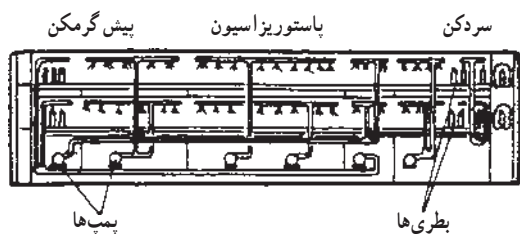


دستگاه‌های سالم‌سازی و پخت

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود که بتواند:

- ۱- انواع پاستوریزاتورها را توضیح دهد.
- ۲- انواع استریل‌کننده‌های قبل از بسته‌بندی را توضیح دهد.
- ۳- مشخصات ری‌تورت‌ها یا اتوکلاوهای صنعتی را بیان کند.
- ۴- انواع دیگرهای پخت رایج در صنعت را توضیح دهد.
- ۵- مشخصات فرها و تونل‌های پخت را بیان کند.

اندکی گرم می‌شود. این روند ادامه می‌یابد تا عمل پاستوریزه شدن کامل شود. سپس محصول وارد قسمت سوم شده و آب سرد روی آن پاشیده می‌شود و یا اینکه از درون حوضچه آب سرد عبور می‌کند (شکل ۵-۱). این پاستوریزاتورها ممکن است یک طبقه یا چند طبقه باشند.



الف - شمایی از دستگاه سالم‌سازی تونلی در این تصویر آمده است.



ب - پاستوریزاتور تونلی و نحوه‌ی ورود قوطی‌ها به داخل تونل مشخص شده است.

شکل ۵-۱

۵-۱-۵- دستگاه‌های پاستوریزه‌کننده و ...

عمده‌ترین دستگاه‌های سالم‌سازی پس از بسته‌بندی عبارت‌اند از:

۱-۱-۵- ری‌تورت باز^۱: این دستگاه که به صورت غیرمداوم است متشکل از یک تانک حاوی آب جوش است که بسته‌های مواد غذایی را داخل سبدهایی (به کمک جرثقیل یا آسان‌بر) درون این تانک قرار می‌دهند و آن‌ها را تا دمای لازم گرم می‌کنند و به مدت معینی در دمای لازم نگه می‌دارند سپس برای خنک کردن محصول، آب سرد به داخل دستگاه پمپ می‌شود. برای کنترل دما از ترموستات استفاده می‌شود.

از ری‌تورت باز برای سالم‌سازی قوطی‌های کمپوت استفاده می‌شود.

۵-۱-۲- پاستوریزاتور تونلی: در این روش

بسته‌های مواد غذایی از درون تونلی که دارای نواحی گرمادهی مختلف است عبور می‌کند. بسته‌های ماده غذایی توسط نوار نقاله وارد تونل شده و سرعت نوار نقاله و طول مسیر تونل متناسب با زمان سالم‌سازی در نظر گرفته می‌شود. این دستگاه از سه قسمت اصلی تشکیل شده است. قسمت پیش گرمکن، قسمت حرارت‌دهی و قسمت سردکن. در قسمت اول و دوم محصول در معرض آب داغ یا بخار قرار می‌گیرد. در ضمن عبور از هر ناحیه، محصول

پاستوریزاتور تونلی مرسومترین پاستوریزاتور مداوم در کارخانجات کمپوت و کنسرو است. چون به صورت مداوم کار می کند ظرفیت بیشتری دارد و عمل پاستوریزاسیون را در زمان کوتاه تری انجام می دهد.

۳-۱-۵- دستگاه های سالم سازی قبل از بسته بندی^۱: مواد غذایی مایع را می توان قبل از بسته بندی، سالم سازی کرد. سپس در یک شرایط کاملاً بهداشتی که مانع از آلودگی مجدد شود، بسته بندی نمود. مزیت عمده در سالم سازی با این روش این است که می توان حداکثر بهره برداری را از انرژی مصرفی به عمل آورد که در نتیجه زمان فرایند بسیار کوتاه خواهد بود. این گروه پاستوریزاتورها برحسب نحوه انجام فرایند به دو دسته مداوم و غیرمداوم طبقه بندی می شوند. در روش غیرمداوم به دلیل طولانی بودن زمان فرایند، آسیب بیشتری به محصول وارد می گردد. رایج ترین نوع، تانکی روباز است که دو جداره بوده و توسط بخار آب یا آب داغ، گرما را به ماده غذایی منتقل می کند.



شکل ۲-۵

انواع متفاوتی از این نوع پاستوریزاتورها در صنایع غذایی رایج است که متداول ترین آن ها به شرح زیر می باشند:

پاستوریزه کننده های پیوسته: برای افزایش ظرفیت پاستوریزاسیون و همچنین حفظ ارزش تغذیه ای مواد غذایی استفاده از پاستوریزاتورهای پیوسته یا مداوم رایج شده است که

مهم ترین آن ها به شرح ذیل است:

الف - مبدل های حرارتی صفحه ای: این نوع پاستوریزاتورها از صفحاتی از جنس فولاد ضدزنگ ساخته شده اند که با قرار گرفتن در کنار یکدیگر کانال هایی موازی برای عبور ماده ی غذایی و سیال گرم یا سرد به وجود می آورد. صفحات به کمک یک قاب فلزی محکم به یکدیگر متصل می شوند، و برای جلوگیری از نشست احتمالی سیال گرم و ماده غذایی بین صفحات و اثر لاستیکی مقاوم به حرارت تعبیه شده است. بر روی این صفحات نقش ها و طرح های ویژه حک می شود تا موجب اغتشاش در جریان محصول شده، انتقال حرارت بهتر انجام می گیرد (شکل ۳-۵).

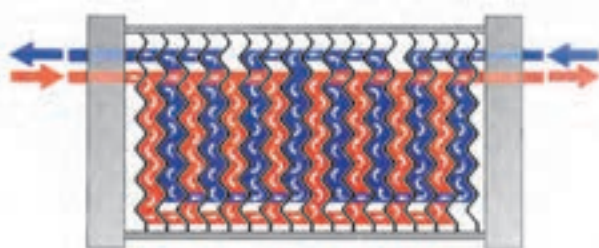


شکل ۳-۵ - شکل دیواره ها در تبادل کننده ی حرارتی صفحه ای

از طریق یک سوراخ واقع در یک گوشه دستگاه وارد اولین مجرای داخل پاستوریزاتور می‌گردد و به‌طور عمودی از میان کانال جریان می‌یابد. در ادامه از گوشه‌ی دیگر، واقع در انتهای مسیری که با واشر جدا کننده تفکیک شده است، خارج می‌گردد. ترتیبی پیش‌بینی شده که محصول پس از طی مسیرهای هر بخش، به مسیر بخش دیگر وارد گردد. در سمت دیگر دیواره، ماده گرم‌مازا یا سرمازا، نخست از انتهای دیگر دستگاه وارد شده و سپس به همان شکل محصول از میان صفحه‌های دستگاه عبور می‌نماید. محصول در داخل مجرا طبعاً از ورای دیواره در مجاورت یک محیط گرم‌مازا یا سرمازا قرار می‌گیرد (شکل ۵-۵).

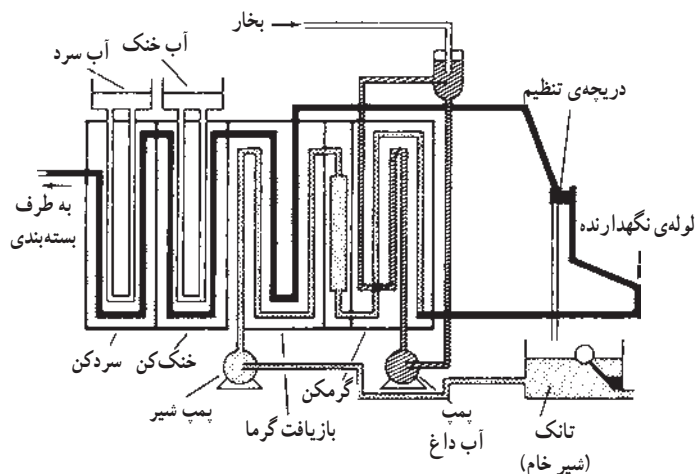


شکل ۵-۵ - جریان‌های اصلی و تبادل حرارت در تبادل‌کننده‌ی حرارتی صفحه‌ای



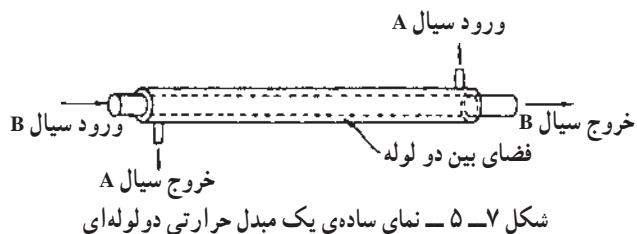
شکل ۵-۶ - سیستم جریان یافتن محصول و محیط تأمین‌کننده سرما یا گرما در تبادل‌کننده

پاستوریزاتورهای صفحه‌ای از ۴ قسمت اصلی تشکیل شده‌اند. بخش بازیافت گرما^۱، بخش پاستوریزاسیون، بخش خنک کردن^۲ و بخش سرد کردن^۳. ابتدا مایع غذایی وارد بالانس تانک می‌شود تا میزان مایع ورودی به داخل پاستوریزاتور متناسب با ظرفیت دستگاه تنظیم گردد. سپس وارد قسمت بازیافت گرما شده و در کانال مجاور با مایع پاستوریزه در داخل پاستوریزاتور جریان می‌یابد. در این قسمت گرمای مایع پاستوریزه به مایع ورودی انتقال می‌یابد. در واقع هم مایع ورودی پیش‌گرم می‌شود، هم این که دمای مایع پاستوریزه شده به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. سپس مایع پیش‌گرم شده وارد قسمت پاستوریزاسیون شده و در اثر مجاورت با آب داغ دمای آن به دمای پاستوریزاسیون می‌رسد. برای این که زمان پاستوریزاسیون طی شود باید ماده‌ی غذایی برای مدت معینی در این دما نگهداری شود که این عمل در قسمت هولدر^۴ انجام می‌شود. در طول مسیر این لوله یک شیر برگشت جریان، مجهز به کنترل دما تعبیه شده که در صورت عدم احراز شرایط پاستوریزاسیون مایع غذایی به ابتدای خط یعنی بالانس تانک، برگشت داده می‌شود. مایع پاستوریزه پس از طی مرحله‌ی بازیافت گرما به قسمت خنک کن و سردکن می‌رود و توسط آب شهر و آب سرد یا گلیکول دمای آن به حد مورد نظر کاهش می‌یابد (شکل ۴-۵).



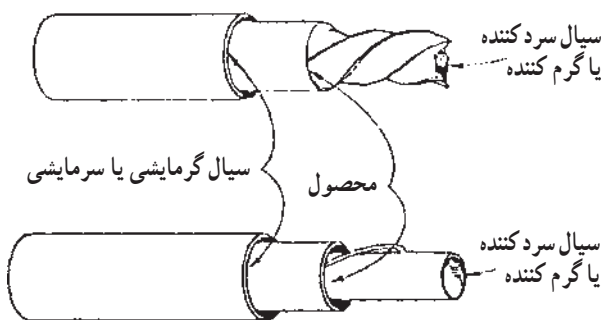
شکل ۴-۵ - دستگاه تبادل حرارتی صفحه‌ای

نمای جریان در پاستوریزاتور: نمای جریان پاستوریزاتورهای صفحه‌ای به این صورت است که ابتدا محصول



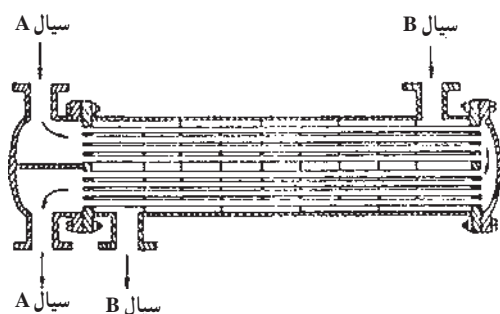
شکل ۵-۷ - نمای ساده‌ی یک مبدل حرارتی دو لوله‌ای

مبدل حرارتی سه لوله‌ای، یک مبدل حرارتی دو لوله‌ای با اندکی تغییر است. در این نوع مبدل حرارتی، محصول در فضای بین دو لوله‌ی داخلی جریان می‌یابد، اما سیال گرم یا سرد در لوله‌ی داخلی و فضای بین دو لوله‌ی خارجی جریان می‌یابد (شکل ۵-۸). بعضی از کاربردهای صنعتی ویژه‌ی مبدل‌های حرارتی سه لوله‌ای عبارت‌اند از: گرم کردن آب پرتقال استحصالی با پرس از 4°C به 93°C و سپس سرد کردن آن به 4°C و سرد کردن مخلوط بستنی از 12°C به 5°C توسط آمونیاک.



شکل ۵-۸ - نمای ساده یک مبدل حرارتی سه لوله‌ای

نوع متداول دیگری از مبدل‌های حرارتی که در صنایع غذایی به کار می‌رود مبدل حرارتی پوسته و لوله است که برای مواردی نظیر گرم کردن مواد غذایی مایع در سیستم‌های تبخیر به کار می‌رود. همان‌طور که در شکل ۵-۹ دیده می‌شود یک سیال در داخل لوله جریان می‌یابد و سیال دیگر در داخل پوسته



شکل ۵-۹ - مبدل حرارتی پوسته و لوله با یک گذر برای پوسته و دو گذر برای لوله

در شکل ۵-۶ رنگ آبی و جریان محصول ابتدا به دو مسیر اصلی تقسیم می‌شود که هر کدام چهار مسیر موازی را طی می‌نماید. رنگ قرمز (محیط گرم‌ازا) به چهار مسیر تقسیم شده و سپس هر کدام به دو مسیر منشعب می‌گردند.

مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای برای مواد غذایی مایعی که ویسکوزیته‌ی کمی دارند مناسب می‌باشند. در صورت وجود مواد جامد معلق در ماده‌ی غذایی، قطر ذرات کم‌تر از $30/0$ سانتی‌متر باید باشد. اگر ذرات درشت‌تر از این باشند از دو طرف به نقاط تماس بین دو صفحه می‌چسبند و ممکن است در بخش گرمایش بر روی آن بسوزند. ظرفیت مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای که در صنعت استفاده می‌شوند، از حدود 5000 تا 20000 کیلوگرم در هر ساعت متغیر می‌باشد.

به هنگام استفاده از مبدل‌های حرارتی باید دقت نمود که رسوب ذرات جامد ماده غذایی نظیر پروتئین‌های شیر بر روی سطح صفحات در تماس با شیر تشکیل نشود چون سرعت انتقال حرارت را کاهش می‌دهد و باعث تغییر فشار نیز می‌شود. برای جلوگیری از این امر، باید فرایند متوقف شود و صفحات با روش CIP تمیز شوند. برای افزایش ظرفیت این پاستوریزاتور می‌توان با اضافه کردن صفحاتی به قاب این عمل را انجام داد. مزایای این دستگاه نسبت به روش‌های غیر مداوم عبارت است از: توزیع بهتر گرما و در نتیجه کارایی بیش‌تر آن، سهولت تمیز کردن و بهداشتی کردن سیستم، زمان فراوری کوتاه‌تر، انعطاف‌پذیر بودن آن برای محصولات مختلف، هزینه عملیاتی و نگهداری کم‌تر.

ب- مبدل حرارتی لوله‌ای: برای پاستوریزاسیون مایعات غلیظ و با ویسکوزیته بالا نظیر رب، سس کچاب، مایوتز، ماست و ... نمی‌توان از مبدل حرارتی صفحه‌ای استفاده کرد. برای این نوع مواد غذایی از پاستوریزاتورهای لوله‌ای استفاده می‌کنند. ساده‌ترین آن‌ها مبدل حرارتی دو لوله‌ای^۱ است. این مبدل حرارتی متشکل از لوله‌هایی است که به صورت متحدالمرکز در داخل یکدیگر جاسازی شده است (شکل ۵-۷). جریان دو سیال به ترتیب بین دو لوله‌ی خارجی و لوله‌ی داخلی سرازیر می‌شود. جریان‌ها ممکن است همسو یا غیر همسو (در خلاف جهت هم) باشند.

و بر روی لوله‌ها پمپ می‌شود. بسته به طرح مبدل، یک یا چند گذر برای لوله می‌توان در نظر گرفت. مثلاً مبدل تصویر زیر دارای دو گذر برای لوله است. زیرا جریان داخل لوله ابتدا در بخش فوقانی و در یک جهت معین حرکت می‌کند و سپس در بخش زیرین در جهت مخالف جریان می‌یابد.



شکل ۱۰-۵- دستگاه پاستوریزاتور لوله‌ای (مورد استفاده در کارخانجات رب)

۵-۲- دستگاه‌های استریل کننده

استریل کردن به عملی گفته می‌شود که در آن میکروب‌ها و اسپورهای موجود در مواد غذایی به روش‌های مختلف از بین می‌روند. در سترون‌سازی حرارتی می‌توان از دمای بالاتر از 88°C استفاده نمود. امروزه از دمای 115°C تا 121°C برای این عمل استفاده می‌شود که در نتیجه، این روش، یک فرایند حرارتی شدید خواهد بود. بدیهی است مدت زمان نگهداری این گونه مواد غذایی طولانی بوده و حداقل ۶ ماه می‌باشد.

مواد غذایی را می‌توان قبل از بسته‌بندی و یا پس از آن استریل کرد. در صورتی که بخواهیم مواد غذایی را پس از بسته‌بندی استریل کنیم باید برای رسیدن به هدف استریلیزاسیون دمای بالا را در مدت زمان طولانی به ماده‌ی غذایی وارد کنیم. در نتیجه کیفیت تغذیه‌ای و ارگانولپتیکی آن تغییر زیادی خواهد کرد. با پیشرفت تکنولوژی به این نتیجه رسیده‌اند که می‌توان مواد غذایی را قبل از بسته‌بندی در دمای بالا و در مدت زمان بسیار کوتاه استریل کرد و سپس آن را در شرایط کاملاً استریل یا به اصطلاح اسپتیک^۱ بسته‌بندی نمود، بدون این که بر کیفیت ماده غذایی صدمه زیادی وارد آید. در این قسمت با انواع دستگاه‌های

استریل کننده آشنا می‌شویم.

۱-۲-۵- ری تورت بسته^۲: انواع مختلف ری تورت

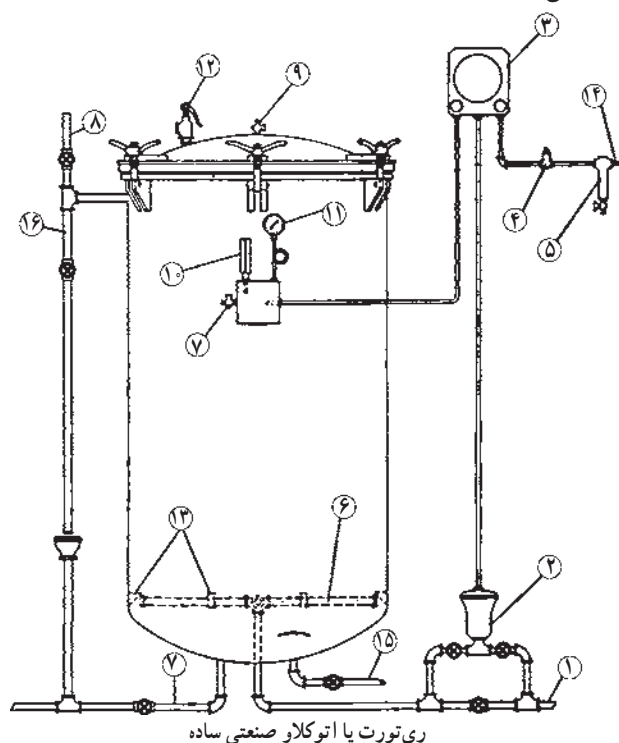
که در زیر شرح داده می‌شوند برای استریل کردن غذاهای بسته‌بندی شده در شیشه، قوطی حلبی و یا کیسه‌های پلاستیکی به کار می‌روند.

الف- ری تورت ثابت افقی یا عمودی

با بخار آب کار می‌کند. این نوع ری تورت ممکن است به هوای فشرده متصل باشد که در حین سرد شدن از آن می‌توان برای خنثی کردن فشار داخل قوطی‌ها استفاده کرد.

در شکل ۱۱-۵ قسمت‌های مختلف یک ری تورت

مشخص شده است.



- | | | |
|-----------------|--------------|------------------|
| ۱- بخار | ۷- تخلیه | ۱۲- شیر اطمینان |
| ۲- شیر تنظیم | ۸- هواگیر | ۱۳- پایه سبد |
| ۳- کنترل | ۹- شیر بیلت | ۱۴- هوا |
| ۴- فشار شکن هوا | ۱۰- ترمومتر | ۱۵- آب |
| ۵- فیلتر هوا | ۱۱- فشار سنج | ۱۶- کنترل سطح آب |
| ۶- بخش کن بخار | | |

شکل ۱۱-۵- شمای اتوکلاو عمودی با استفاده از بخار و فشار هوا

طرز کاربرد ری تورت: قوطی‌های غذا داخل سبد چیده

شده و سپس سبدها داخل ری تورت قرار می‌گیرد. ری تورت‌های صنعتی معمولاً سه یا چهار سبد ظرفیت دارند و این بسته به اندازه قوطی‌ها دارد. سپس درب ری تورت بسته شده و شیر آب

و هوا را نیز می‌بندند. شیر هوا نباید نشست داشته باشد چون در آن صورت عمل استریل کردن با اشکال مواجه می‌شود. آن‌گاه شیر تخلیه هوا و دو شیر بخار (یکی بخار مستقیم و دیگری کنترل) و کلیه شیرهای کوچک را باز می‌کنند تا عمل تخلیه هوا صورت بگیرد. عمل تخلیه $10-5$ دقیقه طول می‌کشد. وقتی بخار خروجی، رنگ سفید بخار خالص (دم‌روباهی) را به خود می‌گیرد نشان می‌دهد هوای موجود در ری‌تورت تخلیه شده است.

تخلیه‌ی کامل ری‌تورت از هوا بسیار مهم می‌باشد. چون درجه حرارت‌های محاسبه شده در هر فشار بخار آب براساس اشباع کامل می‌باشد و در صورتی که بخار آب داخل ری‌تورت با هوا مخلوط باشد درجه حرارت مطلوب به دست نخواهد آمد. برای استریل کردن غذاهای غیر اسیدی دمای $121^{\circ}\text{C} - 115^{\circ}\text{C}$ لازم است. پس از آن که درجه حرارت به حد موردنظر رسید زمان لازم برای استریلیزاسیون شروع می‌شود و آن فاصله زمانی بین رسیدن ری‌تورت به حرارت مطلوب و بسته شدن بخار و شروع سرد شدن قوطی‌ها است. سرد شدن قوطی‌ها ممکن است داخل ری‌تورت و یا خارج از آن داخل حوضچه‌هایی صورت گیرد.

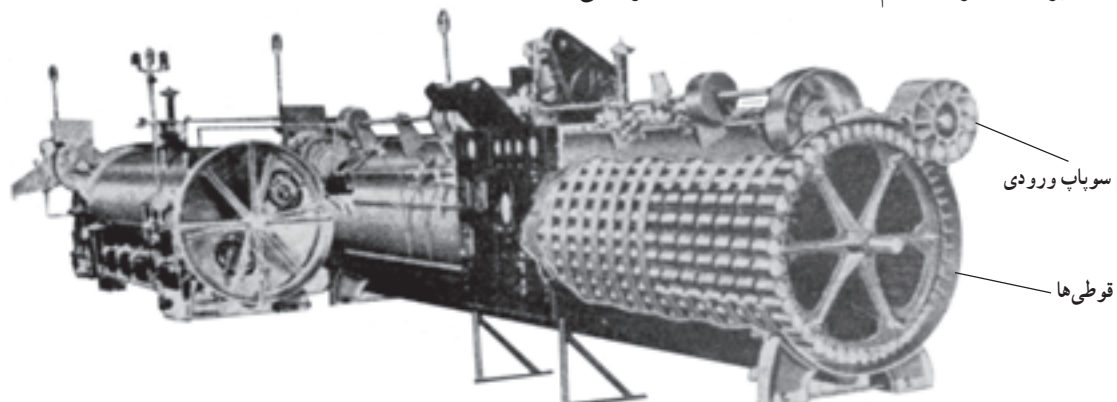
سرویس و نگهداری ری‌تورت: ری‌تورت نیز مانند هر وسیله‌ی دیگر باید به‌طور مرتب تمیز و کنترل شود. علاوه بر کنترل شیر اطمینان و سایر شیرها برای جلوگیری از خطرات ناشی از شکاف‌های غیرقابل رؤیت و غیره، حداقل هر سال یکبار باید ری‌تورت برای تحمل فشار آزمایش شود. برای این کار کلیه شیرها و ترمومترها و غیره را از روی ری‌تورت باز کرده و جای آن‌ها را توسط پیچ‌هایی محکم بسته و آن‌گاه ری‌تورت را کاملاً پر از آب کرده و تمام بدنه را با آب تحت فشار قرار می‌دهند.

بسته به نوع ری‌تورت میزان فشار وارده چند پوند بالاتر از حد فشاری است که ری‌تورت هنگام کار باید تحمل کند و زمان لازم برای انجام این کار معادل حداکثر زمانی است که چنان ری‌تورتی ممکن است برای آن به کار گرفته شود.

ری‌تورت ثابت افقی: در این ری‌تورت با فشار بخار آب می‌توان گرمای آن‌را از نقطه‌ی جوش بالاتر برد و به این ترتیب دمای بالای 100°C را ایجاد کرد.

ری‌تورت عمودی فضای کمتری را نسبت به افقی اشغال می‌کند ولی در نوع افقی تخلیه و بارگیری راحت‌تر صورت می‌گیرد. عیبی که ری‌تورت‌های ثابت دارند این است که چون قوطی‌ها داخل ری‌تورت ثابت هستند زمان سالم سازی طولانی‌تر و ارزش غذایی و کیفی آن‌ها کاهش می‌یابد.

ری‌تورت‌های چرخان: برای کاهش زمان فرآیند سترون‌سازی و جلوگیری از سوختن محصول در جداری قوطی‌ها ری‌تورت‌های نوع دوار ساخته شده‌اند. این ری‌تورت‌ها هم به‌صورت مداوم و هم غیرمداوم وجود دارند. از نوع غیرمداوم همان ری‌تورت افقی را می‌توان نام برد که در آن قوطی‌های درون ری‌تورت حول محور افقی می‌چرخند. برای افزایش ظرفیت سیستم، ری‌تورت‌های دوار مداوم مورد استقبال فراوانی قرار گرفتند. یکی از مرسوم‌ترین ری‌تورت‌های دوار، ری‌تورت تحت فشار چرخشی مارپیچی نام دارد (شکل ۱۲-۵). در این ری‌تورت برای جلوگیری از هدررفتن فشار در محل ورود و خروج قوطی‌ها به درون ری‌تورت از سوپاپ‌های دواری استفاده می‌شود. در این ری‌تورت‌ها قوطی‌هایی که توسط نوار نقاله به دستگاه منتقل می‌شوند از طریق سوپاپ ورودی مستقیماً وارد

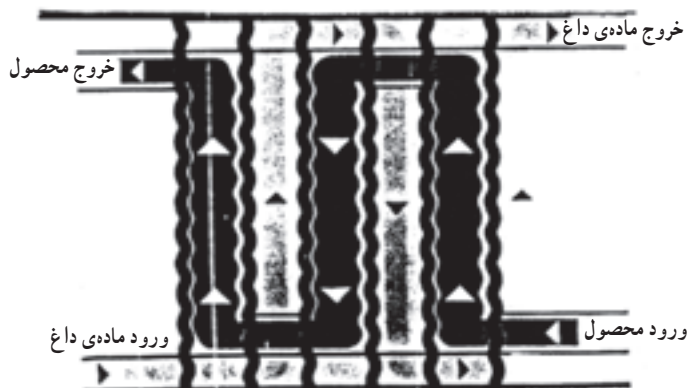


شکل ۱۲-۵ - تصویر یک نوع ری‌تورت چرخان و مداوم (ری‌تورت تحت فشار چرخشی مارپیچی)

آن به $146^{\circ}\text{C} - 142^{\circ}\text{C}$ می‌رسد. آن‌گاه سه ثانیه در این دما، در یک لوله، توقف می‌کند و سپس در محفظه‌ی خلأ دمای آن به $70^{\circ}\text{C} - 65^{\circ}\text{C}$ می‌رسد. این روش نسبت به تزریق بخار^۱ برای مواد غذایی غلیظ‌تر مناسب‌تر است. در حالی که روش تزریق بخار به داخل مواد غذایی در مورد مواد غذایی رقیق مناسب است. همچنین چون با سطح داغی تماس نمی‌یابد سوختن غذا منتفی می‌شود. این روش برای سترون کردن رب گوجه‌فرنگی، شیر، ماست، بستنی و ... کاربرد دارد.

ج - سترون‌کننده‌ی صفحه‌ای

مکانیسم عمل شبیه پاستوریزاتور صفحه‌ای است. با این تفاوت که در درجه حرارت‌های بالاتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای این که بتوان درجه حرارت‌های بالاتر از 100°C داخل سیستم به وجود آورد و از طرفی از جوشش ماده‌ی غذایی مایع در داخل کانال‌ها جلوگیری کرد باید کل سیستم در فشار بالا کار کند. این روش فقط برای مایعات رقیق و مایعات با ویسکوزیته پایین قابل استفاده است و بیش‌تر در استریل کردن شیر و آب میوه‌ها به کار می‌رود (شکل ۱۴-۵).



شکل ۱۴-۵ - سترون‌کننده‌ی صفحه‌ای

د - سترون‌کننده‌ی لوله‌ای

همان‌طور که در شکل ۱۵-۵ دیده می‌شود مایع غذایی از داخل یک ماریج استیل ضدزنگ عبور داده می‌شود. قطر لوله در مقایسه با حجم محصول کوچک است در نتیجه جریان سریعی در داخل لوله‌ها به وجود آمده و باعث جریان اغتشاشی می‌شود. در اثر حرکت اغتشاشی انتقال حرارت خیلی سریع صورت می‌گیرد و کیفیت آن حفظ می‌شود.

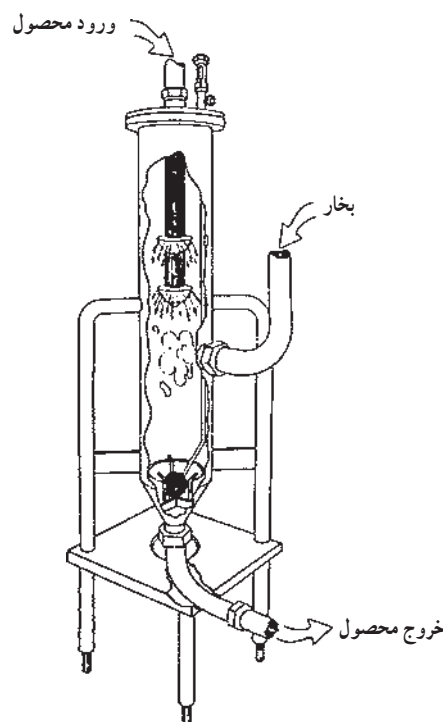
محفظه بخار می‌شوند. قوطی‌ها پس از ورود به ری‌تورت در یک مسیر ماریجی اطراف محیط محفظه استوانه‌ای و افقی ری‌تورت چرخیده و پس از طی زمان لازم به وسیله‌ی سوپاپ خروج، از ری‌تورت خارج می‌شوند. در صورتی که لازم باشد می‌توان دستگاه را طوری تنظیم کرد که قوطی‌ها در حین حرکت در محیط محفظه، حرکت دورانی دور محور خود نیز داشته باشند.

این نوع ری‌تورت‌ها برای مواد غذایی مایع و نیمه‌مایع قابل استفاده هستند.

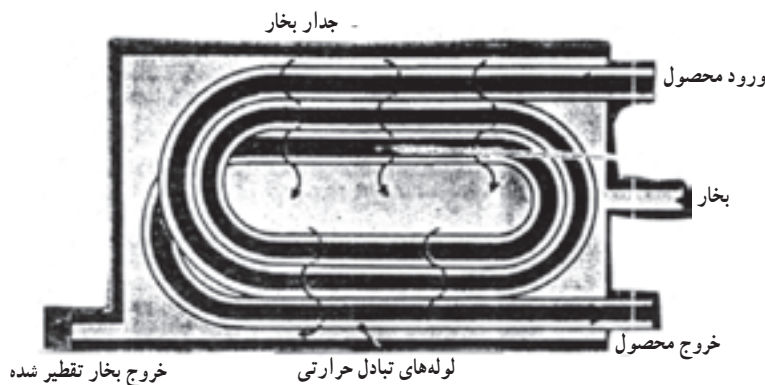
به‌طور کلی در ری‌تورت‌های ثابت و دوار برای کنترل فشار درون ری‌تورت و قوطی‌ها باید ری‌تورت را مجهز به دستگاه فشارسنج نمود و هم این که کل سیستم باید مقاوم به فشار ساخته شود. این عمل باعث می‌شود که هزینه ساخت ری‌تورت‌ها نسبتاً بالا باشد.

ب - سترون‌کننده با ریزش غذا در بخار^۱

در این سیستم ماده‌ی غذایی به بالای دستگاه مبدل حرارتی پمپ می‌شود و سپس از لابه‌لای صفحاتی نازک به داخل محفظه حرارتی که تحت فشار است و درون آن بخار فشار قوی (450°C کیلو پاسکال) جریان دارد پاشیده می‌شود (شکل ۱۳-۵) و دمای



شکل ۱۳-۵ - سترون‌کننده با ریزش غذا در بخار



شکل ۱۵-۵ - سترون کننده‌ی لوله‌ای

خوردگی ساخته می‌شود. موارد کاربرد آن در صنایع غذایی شامل پاستوریزه کردن و استریل کردن آب میوه‌ها، سوپ‌ها، کنسانتره‌ی مرکبات، رب گوجه‌فرنگی، کره‌ی بادام‌زمینی و ... است.

۳-۵- دیگ‌های پخت

فرایندهای حرارتی با اهداف متفاوتی انجام می‌گیرند. هدف از پختن^۱ تبدیل ماده‌ی اولیه‌ی خام به فراورده‌ی پخته می‌باشد. در این فرایند، امکان افزایش مدت زمان نگهداری در اثر از بین رفتن بخش اعظم آنزیم‌ها و نیز میکروب‌های موجود در مواد غذایی مشروط به این‌که آلودگی بعدی ایجاد نشود نیز وجود دارد اما تأثیر عمده، نرم شدن بافت محصول، تغییر عطر و طعم و افزایش قابلیت هضم غذا می‌باشد.

به طور کلی دیگ‌های پخت به سه دسته تقسیم می‌شوند که به شرح آن‌ها می‌پردازیم.

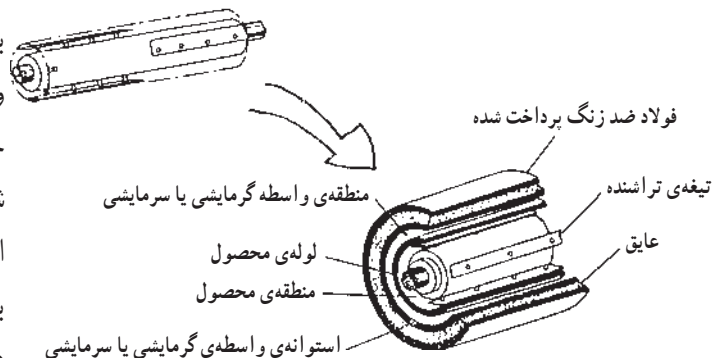
۱-۳-۵- دیگ‌های پختی که در فشار اتمسفر کار می‌کنند:

ساده‌ترین دیگ پخت، دیگ پخت روباز است که از آن برای تهیه‌ی شربت، آب‌نمک، مربا و پاستوریزه کردن شیر و خامه و پخت مواد غذایی غیرحساس به حرارت و ... استفاده می‌شود. جنس این دیگ‌ها از استیل ضدزنگ است. این دیگ‌ها که به شکل نیمه‌کروی هستند به روش‌های مختلفی گرم می‌شوند. ممکن است به‌طور مستقیم به وسیله‌ی گاز یا انرژی الکتریکی و یا به‌صورت غیرمستقیم با بخاری که از درون یک دسته لوله‌ی واقع در داخل دیگ یا از میان پوشش خارجی دیگ، عبور می‌کند، گرم شوند.

از این دستگاه برای سترون کردن رب گوجه‌فرنگی، عصاره تغلیظ شده و ... استفاده می‌شود. عیب این دستگاه این است که باید هرچند وقت یک‌بار سطوح داخلی لوله‌ها بازدید شود تا اگر ماده‌ی غذایی به آن چسبیده است تمیز شود.

هـ - سترون کننده‌ی مجهز به تراشنده سطح

این دستگاه که به شکل استوانه می‌باشد دارای جداره‌ای است که درون آن بخار، آب داغ، گردش می‌کند و عمل گرم و سرد کردن را انجام می‌دهد. داخل استوانه یک همزن که مجهز به تیغه‌های تراشنده است وجود دارد (شکل ۱۶-۵). جنس تیغه‌ها از پلاستیک چندلایه یا پلاستیک قالب‌گیری شده است. همزن ضمن این‌که می‌چرخد مواد غذایی را مخلوط می‌کند که در ضمن سبب می‌شود عمل انتقال حرارت بهتر صورت گیرد و همزن با تیغه‌های تراشنده‌ای که دارد از چسبیدن ذرات غذایی به جداره‌ی استوانه جلوگیری می‌کند. جنس سطوحی از استوانه‌ی سطح تراش که در تماس با ماده‌ی غذایی است از فولاد ضدزنگ، نیکل خالص، نیکل آب کاری شده‌ی سخت یا سایر مواد مقاوم به



شکل ۱۶-۵ - تبادل دمایی سطح تراش به همراه برش و نشان دهنده‌ی اجزای مختلف آن

در این دستگاه‌ها، سرعت انتقال حرارت پایین، بازدهی انرژی نیز پایین است و به غذاهای حساس به حرارت آسیب می‌رسد. اما حسن این دیگ‌ها در این است که بهای اندکی دارند و ساخت و تعمیرات آن‌ها ساده است و در مواردی به کار می‌روند که تولید محصولات متنوعی مورد نیاز و میزان تولید، کم یا متغیر است. بنابراین کاربرد وسیعی در تهیه موادی مثل سس و مربا دارند.

در شکل ۵-۱۹ یک دیگ پخت مداوم در فشار اتمسفر نشان داده شده است. این دیگ‌های پخت که شبیه استریل کننده‌های تحت فشار مداوم کار می‌کنند بیش‌تر برای مواد غذایی بسته‌بندی شده استفاده می‌شود. در این دیگ‌ها، قوطی توسط ماریچی^۱ به داخل دستگاه انتقال می‌یابد. دستگاه در فشار جو کار می‌کند و از بخار، آب داغ و یا ترکیبی از بخار و آب داغ به عنوان محیط انتقال حرارت استفاده می‌نماید.



شکل ۵-۱۷ دیگ پخت غیرمداوم در فشار اتمسفر

در شکل ۵-۱۷ یک دیگ پخت دوجداره که در فشار اتمسفر کار می‌کند نمایش داده شده است.

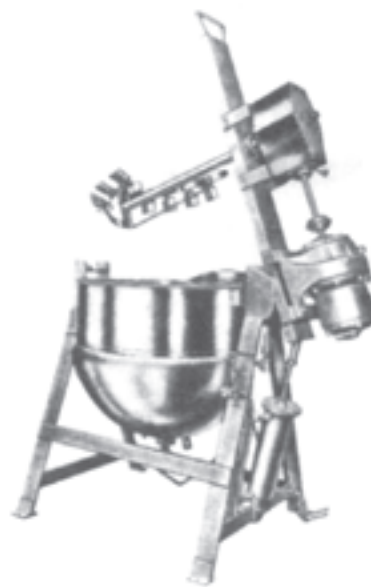
برای این که از سوختگی در جدار دیگ جلوگیری شود و همچنین عمل انتقال حرارت بهتر صورت گیرد از همزن در این دیگ‌ها استفاده می‌شود (شکل ۵-۱۸). نوع همزن با توجه به نوع ماده‌ی غذایی انتخاب می‌شود.



شکل ۵-۱۹ دیگ پخت مداوم در فشار اتمسفر

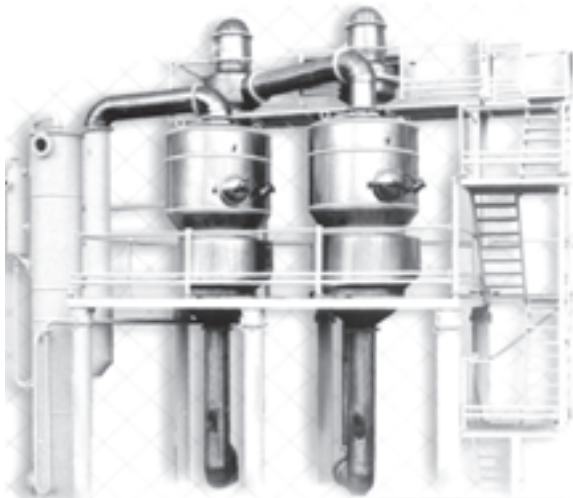
۲-۳-۵ دیگ‌های پختی که با خلأ کار می‌کنند:

برای پخت مواد غذایی حساس به حرارت (مثل مربا، رب و ...) از دیگ‌های تحت شرایط خلأ استفاده می‌شود. در این دیگ‌ها



شکل ۵-۱۸ دیگ پخت همزن‌دار در فشار اتمسفر

این دیگ‌ها را به صورت مداوم نیز می‌توان درآورد به این ترتیب که بخارات حاصل از تبخیر یک دیگ را توسط لوله‌های عایق‌بندی شده به دیگ بعدی منتقل کرد. به این ترتیب از اتلاف انرژی می‌توان جلوگیری کرد (شکل ۲۱-۵).



شکل ۲۱-۵ دیگ‌های پخت تحت خلأ مداوم

۳-۳-۵ دیگ‌های پختی که تحت فشار کار

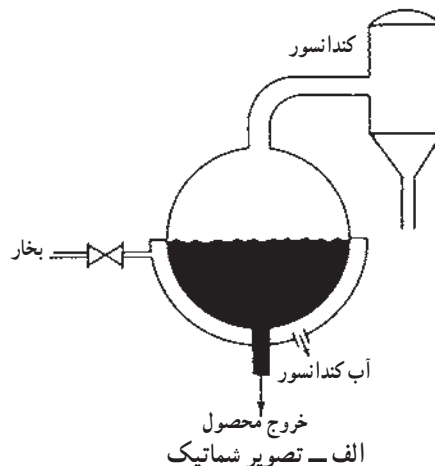
می‌کنند: همان‌طور که قبلاً اشاره کردیم به ری‌تورت، دیگ پخت هم می‌گویند (شکل ۲۲-۵). این دیگ‌ها برای مواد غذایی بسته‌بندی شده استفاده می‌شود که سبب پخت و استریل شدن آن‌ها می‌گردد. در شکل ۲۳-۵ یک دیگ پخت تحت فشار که دارای سبب است نمایش داده شده است.



شکل ۲۲-۵ دیگ پخت تحت فشار

به کمک پمپ خلأ، شرایط خلأ را ایجاد می‌کنیم. در نتیجه ماده‌ی غذایی در دمای پایین‌تر به جوش می‌آید و عمل پخت در دمای پایین‌تر صورت می‌گیرد در نتیجه به کیفیت ماده‌ی غذایی کمتر صدمه می‌زند. برای این که انتقال حرارت بهتر صورت گیرد از همزن در این دیگ‌ها استفاده می‌شود.

همان‌طور که در شکل ۲۰-۵ دیده می‌شود محصول در یک محفظه‌ی کروی دارای ژاکت بخار گرم می‌شود و این محفظه به کندانسور و خلأ متصل می‌باشد تا عمل پخت در دمای کمتری انجام گیرد.



ب - تصویر یک دیگ تحت خلأ

شکل ۲۰-۵ دیگ پخت تحت شرایط خلأ

۲- کارایی حرارت زیاد می‌شود.

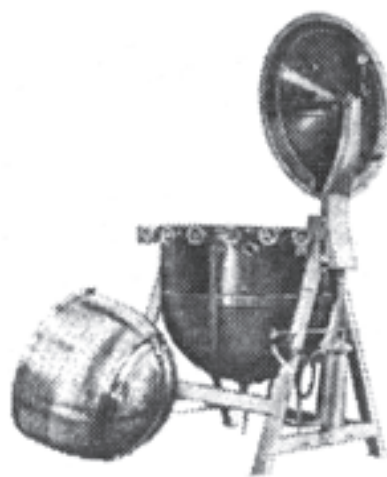
۳- با افزایش سرعت پنکه (فن) و میزان مصرف سوخت می‌توان پخت را کنترل کرد.

عیب این روش مربوط به فرآورده‌های نامطلوب حاصل از احتراق می‌باشد که ممکن است ماده‌ی غذایی را آلوده کند. برای همین باید مشعل‌های گاز مرتباً سرویس شوند. این فرها برای پخت نان بربری، لواش و تافتون کاربرد دارد.

ب- فرهای با حرارت غیرمستقیم: در این فرها گرمای حاصل از سوخت مشعل که برای گرم کردن هوا، یا گرم کردن لوله‌های حاوی بخار به کار می‌رود، محفظه‌ی فر را نیز گرم می‌کند. ممکن است لوله‌های بخار به‌طور مستقیم به‌وسیله‌ی سوخت مشعل در محفظه‌ی فر حرارت داده شوند و یا از دیگ بخار برای تأمین گرما استفاده شود (این فرها در تهیه‌ی بسیاری از فرآورده‌ها از جمله نان، کیک، محصولات گوشتی و ... استفاده می‌شود). ممکن است گرمای حاصل از احتراق از داخل تعدادی لوله رادیاتور در محفظه‌ی فر عبور کند و گرمای لازم را برای فر ایجاد نماید.

بعضی از فرها با انرژی الکتریکی کار می‌کنند. به‌طور کلی در فرهای ناپیوسته دیواره‌ها و قاعده‌ی فر حرارت داده می‌شود در حالی که در فرهای پیوسته رادیاتورهای قسمت فوقانی، تحتانی و طولی نوار نقاله گرما را انتقال می‌دهند. فرها ممکن است به‌صورت پیوسته و یا غیر پیوسته باشند که اینک با مهم‌ترین فرهای موجود در صنعت آشنا می‌شویم.

۲-۴-۵- فر پارویی^۱: یک نوع فر غیر پیوسته است. در فر پارویی قطعات خمیر روی نوعی پارو قرار می‌گیرد و توسط این وسیله قطعات مواد غذایی وارد فر می‌شود (شکل ۲۴-۵). البته به‌جای پارو می‌توان مواد غذایی را روی سینی قرار داد و بعد وارد فر نمود. از این فر در تهیه نان به‌ویژه سنگک و بربری استفاده می‌شود.



شکل ۲۳-۵- دیگ پخت تحت فشار مجهز به سبد

۴-۵- فرهای پخت

فرها تجهیزات مورد استفاده در فرایند پختن^۱، تُست کردن، بو دادن و برشته کردن^۲ مواد غذایی می‌باشند که سبب بهبود ویژگی‌های حسی فرآورده می‌گردند.

۱-۴-۵- طبقه‌بندی فرها: فرها به‌طور کلی به دو نوع با حرارت مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌شوند. هر دو نوع به‌صورت پیوسته و غیرپیوسته قابل استفاده هستند.

الف- فرهای با حرارت مستقیم: در فرهایی که با حرارت مستقیم کار می‌کنند، هوا، انرژی حاصل از سوخت را به‌وسیله‌ی جابه‌جایی طبیعی یا فن به گردش درمی‌آورد. دمای فر به‌طور خودکار از طریق تنظیم هوا و میزان انتقال سوخت به مشعل تنظیم می‌شود. سوخت‌هایی که ممکن است استفاده شود عبارت‌اند از: گاز شهری، نفت یا سوخت جامد. مشعل سوخت در فرهای پیوسته در بالا و پایین نوار نقاله نصب می‌شود و در فرهای کابینتی در قاعده‌ی دستگاه قرار می‌گیرد. برخی موارد ایمنی در دستگاه پیش‌بینی شده است تا در صورت بروز شرایط غیرعادی، مشعل به‌طور خودکار خاموش شود. همچنین تعدادی حفاظ در بالای فر نصب شده است تا در صورت وقوع انفجار، کارگران در معرض خطر قرار نگیرند. مزایای حرارت دادن مستقیم فر به شرح ذیل است:

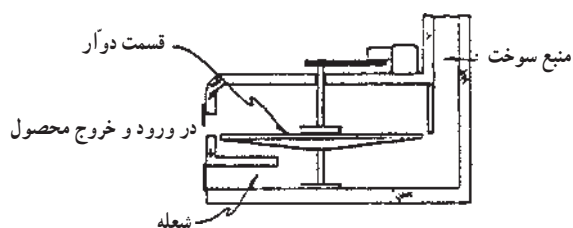
۱- زمان پخت کوتاه می‌شود.

در شکل ۵-۲۶ یک نوع فر طبقه‌دار آمده است که فر طبقه‌ای با پایه‌ی متحرک نامیده می‌شود. در این فر محصول روی طبقات فلزی قرار گرفته و سپس وارد فر می‌شود.

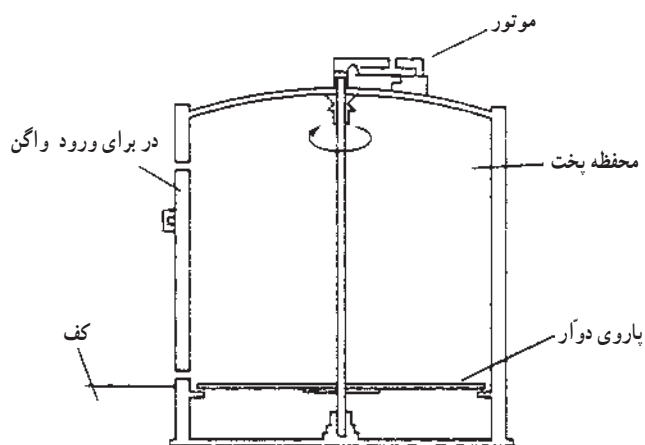


شکل ۵-۲۶ - فر طبقه‌ای با پایه‌ی متحرک

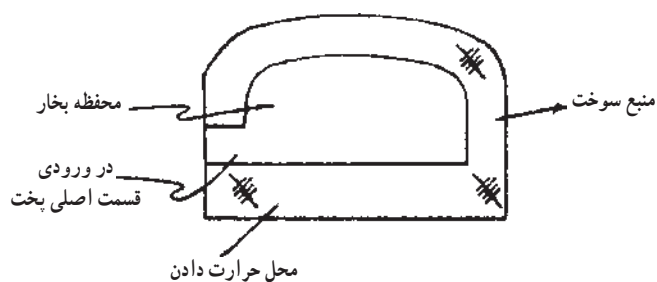
۴-۴-۵ - فر دوار^۲ گردش: در این فرها ماده‌ی غذایی بر روی سینی‌هایی قرار گرفته، در داخل فر به گردش درمی‌آید. در این‌جا چون فر گردش دارد و ماده‌ی غذایی ضمن حرکت داخل فر در دماهای مختلف قرار می‌گیرد، پخت یکنواخت‌تری دارد. عیب این فر در این است که در یک سطح افقی گردش دارد و چون رطوبت در قسمت بالای فر جمع می‌شود ممکن است سطح ماده غذایی خشک شود (شکل‌های ۵-۲۷ و ۵-۲۸). این فر در تهیه انواع نان، پخت پیتزا و ... کاربرد دارد.



شکل ۵-۲۷ - شمایی از فر دوار



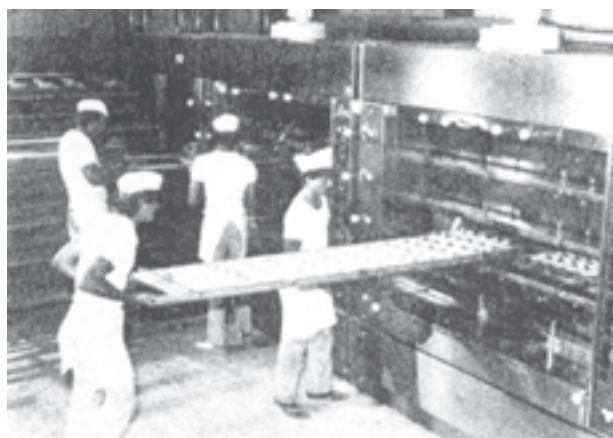
الف - فر پارویی دوار



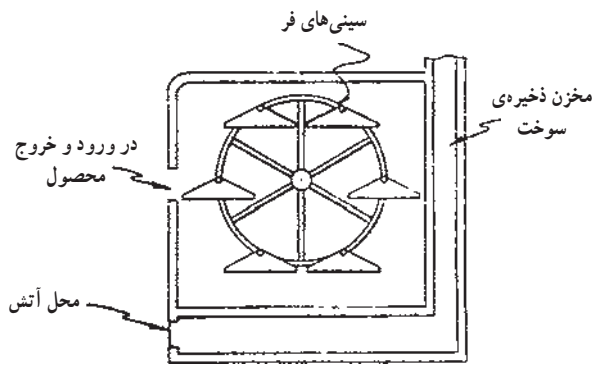
ب - فر پارویی

شکل ۵-۲۴

۳-۴-۵ - فر چند طبقه^۱: این نوع فرها دارای چند طبقه‌ی مجزا هستند. مواد غذایی را روی سینی‌هایی گذاشته و روی طبقات قرار می‌دهند. این فر نیز غیریوسته است و جهت پخت نان، شیرینی و گوشت به کار می‌رود (شکل ۵-۲۵).



شکل ۵-۲۵ - فر چند طبقه

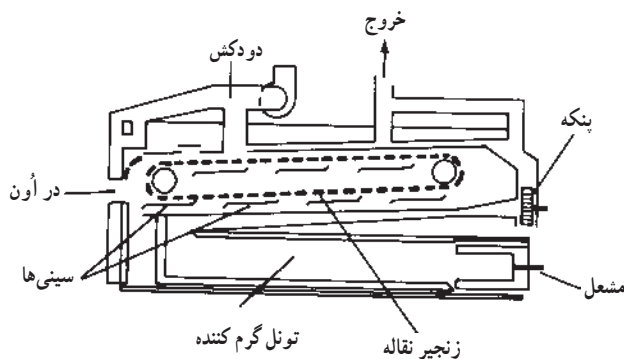


شکل ۲۹-۵ - شمایی از فر چرخ فلکی



فر گردان

۶-۴-۵ - فرهای سینی دار^۲: در این نوع فر از نوار نقاله برای حرکت سینی های محتوی مواد غذایی در داخل فر استفاده می شود. هر سینی که وارد فر می شود در یک جهت هدایت می گردد و پس از طی مسافت معین به طبقه ی دیگر منتقل می گردد و پس از دور زدن تخلیه می شود. به این ترتیب امکان تولید پیوسته خواهیم داشت. این فر برای تهیه انواع نان و کیک به کار می رود (شکل ۳۰-۵).



شکل ۳۰-۵ - فر سینی دار نوار نقاله ای

۷-۴-۵ - فر تونلی^۳: فر تونلی شامل یک تونل فلزی است که ۵۰ تا ۱۸۰ متر طول و ۱/۵ متر پهنا دارد. ماده ی غذایی روی صفحه های استیل ضد زنگ یا توری مشبک قرار داده می شود و از فضای داخلی فر عبور می کند (شکل ۳۱-۵). فر به بخش های مختلف گرمایشی و رطوبت نسبی تقسیم می شود. در هر بخش دما و رطوبت به طور مستقل به وسیله تبادل گرهای دمایی و دستگاه های مرطوب کننده کنترل می شود. دستگاه های مرطوب کننده، با تنظیم نسبت هوای تازه به هوای در گردش، میزان رطوبت هوا را حفظ می کنند یا کاهش می دهند. بخار آب (و در



شکل ۲۸-۵ - فر دوار در حال پخت پیتزا

۵-۴-۵ - فر چرخ فلکی^۱: برای جلوگیری از خشک

شدن سطح ماده ی غذایی فرهای چرخشی ابداع شده است. این فرها نیز دوار بوده و داخل آن ها شبیه به چرخ و فلک است، به طوری که محصول را به طور عمودی به حرکت درآورده و آن را در درجات مختلف رطوبت نسبی و دما قرار می دهد و دارای پخت یکنواخت تری خواهد بود. این فر نسبت به فر دوار جای کم تری را اشغال می کند. فر دوار و فر چرخ فلکی هر دو نیمه پیوسته هستند چون باید حرکت فر متوقف شود و ماده ی غذایی خارج شود. در این فر، تخلیه و بارگیری از یک در صورت می گیرد. این فر نیز برای تهیه انواع نان کاربرد دارد.

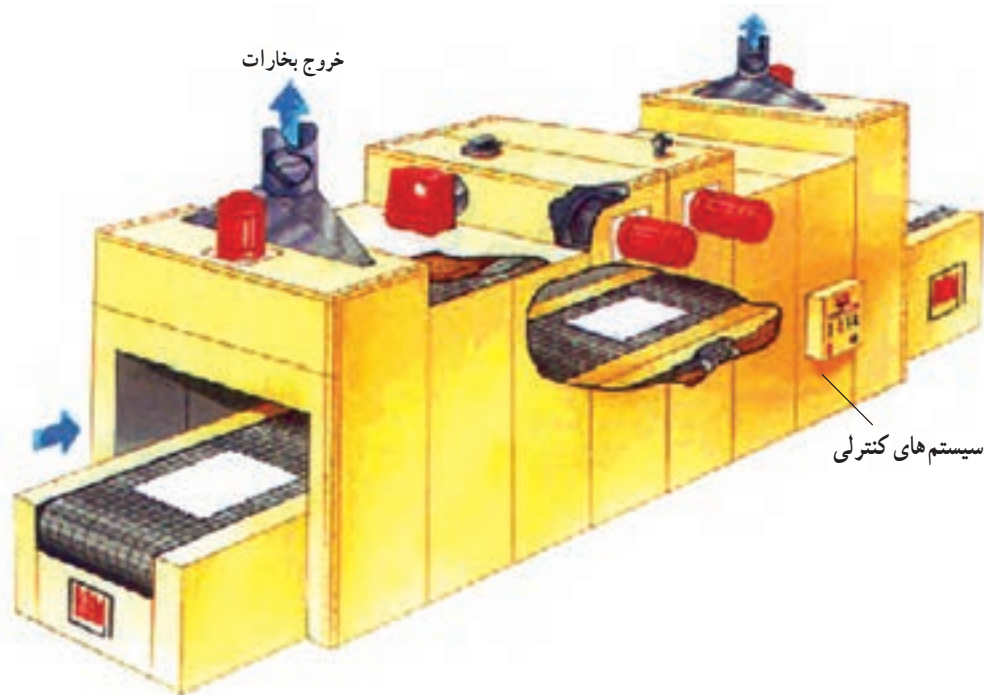
۱- Reel oven

۲- Tray oven

۳- Tunnel oven

مرطوب کننده به وسیله ی ریزپردازنده ها، شرایط پخت در هر ناحیه به نحوی تنظیم می شود که محصولاتی با رنگ و رطوبت مورد نظر حاصل شود. مزیت این فرها در این است که ظرفیت زیادی دارد و هزینه های کارگری (تخلیه و بارگیری) کمتری نیز دارد. این فرها کاربرد وسیعی در تهیه کیک و شیرینی دارند.

فرهای با حرارت مستقیم، محصولات حاصل از احتراق) از هر بخش به طور جداگانه خارج می شود. عمل پخت در این فرها به کمک مکانیسم های خودکار کنترل می شود. به این ترتیب که با کنترل خودکار نوار، شدت گرمادهی تبادله گر ها و محل دستگاه های



شکل ۳۱-۵- نمای یک فر تونلی

فعالیت عملی

- ۱- هنرجویان از واحدهای پاستوریزاسیون و استریلیزاسیون شیر بازدید به عمل آورده و با انواع پاستوریزه کننده ها و استریل کننده های شیر آشنا شوند.
- ۲- هنرجویان از کارخانجات کمپوت و کنسرو بازدید به عمل آورده و با دستگاه های پاستوریزه کننده و انواع ری تورت (دستگاه های سالم سازی مواد غذایی بسته بندی شده) آشنا شوند. همچنین با انواع دیگرهای پخت مورد استفاده در این صنعت نیز آشنا شوند.
- ۳- هنرجویان با مراجعه به کارخانجات تولید کیک و نان با انواع فر آشنا شوند. در پایان گزارشی برای موارد فوق تهیه کرده و به مربی خود تحویل نمایند.



خودآزمایی

- ۱- پاستوریزاتور تونلی از چه قسمت‌هایی تشکیل شده است؟
- ۲- ساختمان مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای را توضیح دهید.
- ۳- مبدل‌های حرارتی لوله‌ای چند نوع‌اند؟ توضیح دهید.
- ۴- نحوه‌ی کار با ری‌تورت چگونه است؟
- ۵- مکانیسم عمل سترون‌کننده با ریزش غذا در بخار چگونه است؟
- ۶- مشخصات سترون‌کننده مجهز به سطح تراش را بیان کنید.
- ۷- دیگرهای پخت چند دسته هستند، نام ببرید.
- ۸- منظور از فر مستقیم و غیرمستقیم چیست؟
- ۹- مزایا و معایب حرارت دادن مستقیم فر را بنویسید.
- ۱۰- عیب‌های دوار چیست؟
- ۱۱- فر تونلی را توضیح دهید.

تبخیرکننده‌ها و خشک‌کن‌ها

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، از هرنجو انتظار می‌رود که بتواند:

- ۱- ساختمان یک تبخیرکننده را توضیح دهد.
- ۲- انواع تبخیرکننده‌های مورد استفاده در صنایع غذایی را شناسایی کند.
- ۳- روش‌های طبقه‌بندی خشک‌کن‌ها را بیان کند.
- ۴- مشخصات انواع خشک‌کن‌ها را توضیح دهد.
- ۵- کاربرد خشک‌کن‌ها را بیان کند.

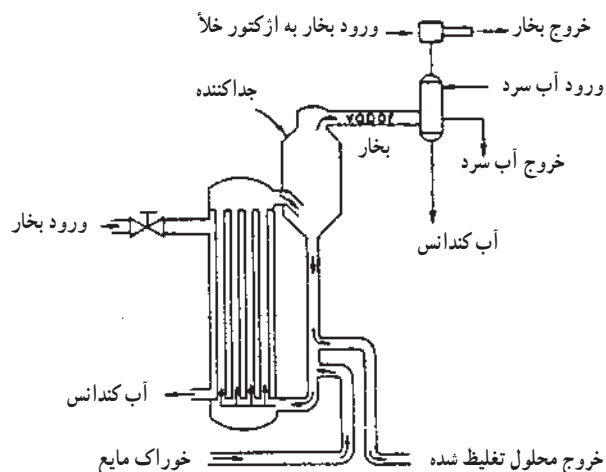
۱-۶- تبخیرکننده‌ها

محصول در دمای پایین‌تری به جوش می‌آید که در برخی از تبخیرکننده‌ها وجود دارد.

- ۳- جداکننده، بخار را از مایع غلیظ شده جدا می‌کند.
- ۴- کندانسور، بخار را به مایع تبدیل کرده و از سیستم حذف می‌کند.

هر تبخیرکننده شامل بخش‌های زیر است:

- ۱- مبدل حرارتی که در داخل یک محفظه یا پوسته قرار گرفته است و حرارت را از بخار به ماده‌ی غذایی منتقل می‌کند.
- ۲- پمپ خلأ که باعث ایجاد خلأ می‌شود در نتیجه



شکل ۱-۶- قسمت‌های مختلف یک تبخیرکننده

این منظور از سه روش زیر استفاده می‌شود که در تمام آن‌ها از گرمای موجود در بخار مجدداً بهره‌گیری می‌شود.

۱- تراکم گاز: که در آن فشار گاز (و در نتیجه دمای

همان‌طور که می‌دانیم خارج ساختن آب از غذا به روش تبخیر به مقدار قابل توجهی انرژی نیاز دارد. بنابراین باید روش‌هایی اتخاذ گردد تا مصرف انرژی به حداقل برسد. برای

واقع همان دیگ‌های پخت پاتیلی هستند که ممکن است به صورت باز (در شرایط اتمسفر) و یا بسته (در شرایط خلأ و مجهز به درپوش) باشند. توضیح آن در قسمت دیگ‌های پخت به طور کامل آمده است.

ب - تبخیرکننده‌های لوله کوتاه^۱: این دستگاه شبیه مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله می‌باشد. دستگاه مذکور متشکل از یک مخزن (یا پوسته) است که محتوی تعداد زیادی لوله‌ی عمودی (و در موارد نادری افقی) است. ماده‌ی غذایی، با سیال که در سطح خارجی لوله‌ها میعان می‌یابد، گرم می‌شود. ماده‌ی غذایی در درون لوله‌ها صعود می‌کند، به جوش می‌آید و پس از ریزش از یک لوله پایین رونده‌ی مرکزی، گردش خود را از سر می‌گیرد. آرایش عمودی لوله‌ها جریان‌های همرفت طبیعی را تقویت می‌کند و لذا سرعت انتقال حرارت را افزایش می‌دهد (شکل ۶-۳). در بعضی از انواع این تبخیرکننده، لوله‌ها در داخل دستگاه قرار می‌گیرند و در نتیجه به هنگام تمیز کردن به آسانی از آن خارج می‌شوند. این تبخیرکننده‌ها انعطاف پذیری زیادی دارند و سرعت انتقال حرارت در آن‌ها هنگام کار با مایعات با ویسکوزیته پایین، بیش از تبخیرکننده‌های دیگی بسته یا روباز است. از آنجایی که در این تبخیرکننده‌ها عمل گردش^۲ مایع در داخل تبخیرکننده به صورت طبیعی انجام می‌شود که گاهی کند و

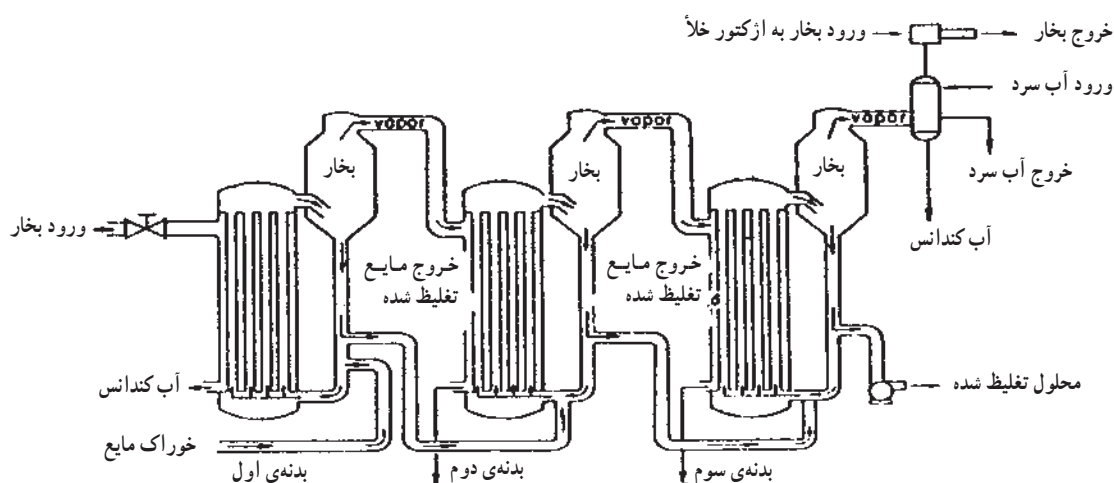
آن) با استفاده از یک کمپرسور مکانیکی افزایش می‌یابد. گاز حاصل که به این ترتیب فشار آن افزایش یافته به صورت سیال گرم مورد استفاده مجدد قرار می‌گیرد.

۲- پیش‌گرمایش: که در آن قبل از ورود ماده غذایی رقیق دمای آن را تا حد نزدیک به دمای اواپراتور گرم می‌کند. از بخار برای گرم کردن محلول غذای ورودی یا آب مورد نیاز در دیگ بخار استفاده می‌شود.

۳- تبخیر چند مرحله‌ای: که در آن چندین تبخیرکننده (یا مرحله‌ی تبخیر) را به یکدیگر متصل می‌سازند (شکل ۶-۲). بخار خروجی از یک مرحله تبخیر مستقیماً به صورت سیال حرارت‌دهنده در مرحله بعدی به کار می‌رود. البته بخار حاصل، فقط می‌تواند مایعی را که دمای جوش آن پایین‌تر از دمای بخار است به جوشش درآورد. بنابراین ضروری است که فشار در هر مرحله، از مرحله‌ی قبل از آن، کم‌تر باشد تا اختلاف دمای لازم بین ماده‌ی غذایی و سیال حرارت‌دهنده برقرار شود.

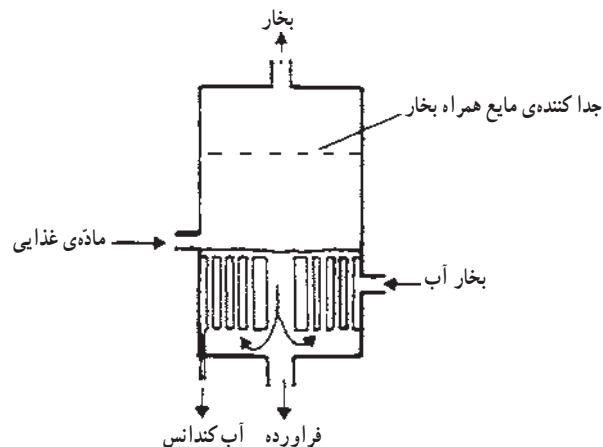
در صنعت، اغلب از تبخیرکننده‌های چند مرحله‌ای (پیوسته) استفاده می‌شود.

۱-۱-۶- تبخیرکننده‌های با چرخش طبیعی مواد
الف - تبخیرکننده‌های پاتیلی: این تبخیرکننده‌ها در



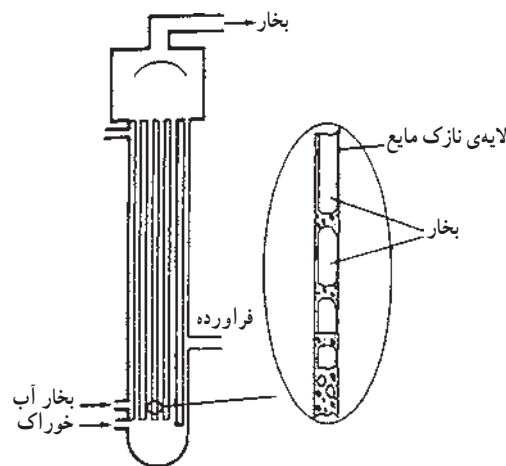
شکل ۶-۲ - نمای ساده‌ی یک اواپراتور سه بدنه‌ای

با وقفه بوده، لذا خطر سوختن ماده‌ی غذایی در انتهای عمل تغلیظ وجود خواهد داشت به همین دلیل این تبخیرکننده‌ها برای مواد غذایی غلیظ مناسب نبوده و از آن‌ها برای تغلیظ شربت، آب میوه و عصاره گوجه‌فرنگی استفاده می‌شود.



شکل ۶-۳ - اواپراتور لوله کوتاه

ج - تبخیرکننده‌های لوله بلند^۱: تبخیرکننده‌ی لوله بلند شبیه تبخیرکننده‌ی لوله کوتاه عمودی است با این تفاوت که قطر لوله‌ها کم‌تر (۵cm) و ارتفاع لوله‌ها بیش‌تر (۱۵-۳ متر) می‌باشد. ماده‌ی غذایی قبل از ورود به دستگاه تا دمای مورد نظر گرم می‌شود و سپس در داخل لوله‌های تبخیرکننده جریان یافته و با دریافت حرارت بخار و اعمال خلأ در صورت نیاز به جوش می‌آید. انبساط بخار سبب صعود یک لایه از محلول در حال تغلیظ به درون هر لوله می‌شود (شکل ۶-۴).



شکل ۶-۴ - اواپراتور لوله بلند

از بخار تفکیک و از تبخیرکننده خارج می‌شود. در تبخیرکننده‌های چندمرحله‌ای، مواد در حال تغلیظ پس از طی هر مرحله به مرحله دیگر تغلیظ انتقال می‌یابد یا به واحد اصلی برمی‌گردد. در سیستم‌های چندمرحله‌ای، از بخار حاصل از هر مرحله در مرحله‌ی بعدی استفاده می‌شود.

این نوع تبخیرکننده‌ها بر اساس الگوی جریان ماده‌ی غذایی در درون تبخیرکننده به دو نوع صعودی و نزولی تقسیم می‌شود. در تبخیرکننده صعودی (بالارونده) که برای مواد غذایی با ویسکوزیته کم (مثل شیر) قابل استفاده است. لایه‌های نازکی از مواد در لوله‌های تبخیرکننده صعود می‌کند.

در مواد غذایی با ویسکوزیته بیش‌تر یا آن‌هایی که در برابر گرما حساسیت زیاد دارند، ماده‌ی غذایی را از انتهای فوقانی لوله‌ها وارد می‌کنند. در این حال نیروی گرانش به نیروی ناشی از انبساط بخار افزوده می‌شود و سرعت جریان مواد را به شدت افزایش می‌دهد. این نوع تبخیرکننده به ریزشی (نزولی) معروف است و دارای کاربرد گسترده‌ای در بسیاری از محصولات است (مثل مخمر صنعتی و آب میوه). مزایای این تبخیرکننده عبارت است از:

- مدت زمان اقامت کوتاه
- ضریب انتقال حرارت بالا
- استفاده مؤثر از انرژی

۲-۱-۶- تبخیرکننده‌های با گردش اجباری: در

تبخیرکننده‌های با گردش اجباری، ماده با یک تلمبه به شکل لایه‌های نازک منتقل می‌شود، در نتیجه سرعت انتقال حرارت زیاد و زمان توقف محلول کوتاه است. این امر منجر به کوچک‌تر شدن ابعاد دستگاه و نیز افزایش تولید می‌شود اما در عین حال بهای دستگاه و هزینه‌های بهره‌برداری را بالا می‌برد.

تبخیرکننده‌های صفحه‌ای^۲: ساختمان این دستگاه

مشابه با مبدل‌هایی است که برای پاستوریزه کردن و نیز استریل کردن مواد غذایی در دمای بالا (UHT) به کار می‌روند. در این نوع تبخیرکننده همانند اواپراتورهای لوله کوتاه و لوله بلند مایع از داخل صفحات در اثر جوشش و فشار بخار آب به طرف بالای صفحه و یا پایین صعود و نزول می‌کند. به