عدم تعادل در انجام فرایند یاستوریزاسیون مشکل ایجاد می نماید.

حضور مقدار زیاد مس یا آهن در آب مصرفی باعث بروز تغییر طعم ناشی از اکسیداسیون جرمی می گردد، حداکثر مقدار مجاز این عناصر در آب مصرفی عبارتند از:

- مس (Cu) ۰/۵ میلیگرم در لیتر،
- آهن (Fe) ۰/۱ میلیگرم در لیتر،

توضیحات بیشتر در فصل ۶-۱۱ در تابلو (۶-۱۱-۱) در باره خصوصیت های آب بیان شده است.

## حالات

این خاصیت به صورت حل شدن پودر در محلول و دست یابی به یک سوسپانسیون پایدار بیان شده است. حلالیت پودر وابسته به تکنولوژی به کار رفته در تولید پودر می باشد. در یک شاخص حلالیت خوب کمتر از ۰/۲۵ میلی لیتر مواد نامحلول در ۵۰ میلی لیتر شیر باز ساختی رسوب می نماید.

## دمای بازسازی و زمان آگیری

رطوبت پذیری پودر با افزایش دمای آب حلال از ۱۰ تا ۵۰ درجه سانتیگراد افزایش می یابد. اما در دمای ۵۰ تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد افزایش مشاهده نمی گردد و حتی ممکن است نتیجه معکوس مشاهده شود. پودر تهیه شده با روش حرارت پایین، آسانتر از پودر تهیه شده در حرارت بالا حل می گردد. کیفیت پروتئین های حاصله از خشک کردن، در حل کردن مجدد آن ها در آب مهم می باشد. معمولاً این امر زمانی کمتر از ۲۰ دقیقه در ۴۰-۵۰ درجه سانتیگراد را در بر می گیرد.

طبیعتاً، پودر با کیفیت بالا زمان کوتاه تری را برای ترکیب با آب نیاز دارد. ترکیب ناقص با آب یک حالت گچی (Chalky) را در محصول نهایی پدید خواهد آورد. بنابراین شیر بازساخته ای که قرار است برای تولید پنیر مورد استفاده قرار گیرد، زمانی به مدت حد اقل دو ساعت برای حل شدن کامل پودر در آب خیس داده شود.

حالت دیگر ترکیب آب با پودر شیر در دمای ۱۰ درجه سانتیگراد و نگهداری آن به مدت یک شب در این دما برای دستیابی به حد اکثر انحلال ذرات می باشد. مقایسه ذرات پودر در دمای انحلال ۱۰-۲۰ درجه سانتیگراد با ۳۵-۴۵ درجه سانتیگراد نشان داده است که در دمای ۱۰-۲۰ درجه سانتیگراد ذرات بیشتری به طور نامحلول باقی می مانند حتی اگر این مخلوط را برای اختلاط بهتر به مدت ۲۴ ساعت نگهداری نمایند. این اختلاف در شیر با ۸ درصد ماده خشک بسیار ناچیز می باشد. مقدار پودر نامحلول در شیری که پس از بازسازی تا دمای ۴۰ درجه سانتیگراد حرکت داده می شود حتی با ماده خشک ۲۶ درصد بسیار کم می باشد. مقدار هوا در شیر باز ساختی در دمای پایین اختلاط، افزایش می یابد.

جربی باید در دمای بالای نقطه ذوب مربوطه اضافه گردد. معمولاً برای اطمینان، جربی AMF را در دمای بالاتر از ۴۰ درجه سانتیگراد اضافه می کنند. مخلوط شیر باز ساخته نباید بیشتر از دو ساعت در دمای بالا نگهداری گردد زیرا این کار باعث رشد باکتریها خواهد شد.

## افزودنی ها

افزودنی های خشک مانند شکر، پایدار کننده ها و امولسیفایرها را می توان همانند پودر شیر مستقیماً به داخل محفظه اختلاط یا سیستم اختلاط وارد نمود.

## حل کردن پودر شیر

عوامل موثر در حل شدن پودر شیر عبارتند از :

- رطوبت پذیری ،
- قابلیت تعلیق،
- قابلیت پخش شدن،
- قابلیت حل شدن ،

روش های تجزیه برای بررسی این خواص عبارتند از :

- استاندارد طبقه بندی شیر خشک ، شامل روش های تجزیه، انیستیتو شیر خشک امریکا ،
- تبخیر، فیلتراسیون غشایی و خشک کردن پاششی در تولید پودر شیر و پنیر، ژورنال لبنی اروپای شمالی دانمارک (North European Dairy Journal , Denmark).

## رطوبت پذیری

درجه رطوبت پذیری (Wettability) عاملی است که به طور عمده به حجم ذرات و مخصوصاً موینگی ساختمان آنها بستگی دارد.

پودرهای انباشته (Agglomerat) دارای خواص موینگی ارتقا داده شده می باشند، در نتیجه رطوبت پذیری بالایی دارند. افزایش اندازه ذرات (۱۵۰-۱۳۰ میکرون) نیز باعث ارتقاء رطوبت پذیری می گردد. رطوبت پذیری خوب در کمتر از ۳۰ ثانیه روی می دهد.

## قابلیت تعلیق (غوطه وری)

توانایی تعلیق (Sink) عاملی است که به حجم مخصوص و اندازه ذرات بستگی دارد. پودر انباشته (Agglomerate) معمولاً بهترین توانایی تعلیق را دارد.

## قابلیت پخش شدن

قابلیت پخش (Dispersability) مناسب پودر در هنگام اضافه نمودن آن به آب به قابلیت پخش انفرادی ذرات (نه توده ها) بستگی دارد. ساختمان ذرات پودر و همچنین شکل فضایی مولکول های پروتئین، در بروز این خصیصه بسیار مهم می باشند. پودر با محتوای بالای پروتئین های دناتوره شده در پخش شدن بسیار مشکل خواهد داشت. به طور معمول پخش شدن ۹۰ درصد در حین باز سازی پودر مناسب می باشد.

در عملیات باز سازی اکثراً کف ایجاد می گردد. بنابراین برای اجتناب از بیرون زدگی کف از مخزن لازم است حجم مخازن مخلوط کن حدود ۲۰ درصد بزرگتر از حجم محموله انتخاب گردد.

#### کنترل پودر

نسبت پودر شیر پس چرخ در عملیات باز ساختی بر پایه یک دهم وزن از محصول نهایی قرار دارد. بنابراین در واحد های کوچک تخلیه دستی کیسه های پودر شیر به داخل مخزن اختلاط انجام می پذیرد، اما در ظرفیت های بالاتر باید از سیستم ماشینی استفاده گردد. پودر شیر در ضمن تخلیه مقداری گرد و غبار ایجاد می نماید. در صورت تخلیه کردن تعداد زیادی گونی به لوازم خاصی برای جمع آوری گردو غبار نیاز می باشد، شکل (۱-۱۸).

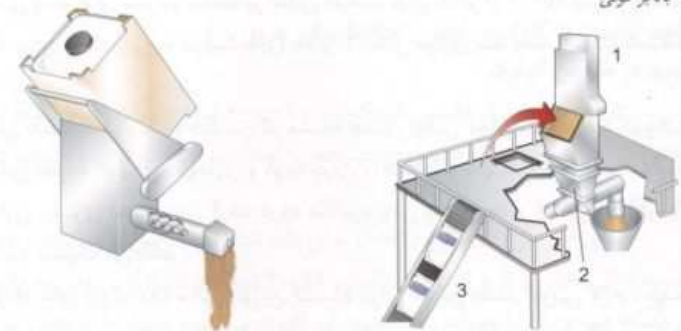
شکل ۱۸-۲ محفظه مایل شونده حاوی پودر

شکل ۱۸-۱ لوازم به کاربردن گونی پودر

۱- واحد جمع کننده گردو غبار

۲- الک

۳- بالابر گونی



پودر را همچنین می توان به شکل بسته بندی شده در داخل ظروف بزرگ به کار برد. در این حالت ظروف پودر به وسیله بازوان دستگاه از سطح زمین بلند شده و محتویات آن به داخل قیف اختلاط تخلیه می شود، ابزار مناسبی شامل یک تغذیه کننده پیچی شکل دور متغیر، کار گذاشته شده در ته قیف کار انتقال محتویات را به انجام می رساند، شکل (۲-۱۸). در واحد های مکانیزه بزرگ پودر را در حجم های بزرگ به کار می برند. در این حالت نخست پودر در داخل مخازن بزرگ سیلو شده و سپس به وسیله سیستم پنوماتیک به مخزن مصرف روزانه منتقل می گردد. از این مخازن مقدار پودر شیر خشک لازم برای مصرف پس از

#### اضافه نمودن چربی و تشکیل امولسیون

هرگز نباید چربی را قبل از حل شدن کامل پودر با آب به آن افزود. در غیر این صورت علاوه بر ایجاد مشکلات در فرایند به کیفیت نهایی محصول نیز لطمه وارد می گردد. اغلب از یک امولسیفایر برای تسهیل و بهبود امولسیون چربی شیر در محلول استفاده می گردد.

پس از افزودن چربی به شیر در مخزن اختلاط، آن را باید به طور کامل با همزن قوی و نیروی برشی بالا هم زد، تا قبل از انتقال به دستگاه پاستوریزه محصول یکنواختی حاصل آید. حتی وقتی که یک هموزن کننده سیستم را تکمیل می نماید، باز هم توزیع یکسان چربی هنگام تغذیه به سیستم مهم می باشد.

خامه باز ساخته را می توان با پودر شیر پس چرخ یا پودر دوغ کره و چربی بدون آب (با محتوای تقریباً ۴۰ درصد چربی) تولید نمود و ثبات آنرا با استفاده از امولسیفایر و پایدارکننده تضمین نمود.

در هنگام عملیات مداوم، چربی ذوب شده پس از اندازه گیری وارد مخلوط کن استاتیکی مکانیکی، گشته و با شیر باز ساخته کاملاً مخلوط شده سپس مخلوط حاصله روانه هموزن کننده می گردد.

#### هوا در شیر باز ساخته

پودر شیر پس چرخ به طور معمول حاوی ۴۰ درصد هوا می باشد که شامل هوای جذب شده و هوای موجود در منافذ می باشد. لوازم اختلاط نیز ممکن است سبب افزودن هوا به مخلوط گردند.

آزمایشات نشان داده است که محتوای هوای حل شده در شیر پس چرخ دردمای ۵۰ درجه سانتیگراد و ماده خشک ۱۴ تا ۱۸ درصد همانند شیر پس چرخ طبیعی می باشد. در دمای اختلاط ۳۰ درجه سانتیگراد محتوای هوا ۶۰-۵۰ درصد بالاتر خواهد بود. با ماده خشک ۴۱ درصد محتوای هوا در مخلوط ۱۰ بار بیشتر از شیر پس چرخ معمولی خواهد بود. وجود مقدار اضافی هوا در شیر باز ساختی معایب زیر را به همراه دارد:

- کف کردن،
- سوختگی در روی سطح دستگاه پاستوریزه کننده،
- ایجاد کاویتاسیون (حفره دار شدن) در دستگاه هموزن کننده،
- آب انداختگی در محصولات تخمیری شیر،
- افزایش خطر اکسیداسیون چربی،



همین طرز عمل برای مقیاس های بالای تولید نیز به کار برده می شود. برای جلوگیری از ایجاد اختلال در تولید بهتر است با اعمال خلاء در فرایند حرارتی محصول را هوا گیری نمود.

### عملیات حرارتی

طراحی سیستم شیر باز ساخته نه فقط به مقدار ظرفیت تولید، بلکه به چگونگی روش عملیات حرارتی در روی محصول نهایی نیز بستگی دارد. از سه روش برای برقراری فرایند حرارتی بر روی محصول استفاده می گردد.

- پاستوریزاسیون در دمای ۷۲ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ ثانیه و بلافاصله خنک کردن تا دمای ۴ درجه سانتیگراد.
- استریل کردن شیر در داخل مخزن به مدت ۳۰ تا ۴۵ دقیقه در دمای تقریباً ۱۱۰ درجه سانتیگراد و خنک کردن تا دمای ۳۸ تا ۵۴ درجه سانتیگراد در داخل سیستم استریل کننده.
- عملیات UHT به وسیله حرارت مستقیم یا غیر مستقیم تا دمای ۱۳۲-۱۴۹ درجه سانتیگراد به مدت چند ثانیه و خنک کردن تا تقریباً ۲۰ درجه سانتیگراد، قبل از ورود به سیستم بسته بندی آسپتیک.

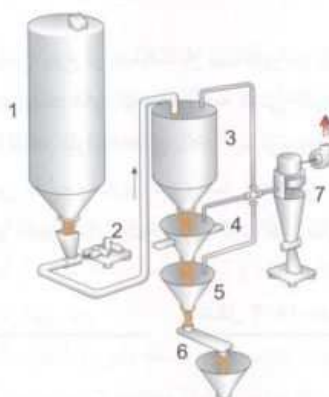
### واحد تولید با به کارگیری مخزن اختلاط برای چربی تولید در مقیاس کوچک

در صورت تولید در مقیاس کوچک (۲۰۰۰-۱۰۰۰ لیتر) عملیات اختلاط و فرایند در یک مخزن دو جداره مجهز به همزن دو سرعت با امکانات حرارت دادن و خنک کردن انجام می پذیرد.

نمای این طرح در شکل (۴-۱۸) نشان داده شده است. پس از ورود یک حجم مناسب آب به داخل مخزن و گرم کردن آن تا دمای ۴۳-۴۰ درجه سانتیگراد، پودر به طور پیوسته و در حالیکه همزدن آن را همراهی می کند به آب افزوده می شود عملیات تا انحلال تمام پودر در آب ادامه می یابد. سپس محلول را بدون همزدن به مدت ۲۰ دقیقه آرام نگه می دارند. در انتهای این زمان همزن دوباره شروع به کار کرده و چربی شیر را که قبلاً با گرمخانه گذاری در دمای ۴۵-۳۸ درجه سانتیگراد به صورت مایع در آمده به آن می افزایند. در ادامه فرایند، دما را تا ۶۵-۵۴ درجه سانتیگراد بالا برده و همزن را برای چند دقیقه در سرعت بالا به کار می اندازند تا به پخش بهتر چربی در محلول کمک نماید. مجدداً سرعت همزن را به وضعیت قبلی (فقط همزدن) در آورده و محلول را پس از پاستوریزاسیون تا دمای مناسب بسته بندی خنک می نمایند.

عبور از واحد توزین به وسیله نقاله پیچی به مخزن اختلاط وارد می گردد، شکل (۳-۱۸). معمولاً در این واحد ها سیستم جمع آوری کننده گرد و غبار نیز پیش بینی شده است.

شکل ۳-۱۸ لوازم مورد استفاده در کنترل محموله های پودر شیر در واحد های بزرگ



- ۱- سیلو برای پودر شیر
- ۲- دمنده
- ۳- مخزن مصرف روزانه
- ۴- تاولانک توزین کننده
- ۵- تاولانک
- ۶- نقاله پیچی تغذیه کننده
- ۷- صافی گردو غبار گیر

### طراحی واحد های باز سازی

طراحی واحد های شیر باز ساخته بر اساس ظرفیت های بالاتر از ۱۵۰۰۰ لیتر در ساعت بنا شده است. برای دست یابی به ظرفیت های بالاتر از اتصال موازی چند واحد یا هم استفاده می گردد.

توالی عملیات در یک واحد بزرگ مشابه همان توالی عملیات در واحد کوچکتر می باشد. با این تفاوت که برای نگهداری و ذوب چربی، اختلاط و نگهداری بینابینی فراورده نهایی از مخازن بیشتری استفاده می گردد. درجه مکانیزه بودن سیستم ها بر اساس آنچه در بالا توضیح داده شد متفاوت می باشد.

در واحد های بزرگ یک مخزن توزین کننده برای تعیین مقدار چربی لازم، جهت افزودن به سیستم لازم می باشد. اما در واحد های کوچک تر پمپ های تزریق کننده مقدار دقیق جایگزین سیستم توزین گشته است.

### هوا گیری

در واحد های کوچک اختلاط مواد در یک مخزن فرایند کننده انجام می پذیرد. اگر دمای ترکیب شدن تقریباً در ۴۰ درجه سانتیگراد حفظ گردد، فراورده طبیعتاً و به طور رضایت بخشی بدون هوا خواهد بود. در این حالت باید پس از حل شدن تمامی پودر برای دست یابی به برآیند کامل انحلال، محلول به مدت ۲۰ دقیقه بدون همزدن نگهداری گردد.

### تولید در مقیاس بزرگ

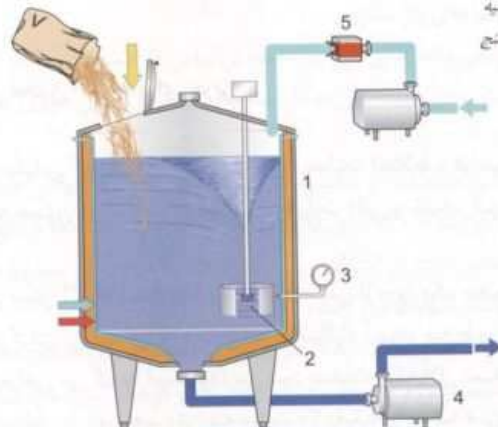
در شکل (۵-۱۸) یک واحد بزرگ شیر باز ساخته با عملیات پیوسته نشان داده شده است، که در آنجا چربی پس از تعیین مقدار به داخل مخزن اختلاط وارد می گردد .

آب باکیفیت خوراکی پس از تعیین مقدار، به داخل یکی از مخازن اختلاط (۷) وارد می شود، یکی از راه های تسهیل انحلال پودر شیر پس چرخ درآب، گرم کردن آب به وسیله تبادل کننده حرارتی صفحه ای قبل از ورود در داخل مخزن اختلاط می باشد .

وقتی که مخزن اختلاط تا نیمه پر شد ، پمپ دوران دهنده (۵) شروع به کار می نماید و آب از میان یک مسیر فرعی از مخزن اختلاط به یک سیستم مخلوط کننده (Blender) با سرعت بالا (۴) جریان می یابد .

شکل ۴-۱۸ واحد شیر باز ساخته برای فرایند غیر پیوسته

- پودر شیر
- آب
- چربی
- شیر باز ساخته
- محیط گرما زا
- محیط سرما زا



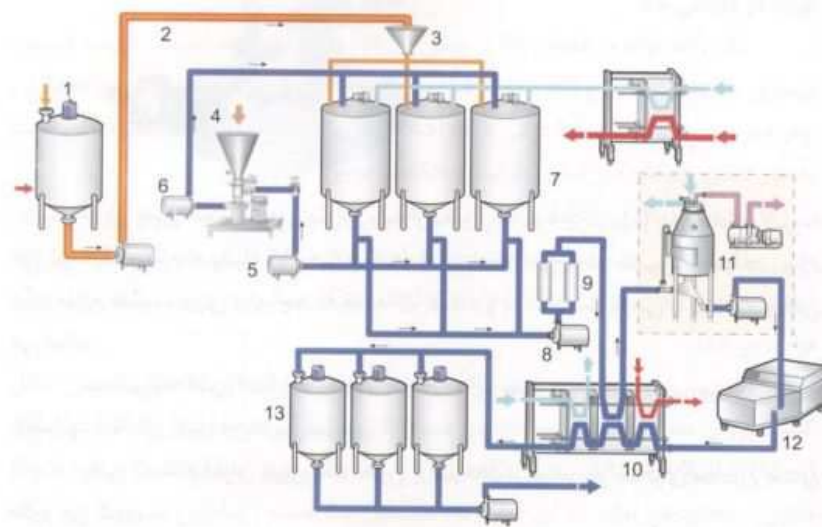
- ۱- مخزن اختلاط دو جنبه با امکان گرم کردن و خنک کردن
- ۲- همزن دو سرعت
- ۳- دما سنج
- ۴- پمپ تخلیه
- ۵- جریان سنج

اجزای تشکیل دهنده ماده خشک از میان یک قیف با سرعت نسبتا بالا تا ۴۵ کیلوگرم در دقیقه به داخل مخلوط کننده سرعت بالا افزوده می گردد ، شکل (۶-۱۸) . خلاء نسبی ایجاد شده در اثر عمل متقابل پمپ دوران دهنده (۵) و پمپ تقویت کننده (۶) باعث کشیده شدن مخلوط به داخل مرکز محرکه می گردد.

یک لوله منتشر کننده، مایع را از مواد خشک تا هنگام رسیدن آنها به مرکز محرکه جدا نگه می دارد. یک دریچه پروانه ای به طور دستی یا به وسیله سیستم کنترل مسیر قیف را پس از ورود آخرین اجزای خشک به محفظه مخلوط کن مسدود می نماید.

شکل ۵-۱۸ واحد شیر باز ساخته همراه با مخازن اختلاط چربی

- ۱- مخزن چربی
- ۲- لوله عایق برای عبور چربی
- ۳- قیف توزین برای چربی
- ۴- قیف با مخلوط کن سرعت بالا
- ۵- پمپ دوران دهنده
- ۶- پمپ تقویت کننده
- ۷- مخزن اختلاط
- ۸- پمپ تخلیه کننده
- ۹- صافی
- ۱۰- تبادل کننده حرارتی
- ۱۱- هوا گیر با سیستم خلا
- ۱۲- هموزن کننده
- ۱۳- مخزن ذخیره
- پودر شیر
- آب
- چربی
- شیر باز ساخته
- محیط گرما زا
- محیط سرما زا
- بخار



همزن موجود در مخزن اختلاط ، همزمان با پمپ دوران دهنده شروع به کار می نماید. آب به طور پیوسته تا مقدار لازم به داخل مخزن اختلاط جریان می یابد . وقتی که تمام پودر به داخل مخزن اختلاط اضافه گردید ، همزن و پمپ دوران دهنده متوقف شده و محتوای مخزن مدتی به حال خود رها شده تا انحلال پودر شیر پس چرخ، تکمیل گردد. این زمان در صورت استفاده از آب با دمای ۳۵-۴۵ درجه سانتیگراد ، تقریبا ۲۰ دقیقه می باشد. در پایان این مرحله همزن دوباره شروع به کار می نماید. معمولا پس از طی نصف زمان در عملیات مخلوط کردن، محموله بعدی برای ورود به سیستم عملیات باز سازی آماده می گردد .



این مقدار دمای اصاعی ضمن عبور محصول از سیستم مواسیری با حرارت در برآورده حد می شود، بنابراین محصول خروجی دمای مناسب هموزن کننده یعنی ۶۵ درجه سانتیگراد را خواهد داشت.

شیر هموزن شده پس از پاستوریزاسیون و خنک شدن در تبادل کننده حرارتی صفحه ای (۱۰) به وسیله پمپ به مخزن ذخیره (۱۳) یا مستقیماً برای بسته بندی ارسال می گردد.

### واحد تولید همراه اختلاط چربی در داخل سیستم تولید در مقیاس بالا

یک واحد تولید در مقیاس بالا در شکل (۷-۱۸) نشان داده شده است. فرایند قسمت بازسازی همانند فرایند شرح داده شده در قبل می باشد، فقط مقارن با پرشدن نوبتی مخازن، پودر شیر پس چرخ در یک خط فرعی با آب اختلاط می یابد. تغذیه پودر به سیستم ممکن است به طور دستی یا مکانیزه بر اساس ظرفیت و امکانات موجود انجام پذیرد.

وقتی که مخزن اختلاط پر شد، برای تکمیل آب گیری پودر شیر پس چرخ آنرا برای مدتی ساکن نگه می دارند. سپس مخلوط به وسیله پمپ از میان صافی دو گانه (۶) عبور داده شده و به داخل یک مخزن تعادل (۷) وارد می گردد. این کار یک جریان با سرعت ثابت به فرایند می دهد.

شیر پس چرخ به وسیله پمپ سانتریفوژی (۸) برای حرارت دادن مقدماتی از میان تبادل کننده حرارتی صفحه ای (۹) عبور داده می شود. افزودن چربی به مخزن اختلاط در شکل (۵-۱۸) نشان داده شده است. چربی، کف را فرو نشانده و تشکیل آنرا به دلیل خروج هوا از مخزن محدود می نماید. در این موارد کف مشکل ساز است، بنابراین ضرورت دارد یک محفظه هواگیر با خلا (۱۰) پس از قسمت حرارت دهنده مقدماتی، در تبادل کننده حرارتی (۹) کار گذاشته شود. شیر در این قسمت با حرارت مقدماتی تقریباً ۸ درجه سانتیگراد بالاتر از دمای لازم برای هموزن کننده گرم شده، و پس از آن وارد سیستم هواگیر با خلا می گردد که شرح آن در بالا داده شده است. سپس شیر از میان قسمتی که در آن یک تزریق کننده (۱۳) کار گذاشته شده عبور داده می شود. در این محل چربی مایع (ذوب شده) از مخزن ذوب کننده چربی (۱۱) به طور پیوسته در مقدار لازم به داخل جریان شیر، به کمک پمپ جابجایی با فشار مثبت (۱۲) تزریق می گردد. همزن کار گذاشته شده در پایین دست سیستم تزریق کننده (۱۴) کار اختلاط را تکمیل می نماید.

بلافاصله پس از اختلاط، شیر باز ساخته به طور پیوسته به یک هموزن کننده (۱۵) با ظرفیت بالا فرستاده می شود. در این محل گویچه های چربی به اندازه های ریز شکسته شده و

شکل ۶-۱۸ مخلوط کن با دور بالا برای اختلاط آب و پودر شیر



چربی بدون آب شیر، در این مرحله از مخزن ذخیره چربی (۱) به مخلوط افزوده می شود. مقدار لازم به وسیله قیف توزین کننده (۳) مشخص می گردد. همزن با طراحی ویژه برای توزیع مطلوب چربی برای چند دقیقه به کار افتاده و با ملایمت چربی را در شیر پخش می نماید.

سیستم لوله کشی انتقال چربی ذوب شده را برای جلوگیری از افت دمای چربی به زیر نقطه ذوب به طور کامل ایزوله می نمایند.

وقتی که تمام اجزای درون یک مخزن با هم مخلوط شدند، فرایند برای مخزن بعدی تکرار می گردد.

مخلوط شیر پس چرخ و چربی، از مخزن اختلاط به وسیله پمپ (۸)، از میان یک صافی دوتایی (۹) عبور داده می شود تا هرگونه مواد و ذرات خارجی مانند تکه های نخ یا گونی و غیره از آن جدا شوند. محصول پس از انجام فرایند حرارت دادن مقدماتی، درون تبادل کننده حرارتی (۱۰) به وسیله پمپ به هموزن کننده (۱۲) وارد شده و در این دستگاه کار توزیع یکسان گویچه های چربی در محلول تکمیل می گردد.

در هنگام عملیات اختلاط پودر، ممکن است حجم بالایی هوا وارد آن گردد که می تواند باعث سوختگی در سطوح دستگاه پاستوریزه کننده شود و یا در هموزن کننده موجب بروز اشکال گردد. بنابراین برای جلوگیری از این کار یک محفظه هوا گیر با سیستم خلاء (۱۱) قبل از دستگاه هموزن کننده کار گذاشته می شود. در این حالت طی فرایند حرارتی مقدماتی، ۷-۸ درجه سانتیگراد بالاتر از حرارت لازم برای هموزن کننده به محصول حرارت داده می شود،



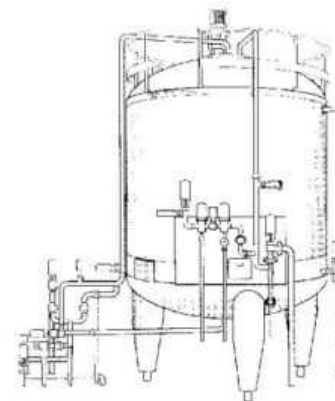
## بسته بندی

شیر باید تا حد ممکن به سرعت پس از تولید بسته بندی گردد. شیر فراوری شده با روش UHT باید در یک سیستم بسته آستیک در داخل دستگاه بسته بندی آستیک یا ماشین برکن در قوطی بسته بندی گردد.

شیر پاستوریزه را می توان در لفاف های کاغذی، پلاستیکی یا بطری شیشه ای بسته بندی نمود. اگر از بطری برای بسته بندی استفاده می گردد ترجیحا باید از نوع تیره انتخاب گردد تا از تغییر طعم شیر در اثر نور جلوگیری به عمل آورد.

مواد بسته بندی باید همیشه در برابر نفوذ هوا (اکسیژن) برای حفاظت از شیر در برابر اکسیداسیون، مقاوم باشد. قوام بدنه آن باید توان تحمل چیده شدن بر روی هم را در درون کارتن یا جعبه را دارا باشد.

شکل ۸-۱۸ یک مخزن آستیک برای حذف آلودگی ثانویه



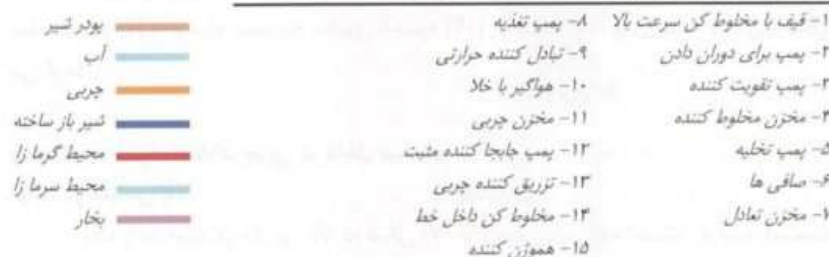
## ذخیره سازی

معمولا شیر باز ساخته مستقما از خط تولید به بسته بندی روانه می گردد. گاهی اوقات ممکن است برای جبران ظرفیت کم دستگاه بسته بندی یک مخزن بینابینی کار ذخیره سازی موقت شیر را انجام دهد. در این حالت این مخزن باید به صورت آستیک طراحی شده باشد تا از بروز آلودگی ثانویه اجتناب شود، شکل (۸-۱۸).

شیر استریل بسته بندی شده را می توان تا زمان سالم بودن بسته در شرایط معمولی نگهداری نمود. شیر پاستوریزه باید در یخچال نگهداری گردد. شیر فراوری شده با روش UHT و استریل بدلیل عدم نیاز به حفظ زنجیره سرما در بازار از مطلوبیت بیشتری برخوردارند.

به طور یکسان در داخل شیر توزیع می گردند. شیر هموژن شده در تبادل کننده حرارتی (۹) دستگاه پاستوریزه خنک می گردد. شیر پس از این مرحله آماده بسته بندی می باشد.

شکل ۷-۱۸ واحد شیر باز ساخته با اختلاط دهنده چربی در داخل سیستم



## کنترل فراورده

ضروری است که کنترل شیر باز ساخته در ارتباط خط تولید و ماشین آلات آن مورد ارزیابی دقیق قرار داشته باشد. این امر اطمینان لازم را که محصول در شرایط خوب تهیه شده است برای مصرف کننده فراهم می سازد.

شیر UHT و شیر استریل در مقایسه با شیر پاستوریزه قابلیت تحمل نوسان حرارت زیادی را دارا می باشند و عامل زمان هم در مصرف آن چندان مهم نمی باشد. شیر UHT را می توان با کامیون معمولی به فواصل طولانی حمل نمود و در فروشگاه در قفسه های معمولی بدون نیاز به هیچ ابزار خنک کننده ای قرار داد. مردمی که معمولا خرید هفتگی دارند تمایل بیشتری را برای خرید این نوع شیر نشان می دهند. از طرف دیگر برای شیر پاستوریزه باید چه در زمان انتقال و چه در زمان فروش زنجیره سرما حفظ گردد و در فروشگاه حتما در پیشخوان های یخچال دار عرضه گردد. معمولا این نوع شیر، خرید روزانه و مصرف روزانه دارند و در خانه ها تا زمان مصرف باید در داخل یخچال نگهداری شوند.

### بستنی

هر چند زمان تولید اولین بستنی نامعلوم می باشد، اما منشأ اصلی آن را چین می دانند. در نوشته های بسیار قدیمی چینی، شرحی در باره یک محصول منجمد که به وسیله اختلاط آب میوه با برف به صورت منجمد تهیه می شد، وجود دارد، که ما امروزه آن را بستنی یخی می نامیم. ظاهرا مصرف این نوع دسر منجمد در یونان باستان و روم در جشن های خصوصی ثروتمندان رواج داشته است.

پس از چند قرن که تولید بستنی فراموش شده بود، در قرون وسطی دوباره در ایتالیا شکل های گوناگون بستنی پدیدار شد. علت آن احتمالا نتایج سفر مارکوپولو سیاح ایتالیایی بود که در آن زمان یعنی سال ۱۲۹۵ به تازگی پس از یک اقامت ۱۷-۱۶ ساله در چین به ایتالیا برگشته بود، او طرز درست کردن یک دسر منجمد بر پایه شیر را در یادداشت های خود شرح داده بود. از قرن هفدهم بستنی از ایتالیا در تمام قاره اروپا گسترش یافت و تا مدت ها به عنوان یک دسر تجملی فقط در محافل سلطنتی مصرف می شد.

عرضه بستنی (Ice cream) به عامه مردم در آمریکا از قرن هجده شروع شده اما تا قرن نوزدهم از گسترش چندان بر خوردار نبود. در این سال ها اولین تجارتخانه عمده فروشی بستنی در بازار شروع به فعالیت کرد.

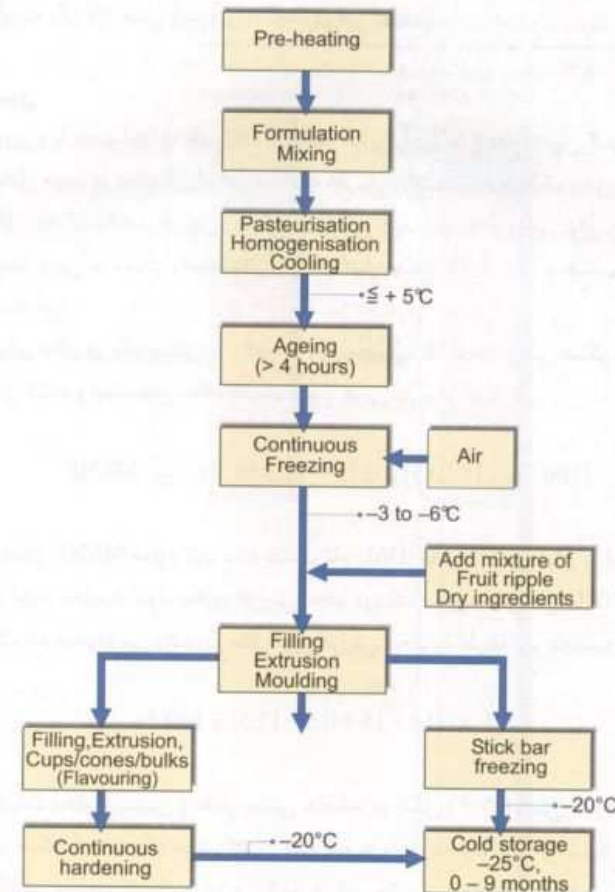
### طبقه بندی بستنی ها

بستنی را می توان بر اساس اجزای به کار رفته در آنها به چهار دسته تقسیم نمود:

- بستنی که منحصر از فراورده های لبنی ساخته شده،
- بستنی حاوی چربی گیاهی،
- بستنی میوه ای که از آب میوه با افزودن چربی شیر و مواد جامد بدون چربی شیر ساخته می شود،

بوسیله هوای فشرده جابه جا نمود و اگر این مواد در کیسه قرار داشته باشند ، به وسیله ماشین های ویژه ای آنها را تخلیه می نمایند .

شکل ۱۹-۱ فرایند تولید بستنی



معمولا مواد مایع مانند شیر ، خامه ، شیر تغلیظ شده ، گلوکز مایع و روغن های گیاهی به وسیله تانکر ها حمل می گردند. فراورده های شیری ، قبل از ذخیره سازی باید تا تقریبا ۵ درجه سانتیگراد خنک شوند. در حالیکه شیر تغلیظ شده شیرین ، گلوکز و چربی گیاهی را باید در دمای نسبتا بالا ۵۰-۳۰ درجه سانتیگراد نگهداری نمود تا ویسکوزیته این مواد به قدر کافی

■ بستنی یخی ساخته شده از آب ، شکر و عصاره میوه ،

بر اساس یک برآورد بیشترین تولید بستنی در جهان (۹۰-۸۰ درصد) به دو نوع اول بستنی اشاره شده در بالا اختصاص دارد . بنابراین در ادامه به بیان مرز مشترک این دو نوع بستنی پرداخته خواهد شد . در تابلو (۱۹-۱) چند فرمول برای بستنی نشان داده شده است .

| نوع بستنی         | چربی %Wt | MSNF %Wt | شکر %Wt | E/S %Wt | آب %Wt | افزایش حجم %vol |
|-------------------|----------|----------|---------|---------|--------|-----------------|
| بستنی یخی میوه ای | ۱۵       | ۱۰       | ۱۵      | ۰/۳     | ۵۹/۷   | ۱۱۰             |
| بستنی             | ۱۰       | ۱۱       | ۱۴      | ۰/۴     | ۶۴/۶   | ۱۰۰             |
| شیر یخی           | ۴        | ۱۲       | ۱۳      | ۰/۶     | ۷۰/۴   | ۸۵              |
| بستنی میوه ای     | ۲        | ۴        | ۲۲      | ۰/۴     | ۷۱/۶   | ۵۰              |
| بستنی یخی         | ۰        | ۰        | ۲۲      | ۰/۲     | ۷۷/۸   | ۰               |

شیر ، خامه ، کره یا روغن گیاهی

ممکن است حاوی مواد طعم دهنده یا رنگ خوراکی باشد

ماده خشک بدون چربی شیر (پروتئین ، نمک ها ، لاکتوز)

ساکارز مایع یا جامد (شکر با ۱۰ درصد گلوکز یا شیرین کننده غیر قندی)

امولسیفایر و پایدار کننده مانند: مونوگلیسرید ها ، ژلاتین ، آلژینات

مقدار هوای وارد شده در محصول

تخم مرغ، میوه و شکلات

### فرایند تولید بستنی

فرایند تولید بستنی در نمودار شکل (۱۹-۱) نشان داده شده است .

### دریافت و ذخیره مواد اولیه

مواد اولیه در داخل مخازن ، سیلو ها ، بشکه ها یا کیسه ها ، متناسب با شکل فیزیکی آنها ذخیره می شوند. مقدار ذخیره سازی آنها در ارتباط با ظرفیت واحد تولیدی می باشد .

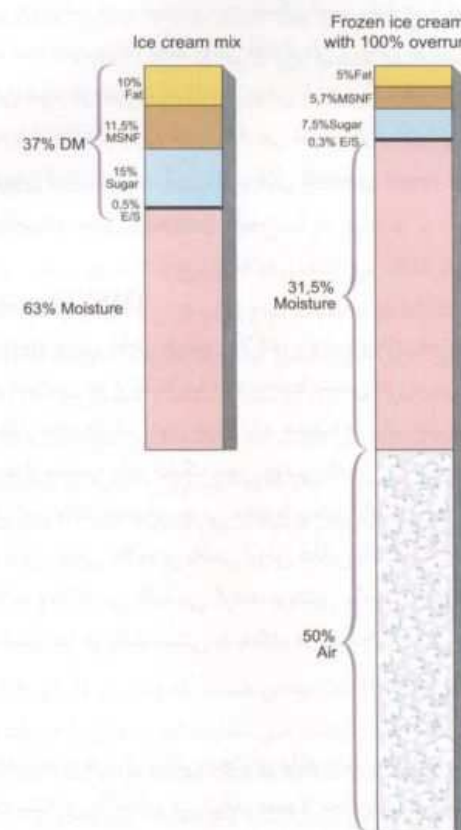
حجم مواد خشک در مقایسه با دیگر مواد، مقدار نسبتا کوچکی را تشکیل می دهد ، مانند پودر آب پنیر ، پایدارکننده ها و امولسیفایر ها ، پودر کاکائو و ... که معمولاً در داخل کیسه ها قرار دارند. اگر شکر و پودر شیر به وسیله بونکر حمل شده باشند می توان آنها را



## اجزای بستنی

در قسمت دریافت مواد اولیه، اجزای مختلف سازنده بستنی پس از دریافت و توزین مورد آزمایش قرار گرفته، معمولا یک قسمت برای دریافت مواد خشک و یک قسمت برای دریافت اجزای مایع پیش بینی می گردد.

شکل ۱۹-۲ مقایسه درصد اجزا در مخلوط بستنی و بستنی



اجزای به کار رفته در تولید بستنی عبارتند از:

- چربی
- ماده جامد بدون چربی (MSNF)
- شکر و یا مواد شیرین کننده غیر قندی
- امولسیفایر و پایدار کننده

(AMF) یا به شکل قالب های بزرگ حمل و نقل می گردد که در این صورت آنها را ابتدا ذوب و سپس به وسیله یمپ به مخزن ذخیره سازی حمل و در آنجا با دمای ۳۵-۴۰ درجه سانتیگراد نگهداری می نمایند. در این شرایط محموله ها را برای مصارف یک یا دو روز تولید آماده می نمایند تا از اکسیداسیون چربی شیر اجتناب به عمل آید. در غیر این صورت چربی ذوب شده را در مجاورت یک گاز خنثی (نیتروژن) نگهداری می نمایند.

## فرمولاسیون

وزن و یا حجم اجزا به طور تک تک باید قبل از اختلاط با دقت تعیین گردد. دستیابی به یک تعادل خوب در مخلوط براساس محاسبه دقیق درصد ماده خشک بدون چربی شیر (MSNF) - به کار رفته در فرمول - امکان پذیر می باشد. این مقدار را می توان به وسیله کم کردن درصد چربی ها، شکر، امولسیفایر و پایدار کننده ها (E/S) از ۱۰۰ و ضرب باقیمانده در ۰/۱۵ بدست آورد.

برای مثال در یک بستنی با ۱۰ درصد وزنی چربی، ۱۵ درصد وزنی شکر و ۰/۵ درصد وزنی پایدار کننده و امولسیفایر، ماده خشک بدون چربی آن برابر است با:

$$(100 - 10 - 15 - 0.5) \times 0.15 = 11.5 \% \text{ wt.} \Rightarrow \text{MSNF}$$

وقتی که مقدار MSNF معلوم شد، ماده خشک تام (DM) مخلوط را می توان بر اساس مقدار هر یک از اجزاء محاسبه نمود. بعلاوه افزایش حجم در یک نوع بستنی تقریبا ۲/۷ - ۲/۵ برابر ماده خشک تام مخلوط می باشد. در مثال فوق افزایش حجم به طریقه زیر محاسبه می شود:

$$2.7 \times (10 + 15 + 0.5 + 11.5) = 100 \%$$

درصد ترکیبات مخلوط بستنی و مقدار بستنی حاصله، در شکل (۱۹-۲) نشان داده شده است. در هنگام انجماد یک حجم کنترل شده هوا به داخل مخلوط زده می شود به گونه ای که حجم اصلی مخلوط تقریبا دوبرابر می شود. در این حالت درصد حجمی اجزا در مخلوط تقریبا نصف می گردد.

گاهی اوقات شکر معمولی را برای سهولت مصرف با غلظت ۵۵-۵۰ درصد در دمای محیط در آب حل می نمایند. با افزایش دما تا ۸۰ درجه سانتیگراد می توان به غلظت ۷۰ درصد نیز دست یافت. شکر مایع در مقایسه با شکر خشک از سهولت مصرف بیشتری برخوردار است. گاهی اوقات برای رضایت رژیم نویس ها در تامین غذای افراد دیابتی (مثلا به بیماری قند) از شیرین کننده های مصنوعی در بعضی فرمولاسیون ها به جای شکر استفاده می گردد. یک شیرین کننده (Sweetener) فاقد ارزش غذایی می باشد. اما حتی در مقادیر بسیار کم شیرینی زیادی را ایجاد می نماید. باید دقت داشت مصرف شیرین کننده در شیر تغلیظ شده شیرین مانند شکر اثر حفاظت کننده را دربر ندارد.

#### امولسیفایر

امولسیفایر ها (Emulsifiers) موادی هستند که به وسیله کاهش کشش سطحی - فراورده های مایع - در به تعلیق در آمدن مواد کمک می نمایند. همچنین آنها به پایدار ماندن حالت تعلیق مواد کمک می کنند. زرده تخم مرغ به عنوان یک امولسیفایر طبیعی به خوبی شناخته شده است. اما در مقایسه با انواع دیگر گران و کم اثر تر می باشد. امولسیفایر ها اساسا مشتقات غیر یونی چربی های طبیعی بوده و به صورت استریفیه (Ssterified) با یک یا چند رایکال آب دوست (محلول در آب) در اتصال هستند و همزمان با یک یا چند رایکال محلول در چربی (چربی دوست) نیز اتصال دارند. امولسیفایر های مورد استفاده در تولید بستنی را می توان به چهار گروه تقسیم نمود: استر های گلیسرین، استرهای سوربیتول، استر قندی و استر مواد آلی دیگر. مقدار لازم در فرمولاسیون معمولا ۰/۵-۰/۳ درصد مخلوط بستنی می باشد.

#### پایدار کننده ها

پایدار کننده ها (Stabiliser) موادی هستند که وقتی در فاز آبی قرار می گیرند با تعداد زیادی از مولکول های آب اتصال ایجاد می نمایند. این عمل را هیدراسیون (Hydration) می نامند در این حالت پایدار کننده با ایجاد یک شبکه، از حرکت آسان مولکول های آب جلوگیری به عمل می آورد. دو نوع پایدار کننده وجود دارد، پروتئینی و کربو هیدراتی. گروه پروتئینی شامل زلاتین، کازئین، آلبومین و گلوبولین بوده و گروه کربو هیدراتی شامل کلونیدهای معدنی، همی سلولز و ترکیبات اصلاح شده سلولز می باشند. مقدار مصرف پایدار کننده ها معمولا ۰/۴ - ۰/۲ درصد وزنی مخلوط بستنی می باشد.

- مواد طعم دهنده
- مواد رنگ دهنده

#### چربی

چربی حدود ۱۵-۱۰ درصد وزنی را در مخلوط بستنی تشکیل می دهد. ممکن است از چربی شیر یا چربی گیاهی در فرمول استفاده گردد. در حالت اول ممکن است از شیر کامل، خامه، کره یا چربی بدون آب شیر، استفاده شود. ممکن است مقداری یا تمام چربی در بستنی با چربی گیاهی سفت شده (هیدروژنه) مانند روغن آفتابگردان، روغن نارگیل، روغن سویا و روغن کلم روغنی جایگزین شود. در صورت استفاده از روغن گیاهی یک تفاوت جزئی در رنگ و طعم محصول در مقایسه با استفاده از چربی شیر ایجاد می نماید. اگر از افزودنی های طعم دهنده و رنگ زا در فرمولاسیون استفاده گردد، این تفاوت قابل تشخیص نخواهد بود. در بعضی کشور ها استفاده از چربی گیاهی در بستنی ممنوع می باشد.

#### مواد جامد بدون چربی (MSNF)

مواد جامد بدون چربی شامل پروتئین، لاکتوز، و نمک های معدنی می باشد. آنها به صورت پودر شیر و شیر پس چرخ تغلیظ شده به مخلوط بستنی افزوده می شوند. برای دستیابی به بهترین نتیجه مقدار ماده خشک بدون چربی باید همیشه در یک نسبت معین با مقدار چربی قرار داشته باشد. مقدار مناسب ماده خشک بدون چربی ۱۱/۵-۱۱ درصد وزنی را در مخلوط تشکیل می دهد. در این حالت محتوای چربی مخلوط بستنی باید ۱۲-۱۰ درصد باشد.

مواد جامد بدون چربی علاوه بر داشتن ارزش غذایی بالا باعث بهبود بافت بستنی به واسطه ایجاد اتصالات و جایگزینی با آب می گردند. پروتئین موجود در اجزای ماده خشک بدون چربی، در توزیع مناسب هوا در بافت بستنی به هنگام فرایند انجام نقش دارد.

#### شکر

شکر افزوده شده به فرمول بستنی محتوای ماده جامد را تنظیم می نماید، اما ایجاد طعم شیرین آن ارجحیت بیشتری را ایجاد می نماید. معمولا مخلوط بستنی حاوی ۱۰ تا ۱۸ درصد وزنی شکر می باشد. عوامل مختلفی بر روی اثرات شیرین کننده و کیفیت محصول نقش دارند. مواد شیرین کننده مختلف مانند شکر تهیه شده از چغندر قند و نیشکر، گلوکز، لاکتوز و قند اینورث (Invert) (مخلوط گلوکز و فروکتوز) در مخلوط بستنی استفاده می شوند.

در صورت به کار بردن شیر تغلیظ شده شیرین هر دو اثر شیرین کننده و افزودن ماده جامد بدون چربی تامین شده است.

تسهیل در حل شدن مواد، گرم می نمایند. اجزای مایع مانند شیر، خامه، شکر مایع و... را پس از اندازه گیری به داخل مخزن اختلاط وارد می نمایند.

### هموژن کردن و پاستوریزه کردن

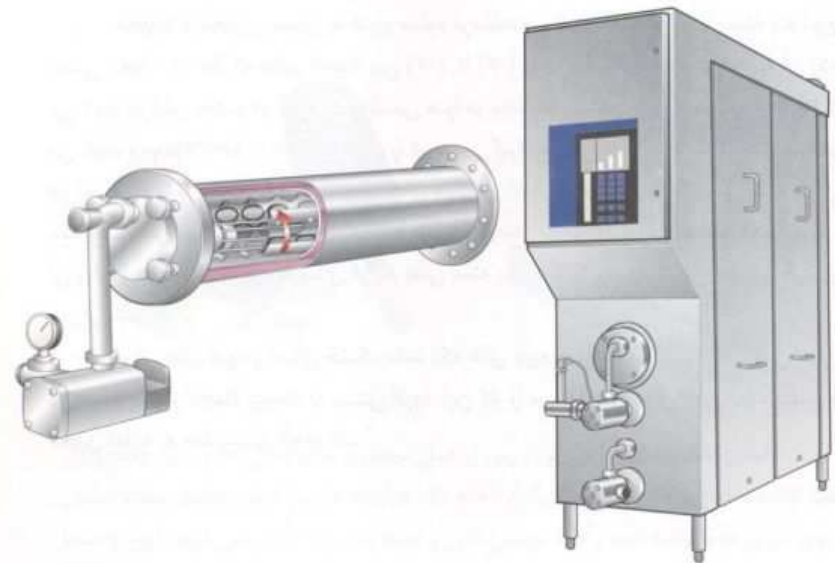
در صورت تولید در مقیاس بزرگ، مخلوط بستنی را از میان یک صافی به مخزن تعادل هدایت کرده و از آنجا به یک تبادیل کننده حرارتی صفحه ای فرستاده شده و در دمای ۷۵-۷۳ درجه سانتیگراد تحت فرایند حرارتی مقدماتی قرار می گیرد.

چربی بدون آب شیر یا چربی گیاهی را به اندازه مناسب به مخلوط اضافه کرده و خوب هم زده می شود و سپس به داخل یک هموژن کننده فرستاده می شود. پس از هموژن کردن مخلوط در فشار ۲۰-۱۴ مگا پاسکال (۲۰۰-۱۴۰ بار) آن را پاستوریزه می نمایند.

در تولید غیر پیوسته، مخلوط را با یک مقدار چربی مشخص شده در داخل مخزن و در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد و زمان ۳۰ دقیقه پاستوریزه می نمایند. سپس آن را از میان هموژن کننده عبور داده و متعاقبا به وسیله تبادیل کننده حرارتی صفحه ای تا ۵ درجه سانتیگراد خنک نموده و به مخزن رسانیدن (Ageing) انتقال می دهند.

شکل ۳-۱۹ فریزر مداوم بستنی با کنترل خودکار

شکل ۴-۱۹ اصول یک فریزر مداوم بستنی با کنترل دستی



### طعم دهنده ها

افزودنی های طعم دهنده (Flavouring) در فرمولاسیون بستنی نقش مهمی را در انتخاب مصرف کننده دارند. عموماً از وانیل (Vanilla)، بادام عسلی (Nougat)، شکلات، توت فرنگی و مغز فندق (Nut) برای این کار استفاده می شود و آنها را در مرحله اختلاط به فرمول می افزایند. اگر طعم دهنده مورد استفاده دارای ذرات بزرگ مانند بادام عسلی، فندق، میوه و مربا باشد. آن را به مخلوط در حال انجماد اضافه می نمایند.

معمولاً از کاکائو (Cocoa) به طور گسترده ای به صورت یک پوشش شکلاتی در بستنی سازی استفاده می نمایند. برای این منظور کاکائو را با یک چربی مانند کره کاکائو مخلوط کرده تا در هنگام به کار بردن برای پوشش شکلاتی از ویسکوزیته، قابلیت انعطاف و قوام مناسبی برخوردار باشد.

### رنگ خوراکی

از مواد رنگی خوراکی برای ایجاد یک ظاهر فریبنده و ارتقا دادن رنگ میوه ای متناسب با طعم به کار رفته در مخلوط بستنی استفاده می گردد. معمولاً مواد رنگی به شکل غلیظ به مخلوط افزوده می شوند. باید دقت شود که فقط از مواد رنگی مجاز و استریل شده استفاده شود.

### توزین، اندازه گیری و اختلاط

مواد خشک به آسانی قابل توزین می باشند، اجزای مایع را به وسیله توزین یا حجم سنجی اندازه گیری می نمایند.

در واحد هایی با ظرفیت پایین و حجم کم، اجزای خشک فرمول را پس از توزین به وسیله دست به مخزن اختلاط انتقال می دهند. این مخازن به گونه ای طراحی شده اند که در آنها به کار بردن حرارت غیر مستقیم مقدور بوده و مجهز به همزن های قوی می باشند.

عملیات فوق برای تولید در مقیاس بزرگ به طور خودکار و اغلب بر اساس مشخصات سفارش دهنده طراحی می گردد.

مواد اولیه در داخل مخزن حرارت داده شده و مخلوط می گردند. تا یک حالت تقریباً یکسان پیدا نمایند، متعاقباً مخلوط حاصل پاستوریزه و هموژن می گردد.

معمولاً برای تولید در ظرفیت های بالا از دو مخزن اختلاط با حجم متناسب با ظرفیت ساعتی پاستوریزه کننده (برای حفظ جریان مداوم) استفاده می گردد. مواد خشک مخصوصاً پودر شیر درحالی به واحد اختلاط وارد می گردد که یک جریان آب در حال دوران، پودر را به داخل جریان مکش می کند. قبل از برگشت مخلوط به مخزن آن را تا ۶۰-۵۰ درجه سانتیگراد برای



## بسته بندی ، اکستروژن کردن و قالب گیری

### بسته بندی در لیوانها ، مخروطی ها و ظروف

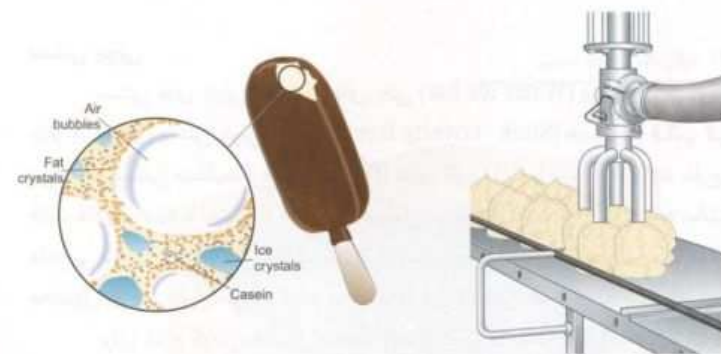
بسته بندی لیوانی ، قیفی و در ظروف (۶-۱ لیتری) با جا گذاری یک ماشین دوار پرکن درخت انجام می پذیرد . این ماشین می تواند پس از پر کردن محصول را با انواع مغز ها ، میوه ها و شکلات تزئین نماید. ظروف بسته بندی پس از درپوش گذاری از میان یک تونل سفت کننده عبور داده می شوند. در این محل که دمای آن (۲۰-) درجه سانتیگراد می باشد انجماد نهایی برای محصول به وقوع می پیوندد. قبل یا پس از سفت کردن بستنی ، بسته ها به طور دستی یا خودکار در داخل کارتن قرار داده می شوند .

### فراورده های اکستروژن شده بستنی (با یا بدون چوب بستنی)

فراورده های بستنی اکستروژن (Extruded) شده پس از خروج از نازل دستگاه در روی سینی قرار داده و متعاقبا وارد تونل انجماد می گردد. بستنی اکستروژن شده در شکل و اندازه های مختلف در روی سینی یا در داخل لیوان یا قیفی یا به صورت لایه های ساندویچی و غیره مانند ، از میان تونل سفت کننده عبور داده می شوند. یک واحد اکستروژن کننده در شکل (۵-۱۹) نشان داده شده است .

شکل ۵-۱۹ اکستروژن و سینی در مسیر تونل انجماد

شکل ۷-۱۹ بافت بستنی چوبی



آراستن ظاهر بستنی را می توان پس از حمل محصول روی سینی ها از میان یک تونل سفت کننده با دمای (۲۰-) درجه سانتیگراد انجام داد. فراورده ها پس از طی مراحل سفت شدن از روی سینی ها برداشته شده و آماده پوشش دادن و بسته بندی در کارتن می شوند. این واحدها

کننده حرارتی در دمای ۸۵-۸۳ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ ثانیه پاستوریزه می نمایند . مخلوط پاستوریزه تا دمای ۵ درجه سانتیگراد خنک شده و به مخزن رسانیدن، فرستاده می شود .

### رسانیدن

مخلوط باید برای عمل آوری و رسیدن (Ageing) به مدت ۴ ساعت در دمای ۲ تا ۵ درجه سانتیگراد همراه با همزدن ملایم نگهداری گردد. رسانیدن، فرصت لازم را برای عمل پایدار کننده ها و تبلور چربی فراهم می آورد.

### انجماد مداوم

فریزرهای مداوم دو عمل را به انجام می رسانند :

- زدن و افزودن یک مقدار کنترل شده هوا به داخل مخلوط،
- انجماد آب موجود در مخلوط و تولید بلورهای ریز یخ .

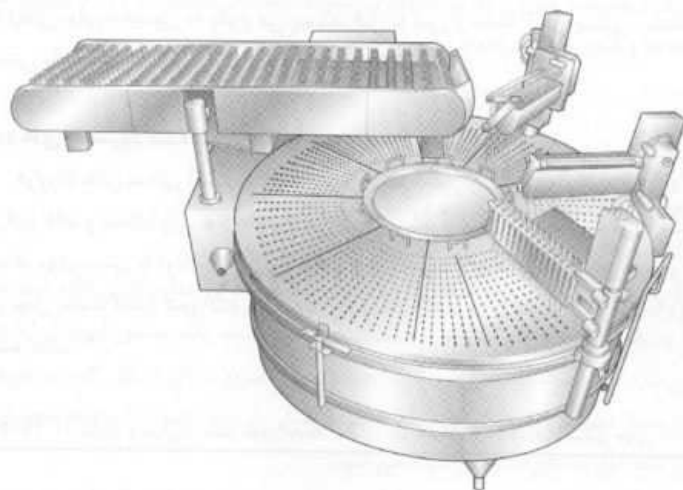
در شکل (۳-۱۹) نمای خارجی و در شکل (۴-۱۹) نمای داخلی فریزر مداوم نشان داده شده است. مخلوط به وسیله پمپ به داخل استوانه منجمد کننده که به وسیله یک پوشش آمونیاکی تا دمای بسیار پایین سرد شده است فرستاده می شود. انجماد بسیار سریع برای شکل گیری بلورهای کوچک یخ بسیار مهم می باشد. لایه منجمد مخلوط بستنی از روی دیواره استوانه انجماد، به وسیله یک تیغه دوار به طور مداوم تراشیده می شود.

مخلوط از مخازن رسیدن به فریزر مداوم فرستاده می شود که در آنجا بسته به نوع بستنی ، هوا - در حالیکه دمای انجماد بین (۳-) تا (۶-) درجه سانتیگراد قرار دارد- به آن زده می شود. افزایش حجم در اثر داخل شدن هوا در مخلوط بستنی را "ورآمدن" (Overrun) می نامند و معمولا ۸۰-۱۰۰ درصد حجم را در بر می گیرد به بیانی دیگر ۰/۸ تا ۱ لیتر هوا در هر لیتر از مخلوط بستنی وارد می شود. بستنی هنگامی که فریزر مداوم را ترک می کند دارای یک بافت یخی نرم می باشد. در این حالت مقدار ۴۰ درصد آب موجود در آن منجمد شده است . آن را به وسیله پمپ به مرحله بعدی فرایند یعنی بسته بندی، یا اکستروژن کردن و قالب گیری می فرستند.

برش های میوه و اجزای خشک مانند تکه های میوه ، مغز ها یا شکلات را می توان بلافاصله پس از انجماد پیوسته به بستنی افزود. این کار را می توان با اتصال دادن یک پمپ از مخزن تغذیه به خط بستنی انجام داد.

می توانند به طور پیوسته با توجه به ظرفیت اکسترودر کننده و نوع محصول تا ۲۵۰۰۰-۵۰۰۰ عدد بستنی را در هر ساعت تولید نمایند.

شکل ۶-۱۹ دستگاه فریزر برای ساختن بستنی چوبی



#### بستنی چوبی

بستنی های چوبی یا بستنی های یخی (Water ice bar) در ماشین های مخصوص بنام فریزرهای بستنی چوبی ساز (Stick novelty freezers) همراه با قالب گیری تولید می شوند. بستنی مستقیماً از فریزر پیوسته با دمای تقریباً (-۳۰) درجه سانتیگراد خارج می گردد. قالب های پر شده با احتیاط از میان یک محلول آب نمکی با دمای (-۴۰) درجه سانتیگراد عبور داده می شوند. در این محل انجماد بستنی یا بستنی یخی انجام می پذیرد. چوب ها قبل از اینکه محصول به طور کامل منجمد گردد در قالب ها قرار داده می شوند.

برای خارج کردن محصول منجمد شده از داخل قالب ها آنها را از میان آب نمک گرم عبور می دهند. در این حالت سطح محصول کمی ذوب شده و تخلیه محصول را از داخل قالب ها به طور خودکار به وسیله قسمت تخلیه کننده ممکن می سازد. پس از تخلیه بستنی های چوبی از داخل قالب ها ممکن است آنها را در داخل شکلات غوطه ور نمایند و سپس

در ماشین پوشش دهنده قرار دهند و در آنجا آنها را پس از پوشش دادن و کارتن گذاری در داخل سردخانه قرار می دهند.

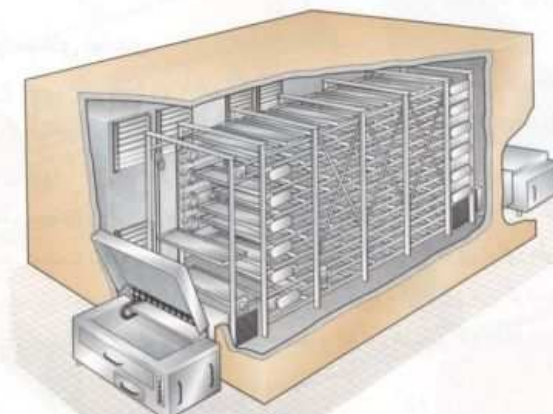
در این نوع ماشین ها می توان فراورده هایی چند لایه با اشکال و طعم های مختلف مثلاً در قسمت مغزی، بستنی و در لایه بیرونی بستنی یخی تولید نمود.

در شکل (۶-۱۹) یک نوع ماشین بستنی چوبی ساز، که امکان تولید بستنی چوبی و یخی را دارد، نشان داده شده است. برش یک بستنی چوبی و بافت تشکیل دهنده آن در شکل (۷-۱۹) نشان داده شده است.

#### سفت کردن و سردخانه گذاری

تولید بستنی تا هنگامی که آن با عبور از تونل انجماد با دمای (-۲۰) درجه سانتیگراد کاملاً سفت نشده باشد، تکمیل نمی گردد. برای فراورده های تولید شده در خط اکسترودر کننده یا خط بستنی چوبی عملیات سفت کردن در ضمن فرایند انجام می پذیرد. محصول بسته بندی شده بلافاصله پس از انجماد باید به داخل تونل سفت کننده انتقال داده شود، شکل (۸-۱۹). سفت کردن با سرعت بالا، بافت بهتری را در بستنی ایجاد می نماید. پس از سفت کردن فراورده ها را به سردخانه انتقال داده و آنها را در روی طبقه ها یا قفسه های موازی و در دمای (-۲۵) درجه سانتیگراد قرار می دهند. عمر انبار مانی بستنی به نوع محصول، نوع بسته بندی و ثابت نگهداشتن دمای پایین بستگی دارد. معمولاً مرحله انبار مانی در محدوده ۹-۰ ماه قرار دارد.

شکل ۸-۱۹ تونل سفت کننده بستنی





### پوشش دادن و بسته بندی

لیوان ها ، ظروف و غیره را چه با تسمه و چه درون کارتن بسته بندی می کنند . معمولاً فراورده هایی مانند بستنی چوبی و قیفی ها به صورت تکی پوشش داده می شوند و سپس در کارتن قرار می گیرند. طراحی قسمت پوشش دهنده و بسته بندی به نوع محصول و ظرفیت بستگی دارد . انواع مختلفی از ماشین های دستی و خودکار برای این کار وجود دارد .

شکل ۹-۱۹ واحد تولید بستنی با ظرفیت ۵۰۰ لیتر در ساعت

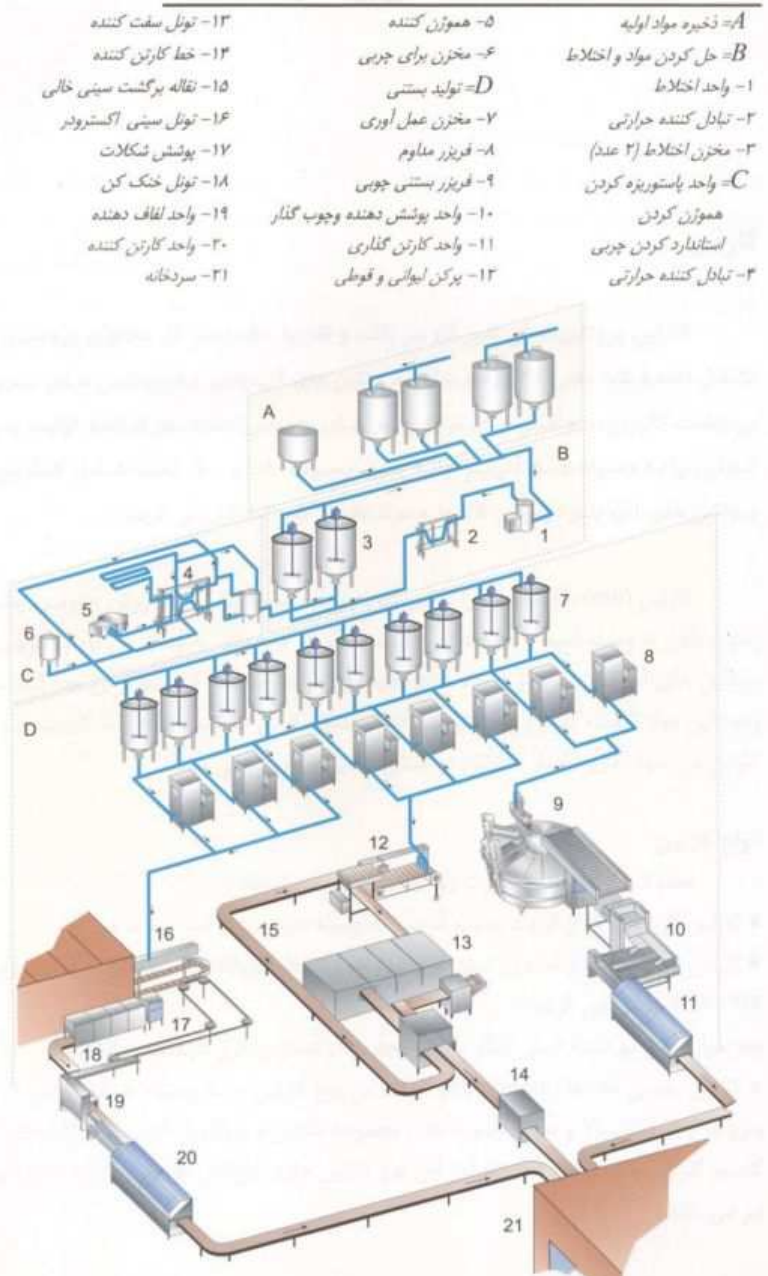


### مثال هایی از واحدهای تولیدی

دو طرح نشان داده شده در پایان این فصل برای ایده دادن در طراحی خط تولید بستنی می باشد. یکی از آنها در ظرفیت نسبتاً کوچک با ظرفیت ساعتی ۵۰۰ لیتر بستنی ، در شکل (۹-۱۹) دیده می شود . نوع دوم از ظرفیت بالاتری برخوردار بوده و توان تولید ۱۰۰۰-۵۰۰۰ لیتر انواع مختلف بستنی را در هر ساعت دارد، شکل (۱۰-۱۹) .

در واحد کوچک تر محصول پس از بسته بندی و کارتن گذاری برای طی مراحل سفت کردن در سردخانه در دمای (۴۰-) تا (۲۵-) درجه سانتیگراد نگهداری می گردند. مرحله سفت کردن باید تا حد ممکن با سرعت و کوتاه مدت باشد و کارتن ها باید با فاصله در روی قفسه ها چیده شوند.

شکل ۱۰-۱۹ واحد تولید کننده بستنی با ظرفیت ۱۰۰۰-۵۰۰۰ لیتر در ساعت





• کازئینات (Cascينات) بویژه کازئینات سدیم را عموماً از حل کردن کازئین اسیدی در هیدروکسید سدیم بدست می آورند.

#### تأثیرات مواد اولیه

برای تولید کازئین با کیفیت بالا، باید مواد اولیه یعنی شیر پس چرخ از کیفیت خوبی برخوردار باشد. اگر باکتری های موجود در شیر فرصت فعالیت پیدا نمایند با تغییر اسیدیته بر روی پروتئین های شیر تأثیر خواهند گذاشت. این تأثیر بر روی رنگ و قوام کازئین به صورت بروز رنگ خاکستری و قوام نرم تر مشخص می گردد. حرارت دادن بیش از اندازه شیر، قبل از رسوب دادن، علاوه بر بهم پیوستن و تأثیر متقابل مواد از جمله لاکتوز، کازئین و پروتئین های آب پنیر باعث ایجاد رنگ زرد و در شرایط بدتر بروز رنگ قهوه ای در کازئین می گردد.

به منظور تولید کازئین باکیفیت خوب باکتریایی، بدون استفاده از فرایند حرارتی بالا ممکن است، واحد پاستوریزاسیون را به یک سیستم میکروفیلتراسیون مجهز نمایند. برای برآوردن انتظارات لازم از کیفیت کازئین در صنایع غذایی و دارویی، علاوه بر دقت در طراحی خط، از نظر دریافت صحیح شیر و مواد اولیه بایستی مراقبت و دقت های لازم به عمل آورده شود.

#### کازئین آنزیمی

شیر پس چرخ، که قرار است برای تولید کازئین آنزیمی و یا انواع دیگر مورد استفاده قرار گیرد، به طور معمول دردمای ۷۲ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰-۱۵ ثانیه پاستوریزه می گردد. وجود حتی مقادیر کم چربی در شیر باعث افت کیفیت محصول نهایی خواهد شد، بنابراین باید جدا سازی چربی در سپراتور به طور کاملاً موثر انجام پذیرفته باشد.

در شکل (۱-۲۰) مراحل مختلف تولید کازئین آنزیمی نشان داده شده است. اثرات آنزیمی یا کمک آنزیم کیموزین (Chymosine) موجود در مایه پنیر به وقوع می پیوندد. شیر را در زمان کوتاهی حرارت داده و سپس تقریباً ۳۰ درجه سانتیگراد خنک می نمایند، در این مرحله مایه پنیر به آن افزوده شده و پس از ۲۰-۱۵ دقیقه یک ژل (gel) شکل می گیرد. متعاقباً لخته را برش داده و هم می زنند. در این مرحله مجدداً حرارت را تا تقریباً ۶۰ درجه سانتیگراد بالا می برند. زمان پخت تقریباً ۳۰ دقیقه می باشد. برای غیر فعال کردن آنزیم حرارت بالایی لازم می باشد.

## فصل بیستم

### کازئین

کازئین پروتئین اصلی شیر گاو می باشد و تقریباً ۸۰ درصد کل محتوای پروتئین را تشکیل داده و بقیه یعنی ۲۰ درصد شامل پروتئین های آب پنیر یا پروتئین های سرمی می باشند. کازئین ماده اصلی برای تولید پنیر های معمولی است. در فرایند تولید پنیر کازئین را به وسیله عمل آنزیم "مایه پنیر" رسوب داده و یک لخته شامل کازئین، پروتئین های آب پنیر، چربی، لاکتوز و مواد معدنی شیر تشکیل می گردد.

کازئین (Casein) تجارتی را از شیر پس چرخ به وسیله یک یا دو روش عمومی یعنی رسوب دادن به وسیله اسید یا لخته سازی به وسیله آنزیم "مایه پنیر" به دست می آورند. چربی، پروتئین های آب پنیر، لاکتوز و مواد معدنی باید طی مراحل مختلف شستشو از آن جدا گردند، وجود این مواد کیفیت کازئین را کاهش می دهد. خشک کردن مناسب باعث حفظ کیفیت خوب کازئین می شود. کاربرد اصلی کازئین در صنایع غذایی و دارویی می باشد.

#### انواع کازئین

معمولاً، کازئین را به صورت زیر تقسیم بندی می نمایند:

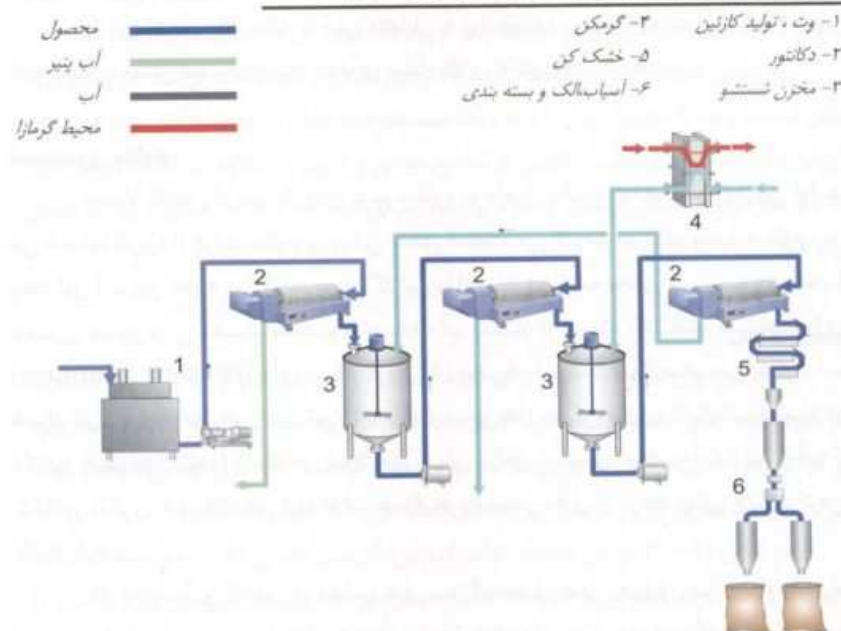
- کازئین آنزیمی، که از فرایند رسوب آنزیمی به وسیله مایه پنیر از شیر بدست می آید.
- کازئین اسیدی، که از اسیدی کردن شیر پس چرخ تا نقطه ایزوالکتریک پروتئین (pH برابر ۴/۶-۴/۷) حاصل می گردد.

بجز موارد فوق دو دسته اصلی دیگر به طور تجاری در دسترس قرار دارند که عبارتند از:

- کازئین رسوبی مختلط (Co-precipitate)، این نوع کازئین، به وسیله حرارت دادن شیر پس چرخ در دمای بالا و سپس رسوب دادن مجموعه کازئین و پروتئین آب پنیر با استفاده از کلسیم کلراید به دست می آید. بنابراین این نوع کازئین حاوی پروتئین های آب پنیر و کلسیم نیز می باشد.

نهایی شستشو فقط از آب تازه استفاده می گردد. پس از شستشو، آبیگری کازئین در یک دکانتور تا رسیدن به ماده خشک ۴۵-۴۰ درصد انجام می شود. ادامه خشک کردن مثلاً ممکن است توسط خشک کن لرزش دهنده انجام شود، سپس کازئین خشک را با آسیاب به اندازه ذراتی با ۶۰-۴۰ یا مش ۸۰ درآورده و در داخل کیسه ها بسته بندی می نمایند. (مش Mesh = تعداد خطوط پرده صافی در هر اینچ را می گویند، مش ۴۰ یعنی قطر منافذ برابر با ۰/۶۴ میلیمتر).

شکل ۱-۲۰ خط فرایند با جریان شستشوی ناهمسو کازئین آنزیمی



### کازئین اسیدی

در این روش شیر راتا نقطه ایزو الکتریک کازئین، اسیدی می نمایند pH را به ۴/۶ می رسانند، امحضور نمک های خنثی در محلول باعث انحراف گسترده pH از ۴ تا ۴/۸ می گردد. در نقطه ایزوالکتریک غلظت یون هیدرونیوم باعث خنثی شدن بار منفی میسل کازئین شده و در نتیجه شرایط رسوب (لخته شدن) مجموعه کازئینی را فراهم می آورد. فرایند اسیدی کردن را می توان به طور بیولوژیکی (اسید لاکتیک) یا به وسیله اضافه نمودن اسید معدنی مانند اسید هیدروکلریک (HCl) یا اسید سولفوریک (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) عملی نمود.

### شستشو غیر مداوم کازئین

پس از اینکه لخته برش خورده به دمای مورد لزوم رسید، آب پنیر تخلیه می گردد و کازئین باقی مانده در وت تا زمان حذف پروتئین های آب پنیر، لاکتوز و نمک با آب شسته می شود. شستشو را در دو یا سه مرحله در دمای بین ۶۰-۴۵ درجه سانتیگراد انجام می دهند. پس از تخلیه آب، کازئین را برای آب گیری بیشتر در آبکش یا سپراتور قرار داده و در مرحله بعد با استفاده از هوای داغ آنرا تا رطوبت ۱۲ درصد خشک می نمایند. محصول نهایی متعاقباً آسیاب و پودر می شود. دمای خشک کردن به روش کار بستگی دارد. در یک فرایند دو مرحله ای، دما در اولین مرحله ۵۵-۵۰ درجه سانتیگراد و در دومین مرحله تقریباً ۶۵ درجه سانتیگراد انتخاب می گردد.

کازئین آنزیمی باید سفید یا کمی متمایل به زرد باشد. بروز رنگ تیره نشانه کیفیت پایین بوده و ممکن است به وسیله محتوای بسیار بالای لاکتوز ایجاد شده باشد.

### شستشوی مداوم

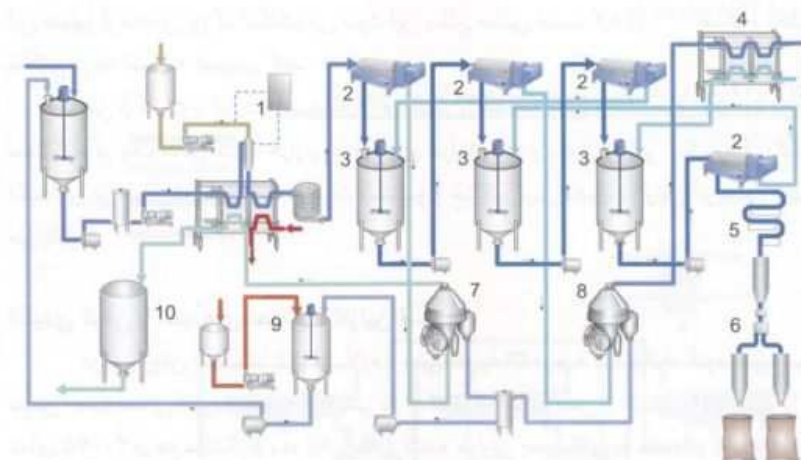
معمولاً کازئین آنزیمی با روش غیر مداوم در داخل مخزن مخصوص کازئین تولید می شد، اما امروزه از فرایند مداوم برای این منظور استفاده می گردد. در یک واحد مداوم، در وهله اول آب پنیر تخلیه می گردد. سپس کازئین را از میان دو یا سه مخزن شستشو دهنده با همزن عبور می دهند. معمولاً حذف آب پنیر در یک دکانتور سانتریفوژی (Decanter centrifuge) برای صرفه جویی در مصرف آب شستشو انجام می پذیرد. آب همراه کازئین در فواصل بین شستشو با استفاده از صافی های ساکن مایل، کارگذاشته شده در دکانتور (قیف جدا کننده) کاسته می شود. پس از طی مراحل شستشو، مخلوط کازئین و آب از دکانتور دیگری عبور داده می شود تا آب همراه هرچه بیشتر، قبل از مرحله نهایی خشک کردن کاسته شود.

کار لخته سازی کازئین در مقیاس های بزرگ، هنوز هم به طور غیر مداوم انجام می پذیرد در این سیستم ها با محاسبه تعداد وت ها به گونه ای عمل می شود که توالی تخلیه لخته کازئین در سیستم، کار تغذیه برای حذف آب پنیر و فرایند شستشو را به طور مداوم انجام دهد.

جریان شستشو در مخازن به صورت ناهمسو (Countercurrent) در مقایسه با جریان همسو (Concurrent) از نظر مصرف اقتصادی آب، بسیار باصرفه تر می باشد. مقایسه دو نوع جریان شستشو در ارتباط با مصرف آب این موضوع را نشان می دهد. مثلاً در جریان همسو به ازای هر لیتر شیر پس چرخ به یک لیتر آب نیاز می باشد. در حالیکه در جریان ناهمسو به ازای هر لیتر شیر پس چرخ فقط ۰/۴-۰/۳ لیتر آب نیاز دارد. تعداد مراحل شستشو در فرایند بستگی

شکل ۲-۲۰ فرایند تولید کازئین با روش اسیدی

| فرایند های به طور اضافی:              | ۱- کنترل pH              |
|---------------------------------------|--------------------------|
| ۷- بازیافت ذرات ریز کازئین از آب پنیر | ۲- سانتریفوژ دکانتور     |
| ۸- بازیافت ذرات ریز کازئین از آب شستو | ۳- مخزن شستو             |
| ۹- انحلال دوباره ذرات کازئین در قلیا  | ۴- تبادل کننده حرارتی    |
| ۱۰- ذخیره آب پنیر                     | ۵- خشک کن                |
|                                       | ۶- آسیاب و الک و کیسه زن |
| محصول                                 |                          |
| آب پنیر                               |                          |
| آب                                    |                          |
| محیط گرما را                          |                          |
| اسید                                  |                          |
| محلول سود                             |                          |



شیر پس چرخ را پس از عملیات حرارتی مقدماتی تا ۳۲ درجه سانتیگراد گرم نموده و پس از اسیدی کردن وارد واحد لخته ساز می نمایند، شکل (۳-۲۰). لخته شدن پس از حرارت دادن تا دمای تقریباً ۴۵ درجه سانتیگراد به وسیله تزریق مستقیم بخار تکمیل می گردد. کار با حذف آب پنیر در یک دکانتور ادامه یافته و سپس به وسیله جریان شستشوی ناهمسو در یک یا دو برج مخصوص شستشوی کامل تر می گردد، شکل (۴-۲۰).

پس از آبیگری کازئین توسط یک دکانتور، آن را برای خشک شدن نهایی وارد خشک کن با بستر سیال می نمایند.

#### رسوب مختلط

رسوب مختلط در عمل حاوی تمام اجزای پروتئین های شیر می باشد. به دنبال افزودن مقدار کمی کلسیم کلراید یا اسید به شیر پس چرخ، دمای مخلوط را تا ۹۵-۸۵ درجه سانتیگراد بالا برده و به مدت ۲۰-۱۰ (احتمالاً ۲۰-۱۰ دقیقه صحیح می باشد - مترجم) دقیقه برای ایجاد فرصت لازم جهت واکنش بین کازئین ها و پروتئین آب پنیر نگهداری می نمایند. رسوب پروتئین ها از شیر حرارت دیده به وسیله افزودن کنترل شده، محلول کلسیم کلراید (برای تولید

#### اسیدی کردن بیولوژیکی - کازئین اسید لاکتیک

تولید کازئین اسید لاکتیکی (Lactic acid casein)، به وسیله اسیدی کردن با روش میکروبیولوژیکی شیر انجام می پذیرد. شیر پس چرخ را پس از پاستوریزه کردن تادمای ۲۷-۲۳ درجه سانتیگراد خشک می نمایند. یک کشت مایه مزوفیل، فاقد توانایی تولید گاز را به شیر تلقیح می نمایند. اسیدی شدن تا pH مورد نظر تقریباً ۱۵ ساعت زمان لازم دارد. اگر فرایند اسیدی شدن بسیار طولانی گردد، باعث کاهش کیفیت و بازده کازئین می شود. معمولاً برای این منظور از مخازن بزرگ استفاده می شود. این بدان معنی است که در هنگام تخلیه مخازن درجه اسیدیته تغییر می کند.

پس از دست یابی به اسیدیته لازم، شیر را همزده و آن را تا دمای ۵۵-۵۰ درجه سانتیگراد در یک تبادل کننده حرارتی صفحه ای حرارت داده و پس از طی یک زمان کوتاه نگهداری در همان درجه حرارت، عملیات شستشو و خشک کردن همانند کازئین آنزیمی انجام می پذیرد.

#### اسیدی کردن با اسیدهای معدنی - کازئین اسیدی

در این روش شیر ابتدا تا دمای لازم، یعنی تقریباً ۳۲ درجه سانتیگراد گرم می شود. سپس اسید معدنی افزوده شده تا pH شیر به ۴/۶-۴/۳ برسد. پس از کنترل pH شیر را تا دمای ۴۵-۴۰ درجه سانتیگراد، در یک تبادل کننده حرارتی صفحه ای به مدت دو دقیقه حرارت داده در این حالت تراکم رشته های نازک کازئین شروع به شکل گیری می نماید. برای حذف هرچه بیشتر آب پنیر، قبل از شروع به شستشو، مخلوط آب پنیر و کازئین را از میان یک دکانتور عبور می دهند. این کار مصرف آب شستشو را کاهش می دهد.

در شکل (۲-۲۰) طرح یک واحد فرایند کننده برای تولید کازئین اسیدی نشان داده شده است. می توان مشابهت قسمت پایین دست واحد اسیدی زنی را با روش به کار رفته برای تولید کازئین آنزیمی مشاهده نمود.

قبل از دور ریختن آب پنیر و آب شستشو دهنده از واحد تولید، می توان با روشی ذرات کازئین باقیمانده در رسوبات (لجن) این قسمت ها را باز یافت نمود. معمولاً برای این کار یک قلیا به این رسوبات افزوده می شود، در این حالت ذرات کازئین به شکل محلول در آمده که آن را برای اختلاط مجدد با شیر پس چرخ که قرار است برای تولید کازئین به کار برده شود استفاده می نمایند.

پس از آبیگری و خشک کردن، کازئین اسیدی را آسیاب و در داخل کیسه ها بسته بندی می نمایند. روش تولید کازئین اسیدی به وسیله پیلِت (Pillet) فرانسوی، بهبود یافته که به آن اشاره خواهد شد.



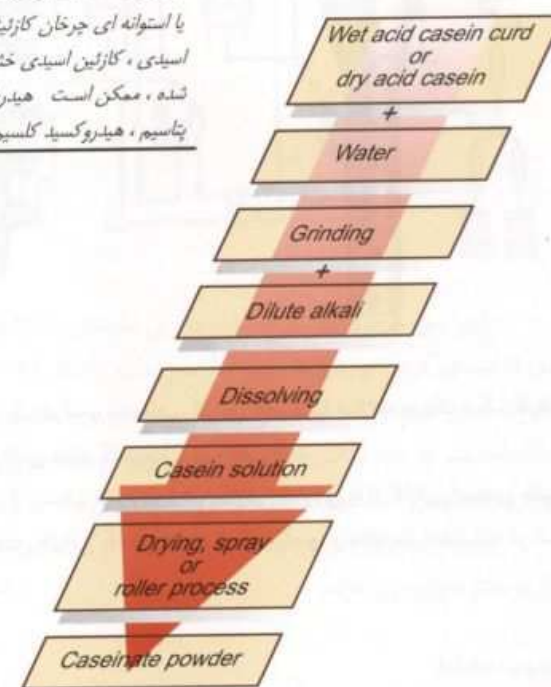
بسیار انواع میامند بپیمزیدات سدیم یا فسفات سدیم نیز ممکن است برای تولید به کاربرده شوند اما مقدار لازم و همچنین قیمت هردو آنها بیشتر از "سود" می باشد. معمولاً از آنها فقط برای اهداف ویژه تولید، مانند تولید کازئینات سیتراته و غیره استفاده می گردد.

به دلیل ویسکوزیته بسیار بالای محلول کازئینات باید برای خشک کردن در سیستم خشک کن پاششی تا ۲۰ درصد ماده جامد تعدیل گردد.

با توجه به فرایند عملیات، مشخص شده که زمان انحلال به طور مستقیم با اندازه ذرات در ارتباط می باشد. بنابراین کاهش اندازه ذرات قبل از افزودن هیدروکسید سدیم برای افزایش بیشتر سرعت واکنش موثر است. در این موارد لخته را قبل از افزودن قلیا از میان یک خردکن کلونیدی عبور می دهند.

#### شکل ۵-۲۰ اساس کاربر پایه خشک کردن پاششی

یا استوانه ای چرخان کازئینات حاصله از لخته کازئین اسیدی، کازئین اسیدی خشک قرار دارد. قلیا استفاده شده، ممکن است هیدروکسید سدیم، هیدروکسید پتاسیم، هیدروکسید کلسیم یا آمونیاک باشد.



لخته کازئین پس از شستشوی نهایی ممکن است تا حد ۴۵ درصد ماده جامد آبیگیری شود و لازم است قبل از وارد کردن آن به آسیاب کلونیدی مجدداً ماده جامد موجود در آن را با اختلاط دوباره با آب به ۳۰-۲۵ درصد رساند. دمای ماده آبی باید در زیر ۴۵ درجه سانتیگراد نگهداری گردد تا از برگشت دوباره حالت لخته - در دمای بالاتر - جلوگیری به عمل آید. معمولاً

رسوب مختلط با کلسیم بالا یا اسید رقیق (برای تولید رسوب مختلط با مقدار کلسیم متوسط یا مقدار کلسیم پایین، بسته به مقدار اسید افزوده شده و pH حاصله از آب پنیر) انجام می پذیرد. متعاقباً لخته را پس از شستشو برای تولید ذرات دانه ای شکل و رسوب مختلط نامحلول خشک می کنند، یا در قلیا حل می نمایند و مشابه روش تولید کازئینات عمل می شود تا رسوب های مختلط محلول یا منتشر شونده حاصل گردد.

شکل ۴-۲۰ برج شستشوی لخته برای تولید کازئین اسید لاکتیک، کازئین اسیدی، کازئین آنزیمی (پیلت)



شکل ۳-۲۰ واحد پیوسته لخته سازی، پخت، آبیگیری برای تولید کازئین اسید لاکتیک، کازئین اسیدی، کازئین آنزیمی (پیلت)



#### کازئینات

کازئینات در حقیقت یک ترکیب شیمیایی کازئین همراه با فلزات سبک تک ظرفیتی مانند سدیم ( $\text{Na}^+$ ) یا دو ظرفیتی مانند کلسیم ( $\text{Ca}^{++}$ ) می باشد.

کازئینات را می توان از رسوب تازه (مرطوب) کازئین اسیدی یا از کازئین اسیدی خشک به وسیله واکنش با محلول های قلیایی رقیق تهیه نمود، نمودار مختصر عملیات در شکل (۵-۲۰) نشان داده شده است.

#### کازئینات سدیم

در تولید کازئینات سدیم، قلیایی که بیشترین مصرف را دارا می باشد، محلول هیدروکسید سدیم ( $\text{NaOH}$ )، ۲/۵ مول یا ۱۰ درصد است. مقدار سود لازم به طور تقریبی ۲/۲-۱/۷ درصد وزن کازئین جامد می باشد (pH نهایی تقریباً ۶/۷).

### کازئینات سدیم اکستروود شده

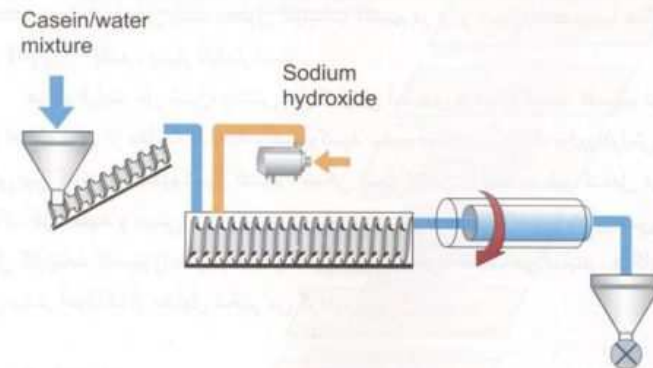
تولید کازئینات سدیم از کازئین در حضور مقدار محدود آب به وسیله به کار بردن روش اکستروود کردن (extrusion techniques) امکان پذیر است.

برخی شرکت های اروپایی فقط کازئینات اکستروود و پخت شده را خرید و فروش می نمایند مانند: ورنر فلایدر آلمان (Werner & pfleiderer) و سلکسترال فرانسه (Clextral) و تعدادی دیگر از شرکت ها، گزارش کرده اند که نتایج خوبی از تولید کازئینات سدیم به وسیله اکستروود و پخت بدست آورده اند.

در بیشتر اطلاعات منتشره از کازئین خشک به عنوان ماده اولیه استفاده شده است. آب و قلیا به شکل یک مخلوط برای اکستروود کردن افزوده می گردد. محتوای رطوبت مخلوط کازئین و آب به ۳۰-۱۰ درصد می رسد.

رواج روش اکستروود کردن در تولید کازئینات ها در رقابت تنگاتنگ با روش مرسوم غیر مداوم قرار گرفته است.

شکل ۶-۲۰ سیستم اکستروود کننده همراه با پخت



فرایند اکستروود کردن در تولید کازئین اسیدی از پودر شیر پس چرخ مورد آزمایش قرار گرفته. فیجتالی (J Fichtali) و ورت (F R van der Vort) تحقیقاتی را در یک واحد آزمایشگاهی در کالج مک دونالد (MacDonald) دانشگاه مگیل (McGill) شهر کبک (Quebec) کانادا انجام دادند. نتایج مختصر آزمایشات آنها (۱۹۹۰) در ذیل ذکر شده است:

اولین کار ماتولید یک لخته اسیدی از پودر شیر پس چرخ به وسیله فرایند اکستروود کردن بود که نتایج حاصله از آن به طور قابل توجهی نشانگر تمایل فرایند به بهبود کیفیت محصول می باشد. آمریکا، کانادا و جامعه اقتصادی اروپا همواره راه هایی که بتواند هزینه بالای

سیستم دارای یک پمپ قوی دوران دهنده می باشد.

افزودن قلیای رقیق باید با دقت کنترل شود تا pH نهایی به تقریباً ۶/۷ برسد. ترجیحاً قلیا را در مقدار تعیین شده در قسمت بالا دست سیستم به داخل قسمت دوران دهنده تزریق می کنند.

هنگام افزودن قلیا به مایع آبکی این نکته قابل اهمیت است که باید دما را با حد اکثر سرعت ممکنه تا ۷۵-۶۰ درجه سانتیگراد بالا آورد تا ویسکوزیته کاهش یابد.

زمان حل کردن کازئینات سدیم در سیستم غب مداوم ۶۰-۳۰ دقیقه می باشد. به هنگام استفاده از سیستم پاششی برای خشک کردن باید محلول سدیم کازئینات از ویسکوزیته ثابتی برخوردار باشد. برای این کار به وسیله حرارت دادن مقدمانی محلول را تا دمای ۹۵-۹۰ درجه سانتیگراد قبل از شروع عملیات خشک کردن گرم می کنند تا ویسکوزیته کاهش یابد.

### کازئینات کلسیم

آماده سازی کازئینات کلسیم همانند مسیر عمومی عملیات در تولید کازئینات سدیم، با دو استثناء مهم همراه می باشد. محلول کازئینات کلسیم در برابر حرارت خصوصاً هنگامی که مقدار pH زیر ۶ باشد، بسیار ناپایدار است.

هنگام فرایند حل شدن، واکنش بین کازئین اسیدی و هیدروکسید کلسیم در سرعت بسیار آهسته تری در مقایسه با لخته و هیدروکسید سدیم انجام می پذیرد. برای افزایش سرعت واکنش بین کازئین و هیدروکسید کلسیم، ممکن است کازئین را ابتدا به طور کامل در محلول آمونیاک حل نمایند و سپس هیدروکسید کلسیم موجود در محلول ساکارز را به آن می افزایند. محلول کازئینات کلسیم را به وسیله استوانه چرخان (غلطکی) خشک می نمایند. هنگام خشک کردن بیشتر آمونیاک از محلول تبخیر می گردد.

### انواع دیگر کازئینات

کازئینات منگنز، به طور خلاصه در این نوشته به آن اشاره می شود. ترکیبات کازئین با آلومینیم برای مصارف دارویی یا به عنوان امولسیفایر در محصولات گوشتی کاربرد دارد. مشتقات کازئین با فلزات سنگین مانند ترکیباتی حاوی نقره، جیوه، آهن و بیسموت و غیره اصولاً برای اهداف درمانی گاهی اوقات تولید می گردند. تهیه کازئینات آهن و مس به وسیله تبادل کننده یونی برای استفاده در غذای کودک و محصولات غذایی رژیمی انجام می پذیرد.

در مقایسه با سایرین مورد و مرتبط بر کاربرد این در صنایع معدنی آورده می شود. از آن در صنایع گوشت به عنوان امولیسفایر استفاده کرده و اخیراً در تولید فراورده های جدید به عنوان جایگزین شیر، نیز کاربرد پیدا کرده است.

تابلو ۱-۲۰ ترکیبات کازئین، کازئینات ها و رسوبی مختلط

| استاندارد برای کازئین اسیدی بر اساس درجه بندی |                         |                          |
|-----------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| کیفیت                                         | درجه استاندارد          | حداکثر محدوده قابل قبول  |
| رطوبت (حد اکثر)                               | ۱۰٪                     | ۱۳٪                      |
| چربی (حد اکثر)                                | ۱/۵٪                    | ۲٪                       |
| اسید آزاد (حداکثر)                            | ۰/۲ میلیتر              | ۰/۲۷ میلیتر              |
| خاکستر (حد اکثر)                              | ۳/۳٪                    | ۲/۳٪                     |
| محتوای پروتئین بر پایه ماده خشک               | ۹۵٪                     | ۹۰٪                      |
| شمارش کل در گرم (حداکثر)                      | ۳۰۰۰۰                   | ۳۰۰۰۰                    |
| کلیفرم (حد اکثر) در ۰/۱ گرم                   | -                       | -                        |
| استاندارد برای کازئین رتنی (آنزیمی)           |                         |                          |
| کیفیت                                         | درجه استاندارد          | حداکثر محدوده قابل قبول  |
| رطوبت (حد اکثر)                               | ۱۲٪                     | ۱۳٪                      |
| چربی (حد اکثر)                                | ۱٪                      | ۱/۵٪                     |
| خاکستر                                        | ۷/۵٪                    | ۷٪                       |
| رنگ                                           | A                       | C                        |
| ترکیبات برای کازئینات                         |                         |                          |
|                                               | سدیم کازئینات           | کلسیم کازئینات           |
| رطوبت                                         | ۳/۸٪                    | ۳/۸٪                     |
| پروتئین ( $N \times 6.25$ )                   | ۹۱/۴٪                   | ۹۱/۲٪                    |
| خاکستر                                        | ۳/۶٪                    | ۳/۸٪                     |
| لاکتوز                                        | ۰/۱٪                    | ۰/۱٪                     |
| چربی                                          | ۱/۱٪                    | ۱/۱٪                     |
| سدیم                                          | ۱/۳-۱/۴٪                | ۰/۱٪                     |
| کلسیم                                         | ۰/۱٪                    | ۱/۳-۱/۶٪                 |
| آهن                                           | ۲-۲۰ میلیگرم در کیلوگرم | ۱۰-۳۰ میلیگرم در کیلوگرم |
| مس                                            | ۱-۲ میلیگرم در کیلوگرم  | ۱/۲ میلیگرم در کیلوگرم   |
| سرب                                           | ۱ میلیگرم در کیلوگرم    | ۱ میلیگرم در کیلوگرم     |
| pH                                            | ۶/۵-۶/۹                 | ۶/۸-۷                    |

تولید شیر را به گونه ای، خصوصاً در پودر شیرپس چرخ تعدیل دهد مد نظر قرار داده اند به وسیله تعدیل کردن شرایط فرایند اکستروژن کردن، مطالعه بر روی لخته با ماده جامد بالا، بهینه کردن شرایط تولید و مرحله شستشو، تولید کازئین اسیدی با کیفیت قابل قبول به وسیله اکستروژن کردن به دست آمد. این فرایند به طور مداوم قابل اجرا و کنترل می باشد می تواند از پودر شیرپس چرخ - یا ماده جامد بالا- استفاده نماید. این خط فرایند، کار گر کمتری را لازم داشته و به فضای کمتری در مقایسه با دیگر روش ها نیازمند است.

## مصارف کازئین و کازئینات

### کازئین آنزیمی

کازئین آنزیمی یک محصول متفاوت با کازئین اسیدی می باشد. در صنعت آن را اساساً برای تولید مواد مصنوعی، شبه پلاستیک به کار می برند. کازئین پلیمری شده با فرمالین بنام گالالیس (Galalith) و فیبرهای (Fibres) ساخته شده از کازئین بنام لانیتال (Lanital) دو نوع از این محصولات می باشند. علیرغم کاربرد وسیع انواع گوناگون پلاستیک ها که در رقابت مستقیم با گالالیس قرار دارند، هنوز مقداری تقاضا برای کازئین جهت تولید گالالیس وجود دارد. مقدار کمی از کازئین آنزیمی به عنوان مواد اولیه برای تولید پنیر پروسس به کار برده می شود. کازئین آنزیمی در آب نامحلول می باشد.

### کازئین اسیدی

کازئین اسیدی نوع حاکم بر بازار جهانی می باشد. این ماده کاربرد وسیعی در صنایع شیمیایی و کاغذ سازی دارد، برای تولید کاغذ گلاسه با کیفیت ظریف از آن استفاده می گردد. کازئین مصرفی در صنایع کاغذ سازی باید عاری از چربی و ذرات خارجی یا سوخته باشد زیرا در غیر این صورت در روی کاغذ ایجاد لکه می نماید. برای دست یابی به محتوای بسیار پایین چربی در شیر پس چرخ باید آن را از میان یک سیستم میکرو فیلتراسیون متصل به واحد پاستوریزاسیون عبور داد. معمولاً هر صنعت سخت گیری های مخصوص به خودش را در مشخصات کیفی محصول مورد استفاده دارد. صنایع رنگ و مواد آرایشی از مصرف کنندگان بزرگ کازئین می باشند.

### کازئینات سدیم

یکی از موارد مهم کاربرد کازئین استعمال آن به عنوان مواد اولیه در ساخت کازئینات سدیم می باشد. کازئین به آسانی در یک محلول رقیق قلیایی حل می گردد. سپس می توان با استفاده از سیستم خشک کن پاششی آن را به شکل پودر درآورد. این پودر حلالیت بیشتری را



حذف لاکتوز از محیط پایدارتر می گردد. بنابراین پروتئین های شیر به راحتی می توانند در شکل کازئین و کازئینات مانند پودر شیر خشک ذخیره گردند .

کازئین تولیدی برای مصارف صنعتی باید از نظر شیمیایی از خلوص لازمه برخوردار باشد. تمایل جدیدی برای مصارف کازئین و نوع رسوبی مختلط به عنوان محصولات حد واسط در محصولات غذایی پیدا شده است که در این صورت باید از نظریولوژیکی و خلوص انتظارات مصرف کننده را برآورده سازند .

طراحی مناسب خط فرایند برای تولید بهداشتی محصول ضروری می باشد . چون کازئین در مقایسه با دیگر فراورده های لبنی، محصول فصلی است، واحد تولیدی باید توانایی تغییر به تولید فراورده های دیگر را بدون زحمت زیاد داشته باشد. مصرف آب باید در یک محدوده قابل قبول کنترل گردد.

با این تفصیل تولید در شکل پیوسته مناسب تر خواهد بود. تکمیل خط تولید برای مثال با ماشین های سانتریفوژی برای آگیری از کازئین و بازیافت کازئین از دست رفته در آب پنیر و آب شستشو ، راندمان را افزایش خواهد داد .

سدیم کازئینات پس از حل شدن ویسکوزیته بالایی پیدا نموده ، حد اکثر غلظت قابل حصول ۲۰ درصد در دمای ۵۵-۶۰ درجه سانتیگراد می باشد .

### کلسیم کازئینات

برای کاربردهای معینی از کلسیم کازئینات به جای سدیم کازئینات استفاده می گردد . یک دلیل آن می تواند کاهش دادن محتوای سدیم محصول باشد . در یک غلظت معین، ویسکوزیته کلسیم کازئینات در مقایسه با سدیم کازئینات کمتر می باشد.

تابلو ۲-۲۰ حد اکثر ترکیبات در کازئین رسوبی مختلط و کازئین

| کازئین اسید لاکتیک و کازئین   |         | کازئین رسوبی مختلط |             |
|-------------------------------|---------|--------------------|-------------|
| اسید سولفوریک                 |         | کلسیم بالا         | کلسیم متوسط |
| ۱۱/۵                          | ۹/۵     | ۹/۵                | ۹/۵         |
| ۱/۴                           | ۰/۵     | ۰/۷                | ۰/۹         |
| ۱/۸                           | ۷/۷     | ۳/۷                | ۲/۴         |
| پروتئین:                      |         |                    |             |
| ۸۵                            | ۸۱/۷    | ۸۵/۶               | ۸۶/۷        |
| ۹۶                            | ۹۰/۳    | ۹۳/۵               | ۹۵/۸        |
| بر پایه ماده خشک %            |         |                    |             |
| ۰/۱                           | ۰/۵     | ۰/۵                | ۰/۵         |
| < ۰/۱                         | ۲/۸۱    | ۱/۱۳               | ۰/۵۴        |
| ۴/۶-۵/۴                       | ۶/۵-۷/۲ | ۵/۶-۶/۲            | ۵/۴-۵/۸     |
| ۴/۳-۴/۶                       | ۵/۸-۵/۹ | ۵/۱-۵/۳            | ۶/۹-۵/۱     |
| pH آب پنیر پس از جداسازی لخته |         |                    |             |

### کازئین رسوبی همراه با کلسیم

این محصول نیز ممکن است پس از انحلال در قلیا در خشک کن پاششی خشک شود. زمینه کاربرد آن مانند کازئینات می باشد اما با این اختلاف که در تولید کازئین رسوبی همراه با کلسیم ، امکان تطبیق فرایند برای تنظیم رنگ ، حلالیت و خاکستر مطابق بانیااز های مصرف کننده وجود دارد .

یکی از مهمترین ویژگی کازئین و کازئینات از دیدگاه تغذیه ای محتوای نسبتا بالای اسید آمینه اساسی لیزین در آنها می باشد. علاوه بر این آزمایشات نشان داده اند که لیزین با

هوشیارترین سیستم های کنترل ، تهیه شده است .

## التزام قانونی

کوشش قانون برای حفاظت از مصرف کننده و خریدار در راستای حفظ سلامتی و ثبات کیفیت می باشد. سهل انگاری در عمل به التزامات و قوانین ملی یا محلی عواقب شدیدی را به همراه داشته و برخوردهای بسیار جدی را برای خاطی دربر دارد .

با شعار " پیش گیری بهتر از درمان " کارخانجات ملزم به رعایت قانون متناسب با نیازها و حفظ استاندارد های بالا برای محصولات خود می باشند. شیر و فراورده های آن به واسطه طبیعت خاص آنها محیط مناسبی برای رشد میکروارگانیسم های بیماری زا می باشند در نتیجه قانون اهمیت بیشتری را برای شیر و فراورده های لبنی در به کاربردن استانداردها برای تولید ، بسته بندی، انبار کردن و توزیع قائل شده است . معمولاً کشور ها دارای قوانین ملی و قوانین محلی استاندارد در چنین مواردی می باشند .

## اهداف تمیز کردن

بر اساس اهمیت نتایج حاصله از تمیز کردن می توان درجات زیر را برای انواع تمیز کردن قائل شد :

- پاکیزگی فیزیکی - حذف تمام آلودگی های قابل مشاهده از سطوح ،
- پاکیزگی شیمیایی - حذف آلودگی های قابل مشاهده و همچنین باقیمانده میکروسکوپی که ممکن است فقط مزه یا بوی قابل تشخیص داشته اما با چشم غیر مسلح قابل مشاهده نباشند .
- پاکیزگی باکتریولوژیکی - به وسیله استفاده از مواد ضدعفونی قابل دستیابی می باشد .
- پاکیزگی استریل - نابودی تمام میکروارگانیسم ها .

توجه به این نکته مهم می باشد که می توان ملزومات را فقط به طور باکتریولوژیکی بدون نیاز به پاکیزگی فیزیکی یا شیمیایی تمیز نمود. اگر به طور روزمره سطوح مورد نظر تحت تمیز شدن فیزیکی قرار داده شوند، دستیابی به تمیز سازی باکتریولوژیکی ساده تر خواهد بود. همیشه در صنایع لبنی هدف از عملیات تمیز کردن دستیابی به هردو پاکیزگی شیمیایی و باکتریولوژیکی می باشد . بنابراین سطوح ابزار ها ابتدا تماماً با مواد شوینده شیمیایی تمیز شده و سپس ضدعفونی می گردند .

## فصل بیست و یکم

### شستشوی تجهیزات لبنی

قسمت اساسی در طراحی کارخانه فرایند کننده مواد غذایی ، ترتیب تمیز کردن لوازم در تماس با فراورده های غذایی می باشد. در تولید مواد غذایی حفظ بالاترین شرایط بهداشتی یک ضرورت می باشد که می بایست ، جزء ارکان اصلی تولید در نظر گرفته شود . این امر مبتنی بر لزوم شرایط بهداشتی در ملزومات و تولیدات است . این التزام را می توان در سه بخش زیر خلاصه نمود :

- ۱- التزام تجاری
- ۲- التزام اخلاقی
- ۳- التزام قانونی

### التزام تجاری

شایستگی گوارایی ، یک محصول تمیز با نگهداری مناسب که عاری از مواد آسیب رسان به سلامتی انسان باشد، از بدیهیات در یک تجارت موفق می باشد ، بر این اساس مشتری ها همیشه دوباره سراغ شما خواهند آمد و برعکس یک محصول آلوده و با کیفیت پایین مرتباً در معرض شکایت مشتری قرار داشته و برگشت آن به کارخانه اجتناب ناپذیر است و در عین حال به اعتبار و آبروی محصول آسیب جدی وارد می آورد . اثرات بالقوه عواملی چون ضعف در تمیز کردن ، ضعف در رعایت استاندارد ها و ضعف در کیفیت باید همواره مد نظر قرار داشته باشد .

### التزام اخلاقی

بیشتر مشتریانی که مصرف کننده محصولات شما می باشند ، هرگز کارخانه یا چگونگی تولید فراورده غذایی را ندیده اند. اعتماد آنها بر شهرت و اعتبار شرکت یا کارخانه تولید کننده

پرزحمت در تمیز کردن کامل لوازم، کارایی لازم را نداشت و در بیشتر موارد باعث آلودگی مجدد محصولات می گردید.

تابلو ۱-۲۱ اثرات شیمیایی و ویژگی های آلودگی (چرک)

| مواد در تماس با سطوح | حلالیت                                     | سهولت حذف در             |
|----------------------|--------------------------------------------|--------------------------|
| شکر                  | در آب                                      | پاستوریزاسیون کند        |
| چربی                 | نا محلول در آب                             | پاستوریزاسیون سریع و UHT |
| پروتئین              | نا محلول در آب                             | دشوار، کارآمدیزه شدن     |
|                      |                                            | دشوار، پلیمریزه شدن      |
|                      |                                            | بسیار مشکل، رخداد        |
| نمک های معدنی        | متفاوت در آب، بیشتر نمک ها در اسید محلولند | کمی در اسید              |
|                      |                                            | مختلف                    |
|                      |                                            | دئاتوراسیون              |
|                      |                                            | مختلف                    |

امروزه چرخه سیستم شستشو در جا (CIP) منطبق با نیازهای قسمت های مختلف فرایند، به خوبی توسعه یافته و نتایج خوبی را به همراه داشته است.

طراحی عملیات شستشو باید بسیار دقیق و بر اساس دستیابی به یک درجه معینی از پاکیزگی انجام پذیرد و توالی عملیات در همه اوقات یکسان باشد.

چرخه تمیز کردن در صنایع لبنی در مراحل زیر انجام می گیرد:

- بازیافت محصول باقیمانده به وسیله تراشیدن، تخلیه و خارج کردن با آب یا هوای فشرده.
- آب کنشی مقدماتی با آب برای حذف باقیمانده جرم ها،
- شستشو با شوینده ها،
- آبکشی با آب تمیز،
- ضد عفونی به وسیله حرارت یا مواد شیمیایی (در بعضی موارد) در این صورت بدنبال این مرحله، آبکشی نهایی به وسیله آب با کیفیت بالا انجام می پذیرد.
- هر مرحله به یک زمان معین برای دست یابی به یک نتیجه قابل قبول نیاز دارد. در تابلو (۱-۲۰) بعضی اثرات شیمیایی و خصوصیات جرم ها فهرست شده است.

#### باز یافت باقیمانده محصول

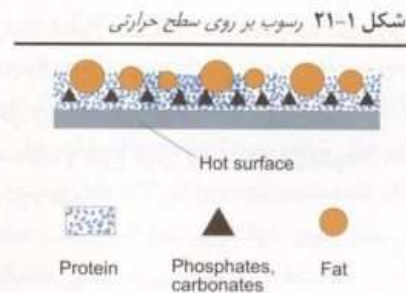
- تمام باقیمانده محصولات در مخازن و دستگاه ها، باید در انتهای کار به خط تولید برگشت داده شود. علت این کار:
- به حداقل رساندن اتلاف محصول،

#### جرم و آلودگی ها

چه نوع جرمی بر روی سطوح ملزومات لبنی قرار می گیرد که برداشتن آنها الزامی است؟ بیشتر این جرم ها شامل مواد رسوبی ته نشین شده بر روی سطوح، ناشی از ترکیبات شیر همراه با باکتری پنهان شده در داخل جرم ها می باشند.

#### سطوح حرارت دیده

وقتی که شیر تادمای بالاتر از ۶۰ درجه سانتیگراد حرارت داده می شود، سنگ شیر (Milk stone) شروع به شکل گرفتن می نماید. این ماده ناشی از رسوب فسفات کلسیم (و منیزیم)، پروتئین ها، چربی و غیره می باشد. این رسوب را به آسانی می توان پس از یک دوره طولانی تولید بر روی صفحه های تبادل کننده حرارتی در ابتدای قسمت احیای حرارتی مشاهده نمود. چنانچه سیستم تبادل کننده حرارتی بیشتر از هشت ساعت کار کند، رسوب سفید متمایل به قهوه ای که به صورت بسیار محکم به سطوح چسبیده است، به آسانی قابل مشاهده می باشد. چگونگی شکل گیری رسوب بر روی سطوح حرارتی در شکل (۱-۲۱) نشان داده شده است.



#### سطوح سرد

معمولا یک لایه نازک شیر به سطوح در تماس با آن مانند دیواره لوله ها، پمپ ها، مخازن و غیره می چسبد (سطوح سرد). در زمان تخلیه سیستم باید تمیز کردن فورا انجام پذیرد در غیر این صورت این لایه نازک خشک شده و حذف آن مشکل خواهد بود.

#### روش های تمیز کردن

پیش از این، تمیز کردن لوازم بکار رفته در صنایع لبنی به وسیله کارگر و با استفاده از برس ها و محلول های شوینده انجام می شد (هنوز هم در بعضی جاها رایج است). آنها با برداشتن درب مخازن به داخل آنها وارد شده و شروع به شستشوی سطوح می نمودند. این کار



استفاده می نمایند. ماده فعال کننده سطح، باعث کاهش کشش سطحی مایع می گردد. تی پول (Teepol) (Alkyl aryl sulphonate) یک فعال کننده سطح آنیونی می باشد که اغلب به کار برده می شود.

همچنین ماده پاک کننده باید قادر به پخش جرم ها و از هم پاشیدن ذرات معلق برای جلوگیری از کلوخه شدن آنها باشد. از پلی فسفات ها (Polyphosphates) به عنوان عامل به تعلیق در آورنده و پخش کننده ذرات استفاده می گردد. این مواد همچنین باعث نرمی آب نیز می گردند. اغلب از سدیم تری فسفات (Sodium triphosphate) و فسفات های ترکیبی استفاده می گردد.

در مورد مواد پاک کننده، عوامل زیر باید با دقت کنترل گردد تا نتایج رضایت بخشی از عمل آنها حاصل گردد:

- غلظت محلول پاک کننده،
- دمای محلول پاک کننده،
- اثر عملیات مکانیکی در روی سطوح تمیز شونده (سرعت جریان مواد)،
- استمرار تماس مواد با سطوح تمیز شونده (زمان تماس)،

#### غلظت مواد پاک کننده

قبل از شروع تمیز کردن، مقدار مواد پاک کننده در محلول باید دقیقاً تنظیم گردد. هنگام تمیز کردن، غلظت محلول پاک کننده به وسیله باقیمانده شیر و آب باقی مانده از آبکشی اولیه رقیق می گردد. مقداری از آن نیز برای خنثی سازی مصرف می گردد. بنابراین کنترل غلظت مواد پاک کننده در هنگام تمیز کردن سیستم ضرورت دارد. عدم دقت در این موضوع ممکن است تأثیرات جدی بر روی کارایی عملیات شستشو بگذارد. انجام کنترل را می توان به طور دستی یا خودکار انجام داد. ماده پاک کننده همیشه باید در مقدار لازم به کار برده شود، زیرا افزایش غلظت ماده پاک کننده باعث ارتقا کیفیت و اثرات شستشو نمی گردد و حتی ممکن است اثرات معکوس ناشی از ایجاد کف و غیره را به بار آورد. به کاربردن مقدار اضافی مواد پاک کننده بر هزینه های غیر ضروری خواهد افزود.

#### دمای مواد پاک کننده

به طور کلی به نظر می رسد که با افزایش دما، مواد پاک کننده موثرتر عمل می نمایند. برای به کار بردن پاک کننده های مخلوط همیشه یک دمای مطلوب توصیه شده است.

• کاهش بار، روی سیستم فاضلاب که این امر اغلب به طور قابل توجهی از هزینه تصفیه فاضلاب می کاهد.

بایستی زمان لازم برای تخلیه محصولات از دیواره مخزن و لوله ها در نظر گرفته شود. اغلب سطوح با باقیمانده جامد شده محصولات، پوشیده می شوند. مثلاً ماشین قالب زن کره، این ذرات باید به وسیله تراشیده شدن از روی سطوح برداشته شوند. قبل از شروع به تمیز کردن باید شیر باقیمانده به وسیله جریان آب به بیرون خط تولید هدایت گردد. شیر باقیمانده در سیستم لوله کشی به وسیله هوای فشرده یا همراه با جریان آب به مخزن ذخیره برده می شود.

#### آبکشی مقدماتی با آب

آبکشی مقدماتی باید همیشه بلافاصله پس از اتمام تولید انجام پذیرد. زیرا باقیمانده شیر بر روی سطوح خشک شده و می چسبد و تمیز کردن را مشکل می سازد. چربی شیر باقیمانده را می توان با استفاده از شستشوی با آب گرم به آسانی به بیرون هدایت کرد، اما هرگز نباید دمای آب از ۵۵ درجه سانتیگراد تجاوز نماید چون باعث انعقاد پروتئین ها و چسبیدن آنها بر روی سطوح خواهد شد.

آبکشی مقدماتی باید تا زمانی که آب خارج شده از سیستم شفاف گردد، ادامه یابد. در این صورت حذف جرم ها هرچه بیشتر افزایش یافته و در نهایت مقدار مصرف مواد پاک کننده را کاهش می دهد. اگر کلر هم همراه مواد پاک کننده استفاده شود وجود مقدار زیاد جرم ها آن را غیر فعال خواهد نمود. از یک دید گاه شاید بتوان برای باقیمانده خشک شده شیر بر روی سطوح یک فایده متصور شد، زیرا این لایه های چسبنده در روی سطح، جرم ها را نیز به خود گرفته و در موقع زدودن آنها کارایی تمیز کردن بیشتر خواهد شد.

مخلوط آب و شیر ناشی از آبکشی مقدماتی اولیه را می توان در یک مخزن برای فرایند ویژه جمع آوری نمود. در نهایت ۹۰ درصد باقیمانده های غیر چسبنده و تقریباً ۹۹ درصد کل باقیمانده ها را می توان به وسیله آبکشی مقدماتی حذف نمود.

#### تمیز کردن با پاک کننده ها

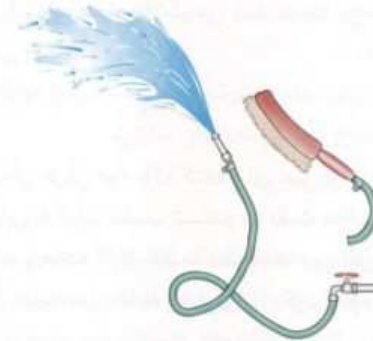
جرم های روی سطوح حرارتی را عموماً به وسیله شستشو با پاک کننده های (Detergents) قلیا / اسید و بلعکس می زدایند و بلافاصله بعد از هر مرحله سطوح را با فشار آب شستشو می دهند. معمولاً سطوح سرد را فقط با قلیا و گاهی با اسید شستشو می دهند. برای دستیابی به اتصال خوب بین مواد پاک کننده قلیایی مانند سود کاستیک (Caustic soda) یا (NaOH) و لایه های جرم از یک ماده فعال کننده سطح (Surfactant)

کلسیم را باید قبل از استفاده با به کار گیری سیستم تبادل یونی تا درجه  $dH$  ۴-۲ (درجه سختی آلمانی آب) نرم نمود.

عملاً ملزومات و سیستم لوله کشی پس از عملیات با محلول های قلیا و اسید قوی در دمای بالا استریل می باشند. جلوگیری از رشد باکتری در آب شستشوی باقیمانده در سیستم در طول شب (تا رسیدن به تولید) ضروری می باشد. این کار را می توان به وسیله اسیدی کردن آب آبکشی نهایی تا pH کمتر از ۵ با افزودن اسید فسفریک یا اسید سیتریک انجام داد. این اسیدها محیط را برای رشد بیشتر باکتری ها نامساعد می سازند.

شکل ۲-۲۱ نمونه هایی از اثرات شستشوی مکانیکی.

اثرات مکانیکی شستشو را می توان در سیستم دستی با استفاده از برس زیر و در سیستم خودکار با استفاده از جریان با سرعت بالایی سیال برقرار نمود.



### ضد عفونی

درست انجام دادن مراحل تمیز کردن با مواد پاک کننده اسیدی و قلیایی موجب می شود که ملزومات هم از نظر فیزیکی و هم از نظر شیمیایی و هم در یک گستره وسیع از نظر باکتریایی تمیز گردند.

تمیز کردن باکتریولوژیکی ملزومات را می توان به وسیله ضد عفونی بهبود داد. این فرایند ملزومات را غاری از باکتری می نمایند. برای محصولات معینی مانند شیر UHT و شیر استریل لزوم استریل بودن ملزومات ضروری می باشد.

لوازم لبنی را می توان با روش های زیر ضد عفونی نمود:

- ضد عفونی کردن حرارتی (آب جوش، آب داغ، بخار)
- ضد عفونی کردن شیمیایی (کلر زنی، اسید، یدوفور، آب اکسیژنه و ...)

عملاً در کارخانه ها ضد عفونی کردن مخازن را در ابتدای صبح قبل از شروع فرایند شیر انجام می دهند و سپس شیر فرایند شده (استریل) را در اولین فرصت به داخل این سیستم (پس از تکمیل مراحل ضد عفونی) ارسال می دارند.

بر اساس یک قاعده کلی، حین تمیز کردن با پاک کننده قلیایی باید همان دمای بکار رفته برای محصول در ضمن فرایند و حد اقل ۷۰ درجه سانتیگراد اعمال گردد. استفاده از دمای ۶۸-۷۰ درجه سانتیگراد برای تمیز کردن با پاک کننده های اسیدی توصیه شده است.

### اثرات تمیز کردن مکانیکی

در روش پاک کردن دستی از برس های زبر برای دستیابی به اثرات مناسب مکانیکی این ابزار استفاده می گردد، شکل (۲-۱۲). اما در تمیز کردن مکانیزه برای سیستم لوله کشی، مخازن و دیگر لوازم فرایند کننده از اثرات مکانیکی ایجاد شده به وسیله سرعت جریان سیال استفاده می شود. پمپ تغذیه کننده مواد پاک کننده در ظرفیت هایی بسیار بالاتر از پمپ تغذیه کننده محصولات طراحی می شوند. معمولاً سرعت جریان در این پمپ ها ۳-۱/۵ متر بر ثانیه است و در این سرعت جریان مایع بسیار متلاطم می باشد. نتیجتاً این عوامل اثرات مناسبی را در شستشوی سطوح ایجاد می نمایند.

### مدت زمان تمیز کردن

باید طول مدت زمان جریان مواد پاک کننده برای تمیز کردن (مدت زمان تماس مواد با سطوح) به منظور دست یابی به اثرات مناسب شستشو با دقت محاسبه گردد. در این شرایط هزینه برق، گرم کردن آب و هزینه کارگر باید مد نظر باشد. عبور دادن ساده یک محلول پاک کننده از سیستم لوله کشی کفایت نمی نماید. باید برای حل کردن جرم ها، مواد پاک کننده در مدت زمان نسبتاً طولانی در درون سیستم دوران داده شوند. زمان این دوران دادن به ضخامت رسوبات (و البته دمای محلول پاک کننده) بستگی دارد. سطوح تبادل کننده حرارتی صفحه ای که به وسیله رسوبات پروتئینی قشر بسته است، باید برای تقریباً ۲۰ دقیقه در معرض گردش محلول اسید نیتریک قرار گیرند و ۱۰ دقیقه دوران محلول قلیا برای حل کردن قشر نازک شیر در روی سطوح مخازن کافی می باشد.

### آبکشی با آب تمیز

پس از اتمام مرحله تمیز کردن با استفاده از مواد پاک کننده، تمام سطوح باید برای زدودن کامل بقایای مواد پاک کننده به مدت طولانی در معرض آبکشی قرار داده شوند. باقیمانده هر مقدار از مواد پاک کننده در سیستم می تواند باعث آلودگی شیر گردد.

استفاده از آب سبک (نرم) برای آبکشی ارجحیت دارد. این کار از تشکیل پوسته آهکی بر روی سطوح تمیز شده جلوگیری به عمل می آورد. آب سخت با محتوای بالای نمک های

اگر ضد عفونی در پایان روز انجام شود، محلول ضد عفونی کننده باید به طور کامل به وسیله آب استریل از روی سطوح زوده شود. در غیر این صورت ممکن است سطوح فلزی آسیب ببینند.

### سیستم های شستشو درجا (CIP)

سیستم شستشو درجا (Cleaning-in-place = CIP)، به معنی جریان یافتن آب شستشو و محلول مواد پاک کننده از میان مخازن، سیستم های لوله کشی و خط فرایند بدون نیاز به از هم باز کردن قطعات این ملزومات می باشد. شستشو درجا، به گردش مایع پاک کننده از میان ماشین ها و دیگر لوازم در یک چرخه تمیز کننده تصریح دارد. سیر دادن جریان مایع با سرعت بالا از روی سطوح ملزومات همان اثر مکانیکی را برای حذف جرم ها و رسوبات ایجاد می نماید. این سیستم قابل استفاده در لوله ها، تبادل کننده های حرارتی، پمپ ها، دریچه ها، سپراتور ها و... می باشد.

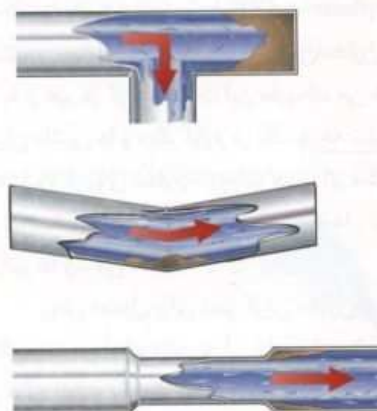
روش معمول برای تمیز کردن مخازن بزرگ پاشیدن مواد پاک کننده بر روی سطوح فوقانی و سپس اجازه دادن به آن برای جاری شدن بسوی پایین دیواره ها می باشد. اغلب در این موارد اثرات مکانیکی قابل انتظار ناکافی می باشد که می توان برای بهبود دادن این حالت از یک نوع وسیله پاششی ویژه که در شکل (۳-۲۱) نشان داده شده است سود جست. در تمیز کردن مخازن به حجم های بزرگی از مواد پاک کننده که باید به سرعت هم گردش داده شود نیاز می باشد.

### چرخه CIP

نوع تجهیزاتی که می توانند در موارد مشابهی شستشو شوند بر اساس عوامل زیر تعیین می شود:

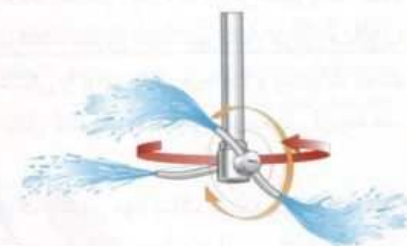
- رسوب باقیمانده محصول در یک سیستم تحت شستشو باید از یک نوع بوده تا بتوان از یک نوع پاک کننده و ضد عفونی کننده استفاده نمود.
  - سطوح لوازم که قرار است تمیز گردند باید از یک جنس یا مواد مشابه تشکیل شده باشد تا بتوان از یک نوع پاک کننده و ضد عفونی کننده برای کل آن استفاده نمود.
  - تمام اجزا در مدار باید همزمان در دسترس چرخه تمیز کردن قرار داشته باشند.
- در سیستم های لینی با توجه به هدف های تمیز کردن، مدارهای متفاوتی بازمان های مختلف کار گذاری می گردند.

شکل ۴-۲۱ مثال هایی برای نشان دادن وضعیت های مشکل در تمیز کردن لوله ها



شکل ۳-۲۱ نازل توربینی با سرعت بالا برای شستشوی مخازن

پاشنده های توربینی شامل دو نازل متحرک که بر روی یک پایه قرار داده شده اند. دو قسمت متحرک یکی در حول محور افقی و دیگری در حول محور عمودی دوران دارند. چرخش نازل ها به وسیله عکس العمل پاشنده های جت از قسمت عقب آنها دار نازل ها ایجاد می گردد.



### سازگاری مواد و طراحی سیستم

برای انجام موثر فرایند شستشوی درجا (CIP) طراحی ملزومات باید به گونه ای انجام پذیرد که در داخل یک مسیر تمیز کننده قرار گرفته و خود نیز به آسانی قابلیت تمیز شدن را داشته باشند. در انجام این عملیات تمامی سطوح باید در معرض محلول شوینده قرار گیرند و هیچ فضایی که مواد پاک کننده نتواند به آن دسترسی داشته باشد یا از میان آن جریان یابند وجود نداشته باشد. شکل (۴-۲۱). ماشین ها و سیستم لوله کشی باید به گونه ای نصب شوند که بتوان آنها را به طور موثری از محتویات داخلی تخلیه نمود. وجود هر حفره یا گلوگاه که در آن آب باقیمانده و نتواند به گونه ای تخلیه گردد، پناهگاهی مطمئن برای تکثیر سریع باکتری ها و یک خطر جدی برای بروز آلودگی در محصول خواهد بود.

جنس ملزومات به کار رفته در فرایند، مانند فولاد ضد زنگ، پلاستیک ها و مواد انعطاف پذیر (Elastomers) باید به گونه ای باشد که هیچ بو و مزه ای را به محصول انتقال ندهند. آنها باید همچنین قابلیت ایستایی در برابر مواد شوینده و ضد عفونی کننده را در دمای تمیز کردن دارا باشند.

در بعضی موارد سطوح لوله ها و لوازم ممکن است مورد تهاجم شیمیایی مواد قرار گرفته و محصول را آلوده نمایند. مس، برنج (Brass) و قلع فلزاتی حساس به اسید و قلیای قوی می باشند. وجود مقادیر ناچیز مس در شیر منجر به بروز طعم اکسیدی (روغنی، طعم روغن) در



۲- دوران دادن یک محلول قلیا \* با غلظت ۱/۵-۰/۵ درصد برای تقریباً ۳۰ دقیقه در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد.

۳- آبکشی برای حذف باقیمانده قلیا با آب داغ برای تقریباً ۵ دقیقه.

۴- دوران دادن محلول اسید نیتریک با غلظت ۱-۰/۵ درصد برای تقریباً ۲۰ دقیقه در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد.

۵- آبکشی متعاقب با آب سرد.

۶- خنک کردن تدریجی با آب خنک برای تقریباً ۸ دقیقه.

معمولاً دستگاه پاستوریزه کننده را در اول صبح قبل از شروع به تولید ضد عفونی می نمایند. این کار به وسیله دوران دادن آب داغ ۹۵-۹۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه زمان پس از اینکه آب خروجی در دمای ۸۵ درجه سانتیگراد قرار گرفت در نظر می گیرند. در بعضی واحدها پس از آبکشی مقدماتی، برنامه داده شده به سیستم CIP کار را با پاک کننده اسید برای تمیز کردن رسوبات نمک ها شروع می نماید، بدین ترتیب با انحلال لایه های جرم به حل شدن پروتئین ها در محلول قلیا که متعاقباً به سیستم وارد خواهد شد کمک می نماید. اگر ضد عفونی کردن با ترکیبات شیمیایی کلردار انجام پذیرد در صورت باقیماندن پاک کننده اسیدی خطر بروز خوردگی سریع وجود خواهد داشت. وقتی شروع شستشو با تمیز کننده قلیایی باشد و در انتها با تمیز کننده اسید انجام پذیرد پس از یک شستشوی بینابینی با آب متعاقباً باید سیستم به وسیله یک قلیا ضعیف برای خنثی سازی احتمالی اسید باقیمانده از پاک کننده اسیدی (قبل از ضد عفونی کردن با مواد کلر دار) مورد شستشو قرار گیرد، تا از بروز خوردگی جلوگیری به عمل آید.

برنامه CIP برای مسیر لوله ها، مخازن و دیگر اجزای سرد شامل مراحل زیر می باشد:

۱- شستشو با آب گرم برای ۳ دقیقه،

۲- دوران دادن پاک کننده قلیایی با غلظت ۱/۵-۰/۵ درصد در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد برای تقریباً ۱۰ دقیقه.

۳- شستشو با آب گرم برای تقریباً ۳ دقیقه،

۴- ضد عفونی با آب داغ ۹۵-۹۰ درجه سانتیگراد برای ۵ دقیقه،

۵- خنک کردن تدریجی با آب برای تقریباً ۱۰ دقیقه (معمولاً خنک کردن برای مخازن انجام نمی پذیرد).

#### طراحی سیستم های CIP

عملاً محدوده ای برای ایجاد رضایت در ارتباط با اندازه و ترکیب واحد CIP وجود ندارد.

شیر و محصولات تهیه شده از آن می گردد. از فولاد ضد زنگ به عنوان متداول ترین عنصر برای سطوح در تماس با شیر و محصولات لبنی مورد استفاده قرار می گیرد. در این حالت آلودگی فلزی بروز نخواهد کرد. همچنین می توان از فولاد ضد زنگ برای تماس با محلول های کلر دار نیز استفاده کرد.

خوردگی الکترولیتی در مواقعی که از مس یا قلع در ترکیب با فولاد ضد زنگ استفاده شده باشد بروز می نماید. در این شرایط خطر آلودگی فلزی وجود دارد. خوردگی الکترولیتی ممکن است در هنگامی که از فولاد با درجات مختلف برای ساخت لوازم استفاده شود و در معرض مواد تمیز کننده با عوامل فعال کاتیونی قرار گیرند، رخ دهد.

مواد انعطاف پذیر (مانند لاستیک ها) می توانند به وسیله کار و عامل اکسیداز مورد هجوم قرار گیرند. در این صورت باعث بروز لک یا درز باز کردن و آزاد شدن ذرات لاستیک در داخل شیر خواهند شد.

وجود انواع گوناگون پلاستیک ها در ملزومات فرایند محصول، ممکن است یک آلودگی آسیب رسان را ایجاد نمایند. بعضی ترکیبات تشکیل دهنده پلاستیک ها می توانند به وسیله چربی شیر حل گردند. محلول های پاک کننده نیز چنین اثری را دارند. استفاده از مواد پلاستیکی در صنایع لبنی باید از نظر ثبات و اجزا، مورد توجه قرار داشته باشد.

#### برنامه های CIP

برنامه های شستشو درجا (CIP) در صنایع لبنی بر اساس این که آیا مسیر تمیز کردن بر روی سطوح حرارتی (مثل تبادل کننده حرارتی پاستوریزاسیون) قرار داشته باشد یا خیر، تفاوت دارد. اساس این تفاوت در موارد زیر اشاره شده است:

- برنامه CIP برای مسیر پاستوریزاسیون و دیگر ملزومات در تماس با سطوح حرارتی (UHT و...).

- برنامه CIP برای مسیر سیستم لوله کشی ها، مخازن، و دیگر ملزومات فرایند، بدون تماس با سطوح حرارتی.

اختلاف اصلی بین این دو نوع مسیر، این است که در مسیر های در تماس با حرارت همیشه باید در ابتدا پاک کننده اسید \* به مسیر زده شود تا قشر پروتئینی و نمک های راسب شده از روی سطوح حذف گردند. برنامه CIP برای یک پاستوریزه کننده با "اجزای داغ" شامل مراحل زیر می باشد.

{ \* این مطلب در متن اصلی تناقض دارد و ظاهراً در بعضی از سیستم ها این مرحله را به طور اضافی انجام داده و مرحله اصلی شستشو با محلول قلیا انجام می پذیرد - مترجم }

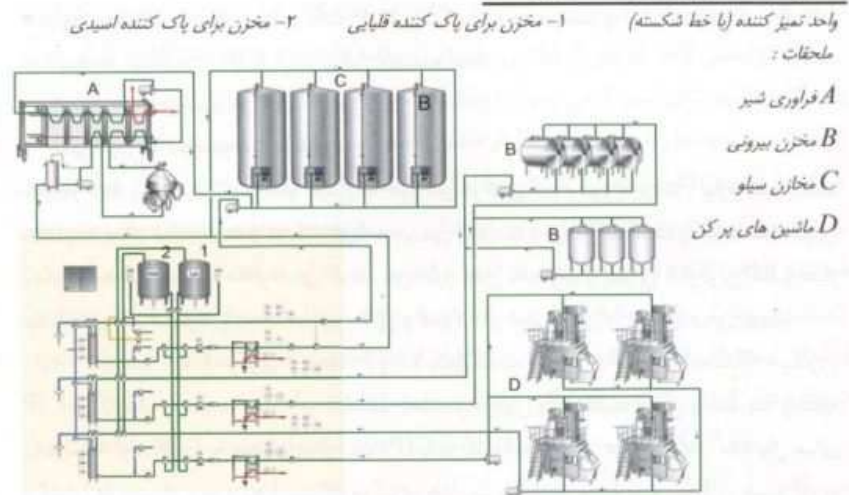
۱- آبکشی با آب داغ برای تقریباً ۱۰ دقیقه،

مقابله با این مشکل یک حرکت عقب گرد به سمت احداث سیستم غیر مرکزی CIP در کارخانه های بزرگ از اواخر دهه هفتاد شروع شده است. در این سیستم هر واحد، CIP مخصوص به خود را همراه دارد. مثال هایی از این دو سیستم در زیر بیان شده است.

### سیستم CIP مرکزی

اساسا از سیستم مرکزی CIP در واحد های کوچک لبنی با خطوط ارتباطی کوتاه استفاده می گردد، شکل (۵-۲۱).

#### شکل ۲۱-۵ اصول سیستم CIP مرکزی



آب و مواد شوینده به وسیله پمپ از مخازن ذخیره در ایستگاه مرکزی به مسیر های مختلف CIP روانه می گردد.

محلول پاک کننده و آب داغ در داخل مخازن عایق، به صورت گرم نگهداری می شوند. دمای لازم به وسیله تبادل کننده حرارتی تامین می گردد. آب آبکشی نهایی را در مخزن جمع آوری نموده و برای آبکشی مقدماتی در برنامه بعدی واحد CIP به کار می برند. مخلوط آب و شیر ناشی از اولین شستشوی در مخزن جداگانه ای برای بازیافت محصول ذخیره می شود.

محلول شوینده که مورد استفاده مجدد قرار گرفته در صورت کثیف شدن زیاد باید بدور ریخته شود و مخزن نگهداری پس از تمیز شدن، دوباره با محلول تازه پر گردد. تخلیه و تمیز کردن مخزن آب نیز از اهمیت فراوانی برخوردار است، مخصوصا مخزن آب شستشو را که باید

در ایستگاه آب صاف می شود. در این سیستم تقسیم مایعات تمیز کننده برای انواع مسیر های تحت فرایند CIP وجود دارد. طراحی درست یک ایستگاه به عوامل متعددی بستگی دارد مانند:

- چه تعداد مسیر CIP تکی از این ایستگاه سرچشمه می گیرند؟ چه تعداد از این مسیر ها در ارتباط با سطوح داغ و چه تعداد در ارتباط با سطوح سرد می باشند.
  - آیا باقیمانده شیر و آب شستشوی اولیه جمع آوری می گردد یا نه؟ در صورت جمع آوری آیا آن را برای فرایند (مثلا تبخیر کردن) به کار می برند؟
  - از چه روشی برای ضد عفونی کردن استفاده می گردد؟ شیمیایی، بخار یا آب داغ؟
  - آیا از محلول شوینده به طور یکبار مصرف استفاده می گردد یا بازیافت می شود؟
  - برآورد بخار مورد استفاده چقدر است؟ (بخار به کار رفته در سیستم و بخار استریل کردن)
- در تاریخچه استفاده از CIP از دو روش یاد شده است.

۱- تمیز کردن با سیستم مرکزی،

۲- تمیز کردن با سیستم غیر مرکزی،

تا اواخر دهه پنجاه، سیستم تمیز کردن به طور غیر مرکزی انجام می پذیرفت. لوازم تمیز کننده متصل به لوازم فرایند بوده و در کنار آنها نصب می گردیدند. مواد پاک کننده را با دست برای دستیابی به غلظت لازم مخلوط می کردند این طرز عمل نامطلوب و برای کارگران خطر ساز بود. مقدار مصرف مواد پاک کننده غیر دقیق و اصولا کار تمیز کردن را پر هزینه می نمود.

سیستم CIP مرکزی از دهه ۶۰ و ۷۰ رایج گشت. در این حالت یک ایستگاه مرکزی CIP در کارخانه نصب می شد. آب شستشو دهنده و محلول پاک کننده از این واحد به وسیله یک شبکه لوله کشی به مسیرهای تحت CIP در کارخانه ارسال می شدند. محلول های برگشتی به وسیله پمپ به ایستگاه مرکزی هدایت و از این محل به مخازن جمع آوری مخصوص به خود وارد می شدند. و عمل بازیافت، برای کاربرد مجدد در سیستم، همراه با تصحیح درجه غلظت بر روی آنها انجام می پذیرفت. این کار تاهنگامی که آنها آن قدر کثیف می شدند که قابل باز یافت نبوده انجام می گرفت، در غیر این صورت مواد برگشتی دور ریخته می شدند.

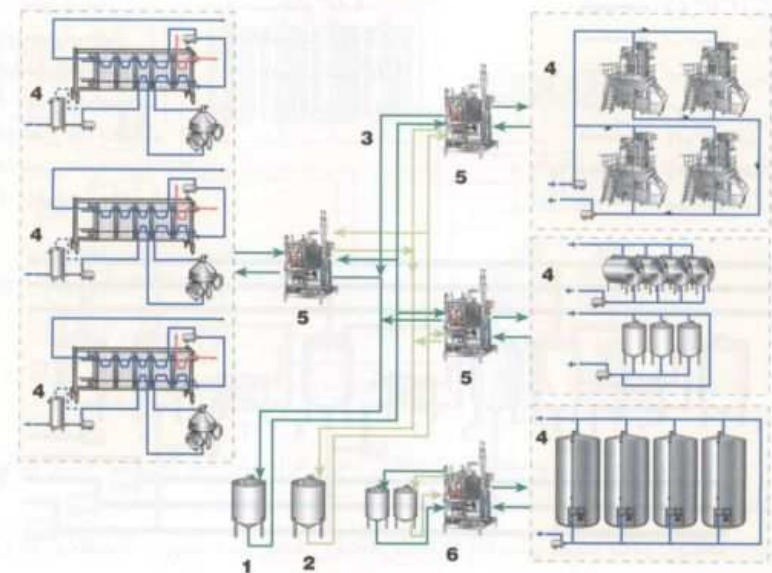
CIP مرکزی در بیشتر کارخانه ها به خوبی عمل می نماید. اما با گسترش اندازه کارخانه ها خط ارتباط بین قسمت مرکزی ایستگاه CIP و مسیر های محیطی CIP بسیار طولانی شده است و در سیستم لوله کشی CIP حجم بالایی از مایع حتی پس از تخلیه باقی می ماند. این مقدار آب باقیمانده در لوله ها پس از آبکشی مقدماتی باعث رقت محلول های پاک کننده می گردد که در این صورت باید مقدار زیادی مواد پاک کننده تغلیظ شده برای حفظ



مرکزی برای ذخیره مواد پاک کننده قلیا و اسید وجود دارد که در مواقع لزوم به واحد های اقماری CIP فرستاده می شوند. تهیه و حرارت دادن آب شستشو (و همچنین مواد پاک کننده اسید در صورت لزوم) در ایستگاه های اقماری انجام می پذیرد، شکل (۸-۲۲).  
در این ایستگاه ها برای مراحل مختلف برنامه تمیز کردن حداقل حجم های لازم از مایع شستشو که بتواند سیستم را پر نماید، با دقت تعیین می گردد. سپس از یک پمپ دوران دهنده قوی برای به جریان انداختن ماده پاک کننده در مسیر با سرعت بالا استفاده می گردد.

شکل ۷-۲۱ سیستم اقماری CIP

- ۱- مخزن ذخیره برای پاک کننده قلیا
- ۲- مخزن ذخیره برای پاک کننده اسید
- ۳- چرخه ها برای مواد پاک کننده
- ۴- قسمتی که قرار است تمیز شود
- ۵- واحد اقماری CIP
- ۶- سیستم CIP غیر متمرکز یا مخزن مواد پاک کننده

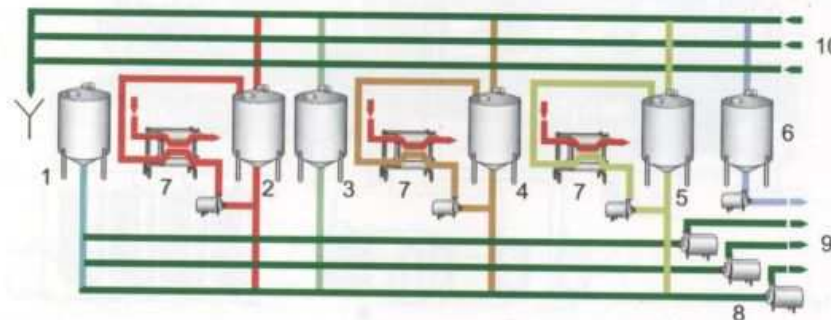


اصولا چرخه های کوچک غیر مداوم محلول های تمیز کننده فوائد زیادی را به همراه دارند. مصرف آب و بخار در سیستم کاسته می شود و شیر باقیمانده در آب اولین مرحله شستشو، با غلظت بالاتری بدست می آید در نتیجه بازیافت آن مثلا با استفاده از تبخیر آسانتر و ارزانتر است. سیستم CIP غیر متمرکز در مقایسه با سیستم مرکزی از بار فاضلابی به دلیل کاهش حجم مایعات خروجی، می کاهد.

یک مثال از طراحی ایستگاه CIP مرکزی در شکل (۶-۲۱) نشان داده شده است. معمولا چنین ایستگاهی کاملا خودکار می باشد در مخازن آن از الکترودهایی برای سنجش حد بالا و حد پایین مایع استفاده شده است. برگشت محلول تمیز کننده به وسیله رسانه های انتقال دهنده، کنترل می گردد. در فاز تمیز کردن متعاقب شستشو با آب، از غلظت محلول پاک کننده کاسته می شود. در صورت تغییر غلظت مایع شستشو نسبت به مقدار از قبل تعیین شده، پس از برگشت باید به جای مخزن شستشو در مخزن دیگری تخلیه گردد. برنامه CIP به وسیله یک رایانه تحت کنترل قرار می گیرد. ظرفیت ایستگاه CIP را می توان با مجهز کردن آن به چند مخزن افزایش داد.

شکل ۶-۲۱ طرح یک سیستم عمومی CIP

- |                               |                    |
|-------------------------------|--------------------|
| ۱- مخزن آب سرد                | ۸- پمپ فشار CIP    |
| ۲- مخزن آب داغ                | ۹- خطوط فشار CIP   |
| ۳- مخزن آب شستشو              | ۱۰- خطوط برگشت CIP |
| ۴- مخزن پاک کننده قلیا        |                    |
| ۵- مخزن پاک کننده اسید        |                    |
| ۶- مخزن مخلوط شیر با آب شستشو |                    |
| ۷- تبادل کننده حرارتی         |                    |
- فشار CIP و برگشت دهنده  
آب سرد  
آب داغ  
آب شستشو  
پاک کننده قلیا  
پاک کننده اسید  
شیر مخلوط با آب شستشو



سیستم CIP غیر متمرکز

سیستم CIP غیر متمرکز برای نصب در کارخانه های بزرگ لبنی که در آنجا فواصل بین یک سیستم مرکزی ایستگاه CIP و مسیر اطراف برای CIP بسیار طولانی است، مناسب می باشد. امروزه به جای ایستگاه های بزرگ CIP در کارخانه های بسیار بزرگ لبنی تعدادی واحد های کوچکتر CIP در کارخانه جایگزین شده اند.

در شکل (۷-۲۱) اصول یک سیستم غیر متمرکز CIP نشان داده شده است. همچنین این واحدها را سیستم های اقماری CIP نیز می نامند. در این سیستم هنوز یک ایستگاه



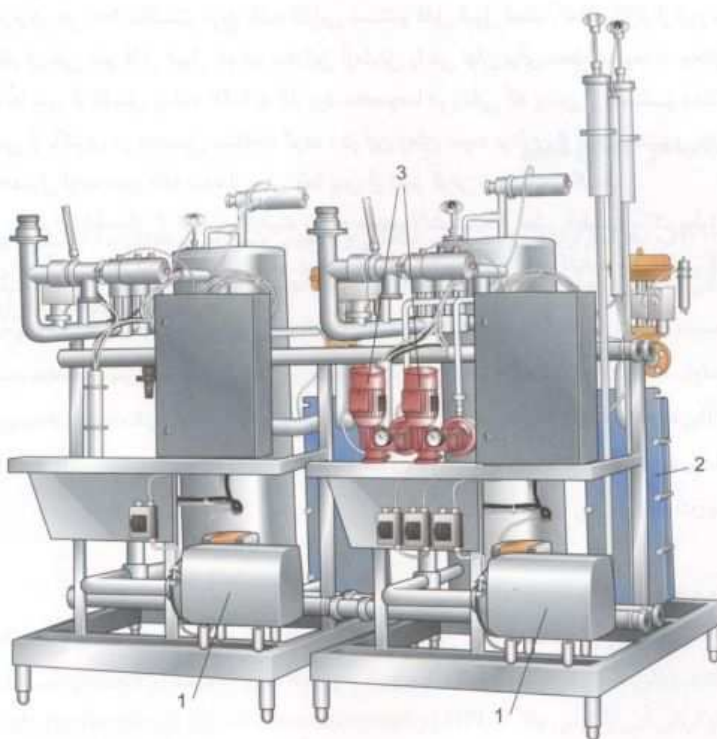
می برد. معمولا ارزیابی بر اساس سمن با میکروبیولوژی در سه مهم فرایند انجام می پذیرد . در این راستا نتایج ارزیابی CIP بر اساس کنترل رشد باکتری کلیفرم بررسی می شود. وقتی نتایج حاصله از یک نمونه برداری با پنبه استریل از روی سطوح شسته شده کمتر از یک باکتری کلیفرم در هر ۱۰۰ سانتیمتر مربع باشد کارایی شستشو قابل قبول است . تعداد بالاتر از این مقدار از نظر ارزیابی غیر قابل قبول خواهد بود. این آزمایش را می توان برای سطح ملزومات، مخازن و لوله ها پس از تکمیل برنامه CIP به کار برد. مخصوصا در زمانی که پس از شستشو محتوای بالایی از باکتری در محصول مشاهده گردد ، در این زمان نمونه برداری از آب شستشوی نهایی و محصول اولیه عبور داده شده از میان خط پس از تمیز کردن توصیه می گردد.

برای اطمینان از تضمین کیفیت ، تمام محصولات باید از نظر کیفیت باکتریولوژیکی حتی در داخل بسته بندی کنترل شوند . برنامه کنترل کیفیت با آزمایش کلیفرم و شمارش کل و کنترل اورگانولپتیکی تکمیل می گردد .

شکل ۸-۲۱ واحد CIP برای یک سیستم غیر متمرکز با دو خط تمیز کننده و مجهز به دو مخزن دوران دهنده و

دو پمپ تزریق کننده مقدار دقیق

۱- پمپ های فشاری ۲- تبادل کننده حرارتی ۳- پمپ های تزریق کننده مقدار دقیق



یکبار مصرف کردن مواد پاک کننده در سیستم CIP غیر متمرکز در مقایسه با بازیافت مواد پاک کننده در سیستم متمرکز جای بحث دارد. از یک دیدگاه در سیستم غیر متمرکز دقیقا می توان ترکیب خاصی از ماده پاک کننده را برای یک مسیر معین ارسال نمود. معمولا محلول پاک کننده پس از یکبار مصرف در سیستم بسیار ضعیف شده و گاهی ممکن است آن را برای آبکشی مقدماتی در یک برنامه شستشوی متعاقب استفاده نمایند .

#### ارزیابی اثرات تمیز کردن

ارزیابی موثر بودن عملیات تمیز کردن یک قسمت اساسی در فرایند تمیز کردن می باشد. آن را می توان به دو شکل : مشاهده و بررسی باکتریولوژیکی انجام داد. امروزه با پیشرفت در زمینه خودکاری فرایند ها، به ندرت معیار مشاهده ساده برای بازدید مورد قبول واقع

## فصل بیست و دوم

مورد نیاز برای این کار که به وسیله میکروارگانیزم ها در یک مرحله پنج روزه ( $BOD_5$ ) یا هفت روزه ( $BOD_7$ ) مصرف می گردد، در آزمایشگاه اندازه گیری می شود. واحد  $BOD$  در تجزیه مواد آلی فاضلاب در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد بر حسب میلیگرم اکسیژن در لیتر یا گرم اکسیژن در متر مکعب بیان می گردد.

$$BOD_7 = 1.15 \times BOD_5$$

### تقاضای شیمیایی اکسیژن (COD)

COD آشکار کننده مقدار مواد آلوده کننده در فاضلاب است که می توانند به وسیله یک اکسید کننده شیمیایی اکسید شوند. معرف های معمول که برای این هدف به کار برده می شوند، محلول های اسیدی قوی (برای اکسیداسیون کامل)، پتاسیم دی کرومات ( $Potassium dichromate$ ) یا پتاسیم پرمنگنات ( $Potassium permanganate$ ) در دمای بالا می باشد. مقدار مصرف اکسید کننده یک مقیاس برای اندازه گیری محتوای مواد آلی بوده و می توان آن را به مقدار اکسیژن مصرفی تبدیل کرده و به صورت میلیگرم اکسیژن در لیتر یا گرم اکسیژن در متر مکعب بیان نمود.

نسبت بین ( $COD/BOD$ ) نشان دهنده مقدار تجزیه بیولوژیکی فاضلاب می باشد. مقدار پایین مثلا کمتر از ۲ نشان دهنده تجزیه نسبتا آسان مواد می باشد در حالیکه مقدار بالا نشان دهنده عکس این حالت است. بهر حال این نسبت را نمی توان به طور عمومی به کار برد اما اغلب داده ( $COD/BOD$ ) برای فاضلاب شهری کوچکتر از ۲ می باشد.

در نشریه (FIL-IDF) در زمینه فاضلاب کارخانجات لبنی سند شماره ۱۳۸، سال ۱۹۸۱ گزارش شده که نسبت ( $COD / BOD_5$ ) برای فاضلاب تولیدات مختلف شیر مانند محصولات مایع شیر، کره یا پنیر در محدوده ۱/۱۶ تا ۱/۵۷ و به طور متوسط ۱/۴۵ قرار دارد در حالیکه این مقدار در دیگر کارخانه های لبنی که تولید پودر شیر، پودر آب پنیر، لاکتوز و کازئین را برعهده دارند متفاوت و از ۱/۶۷ تا ۲/۳۴ و به طور متوسط ۲/۱۴ می باشد. بهر حال در نشریه (FIL-IDF) تصریح دارد که نسبت بین ( $COD:BOD$ ) در یک کارخانه برای تعیین به کارخانه های دیگر اعتبار ندارد.

### کسر خاکستر (Calcining loss)

برای اندازه گیری این عامل پس از تعیین محتوای ماده جامد، یک مقدار معین از نمونه آن را می سوزانند تا مواد آن به طور کامل سوخته شود و سپس تفاوت وزنی قبل و بعد از سوختن نمونه را محاسبه می نمایند این مقدار معرف مقدار مواد آلی نمونه می باشد که معمولا به صورت درصد بیان می گردد.

### فاضلاب در صنایع لبنی

آب به کار رفته در مصارف خانگی و صنعتی پس از استعمال با گستره ای از آلودگی ها همراه بوده و یک محیط ناقل برای انتقال مواد دفعی محسوب می گردد. آگاهی از اهمیت رعایت استاندارد در تصفیه آب لزوم به کاربردن قوانین سخت گیرانه را توجیه می نماید. متاسفانه صنایع غذایی نقش بزرگی را در بروز آلودگی محیط زیست، مخصوصا با مواد آلی دارند. معمولا آلودگی های آلی یک سوم به صورت محلول، یک سوم به صورت کلوئیدی و یک سوم به صورت تعلیقی در آب حضور دارند، درحالی که بیشتر مواد غیر آلی به صورت محلول می باشند.

### آلاینده های آلی

راه معمول بیان شدت آلودگی، تعیین مقدار کل آلاینده در هر واحد حجم از فاضلاب می باشد. روش مدرن تر تعیین و اندازه گیری انواع مواد آلی آلاینده در فاضلاب استفاده از کروماتوگرافی آبی با کارایی بالا (HPLC) (High performance liquid chromatography) می باشد.

بهر حال مقدار مواد آلی را به صورت های زیر تعیین می گردد:

- تقاضای بیولوژیکی اکسیژن ( $Biological\ oxygen\ demand = BOD$ )
- تقاضای شیمیایی اکسیژن ( $Chemical\ oxygen\ demand =$ )
- کسر خاکستر ( $Calcining\ loss$ )
- کربن آلی کل ( $Total\ organic\ carbon = TOC$ )

### تقاضای بیولوژیکی اکسیژن ( $BOD$ )

$BOD$  یک مقیاس برای تعیین مقدار مواد قابل تجزیه بیولوژیک در فاضلاب می باشد. مواد آلی به وسیله میکروارگانیزم ها و در حضور (و مصرف) اکسیژن تجزیه می گردند. اکسیژن

## فاضلاب صنعتی

فاضلاب صنعتی ناشی از اتلاف شیر و فراورده های آن و همچنین ناشی از مواد مصرفی برای تمیز کردن لوازمی که در ارتباط با محصولات لبنی قرار داشته اند، ایجاد می گردد. غلظت و ترکیب فاضلاب به برنامه تولید، روش های عملیات و طراحی واحد فرایند کننده بستگی دارد.

تابلو ۱-۲۲ مقدار BOD در بعضی محصولات لبنی

| محصول                        | BOD <sub>5</sub> → mg/l | BOD <sub>7</sub> → mg/l |
|------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| خامه با چربی ۳۰٪             | ۴۰۰۰۰                   | ۴۵۰۰۰                   |
| شیر کامل با چربی ۴٪          | ۱۲۰۰۰                   | ۱۳۵۰۰                   |
| شیر اسکیم با چربی ۰/۰۵٪      | ۷۰۰۰                    | ۸۰۰۰                    |
| آب پنیر با چربی ۰/۰۵٪        | ۴۰۰۰                    | ۴۵۰۰                    |
| آب پنیر غلیظ با ماده خشک ۶۰٪ | ۴۰۰۰۰                   | ۴۵۰۰۰                   |

واحد تصفیه فاضلاب متناسب با مقدار مواد آلی و بر اساس حداکثر بار وارده به سیستم طراحی و ابعاد داده می شود. مثلاً حضور یک ماده آلی مانند چربی مشکلات مختلفی را به بار می آورد. زیرا علاوه بر داشتن BOD بالا (خامه با ۴۰ درصد چربی BOD<sub>5</sub> برابر تقریباً ۴۰۰۰۰ میلیگرم اکسیژن در لیتر دارد در حالیکه این مقدار در شیر اسکیم ۷۰۰۰۰ میلیگرم در لیتر می باشد) با چسبیدن چربی به دیواره ها در سیستم اصلی مانع رسوب در مخزن رسوبی سیستم فاضلاب شده و در سطح جمع می گردد.

فاضلاب لبنی را باید در ابتدا از داخل یک واحد شناور سازی عبور داد. در این قسمت ذرات ریز هوا به داخل مایع فاضلاب ( حباب های ریز هوا با فشار ۶۰۰-۴۰۰ کیلوپاسکال، که آن را هوای شناورساز حل شده Dissolved air flotation می نامند) تزریق می گردد. حباب های هوا در مقابله با ذرات چربی، آنها را به سوی سطح حمل کرده و در آنجا به طور دستی با مکانیزه بسته به اندازه واحد مربوطه جدا سازی می شوند. واحد شناورسازی را اغلب نزدیک به ساختمان واحد تولید لبنی قرار داده و فاضلاب به طور پیوسته از میان آن عبور داده می شود. فاضلاب بدون چربی را می توان با فاضلاب قسمت های بهداشتی مخلوط کرده و به واحد تصفیه فاضلاب فرستاد. در تابلو (۱-۲۲) فهرست BOD بعضی فراورده های لبنی نشان داده شده است.

## کربن آلی

TOC یک مقیاس دیگر برای اندازه گیری مواد آلی می باشد که به وسیله اندازه گیری مقدار دی اکسید کربن تولید شده، ناشی از سوختن یک نمونه به دست می آید. این مقیاس بر حسب میلیگرم بر لیتر بیان می گردد.

## آلاینده های غیر آلی

ترکیبات غیر آلی فاضلاب شامل انواع نمک ها است که به صورت ترکیبات یونی و نمک های تعلیق شده در قسمت آبی فاضلاب حضور دارند. حضور این نمک ها در فاضلاب اهمیت چندانی ندارد. امروزه تصفیه فاضلاب شامل احیای نیتروژن، نمک های فسفر و فلزات سنگین نیز می باشد.

ترکیبات نیتروژن و فسفر مهم هستند، زیرا آنها برای اورگانیزم های زنده مانند الگ ها (Algae) مواد معدنی محسوب می گردند. نتیجه رشد الگ، در قسمت دوم فرایند باعث تشکیل مواد آلی بیشتر شده و تجزیه آنها می تواند به طور قابل ملاحظه ای تقاضای مصرف اکسیژن در مقایسه با مواد آلی اولیه در فاضلاب را بالاتر ببرد.

## فاضلاب کارخانه لبنی

فاضلاب کارخانه شیر را می توان به سه دسته زیر تقسیم نمود:

- ۱- آب خنک کننده
- ۲- فاضلاب قسمت های بهداشتی
- ۳- فاضلاب صنعتی

## آب خنک کننده

معمولاً آب خنک کننده عاری از آلاینده ها می باشد. این آب را با فشار بالا برای تخلیه و بیرون راندن آب شستشو و... استفاده می کنند.

## فاضلاب قسمت های بهداشتی

این نوع فاضلاب به طور معمول به وسیله لوله کشی مستقیماً با یا بدون اختلاط با فاضلاب صنعتی به واحد تصفیه فاضلاب هدایت می گردد.



- تمام مخازن باید مجهز به سیستم کنترل سطح باشند. تا از لبریز شدن جلوگیری به عمل آید و وقتی که پر شدن به بالاترین سطح مجاز رسید، پمپ تغذیه کننده به طور خودکار متوقف شود و واحد علائم خطاری بدهد. در مواردی پس از پر شدن یک مخزن یک دریچه خودکار فعال شده و محصول را به یک مخزن دیگر که از پیش تعیین شده است، هدایت می کند.
- برای جلوگیری از ضایعات محصول از جابجایی غیر لازم آن خودداری شود. با خشک نگهداشتن کف کارخانه، تراوش لوله ها و دستگاه ها آسان تر نمایان می گردد.
- پس از اطمینان از تخلیه کامل سیستم لوله کشی و مخازن، برای آبکشی آنها با آب اقدام شود.
- اتصالات باید از نظر ورود هوا به داخل کاملاً مسدود باشند. در غیر این صورت ورود هوا به داخل محصول باعث افزایش سوختگی بر روی سطوح حرارتی خواهد شد. وجود هوا در دستگاه هموژن کننده باعث سایش و در مخازن شیر و خامه باعث تشکیل کف (مشکل در تخلیه کامل) می گردد.

#### در عرصه تولید پنیر

- در زمان پرکردن شیر در درون وت باز پنیر، حد اکثر تا ۱۰ سانتیمتری زیر لبه پر شود.
- با جمع آوری آب پنیر به جای تخلیه در فاضلاب، برای یافتن مصارف تجاری آن تلاش لازم انجام پذیرد.
- ذرات نخته در موقع فرایند جمع آوری و همراه با آب به داخل مسیر فاضلاب وارد نگردد.

#### در عرصه تولید کره

- خامه و کره بسیار آسانتر از شیر به سطوح در تماس با آنها می چسبند و اگر وارد فاضلاب گردند وضعیت آلودگی آن را بدتر می نمایند، مگر اینکه قبل از مرحله تمیز کردن حذف شوند.
- پس از اتمام تولید کره تمام سطوح قابل دسترس باید به طور دستی تراشیده و تمیز گردند.
- خامه و کره باقیمانده در سطوح را می توان به وسیله بخار و آب داغ جمع آوری و فرایند جدا سازی را بر روی فاضلاب انجام داد.

#### در عرصه بسته بندی شیر

- ماشین پرکن را می توان به یک سیستم تخلیه کننده مایع لبریز شده، مجهز نمود که مایعات اضافی و سرریز را به داخل یک یا چند مخزن برگشت دهد.
- بسته های برگشتی محصولات را می توان پس از تخلیه به داخل ظروف مخصوص و مخلوط کردن با مایعات شیرین ویا ترش برای تغذیه دام به کاربرد.

#### PH فاضلاب صنایع لبنی

مقدار pH در فاضلاب صنایع لبنی متفاوت و بین ۲ تا ۱۲ قرار دارد. علت آن به کاربردن مواد پاک کننده اسیدی و قلیایی در واحد شستشو کننده می باشد.

هر دو مقدار پایین و بالای pH بر روی فعالیت میکروارگانیسم های تجزیه کننده مواد آلی در تصفیه بیولوژیکی فاضلاب مداخله می نمایند و در استحالته (دیگر گونی) آنها بشکل لجن بیولوژیکی (فعال) تاثیر می گذارند.

بر اساس یک قانون فاضلاب با pH بالای ۱۰ یا زیر ۶/۵ نباید مستقیماً به داخل سیستم فاضلاب تخلیه گردد. زیرا باعث پوسانیدن لوله ها می گردد. معمولاً فاضلاب ناشی از به کاربردن مواد پاک کننده را در داخل یک مخزن جمع آوری کرده و پس از تنظیم pH آن به حدود ۷ آن را در جریان اصلی فاضلاب تخلیه می نمایند.

#### کاهش مقدار آلاینده ها در فاضلاب

همواره کنترل دور ریز آب و محصول در واحد فرایند کننده لازم می باشد. از دست دادن پنهان آب در لوله کشی سطحی و لوله های زیر زمینی کارخانه را می توان به وسیله خواندن کنتور آب و ثبت مقدار مورد استفاده در پایان هر روز مشخص نمود.

مقدار مصرف روزانه آب باید با مقدار روزانه شیر فرایند شده مطابقت داشته باشد.

معمولاً آب مصرفی مورد نیاز بر اساس مترمکعب در هر تن از شیر فرایند شده بیان می گردد.

این مقدار باید به صورت نمودار رسم و در دسترس باشد. یک نسبت معمول بین مصرف آب با شیر ۲/۵ به ۱ می باشد، اما می توان با سخت گیری این نسبت را تا حد ۱ به ۱ پایین آورد.

در ادامه توصیه هایی به عنوان راهنما برای کاهش هدر رفتن آب و محصولات بیان شده است.

#### فرایند عمومی شیر

- در زمان دریافت شیر از تانکر ها، تخلیه کامل تانکر بسیار مهم می باشد. باید دقت شود که خروجی تانکر حداقل ۰/۵ متر بالاتر از مخزن دریافت بوده و شیلنگ اتصال به خوبی تانکر را تخلیه نماید.
- تمام لوله کشی ها باید در معرض دید بوده و علامت گذاری شده باشند تا از اتصال اشتباهی و اختلاط ناخواسته محصولات و تراوش شیر جلوگیری به عمل آید.
- در زمان نصب لوله ها باید شیب لازم برای کمک به تخلیه خود بخودی آنها محاسبه و اعمال گردد. بعلاوه لوله ها باید در روی پایه ها بخوبی محکم شده باشند، تا از لرزش آنها در موقع استفاده جلوگیری شود، لرزش باعث شل شدن اتصالات و تراوش محصول به بیرون خواهد شد.

در طراحی اکثر سیستم های تصفیه فاضلاب ها مرحله سومی برای تصفیه شیمیایی (C) در نظر گرفته می شود، که کار خروج فسفر را از فرایند مقدور می سازد. این نوع فرایند ها را ته نشینی پسین (Post-precipitation) می نامند، زیرا مرحله رسوب دهی شیمیایی در آخر کار واقع می شود.

شکل ۲-۲۲ سیستم نمونه بردار خودکار

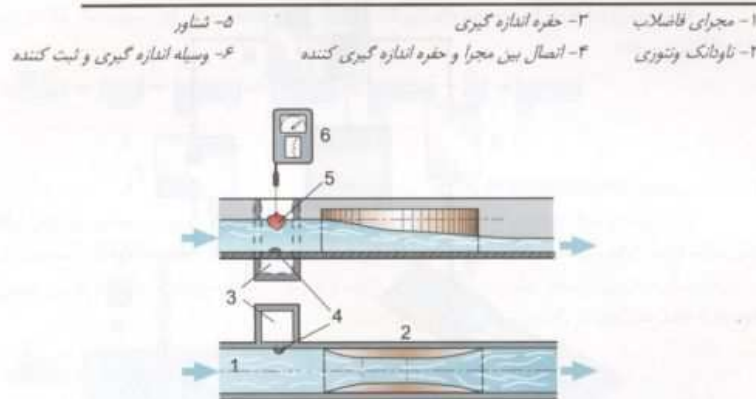


مشاهدات اخیر نشان داده که می توان همان نتیجه را با ترکیب ، ته نشینی شیمیایی و عملیات مکانیکی در مرحله اول فرایند به دست آورد. این سیستم را ته نشینی پیشین (Pre-precipitation) می نامند ، شکل (۲۲-۲۳) .  
در این روش در مرحله اول محتوای فسفر تقریباً تا ۹۰ درصد و BOD تا ۷۵ درصد کاهش می یابد. در نتیجه در مرحله بیولوژیکی بار کمتری به سیستم وارد آمده و به فضا و انرژی کمتری نیاز می باشد .

### کنترل خروجی

موضوع فاضلاب در بعضی کشور ها به صورت مدون تحت رسیدگی قرار دارد. هنگام کنترل خروجی فاضلاب باید حجم فاضلاب به طور پیوسته اندازه گیری و ثبت شود . نمونه گیری متناسب با حجم فاضلاب مرتباً انجام پذیرد .  
در شکل (۲۲-۱) سیستم اندازه گیری جریان در یک مجرای باز با یک ناودانک ونتوری (Venturi flume) نشان داده شده است . طرز انجام نمونه گیری در شکل (۲۲-۲) نشان داده شده است .

شکل ۲۲-۱ سیستم برای اندازه گیری جریان در یک مجرای باز با یک ناودانک ونتوری



حجم آب عبوری به وسیله سیگنال های ارسالی از دستگاه حسگر و از طریق یک واحد کنترل کننده به وسیله نمونه بردار می رسد. با این سیستم در فواصل زمانی لازم یک حجم خاص و از پیش تعیین شده (به طور نمونه ۱۰۰ لیتر) از مسیر نمونه برداری شده و سپس نمونه های روزانه را باهم مخلوط کرده و حجم کوچکی از آنرا در آزمایشگاه تجزیه و بررسی می نمایند .

### طرح عمومی تصفیه فاضلاب

ممکن است از روش های گوناگونی (متناسب با لزوم کاهش درجه آلودگی) برای تصفیه فاضلاب استفاده گردد . در شکل (۲۲-۳) به چهار سیستم از این روش ها اشاره شده است .  
تصفیه فاضلاب در شکل کلی شامل حذف توده های جامد به وسیله رسوب دادن مکانیکی (A) می باشد. در صورت عدم کفایت این عملیات آن را به وسیله تصفیه بیولوژیکی (B) برای تجزیه مواد آلی تکمیل می نمایند .

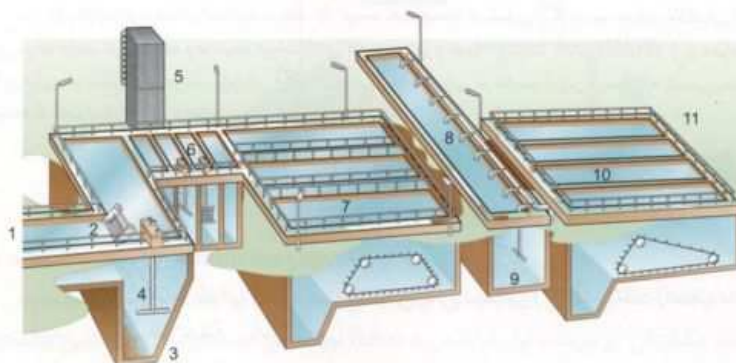
در شکل (۲۲-۴) نمای یک سیستم فاضلاب با ته نشینی پیشین نشان داده شده است.

### تصفیه مکانیکی

مرحله مقدماتی تصفیه فاضلاب (تصفیه مکانیکی) شامل صافی شبکه ای، تله سنی و اولین حوضچه های رسوبی می باشد. صافی شبکه ای مواد جامد بزرگ را مانند پلاستیک، تکه پارچه، باقیمانده غذایی و غیره را جدا می کند. این مواد به طور پیوسته از روی شبکه فلزی تراشیده و جدا سازی می گردند.

شکل ۲۲-۴ مراحل مختلف در واحد تصفیه فاضلاب

- |                 |                      |                   |
|-----------------|----------------------|-------------------|
| ۱- مجرای ورودی  | ۵- سیلو برای لخته ها | ۹- هوا دهی        |
| ۲- صافی شبکه ای | ۶- ته نشینی پیشین    | ۱۰- رسوب دهی پسین |
| ۳- تله سن       | ۷- رسوب دهی مقدماتی  | ۱۱- جدا کننده لجن |
| ۴- دمنده هوا    | ۸- تصفیه بیولوژیکی   |                   |



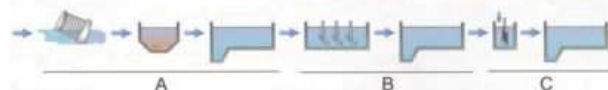
تله سنی عبارت است از یک حوضچه که در آن ذرات درشت رسوب می نمایند. در این محل به ذرات سنگین و شن و ... فرصت زمانی لازم برای ته نشینی داده می شود در حالیکه چربی و دیگر مواد آلاینده که سبک تر هستند به صورت شناور در سطح باقی می مانند. رسوبات به وسیله پمپ انتقال داده شده و تقاله شناور به وسیله گل گیر (Scraper) حذف می گردد. این مواد به صورت جداگانه دفع می گردند.

شکل ۲۲-۳ مراحل گوناگون تصفیه فاضلاب را میتوان به چند طریق باهم تلفیق نمود



### ۱- ته نشینی پسین (Post-precipitation)

فرایند مرسوم سه مرحله ای: تصفیه مکانیکی (A)، بیولوژیکی (B) و شیمیایی (C). این سیستم موثر و قابل اعتماد اما نسبتاً گران می باشد.



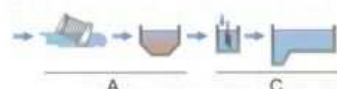
### ۲- ته نشینی پیشین (Pre-precipitation)

یک فرایند دو مرحله ای است که در دهه ۸۰ توسعه یافت. تصفیه شیمیایی (C) رسوب سازی مکانیکی (A) در اولین مرحله فرایند ترکیب شده و در نتیجه درجات بالای کاهش فسفر و تقریباً ۷۰ درصد کاهش (BOD) را به همراه دارد. در این فرایند بار میکروبی در مرحله بیولوژیکی (B) کاسته می گردد و بنابراین در مقایسه با روش مرسوم ته نشینی پسین به حوضچه با حجم بسیار کوچکتر و انرژی ورودی کمتر نیاز مند است.



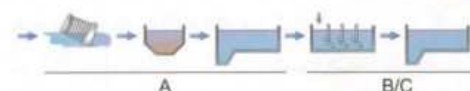
### ۳- ته نشینی مستقیم (Direct precipitation)

یک فرایند یک مرحله ای که با ترکیب مکانیکی (A) و شیمیایی (C) بوجود آمده و تصفیه مانند ته نشینی پیشین بدون مرحله تصفیه بیولوژیکی می باشد.



### ۴- ته نشینی همزمان (Simultaneous precipitation)

یک فرایند دو مرحله ای با تصفیه مکانیکی (A) و در ادامه همراه با ترکیب مرحله بیولوژیکی و شیمیایی (B/C) می باشد. این روش به طور متوسط ارزان بوده اما از کارایی کمتری در مقایسه با روش تصفیه جداگانه مراحل شیمیایی و بیولوژیکی برخوردار است.





در اثر فعالیت میکروارگانیسم ها لجن فعال (Active sludge) بوجود می آید. این لجن به وسیله رسوب دادن در حوضچه رسوب دهی پسین از آب حذف می گردد. مقدار زیادی از آن را در چرخش دوباره به حوضچه هوادهی وارد کرده تا چرخه تجزیه برقرار و پایدار بماند. لجن اضافی برای تصفیه بیشتر از سیستم حذف می شود. فاضلاب صاف شده به داخل دریافت کننده (Recipient) تخلیه می گردد.

شکل ۵۴-۲۲ کاهش حجم لجن مرطوب، پس از تصفیه در یک متراکم کننده لجن و سانتریفوژ دکانتور. به ۸ درصد حجم لجن مرطوب در حوضچه رسوبی می رسد، متعاقبا لجن تقریباً خشک شده از سانتریفوژ دکانتور تخلیه می گردد.

#### حوضچه رسوب دهی مقدماتی

۱۰۰ متر مکعب از لجن از حوضچه رسوبی مقدماتی  
 $DS = 3$  درصد  
 آب = ۹۸ درصد

#### متراکم کننده لجن

۶۶ متر مکعب آب در فشرده ساز لجن برداشت شده  
 ۲۳ متر مکعب لجن با ۶ درصد ماده خشک به سانتریفوژ ارسال می گردد.

#### دکانتور

۲۶ متر مکعب آب در دکانتور برداشت شده  
 ۸ متر مکعب لجن خشک با ماده خشک ۲۵ درصد تخلیه می گردد.  
 کاهش حجم در دکانتور ۷۶ درصد می باشد



کار دیگر حوضچه هوا دهی، صافی کردن بیولوژیکی (Biological filter) می باشد. این عمل در یک محفظه با تکه های سنگ یا پلاستیک انجام می گیرد. آب به وسیله یک تقسیم کننده پاششی دوار بر روی بستر صافی ریزش می کند و به وسیله چرخه هوا در معرض

قسمتی از هوای دمیده شده به داخل حوضچه به صورت حباب های ریز در سوسپانسیون باقی مانده و قسمتی دیگر از فرایند گندیدگی (به وسیله باکتری های بی هوازی) که سبب ایجاد بوی بد می شود جلوگیری به عمل می آورد.

#### تصفیه شیمیایی

هدف اصلی از تصفیه شیمیایی فاضلاب رسوب دادن ترکیبات فسفره در آب می باشد. در سیستم فاضلاب شهری به طور معمول به ازای هر نفر در روز ۴-۲/۵ گرم فسفر اساساً بشکل فسفات ها جمع می گردد. پاک کننده ها مسئولیت حضور تقریباً ۳۰ درصد محتوای فسفات ها را در فاضلاب کارخانه لبنی برعهده دارند، باقیمانده یعنی ۷۰ درصد آنها ناشی از فضولات انسانی و باقیمانده مواد غذایی می باشد.

رسوب دهی شیمیایی با استفاده از ترکیبات آهن و آلومینیم می باشد و تقریباً ۱۰۰ درصد فسفات های موجود در فاضلاب را حذف می نماید. در حالیکه در تصفیه بیولوژیکی فقط ۳۰-۲۰ درصد محتوای فسفات کاهش می یابد.

مرحله رسوب دهی از مخزن انعقاد شروع می شود. در آنجا مواد منعقد کننده به فاضلاب افزوده شده و مخلوط شدیداً بهم زده می شود. در نتیجه با پیدایش ترکیبات نامحلول فسفات ها، ابتدا به شکل ذرات بسیار ظریف نمایان شده که به تدریج متراکم می گردند. لخته های بزرگ در حوضچه ته نشینی پیشین راسب می گردند. از این محل یک فاضلاب صاف شده به داخل حوضچه تصفیه بیولوژیکی سرریز می شود.

در نوع ترکیبی تیمار - مکانیکی / شیمیایی - رسوب دهی پیشین آخرین مرحله می باشد. در این فرایند آب تقریباً صاف به آرامی از میان یک یا چند حوضچه عبور کرده و در آنجا ذرات ظریف تر نیز به تدریج مانند لجن اولیه (Primary sludge) رسوب می نمایند.

حوضچه های رسوبی به وسیله تراشنده مداوم مجهز می باشند که متعاقباً رسوبات را به وسیله پمپ بیرون می برد. شیار های مورب آب را از لایه های سطحی صاف شده خارج می سازند.

#### تصفیه بیولوژیکی

باقیمانده مواد آلی آلوده کننده، پس از لبریز شدن از حوضچه تصفیه شیمیایی برای تجزیه بیشتر توسط میکروارگانیسم ها که از مواد آلی موجود در آب مصرف می کنند وارد این مرحله می گردند.

میکروارگانیسم ها باید برای فعالیت خود به اکسیژن دسترسی داشته باشند. این کار با دمیدن هوا در داخل حوضچه هوادهی (Aeration basin) تامین می گردد.

- ۱- اصول تهیه شیر ، مجید حکمتی ، مرکز نشر دانشگاهی تهران، ۱۳۷۰
- ۲- پنیر و فراورده های شیری تخمیری - فرانک کوزیکوفسکی - ترجمه مجید حکمتی و محمد رضا داهی ، مرکز نشر دانشگاهی تهران ، ۱۳۷۴
- ۳- تکنولوژی شیر و فراورده های لبنی ، ترجمه دکتر سید علی مرتضوی ، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد - شماره ۱۸۵، ۱۳۷۴
- ۴- روش های آزمایش شیر و فراورده های آن جلد اول و دوم ، دکتر عباس فرخنده ، انتشارات دانشگاه تهران ، ۱۳۷۰
- ۵- شیر و فراورده های آن - مولف دکتر کیتی کریم ، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران، ۱۳۷۴
- ۶- میکروبیولوژی غذایی مدرن ، جمیز - ام - جی ، مترجمین دکتر علی مرتضوی ، دکتر محمد حسین حداد خدابرست ، مهندس بهزاد ناصحی ، مهندس رضا رضایی مکرم - نشر مشهد ، ۱۳۷۳
- ۷- MANUAL FOR MILK PLANT OPERATORS - Third edition ; by : milk industry foundation- 1967 USA

اکسیژن موجود در هوا قرار می گیرد. یک پوسته از میکروارگانیزم ها روی سطوح سنگ ها و غبره را پوشش داده و مواد آلی موجود در آب را تحت عمل تجزیه قرار می دهند .

#### تصفیه لجن

لجن فراهم آمده از مراحل گوناگون فرایند را در یک محفظه فشرده ساز وارد کرده و با کمک مواد شیمیایی تراکم پذیری ذرات آنرا تسهیل می کنند .

برای تجزیه بیشتر مواد آلی و کاهش مواد بو دار و زیان آور ، لجن را سرانجام به وسیله پمپ به داخل یک هضم کننده (Digester) وارد می نمایند در این محل مواد آلی باقیمانده تحت شرایط بی هوازی تجزیه شده و تولید دی اکسید کربن ، متان ، مقدار کمی گاز هیدروژن ، آمونیاک و سولفید هیدروژن می نمایند .

دی اکسید کربن و متان دو ترکیب اصلی گازی شکل ناشی از هضم شدن می باشند که می توان آنها را برای مصارفی مانند سوخت بکاربرد .

لجن هضم شده دارای بافت یکنواخت ، بدون بو ، با رنگ تیره و رطوبت بالا در حدود ۹۴-۹۷ درصد می باشد. برای کاهش رطوبت آن از سانتریفوژ دکانتور استفاده می شود مواد تخلیه شده از سانتریفوژ دکانتور تقریباً یک هشتم حجم اولیه را دارند، شکل (۵-۲۲). این لجن را به عنوان کود یا خاک کشاورزی می توان مورد استفاده قرار داد.

**Dictionary of dairy Technology**

English, French, German, Spanish, compiled by international dairy Federation (IDF) . Brussels .  
Belgium  
Elsevier Scientific Publishing Company . Amsterdam/Oxford/New York,1983

**A Dictionary of Dairying**

by J.G.Davis  
Leonard Hill. London, UK

**Fundamentals of Dairy Chemistry**

Edited by B.H. Webb and A.H. Johnson  
The AVI Publishing Company Inc. ,Westport, Connecticut, USA

**Developments in Dairy Chemistry , Volume 1-4**

by P.F. Fox  
Applied Science Publishers, London and New York

**The Milk Fat Globule**

by H. Mulder and A. Walstra  
Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal and Center for Agricultural publishing and  
Documentation, Wageningen, the Netherlands, 1974

**Lebensmittel - und Bioverfahrenstechnik Molkereitechnologie**

by H.G.Kessler  
Verlag A. Kessler , Postfach 1538, D-8050 Freising, Germany

**Cheese Chemistry, Physics and Microbiology, Volume 1 and 2**

by P.F.Fox  
Applied Science Publishers , London and New York

**Cheese and Fermented Milk Foods**

by Frank Kosikowski  
F.V.Kosikowski and Associates, P.O.Box 139, Brooktondale, New York  
14817-0139,USA

**Handbuch der Kase**

by Dr Heinrich Mair-Waldberg  
Volkswirtschaftlicher Verlag GmbH, Kempten, (Allgau), Germany

**Evaporation , Membrane Filtration and spray Drying in Milk powder and Cheese  
production**

Technical Food and Dairy Publishing House, 105 46 Stockholm, Sweden

**Recombination of Milk and Milk Products,**

FIH-IDF Bulletin. Document 142, 1982  
Secretariat General, 41 Square Vergote, 1040 Brussels , Belgium

**Residues and Contaminants in Milk and Milk Products**

by international Dairy Federation (IDF)  
Secretariat General, 41 Square vergote. 1040 Brussels, Belgium





شرکت سهامی صنایع شیر ایران

# DAIRY INDUSTRIES

## Vol. 2

Translated by  
**FARHAD FARAHNOODI**