فصل پنجم

دستگاه‌های سالم‌سازی و پخت

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

۱ــ انواع پاستوریزاتورها را توضیح دهد.

۲ــ انواع استریل‌کننده‌های قبل از بسته‌بندی را توضیح دهد.

۳ــ مشخصات ری‌تورت‌ها یا اتوکلاوهای صنعتی را بیان کند.

۴ــ انواع دیگ‌های پخت رایج در صنعت را توضیح دهد.

۵ ــ مشخصات فرها و تونل‌های پخت را بیان کند.

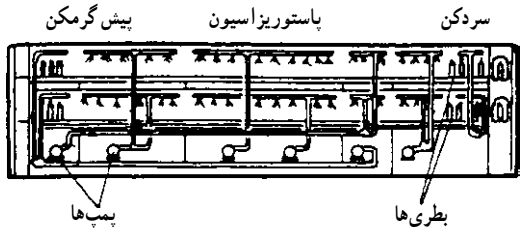
۱ــ۵ــ دستگاه‌های پاستوریزه‌کننده و ...

عمده‌ترین دستگاه‌های سالم‌سازی پس از بسته‌بندی عبارت‌اند از :

۱ــ۱ــ۵ــ ری‌تورت باز[1]: 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.

۲ــ۱ــ۵ــ 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 درنظر 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 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 ۱ــ۵). این پاستوریزاتورها ممکن است یک طبقه یا چند طبقه باشند.



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

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

شکل ۱ــ۵

۱ــ Open Retort

پاستوریزاتور تونلی مرسومترین پاستوریزاتور مداوم در کارخانجات کمپوت و کنسرو است. چون به صورت مداوم کار می‌کند ظرفیت بیش‌تری دارد و عمل پاستوریزاسیون را در زمان کوتاه‌تری انجام می‌دهد.

۳ــ۱ــ۵ــ دستگاه‌های سالم‌سازی قبل از بسته‌بندی[۱]: مواد غذایی مایع را می‌توان قبل از بسته‌بندی، سالم‌سازی کرد. سپس در یک شرایط کاملاً بهداشتی که مانع از آلودگی مجدد شود، بسته‌بندی نمود. مزیت عمده در سالم‌سازی با این روش این است که می‌توان حداکثر بهره‌برداری را از انرژی مصرفی به‌عمل آورد که در نتیجه زمان فرایند بسیار کوتاه خواهد بود. این گروه پاستوریزاتورها برحسب نحوه انجام فرایند به دو دسته مداوم و غیرمداوم طبقه‌بندی می‌شوند. در روش غیرمداوم به دلیل طولانی بودن زمان فرایند، آسیب بیش‌تری به محصول وارد می‌گردد.

رایج‌ترین نوع، تانکی روباز است که دو جداره بوده و توسط بخار آب یا آب داغ، گرما را به ماده غذایی منتقل می‌کند.

شکل ۲ــ ۵

انواع متفاوتی از این نوع پاستوریزاتورها در صنایع غذایی رایج است که متداول‌ترین آن‌ها به شرح زیر می‌باشند :

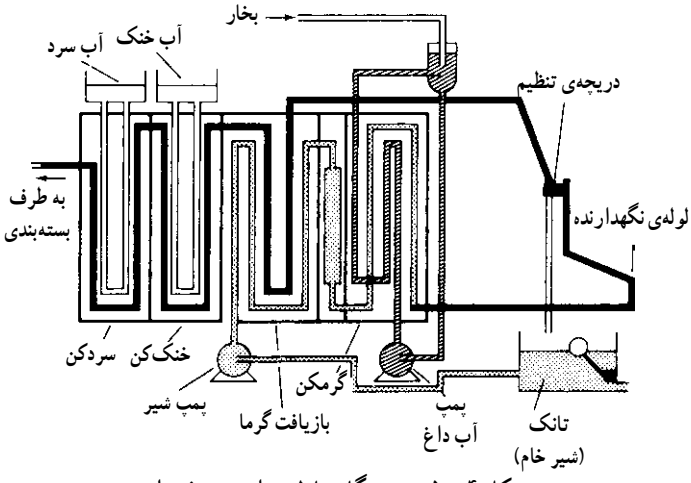
پاستوریزه کننده‌های پیوسته: برای افزایش ظرفیت پاستوریزاسیون و همچنین حفظ ارزش تغذیه‌ای مواد غذایی استفاده از پاستوریزاتورهای پیوسته یا مداوم رایج شده است که مهم‌ترین آن‌ها به شرح ذیل است :

الف ــ مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای: این نوع پاستوریزاتورها از صفحاتی از جنس فولاد ضدزنگ ساخته شده‌اند که با قرار گرفتن در کنار یکدیگر کانال‌هایی موازی برای عبور ماده‌ی غذایی و سیال گرم یا سرد به‌وجود می‌آورد. صفحات به کمک یک قاب فلزی محکم به یکدیگر متصل می‌شوند، و برای جلوگیری از نشت احتمالی سیال گرم و ماده غذایی بین صفحات واشر لاستیکی مقاوم به حرارت تعبیه شده است. بر روی این صفحات نقش‌ها و طرح‌های ویژه حک می‌شود تا موجب اغتشاش در جریان محصول شده، انتقال حرارت بهتر انجام می‌گیرد (شکل ۳ــ۵).

شکل ۳ــ ۵ ــ شکل دیواره‌ها در تبادل کننده‌ی حرارتی صفحه‌ای

۱ــ Aseptic

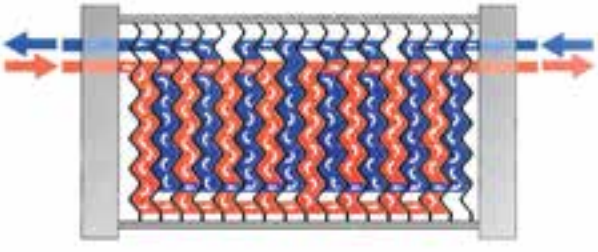
پاستوریزاتورهای صفحه‌ای از ۴ قسمت اصلی تشکیل شده‌اند. بخش بازیافت گرما[1]، بخش پاستوریزاسیون، بخش خنک‌کردن[2] و بخش سرد کردن[3]. ابتدا مایع غذایی وارد بالانس تانک می‌شود تا میزان مایع ورودی به داخل پاستوریزاتور متناسب با ظرفیت دستگاه تنظیم گردد. سپس وارد قسمت بازیافت گرما شده و در کانال مجاور با مایع 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 این‌که 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 این‌که زمان پاستوریزاسیون طی شود باید ماده‌ی غذایی برای مدت معینی در این دما نگهداری شود که این عمل در قسمت هولدر[4] 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 خنک‌کن و سردکن می‌رود و توسط آب شهر و آب سرد یا گلیکول دمای آن به حد مورد نظر کاهش می‌یابد (شکل ۴ــ۵).



شکل ۴ــ۵ ــ دستگاه تبادل حرارتی صفحه‌ای

نمای جریان در پاستوریزاتور: نمای جریان پاستوریزاتورهای صفحه‌ای به این صورت است که ابتدا محصول 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 گرمازا 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 گرمازا یا سرمازا قرار می‌گیرد (شکل ۵ــ۵).

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



شکل ۶ ــ ۵ ــ سیستم جریان یافتن محصول و محیط تأمین کننده سرما یا گرما در تبادل‌کننده

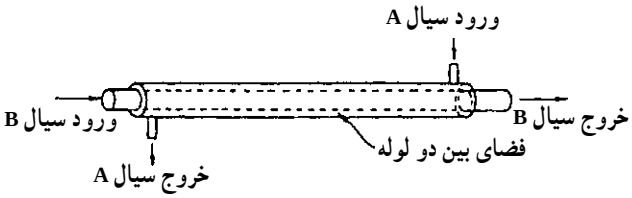
۱ــ Regeneration section
۲ــ Cooling section
۳ــ Chilling section
۴ــ Holder

در شکل ۶ــ۵ رنگ آبی و جریان محصول ابتدا به دو مسیر اصلی تقسیم می‌شود که هرکدام 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 ۰/۳۰ سانتی‌متر باید باشد. اگر ذرات درشت‌تر از این باشند از دو طرف به نقاط تماس بین دو صفحه می‌چسبند وممکن است در بخش گرمایش بر روی آن بسوزند. ظرفیت مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای که در صنعت استفاده می‌شوند، از حدود ۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ کیلوگرم در هر ساعت متغیر می‌باشد.

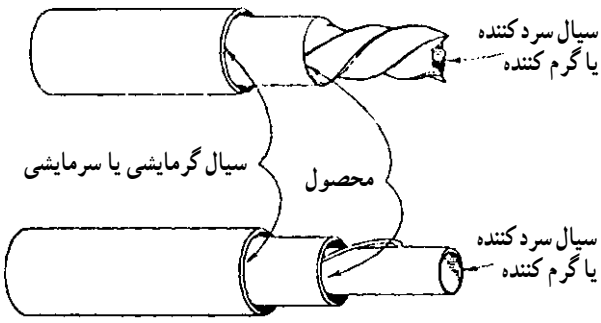
به هنگام استفاده از مبدل‌های حرارتی باید دقت نمود که رسوب ذرات جامد ماده غذایی نظیر پروتئین‌های شیر بر روی سطح صفحات در تماس با شیر تشکیل نشود چون سرعت انتقال حرارت را کاهش می‌دهد و باعث تغییر فشار نیز می‌شود. برای جلوگیری از این امر، باید فرایند متوقف شود و صفحات با روش CIP تمیز شوند. برای افزایش ظرفیت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

ب ــ مبدل حرارتی لوله‌ای: برای پاستوریزاسیون مایعات غلیظ و با ویسکوزیته بالا نظیر رب، سس کچاب، مایونز، 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[1] است. این مبدل حرارتی متشکل از لوله‌هایی است که به‌صورت متحدالمرکز در داخل یکدیگر جاسازی شده است (شکل ۷ــ۵). 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.



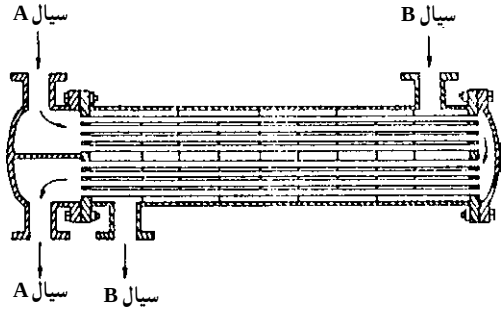
شکل ۷ــ ۵ ــ نمای ساده‌ی یک مبدل حرارتی دولوله‌ای

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، امّا سیال گرم یا سرد در لوله‌ی داخلی و فضای بین دو لوله‌ی خارجی جریان می‌یابد (شکل ۸ ــ ۵). بعضی از کاربردهای صنعتی ویژه‌ی مبدل‌های حرارتی سه لوله‌ای عبارت‌اند از : گرم کردن آب پرتقال استحصالی با پرس از ۴°C به ۹۳°C و سپس سرد کردن آن به ۴°C و سرد کردن مخلوط بستنی از ۱۲°C به ۰/۵°C توسط آمونیاک.



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

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



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

۱ــ Tubular heat exchanger

و بر روی لوله‌ها پمپ می‌شود. بسته به طرح مبدل، یک یا چند گذر برای لوله می‌توان درنظر 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 ۱۰ــ ۵ ــ دستگاه پاستوریزاتور لوله‌ای (مورد استفاده در کارخانجات رب)

۲ــ۵ــ 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 $88^{\circ}C$ استفاده نمود. امروزه از دمای $115^{\circ}C$ــ$121^{\circ}C$ برای این عمل استفاده می‌شود که در نتیجه، این روش، یک فرایند حرارتی شدید خواهد بود. بدیهی است مدت زمان نگهداری این‌گونه مواد غذایی طولانی بوده و حداقل ۶ ماه می‌باشد.

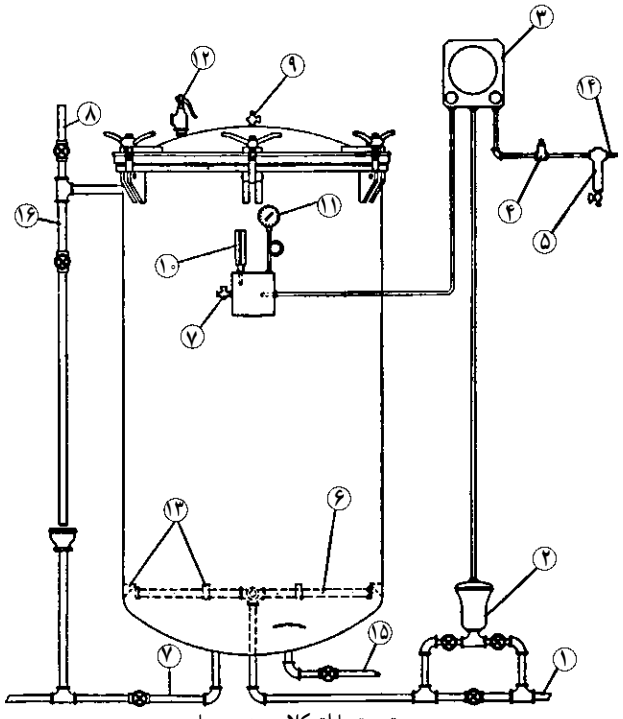
مواد غذایی را می‌توان قبل از بسته‌بندی و یا پس از آن استریل کرد. در صورتی‌که بخواهیم مواد غذایی را پس از بسته‌بندی استریل کنیم باید برای رسیدن به هدف استریلیزاسیون دمای بالا را درمدت زمان طولانی به ماده‌ی غذایی وارد کنیم. در نتیجه کیفیت تغذیه‌ای و ارگانولپتیکی آن تغییر زیادی خواهد کرد. با پیشرفت تکنولوژی 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[1] بسته‌بندی نمود، بدون این‌که بر کیفیت ماده غذایی صدمه زیادی وارد آید. در این قسمت با انواع دستگاه‌های استریل‌کننده آشنا می‌شویم.

۱ــ۲ــ۵ــ ری‌تورت بسته[2]: انواع مختلف ری‌تورت که در زیر شرح داده می‌شوند برای استریل کردن غذاهای بسته‌بندی شده در شیشه، قوطی حلبی و یا کیسه‌های پلاستیکی به‌کار می‌روند.

الف ــ ری‌تورت ثابت افقی یا عمودی

با بخار آب کار می‌کند. این نوع ری‌تورت 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 ۱۱ــ ۵ قسمت‌های مختلف یک ری‌تورت مشخص شده است.



ری‌تورت یا اتوکلاو صنعتی ساده

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

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

طرز کاربرد ری‌تورت: قوطی‌های غذا داخل سبد چیده شده و سپس سبدها داخل ری‌تورت قرار می‌گیرد. ری‌تورت‌های صنعتی معمولاً سه یا چهار سبد ظرفیت دارند و این بسته به اندازه قوطی‌ها دارد. سپس درب ری‌تورت بسته شده و شیر آب

۱ــ Aseptic
۲ــ Retort

و هوا را نیز می‌بندند. شیر هوا نباید نشت 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 ۱۰ــ ۵ 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 بر اساس 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 $121^{\circ}C$ ــ $115^{\circ}C$ لازم است. پس از آن‌که 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 این‌کار 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 تحت‌فشار 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 این‌کار معادل حداکثر زمانی است که چنان ری‌تورتی ممکن است برای آن به‌کار 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 $100^{\circ}C$ را ایجاد کرد.

ری‌تورت عمودی فضای کمتری را نسبت به افقی اشغال می‌کند ولی در نوع افقی تخلیه و بارگیری راحت‌ترصورت 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 جداره‌ی 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 ۱۲ــ 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 ۱۲ــ ۵ ــ تصویر یک نوع ری‌تورت چرخان و مداوم (ری‌تورت تحت فشار چرخشی مارپیچی)

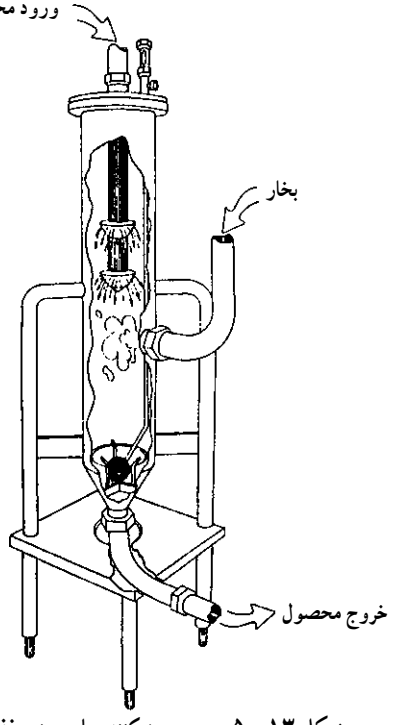
محفظه بخار می‌شوند. قوطی‌ها پس از ورود به ری‌تورت در یک مسیر مارپیچی اطراف محیط محفظه استوانه‌ای و افقی ری‌تورت چرخیده و پس از طی زمان لازم به وسیله‌ی سوپاپ خروج، از ری‌تورت خارج می‌شوند. در صورتی که لازم باشد می‌توان دستگاه را طوری تنظیم کرد که قوطی‌ها درحین حرکت در محیط محفظه، حرکت دورانی دور محور 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 فشاردرون ری‌تورت و قوطی‌ها باید ری‌تورت را مجهز به دستگاه فشارسنج نمود و هم این‌که کل سیستم باید مقاوم به فشار ساخته شود. این عمل باعث می‌شود که هزینه ساخت ری‌تورت‌ها نسبتاً بالا باشد.

ب ــ سترون کننده با ریزش غذا در بخار[1]

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 (۴۵۰ کیلو پاسکال) جریان دارد پاشیده می‌شود (شکل ۱۳ــ ۵) و دمای

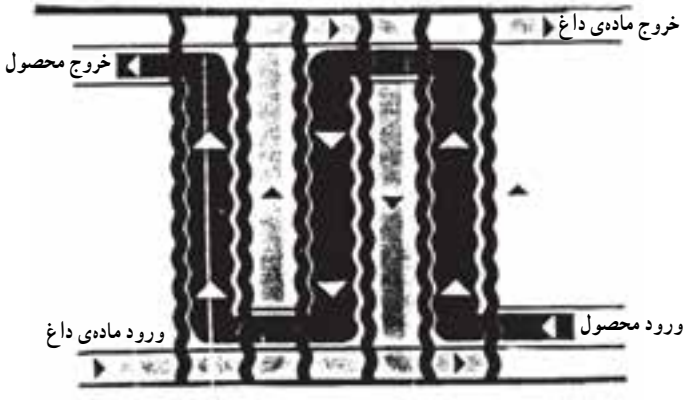


شکل ۱۳ــ ۵ ــ سترون کننده با ریزش غذا در بخار

آن به ۱۴۶°C ــ ۱۴۲°C می‌رسد. آن‌گاه سه ثانیه در این دما، در یک لوله، توقف می‌کند و سپس در محفظه‌ی خلأ دمای آن به ۷۰°C ــ ۶۵ می‌رسد. این روش نسبت به تزریق بخار[2] برای مواد غذایی غلیظ‌تر مناسب‌تر است. در حالی‌که روش تزریق بخار به داخل مواد غذایی در مورد موادغذایی 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 ــ سترون کننده‌ی صفحه‌ای

مکانیسم عمل شبیه پاستوریزاتور صفحه‌ای است. با این تفاوت که در درجه حرارت‌های بالاتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای این‌که بتوان درجه حرارت‌های بالاتر از ۱۰۰°C داخل سیستم به‌وجود 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 ۱۴ــ ۵).

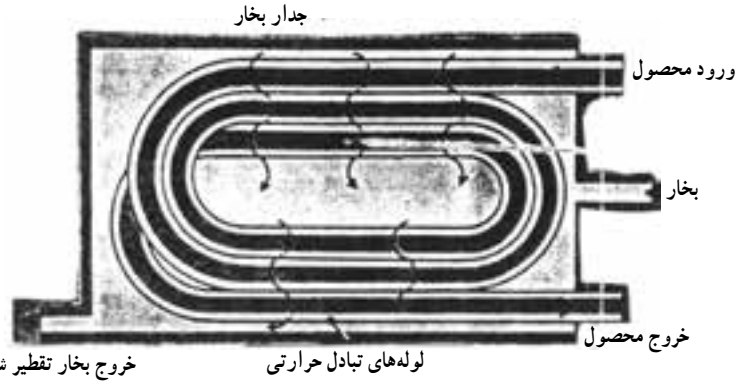


شکل ۱۴ــ ۵ ــ سترون کننده‌ی صفحه‌ای

د ــ سترون کننده‌ی لوله‌ای

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

۱ــ Steam infusion ۲ــ Steam injection

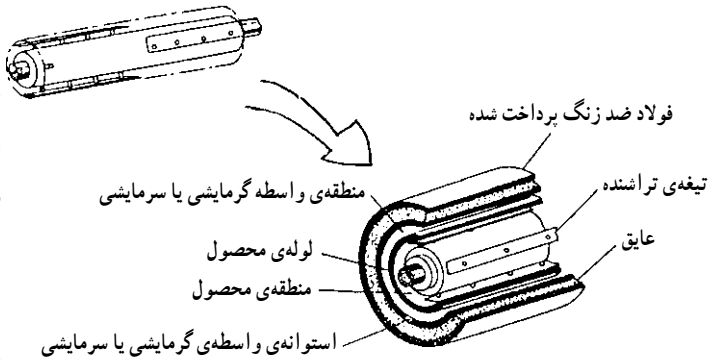


شکل ۱۵ــ ۵ ــ سترون کننده‌ی لوله‌ای

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 ــ 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 ۱۶ــ 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 ضد زنگ، نیکل خالص، نیکل آب کرم کاری شده‌ی سخت یا سایر مواد مقاوم به خوردگی ساخته می‌شود. موارد کاربرد آن در صنایع غذایی شامل پاستوریزه کردن و استریل کردن آب‌میوه‌ها، سوپ‌ها، کنسانتره‌ی مرکبات، رب‌گوجه‌فرنگی، کره‌ی بادام‌زمینی و ... است.



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

۳ــ۵ــ دیگ‌های پخت

فرایندهای حرارتی با اهداف متفاوتی انجام می‌گیرند. هدف از پختن[1] تبدیل ماده‌ی اولیه‌ی خام به فراورده‌ی پخته می‌باشد. در این فرایند، امکان افزایش مدت زمان نگهداری دراثر از بین‌رفتن بخش اعظم آنزیم‌ها و نیز میکروب‌های موجود در مواد غذایی مشروط به این‌که آلودگی بعدی ایجاد نشود نیز وجود دارد امّا 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.

۱ــ۳ــ۵ــ 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.

۱ــ Cooking

شکل ۱۷ــ ۵ ــ دیگ پخت غیرمداوم در فشار اتمسفر

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

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

شکل ۱۸ــ ۵ ــ دیگ پخت همزن‌دار در فشار اتمسفر

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 به‌کار 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 ۱۹ــ ۵ یک دیگ پخت مداوم در فشار اتمسفر نشان داده شده است. این دیگ‌های پخت که شبیه استریل‌کننده‌های تحت فشار مداوم کار می‌کنند بیش‌تر برای مواد غذایی بسته‌بندی شده استفاده می‌شود. در این دیگ‌ها، قوطی توسط مارپیچی[1] به داخل دستگاه انتقال می‌یابد. دستگاه در فشار جو کار می‌کند و از بخار، آب داغ و یا ترکیبی از بخار و آب داغ به‌عنوان محیط انتقال حرارت استفاده می‌نماید.

شکل ۱۹ــ ۵ ــ دیگ پخت مداوم در فشار اتمسفر

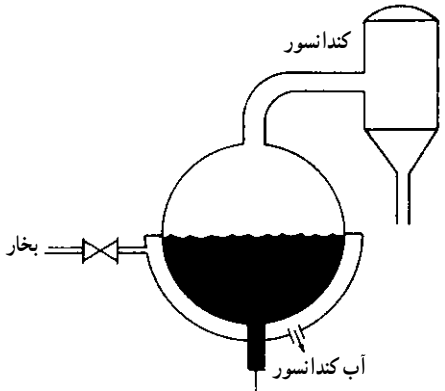
۲ــ۳ــ۵ــ دیگ‌های پختی که با خلأ کار می‌کنند:

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

۱ــ Helix

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

همان‌طور که در شکل ۲۰ــ۵ 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.

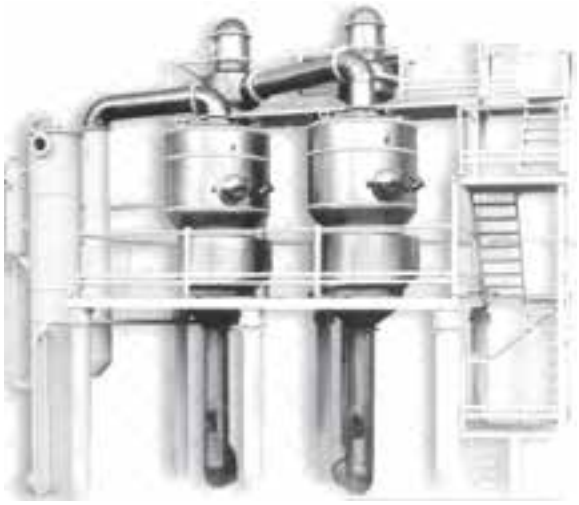


الف ــ تصویر شماتیک

ب ــ تصویر یک دیگ تحت خلأ

شکل ۲۰ــ۵ ــ دیگ پخت تحت شرایط خلأ

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 ۲۱ــ۵).

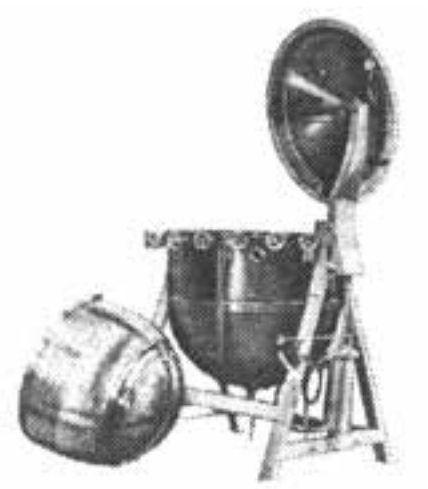


شکل ۲۱ــ۵ ــ دیگ‌های پخت تحت خلأ مداوم

۳ــ۳ــ۵ــ دیگ‌های پختی که تحت فشار کار می‌کنند:

همان‌طور که قبلاً اشاره کردیم به ری‌تورت، دیگ پخت هم می‌گویند (شکل ۲۲ــ۵). این دیگ‌ها برای مواد غذایی بسته‌بندی شده استفاده می‌شود که سبب پخت و استریل شدن آن‌ها می‌گردد. در شکل ۲۳ــ۵ یک دیگ پخت تحت فشار که دارای سبد است نمایش داده شده است.

شکل ۲۲ــ۵ ــ دیگ پخت تحت‌فشار



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

۴ــ۵ــ 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.

۱ــ۴ــ۵ــ 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 ــ 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 درصورت 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 حرارت‌دادن مستقیم فر به شرح ذیل است :

۱ــ زمان پخت کوتاه می‌شود.

۲ــ کارآیی حرارت زیاد می‌شود.

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

عیب این روش مربوط به فراورده‌های 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.

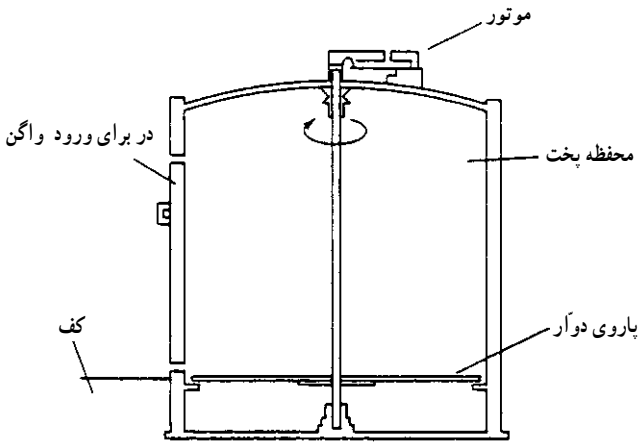
ب ــ فرهای با حرارت غیرمستقیم: در این فرها گرمای حاصل از سوخت مشعل که برای گرم کردن هوا، یا گرم کردن لوله‌های حاوی بخار به‌کار می‌رود، محفظه‌ی فر را نیز گرم می‌کند. ممکن است لوله‌های بخار به‌طور مستقیم به‌وسیله‌ی سوخت مشعل در محفظه‌ی فر حرارت داده شوند و یا از دیگ بخار برای تأمین گرما استفاده شود (این فرها در تهیه‌ی بسیاری از فراورده‌ها ازجمله 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.

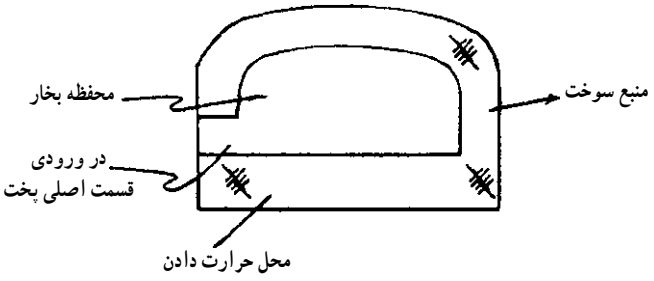
بعضی از فرها با انرژی الکتریکی کار می‌کنند. به‌طور کلی در فرهای ناپیوسته دیواره‌ها و قاعده‌ی فر حرارت داده می‌شود در حالی‌که در فرهای پیوسته رادیاتورهای قسمت فوقانی، تحتانی و طولی نوار نقاله گرما را انتقال می‌دهند. فرها ممکن است به‌صورت پیوسته و یا غیر پیوسته باشند که اینک با مهم‌ترین فرهای موجود در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

۲ــ۴ــ۵ــ فر پارویی[۳]: 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 ۲۴ــ۵). 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.

۱ــ Baking ۲ــ Roasting ۳ــ Paddle oven



الف ــ فر پارویی دوّار



ب ــ فر پارویی

شکل ۲۴ــ ۵

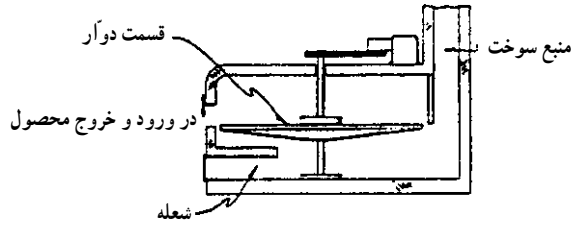
۳ــ۴ــ۵ــ فر چند طبقه[1]: این نوع فرها دارای چند طبقه‌ی مجزا هستند. مواد غذایی را روی سینی‌هایی گذاشته و روی طبقات قرار می‌دهند. این فر نیز غیرپیوسته است و جهت پخت نان، شیرینی و گوشت به‌کار می‌رود (شکل ۲۵ــ۵).

شکل ۲۵ــ ۵ ــ فر چند طبقه

در شکل ۲۶ــ۵ 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 ۲۶ــ ۵ ــ فر طبقه‌ای با پایه‌ی متحرک

۴ــ۴ــ۵ــ فر دوّار[2] **گردشی**: 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 ۲۷ــ ۵ و ۲۸ــ ۵). این فر در تهیه انواع نان، پخت پیتزا و ... کاربرد دارد.



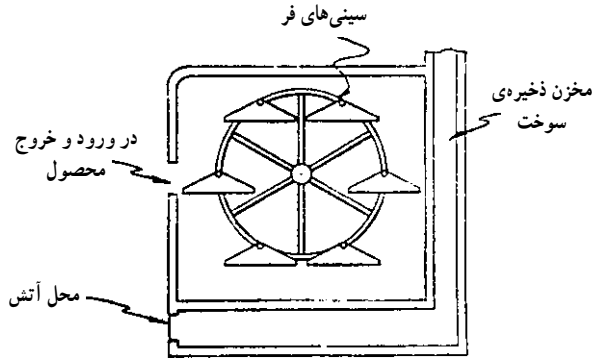
شکل ۲۷ــ ۵ ــ شمایی از فر دوّار

۱ــ Multi - deck oven ۲ــ Rotary - Hearth oven

فر گردان

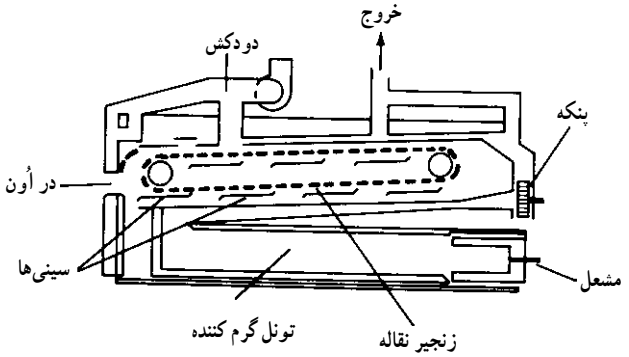
شکل ۲۸ــ ۵ ــ فر دوّار در حال پخت پیتزا

۵ــ۴ــ۵ــ فر چرخ‌فلکی[1]: برای جلوگیری از خشک شدن سطح ماده‌ی غذایی فرهای چرخشی ابداع شده است. این فرها نیز دوّار بوده و داخل آن‌ها شبیه به چرخ و فلک است ، به‌طوری که محصول را به‌طور عمودی به حرکت درآورده و آن را در درجات مختلف رطوبت نسبی و دما قرار می‌دهد و دارای پخت یکنواخت‌تری خواهد بود. این فر نسبت به فر دوّار جای کم‌تری را اشغال می‌کند. فر دوّار و فر چرخ‌فلکی هر دو نیمه پیوسته هستند چون باید حرکت فر متوقف شود و ماده‌ی غذایی خارج شود. در این فر، تخلیه و بارگیری از یک در صورت می‌گیرد. این فر نیز برای تهیه انواع نان کاربرد دارد.



شکل ۲۹ــ ۵ ــ شمایی از فر چرخ فلکی

۶ــ۴ــ۵ــ فرهای سینی‌دار[2]: در این نوع فر از نوار نقاله برای حرکت سینی‌های محتوی مواد غذایی در داخل فر استفاده می‌شود. هر سینی که وارد فر می‌شود در یک جهت هدایت می‌گردد و پس از طی مسافت معین به طبقه‌ی دیگر منتقل می‌گردد و پس از دور زدن تخلیه می‌شود. به این ترتیب امکان تولید پیوسته خواهیم داشت. این فر برای تهیه انواع نان و کیک به‌کار می‌رود(شکل ۳۰ــ۵).

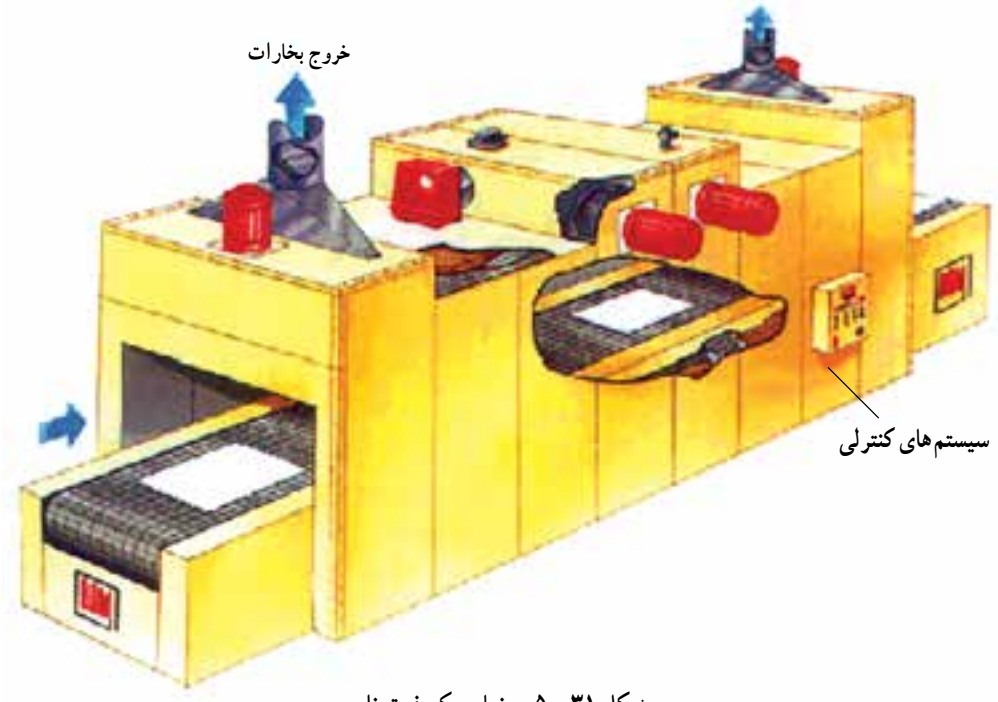


شکل ۳۰ــ ۵ ــ فر سینی‌دار نوار نقاله‌ای

۷ــ۴ــ۵ــ فر تونلی[3]: فر تونلی شامل یک تونل فلزی است که ۵۰ تا ۱۸۰ متر طول و ۱/۵ متر پهنا دارد. ماده‌ی غذایی روی صفحه‌های استیل ضدزنگ یا توری مشبک قرار داده می‌شود و از فضای داخلی فر عبور می‌کند (شکل۳۱ــ۵). فر به بخش‌های مختلف گرمایشی و رطوبت نسبی تقسیم می‌شود. در هر بخش دما و رطوبت به‌طور مستقل به‌وسیله تبادل‌گرهای دمایی و دستگاه‌های مرطوب‌کننده کنترل می‌شود. دستگاه‌های مرطوب‌کننده، با تنظیم نسبت هوای تازه به هوای درگردش، میزان رطوبت هوا را حفظ می‌کنند یا کاهش می‌دهند. بخار آب (و در

۱ــ Reel oven ۲ــ Tray oven ۳ــ Tunel oven

فرهای با حرارت مستقیم، محصولات حاصل از احتراق) از هر بخش به‌طور جداگانه خارج می‌شود. عمل پخت در این فرها به کمک مکانیسم‌های خودکار کنترل می‌شود. به این ترتیب که با کنترل خودکار نوار، شدت گرمادهی تبادلگرها و محل دستگاه‌های مرطوب‌کننده به وسیله‌ی ریزپردازنده‌ها، شرایط پخت در هر ناحیه به‌نحوی تنظیم می‌شود که محصولاتی با رنگ و رطوبت موردنظر حاصل شود. مزیت این فرها در این است که ظرفیت زیادی دارد و هزینه‌های کارگری (تخلیه و بارگیری) کم‌تری نیز دارد. این فرها کاربرد وسیعی در تهیه کیک و شیرینی دارند.



شکل ۳۱ــ ۵ ــ نمای یک فر تونلی

فعالیت عملی

۱ــ هنرجویان از واحدهای پاستوریزاسیون و استریلیزاسیون شیر بازدید به‌عمل آورده و با انواع پاستوریزه‌کننده‌ها و استریل‌کننده‌های شیر آشنا شوند.

۲ــ هنرجویان از کارخانجات کمپوت و کنسرو بازدید به‌عمل آورده و با دستگاه‌های پاستوریزه‌کننده و انواع ری‌تورت (دستگاه‌های سالم‌سازی مواد غذایی بسته‌بندی شده) آشنا شوند. همچنین با انواع دیگ‌های پخت مورد استفاده در این صنعت نیز آشنا شوند.

۳ــ 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

۱ــ پاستوریزاتور تونلی از چه قسمت‌هایی تشکیل شده است؟

۲ــ ساختمان مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای را توضیح دهید.

۳ــ مبدل‌های حرارتی لوله‌ای چند نوع‌اند؟ توضیح دهید.

۴ــ نحوه‌ی کار با ری‌تورت چگونه است؟

۵ــ مکانیسم عمل سترون کننده با ریزش غذا در بخار چگونه است؟

۶ــ مشخصات سترون کننده مجهز به سطح تراش را بیان کنید.

۷ ــ دیگ‌های پخت چند دسته هستند، نام ببرید.

۸ــ منظور از فر مستقیم و غیرمستقیم چیست؟

۹ــ مزایا و معایب حرارت دادن مستقیم فر را بنویسید.

۱۰ــ عیب فرهای دوّار چیست؟

۱۱ــ فر تونلی را توضیح دهید.

تبخیرکننده‌ها و خشک‌کن‌ها

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

۱ــ ساختمان یک تبخیر کننده را توضیح دهد.

۲ــ انواع تبخیر کننده‌های مورد استفاده در صنایع غذایی را شناسایی کند.

۳ــ روش‌های طبقه‌بندی خشک‌کن‌ها را بیان کند.

۴ــ مشخصات انواع خشک‌کن‌ها را توضیح دهد.

۵ ــ کاربرد خشک‌کن‌ها را بیان کند.

۱ــ۶ــ تبخیرکننده‌ها

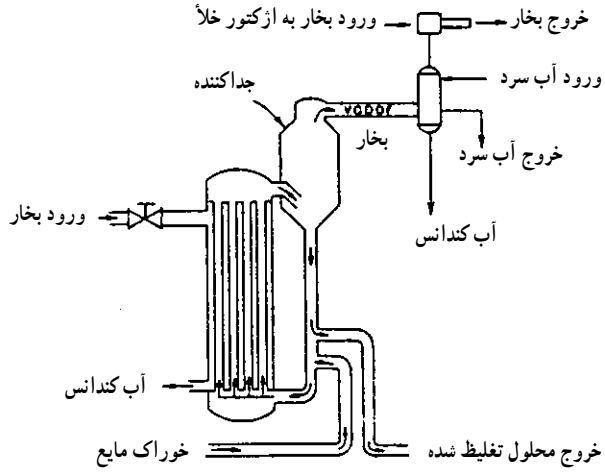
هر تبخیرکننده شامل بخش‌های زیر است :

۱ــ مبدل حرارتی که در داخل یک محفظه یا پوسته قرارگرفته است و حرارت را از بخار به ماده‌ی غذایی منتقل می‌کند.

۲ــ پمپ خلأ که باعث ایجاد خلأ می‌شود در نتیجه محصول در دمای پایین‌تری به‌جوش می‌آید که در برخی از تبخیرکننده‌ها وجود دارد.

۳ــ جداکننده، بخار را از مایع غلیظ شده جدا می‌کند.

۴ــ کندانسور، بخار را به مایع تبدیل کرده و از سیستم حذف می‌کند.



شکل ۱ــ۶ ــ قسمت‌های مختلف یک تبخیرکننده

همان‌طور که می‌دانیم خارج ساختن آب از غذا به روش تبخیر به مقدار قابل‌توجهی انرژی نیاز دارد. بنابراین باید روش‌هایی اتخاذ گردد تا مصرف انرژی به حداقل برسد. برای این منظور از سه روش زیر استفاده می‌شود که در تمام آن‌ها از گرمای موجود در بخار مجدداً بهره‌گیری می‌شود.

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

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

۲ــ 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 موردنیاز در دیگ بخار استفاده می‌شود.

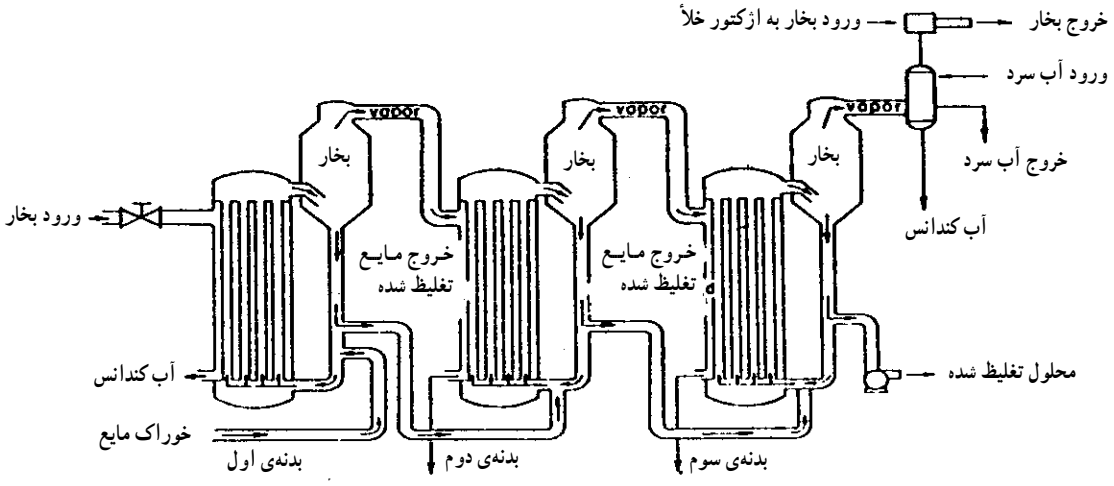
۳ــ تبخیر چند مرحله‌ای: که در آن چندین تبخیرکننده (یا مرحله‌ی تبخیر) را به یکدیگر متصل می‌سازند (شکل ۲ــ۶). بخار خروجی از یک مرحله تبخیر مستقیماً به صورت سیال حرارت‌دهنده در مرحله بعدی به‌کار می‌رود. البته بخار حاصل، فقط می‌تواند مایعی را که دمای جوش آن پایین‌تر از دمای بخار است به‌جوشش درآورد. بنابراین ضروری است که فشار در هر مرحله، از مرحله‌ی قبل از آن، کم‌تر باشد تا اختلاف دمای لازم بین ماده‌ی غذایی و سیال حرارت دهنده برقرار شود.

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

۱ــ۱ــ۶ــ تبخیرکننده‌های با چرخش طبیعی مواد

الف ــ تبخیرکننده‌های پاتیلی: این تبخیرکننده‌ها در واقع همان دیگ‌های پخت پاتیلی هستند که ممکن است به‌صورت باز (در شرایط اتمسفر) و یا بسته (در شرایط خلأ و مجهز به درپوش) باشند. توضیح آن در قسمت دیگ‌های پخت به‌طور کامل آمده است.

ب ــ تبخیرکننده‌های لوله کوتاه[1]: 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 ۳ــ۶). در بعضی از انواع این تبخیرکننده، لوله‌ها در داخل دستگاه قرار می‌گیرند و در نتیجه به هنگام تمیزکردن 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[2] مایع در داخل تبخیرکننده به‌صورت طبیعی انجام می‌شود که گاهی کند و

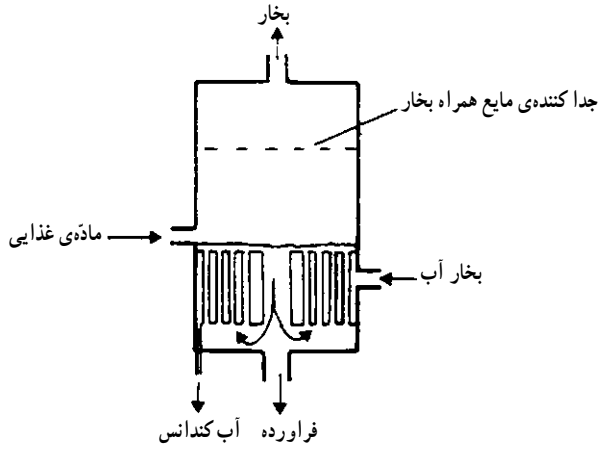


شکل ۲ــ۶ ــ نمای ساده‌ی یک اواپراتور سه بدنه‌ای

۱ــ Short– tube evaporators

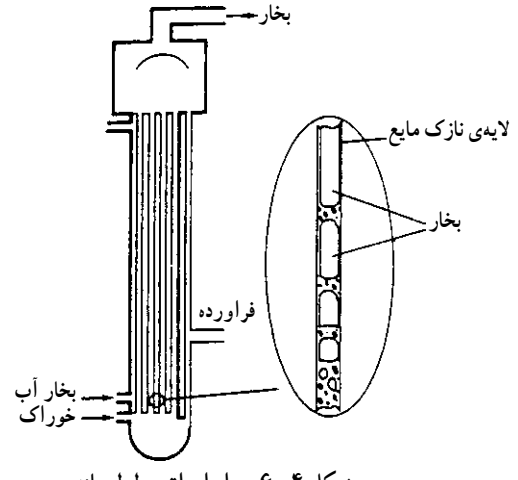
۲ــ Circulation

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 ۳ــ۶ ــ اواپراتور لوله کوتاه

ج ــ تبخیرکننده‌های لوله بلند[1]: تبخیر کننده‌ی لوله بلند شبیه تبخیرکننده‌ی لوله کوتاه عمودی است با این تفاوت که قطر لوله‌ها کم‌تر (۵cm) و ارتفاع لوله‌ها بیش‌تر (۱۵ــ۳ 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 به‌جوش می‌آید. انبساط بخار سبب صعود یک لایه از محلول در حال تغلیظ به درون هر لوله می‌شود (شکل ۴ــ۶). محلول غلیظ شده، 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.



شکل ۴ــ۶ ــ اواپراتور لوله بلند

این نوع تبخیر کننده‌ها بر اساس الگوی جریان ماده‌ی غذایی در درون تبخیرکننده به دو نوع صعودی و نزولی تقسیم می‌شود. در تبخیر کننده 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 :

ــ مدت زمان اقامت کوتاه

ــ ضریب انتقال حرارت بالا

ــ استفاده مؤثر از انرژی

۲ــ۱ــ۶ــ 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 امّا در عین‌حال بهای دستگاه و هزینه‌های بهره‌برداری را بالا می‌برد.

تبخیرکننده‌های صفحه‌ای[2]: ساختمان این دستگاه مشابه با مبدل‌هایی است که برای پاستوریزه کردن و نیز استریل کردن مواد غذایی در دمای بالا (UHT) به‌کار 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

۱ــ Long - tube evaporators ۲ــ Plate evaporators