این ترتیب که ماده‌ی غذایی از انتهای هر بخش تبخیرکننده بالارونده وارد می‌شود، به جوش می‌آید و تا نوک صفحات صعود می‌کند. سپس وارد بخش نزولی (ریزشی) می‌گردد و جوشش محلول ادامه می‌یابد. تعداد بخش‌های بالارونده و ریزشی موجود در یک دستگاه منفرد بستگی به میزان تولید و درجه تغلیظ مورد نظر دارد. بخار و مایع، در خارج از تبخیرکننده از یک‌دیگر تفکیک می‌شوند. بخار در صورت لزوم متراکم می‌شود یا در سیستم‌های تبخیر چندمرحله‌ای استفاده مجدد می‌شود.

مزایای این تبخیرکننده صرف‌نظر از بهای زیاد، سرعت انتقال حرارت بالا، مدت توقف کوتاه و بازدهی قابل‌توجه انرژی است. دستگاه‌های اخیر کم‌حجم‌اند. ظرفیت عملکرد بالایی دارند و پیاده کردن قطعات آن‌ها جهت تعمیرات و بازرسی ساده است. برای تبخیر محلول‌هایی با غلظت بالا از دستگاه‌های لوله بلند، مناسب‌ترند، زیرا ماده‌ی غذا از میان صفحات عبور داده می‌شود. از این نوع تبخیر کننده برای تغلیظ مواد غذایی حساس در برابر گرما مثل عصاره‌های گوشت، فراورده‌های لبنی و ... به میزان وسیعی استفاده می‌کنند.

۲ــ۶ــ خشک‌کن‌ها

به‌طورکلی خشک‌کن‌ها را می‌توان به‌صورت‌های مختلفی طبقه‌بندی کرد که در ذیل به آن‌ها اشاره شده است :

۱ــ از نظر نوع ماده‌ی غذایی: براساس این‌که ماده‌ی غذایی، مایع، خمیری و یا جامد باشد خشک‌کن‌های متفاوتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای نمونه خشک‌کن پاششی برای مواد غذایی مایع، خشک‌کن غلتکی برای مواد غذایی خمیری و مایع و خشک‌کن کیلن برای مواد غذایی جامد کاربرد دارند.

۲ــ از نظر فشار هوای خشک‌کن: خشک‌کن‌ها می‌توانند در شرایط اتمسفر و یا در خلأ کار کنند. برای نمونه خشک‌کن کابینتی یک خشک‌کن در شرایط اتمسفر و خشک‌کن تصعیدی یک خشک‌کن در شرایط خلأ می‌باشد. در خشک‌کن‌هایی که در فشار معمولی کار می‌کنند معمولاً از یک جریان هوای داغ استفاده می‌شود. در خشک‌کن‌های تحت خلأ، مواد غذایی را داخل یک محفظه مخصوص قرار داده و هوای محفظه را توسط پمپی خارج می‌کنند تا خلأ ایجاد شود.

۳ــ از نظر کار: ممکن است خشک‌کن مداوم[۱] یا غیرپیوسته[۲] باشد. مثلاً خشک‌کن کابینتی یک خشک‌کن غیرپیوسته و خشک‌کن تونلی مداوم یا نیمه‌پیوسته است.

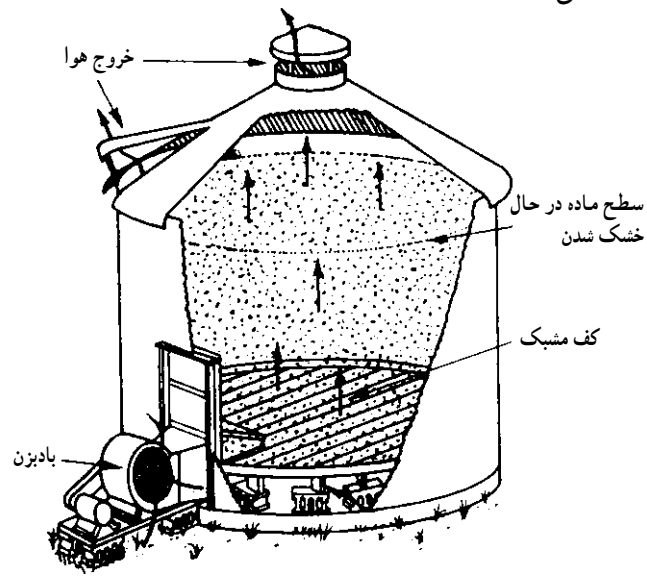
۴ــ از نظر روش انتقال گرما: بر این اساس خشک‌کن‌ها خود به دو دسته‌ی خشک‌کن‌های با هوای داغ و خشک‌کن‌های با سطح داغ تقسیم‌بندی می‌شوند. خشک‌کن مخزنی و کابینتی و... یک نوع خشک‌کن با هوای داغ است و خشک‌کن غلتکی یک نوع خشک‌کن با سطح داغ است.

متداول‌ترین خشک‌کن‌های موجود در صنایع غذایی به شرح ذیل می‌باشد :

۱ــ۲ــ۶ــ خشک‌کن مخزنی[۳]: این خشک‌کن جزء خشک‌کن‌هایی است که در آن از هوای گرم برای خشک کردن مواد غذایی استفاده می‌کنند. به‌طورکلی در خشک‌کن‌هایی که با هوای گرم کار می‌کنند هوا به دو طریق مستقیم یا غیرمستقیم گرم می‌شود. در روش مستقیم معمولاً از حرارت حاصل از مواد سوختنی استفاده می‌شود. درحالی‌که در روش غیرمستقیم هوا در تماس با یک سطح داغ یا شعله گرم می‌شود. معمولاً خشک‌کن‌های با هوای داغ مجهز به قسمت‌های مختلفی مانند قسمت گرم‌کننده‌ی هوا[۴]، قسمتی که هوا را به‌طرف خشک‌کن هدایت می‌کند (دمنده[۵]) و قسمتی که هوای مرطوب را به‌طرف بیرون از خشک‌کن هدایت می‌کند (مکنده[۶]) می‌باشد. مشکل اصلی در خشک‌کن‌های با هوای داغ چگونگی کنترل شرایط هوا و امکان آلودگی هوا و سرایت آلودگی به ماده‌ی غذایی است. خشک‌کن مخزنی یک مخزن استوانه‌ای از جنس فولاد ضدزنگ است که کف آن مشبک است. هوا با سرعت کم از قسمت گرم‌کننده‌ی هوا از طریق کف مشبک خشک‌کن، وارد فضاهای بین ماده‌ی غذایی می‌شود (شکل ۵ــ۶). این خشک‌کن بهتر است برای خشک کردن نهایی مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرد، برای نمونه رطوبت یک مادّه‌ی غذایی که در خشک‌کن‌های دیگر به ۱۵ــ۱۰ درصد رسیده توسط این خشک‌کن می‌توان به

۱ــ Continious ۲ــ Batch ۳ــ Bin dryer
۴ــ Heater ۵ــ Blower ۶ــ Fan

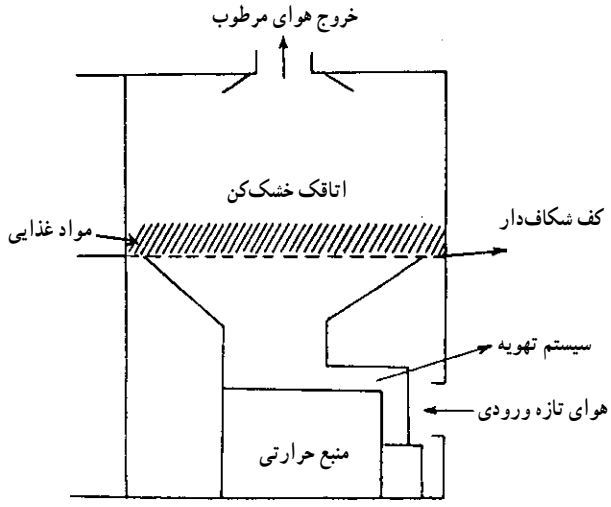
۶ــ۳ درصد رسانید. از این خشک‌کن در گذشته برای خشک کردن حبوبات و غلات تازه برداشت شده استفاده می‌کردند امّا امروزه برای خشک کردن نهایی سبزیجاتی مثل سیر و پیاز استفاده می‌کنند.



شکل ۵ــ۶ــ خشک‌کن مخزنی

۲ــ۲ــ۶ــ خشک‌کن کیلن[1]: خشک‌کن کیلن شامل اتاقک‌های نسبتاً بزرگی است که از دو طبقه ساخته شده است. معمولاً این دو طبقه توسط یک صفحه‌ی مشبک از جنس چوب یا آهن از هم جدا شده‌اند. در طبقه‌ی پایین، منبع تولید گرما که معمولاً مشعل‌های گازی است وجود دارد که مستقیماً هوا را گرم می‌کند. ماده‌ی غذایی با عمق بستری در حدود ۲۰ سانتی‌متر بر روی طبقه‌ی دوم پهن می‌شود. هوا ضمن عبور از شکاف و منافذ، ماده‌ی غذایی را خشک می‌کند (شکل ۶ــ۶). در این خشک‌کن چون می‌توان به‌طور دستی دائماً ماده‌ی غذایی را زیرو رو کرد عمل توزیع گرما و کنترل بر شرایط خشک کردن بهتر صورت می‌گیرد. با این حال خشک کردن با این روش طولانی است. از مزایای این روش، پایین بودن هزینه‌ی ساخت و نگهداری، سهولت تخلیه و بارگیری و ظرفیت مناسب است.

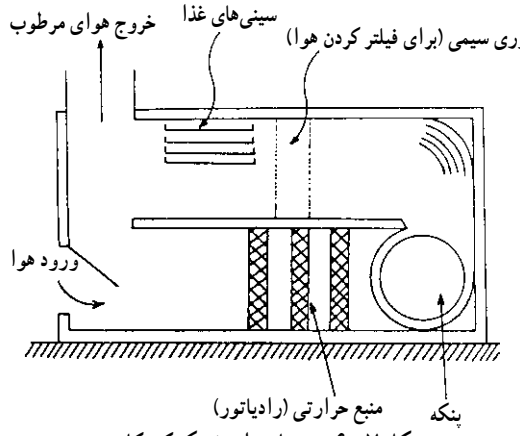
از این خشک‌کن‌ها بیش‌تر برای خشک کردن انواع میوه، سبزی، حبوبات، غلات و مالت استفاده می‌شود.



شکل ۶ــ۶ــ شمایی از خشک‌کن کیلن

۳ــ۲ــ۶ــ خشک‌کن کابینتی[2]: این خشک‌کن‌ها از نظر اصول کار پیشرفته‌تر از خشک‌کن‌های قبلی مجهز به سینی‌های مشبک از جنس فولاد ضدزنگ یا چوبی بوده که ابعاد آن‌ها از ۰/۶×۰/۶ تا ۱/۸×۰/۹ متر متفاوت است. گاهی اوقات وسعت این سینی‌ها به ۳×۲ متر هم می‌رسد.

مواد غذایی تهیه شده را معمولاً به مقدار ۵ تا ۱۰ کیلو سبزی و یا ۱۰ تا ۲۰ کیلو میوه، به‌ازای یک مترمربع از این سینی‌ها، پخش کرده و تعداد ۲۵ــ۱۰ عدد سینی را در داخل محفظه‌ی خشک‌کن که شبیه کابینت می‌باشد قرار می‌دهند. عمق بستر ماده‌ی غذایی بر روی سینی‌ها حدود ۶ــ۲ سانتی‌متر است. هوای تازه و تمیز توسط فن به داخل خشک‌کن کشیده می‌شود و قبل از برخورد با سینی‌ها توسط صفحات رادیاتوری گرم می‌شود (شکل ۷ــ۶). معمولاً از این خشک‌کن‌ها به‌دلیل ظرفیت



شکل ۷ــ۶ــ شمایی از خشک‌کن کابینتی

۱ــ Kiln dryer
۲ــ Cabinet dryer

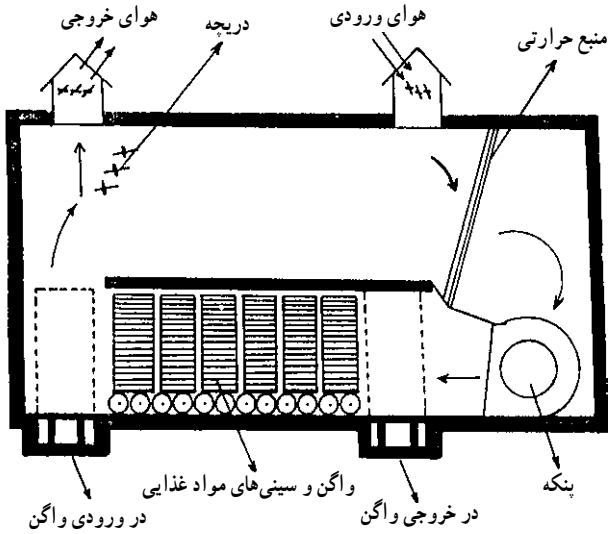
پایین آن‌ها بیش‌تر در کارگاه‌های کوچک استفاده می‌شوند. از این خشک‌کن‌ها می‌توان برای خشک کردن انواع میوه‌ها و سبزی‌ها استفاده کرد. زمان خشک کردن در این خشک‌کن‌ها طولانی است. دمای هوای خشک‌کن $^{\circ}C$ ۹۰ــ۶۰ است و سرعت هوای آن $\frac{m}{s}$ ۲/۵۰۵ است.

۴ــ۲ــ۶ــ خشک‌کن تونلی[1]: در این خشک‌کن، ماده‌ی غذایی را به‌صورت بستر نازکی روی سینی‌ها چیده و چند سینی را در داخل یک واگن قرار می‌دهند (ارتفاع واگن‌ها ۳ــ۲ متر است). سپس تعداد مشخصی از این واگن‌ها را وارد تونل خشک‌کن می‌کنند (شکل ۸ــ۶). معمولاً طول تونل‌های خشک‌کن حدود ۲۰ تا ۲۰۰ متر است. زمان خشک کردن با توجه به نوع ماده‌ی غذایی، دما و سرعت حرکت مواد در تونل از چند دقیقه تا چند ساعت است.

جهت یا الگوی جریان هوا در این خشک‌کن بسیار مهم است. به‌طورکلی دو الگوی جریان همسو و غیرهمسو می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. اگر جهت حرکت واگن‌های مواد غذایی در تونل با جریان هوای داغ یکی باشد یعنی هم هوا و هم ماده‌ی غذایی از یک طرف تونل وارد شده باشند، این روش را خشک‌کردن تونلی همسو یا هم‌جهت می‌گویند و درصورتی که جهت حرکت آن دو برخلاف یکدیگر باشد آن را روش خشک کردن تونلی غیرهمسو می‌گویند. در روش اول اختلاف درجه حرارت هوای داغ و دمای مواد غذایی تازه در هنگام ورود به تونل زیاد است و به‌تدریج که مواد غذایی به آخر تونل می‌رسد این اختلاف درجه حرارت کم می‌شود.

در خشک‌کن‌های غیرهم‌جهت، زمانی که مواد غذایی وارد تونل می‌شوند با هوای مرطوب و سردتری (نسبت به روش هم‌جهت) برخورد کرده و همان‌طورکه ماده‌ی غذایی در تونل جلوتر می‌رود با هوای خشک‌تر و داغ‌تری مواجه می‌شود تا این‌که در انتهای تونل هوای کاملاً داغ و خشک با مواد غذایی خشک برخورد می‌کند.

بازده انرژی در خشک کردن توسط خشک‌کن‌های غیرهم‌جهت بیشتر است.



شکل ۸ــ۶ــ شمایی از خشک‌کن تونلی غیر هم‌جهت

از این خشک‌کن‌ها معمولاً برای خشک کردن سبزی‌ها و میوه‌ها استفاده می‌شود ولی به‌طور کلی برای هر نوع ماده‌ی غذایی حتی مایعات یا مواد خمیری نیز می‌توان از آن‌ها استفاده کرد. خشک‌کن تونلی یک نوع خشک‌کن نیمه‌پیوسته است. برای این‌که آن را به‌صورت پیوسته درآوریم می‌توان از ۲ تونل یا ۳ تونل استفاده کرد. به این ترتیب که تونل اولی به‌طریقه هم‌جهت و تونل دومی به طریقه غیرهم‌جهت کار می‌کنند. واگن‌ها در این روش از پهلو به داخل تونل‌ها وارد می‌شوند و پس از آن‌که تونل اولی را پیمودند به تونل دومی وارد می‌شوند. این روش معمولاً برای سبزی‌ها مثل سیب‌زمینی و کلم به‌کار می‌رود. دمای هوای داغ در ابتدای تونل اول حدود ۱۰۰ درجه و در انتهای آن به ۵۷ درجه سانتیگراد می‌رسد. در تونل دوم دمای ۷۰ــ۶۵ درجه سانتیگراد به‌کار می‌برند.

گاهی اوقات ممکن است از سه تونل به موازات یک‌دیگر استفاده شود که دوتای آن به‌طریق هم‌جهت و وسطی به طریق غیرهم‌جهت است.

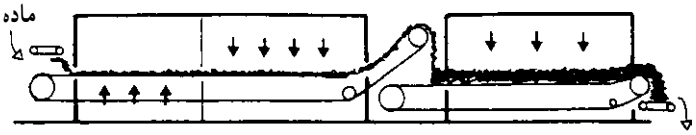
نوع دیگر خشک‌کن مداوم، خشک‌کن نوار نقاله‌ای است که شبیه خشک‌کن تونلی می‌باشد با این تفاوت که از نوار نقاله به‌جای واگن استفاده شده است. نوار نقاله مشبک بوده و ابعاد آن با توجه به ظرفیت تولید و نوع ماده غذایی متفاوت است. ماده‌ی غذایی به ارتفاع ۱۵ــ۵ سانتی‌متر بر روی نوار نقاله ریخته می‌شود و از داخل تونل که درجه حرارت و رطوبت‌نسبی آن در

۱ــ Tunnel dryer

قسمت‌های مختلف، متفاوت است می‌گذرد. معمولاً خشک‌کن دوقسمتی است. در ابتدا هوای گرم از پایین (زیر نوار نقاله) به ماده‌ی غذایی دمیده می‌شود سپس برای جلوگیری از خشک شدن سطح زیرین، جهت جریان هوا از بالای ماده‌ی غذایی خواهد بود.

از این روش برای خشک کردن میوه‌ها و سبزی‌ها و به‌ویژه غلات و حبوبات و بقولات استفاده‌ی وسیع می‌شود.

در شکل ۹ــ۶ شمایی از خشک‌کن نقاله‌ای دو مرحله‌ای نمایش داده شده است. در این خشک‌کن، ماده‌ی غذایی نیمه‌خشک مرحله‌ی اول با ضخامت بیشتری وارد مرحله‌ی دوم می‌شود. این عمل سبب یکنواخت‌تر شدن ماده‌ی غذایی می‌شود و فضای کمتری را اشغال می‌کند.

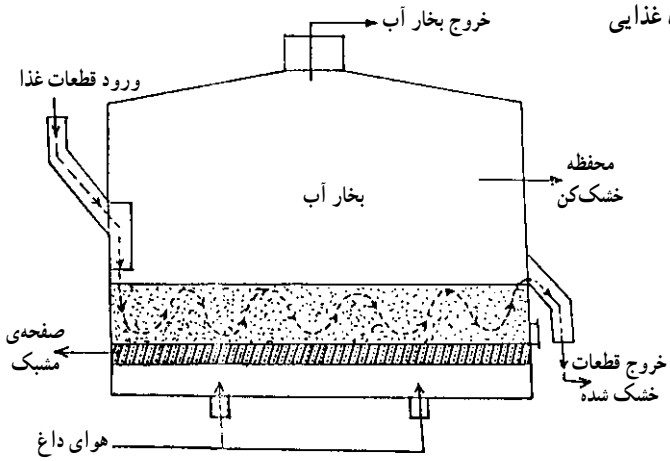


شکل ۹ــ۶ــ شمایی از یک خشک‌کن نقاله‌ای دو مرحله‌ای

۵ــ۲ــ۶ــ خشک‌کن پنوماتیکی[1]: در این نوع خشک‌کن، برای خشک کردن مواد غذایی، از جریان هوای گرم که دارای سرعت نسبتاً بالایی است استفاده می‌شود. با این تفاوت که ماده‌ی غذایی باید قابلیت تعلیق در جریان هوا را داشته باشد. لذا کاربرد آن محدود به مواد غذایی با اندازه‌ی ریز خواهد بود.

از آن‌جا که سطح تماس جریان هوا با ماده‌ی غذایی بسیار زیاد است معمولاً عمل خشک کردن به‌صورت کامل صورت می‌گیرد این خشک‌کن‌ها به شکل کانال‌های عمودی یا افقی هستند که ماده‌ی غذایی با رطوبت کمتر از ۴۰ درصد به همراه جریان هوا وارد آن می‌شوند. کانال‌ها عایق‌بندی شده هستند تا از اتلاف حرارتی جلوگیری شود. طول کانال متناسب با زمان خشک کردن است. از آن‌جا که بعضی از ذرات در اثر خشک شدن، بسیار سبک می‌شوند، لذا وجود یک سیکلون برای جدا کردن این ذرات که در هوا باقی مانده‌اند ضروری است. این خشک‌کن‌ها ظرفیت بالایی دارند و برای خشک کردن نهایی پودر شیر و تخم‌مرغ و آرد و مواد پودری کاربرد دارد.

۶ــ۲ــ۶ــ خشک‌کن بستر سیال[2]: خشک‌کن بستر سیال از نظر مکانیسم کار، مشابه خشک‌کن‌های پنوماتیکی است با این تفاوت که در این سیستم ماده‌ی غذایی پس از قرار گرفتن در روی نوار نقاله‌ی مشبک در تماس با هوای داغ که سرعت جریان نسبتاً بالایی دارد قرار گرفته و در فاصله‌ی کمی بالای نوار نقاله شناور می‌شود. هوای مرطوب نیز برخلاف روش پنوماتیک از بالای دستگاه خارج می‌شود (شکل ۱۰ــ۶). معمولاً مواد غذایی که توسط خشک‌کن‌های دیگر نیمه‌خشک شده‌اند (دارای ۳۰ تا ۴۰ درصد رطوبت هستند) به کمک این خشک‌کن به رطوبت ۷ــ۶ درصد رسانده می‌شود. مواد غذایی مختلف از قبیل غلات، حبوبات و دانه‌های کوچک با این روش قابل خشک کردن هستند.



شکل ۱۰ــ۶ــ شمایی از خشک‌کن بستر سیال

۷ــ۲ــ۶ــ خشک‌کن‌های پاششی[3]: خشک‌کن‌های پاششی برای مواد غذایی مایع رقیق یا غلیظ و همچنین مواد غذایی که حاوی ذرات بسیار ریز هستند (پوره‌ها، نکتار و...) به‌کار می‌رود.

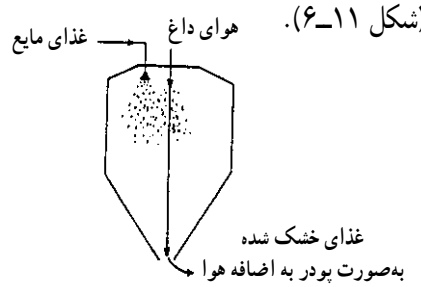
اساس کار دستگاه به این ترتیب است که ماده‌ی غذایی توسط یک پاشنده[4] به‌صورت قطرات بسیار ریزی درآمده و در داخل محفظه[5] خشک‌کن که در آن هوای داغ جریان دارد پاشیده می‌شود. این قطرات ریز با سطح زیاد در اثر برخورد با هوای گرم در عرض چند ثانیه خشک می‌شود. در خشک‌کن پاششی نیز به‌دلیل کوچک بودن اندازه‌ی ذرات خشک شده و احتمال باقی‌ماندن آن‌ها در جریان هوا، وجود یک سیکلون ضروری است. مشکل اصلی خشک‌کن پاششی چسبیدن ماده‌ی غذایی به سطوح داغ است.

۱ــ Pneumatic dryer ۲ــ Fluidized - bed dryer ۳ــ Spray dryer ۴ــ Atomizer ۵ــ Chamber

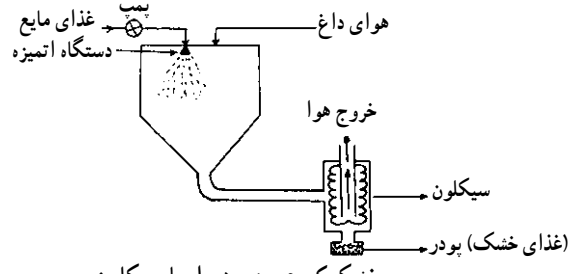
پاشنده‌ها در این خشک‌کن‌ها دو نوع‌اند : یکی فشاری، که در آن مواد با فشار زیاد ایجاد شده توسط پمپ از منفذ کوچکی عبور کرده و به‌صورت قطره درمی‌آید، نوع دیگری سانتریفوژی است که در آن مایع بر روی یک صفحه‌ی گردان که سرعت چرخش زیادی دارد پاشیده شده و تبدیل به قطره می‌شود. نوع اول برای مایعات رقیق و نوع دوم برای مایعات غلیظ و مایعاتی که در اثر فشار تغییر ماهیت می‌دهند کاربرد دارد.

این خشک‌کن برای خشک کردن شیر، قهوه، کاکائو، چای، تخم‌مرغ و عصاره‌ی میوه‌ها و سبزی‌ها کاربرد دارد.

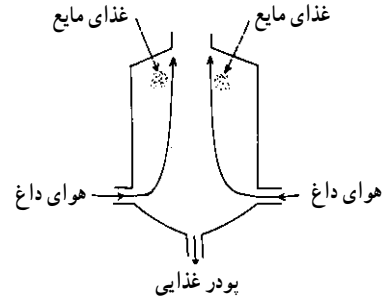
ـ تهیه پودر فوری[1]: برای تهیه‌ی پودرهای فوری ابتدا از خشک‌کن پاششی استفاده کرده و رطوبت را به ۱۰ درصد می‌رسانند سپس سطح خارجی ذرات خشک شده بخار داده می‌شود و بعد بخار با کمک خلأ تبخیر می‌شود. این خشک‌کن‌ها ممکن است عمودی یا افقی باشند که در تصاویر شمایی از انواع این خشک‌کن آمده است (شکل ۱۱ـ۶).



الف ـ خشک‌کن پاششی عمودی که هوا و ماده‌ی غذایی هم‌جهت است.



ب ـ خشک‌کن عمودی همراه با سیکلون



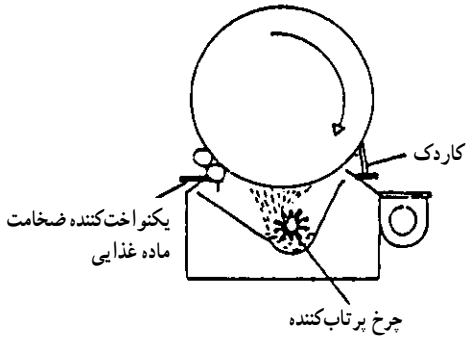
ج ـ خشک‌کن پاششی عمودی که هوا و ماده غذایی غیرهم‌جهت است.

شکل ۱۱ـ۶ـ انواع خشک‌کن‌های پاششی

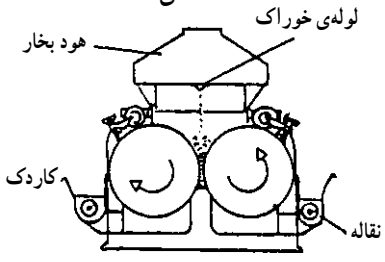
۸ـ۲ـ۶ـ خشک‌کن غلتکی[2]: این خشک‌کن از یک یا دو استوانه‌ی توخالی از جنس فولاد ضدزنگ ساخته شده است. این استوانه از داخل با بخار آب تحت فشار گرم می‌شود تا دمای سطح غلتک به حدود ۱۵۰°C برسد.

در نوع تک‌غلتکی لایه‌ی نازک و یکنواختی از غذا بر اثر تماس با سطح غلتک (پاشیدن یا مالیدن) به کمک غلتک‌های مخصوص بر روی سطح خارجی استوانه پخش می‌شود. پیش از آن‌که استوانه یک دور کامل بزند (بین ۲۰ ثانیه تا ۳ دقیقه)، غذای خشک شده به‌وسیله‌ی تیغه‌ی ویژه که در امتداد طولی به‌طور یکنواخت با سطح استوانه تماس دارد، کنده می‌شود.

در نوع دو غلتکی، مایع بین دو غلتک که فاصله کمی با هم دارند ریخته می‌شود. این دو غلتک در خلاف جهت هم می‌چرخند. هرچه مایع رقیق‌تر باشد فاصله‌ی دو غلتک کمتر است.



الف ـ تک غلتکی



ب ـ دو غلتکی

شکل ۱۲ـ۶ـ خشک‌کن غلتکی

در خشک‌کن‌های غلتکی، بازدهی انرژی بالا و سرعت خشک شدن زیاد است. این نوع خشک‌کن برای خشک کردن مایعاتی که حاوی مواد خمیری یا نیمه‌مایع هستند نسبت به خشک‌کن پاششی مناسب‌تر است امّا به علت آسیبی که به غذاهای

۱ـ Instantization ۲ـ Drum dryer

حساس به حرارت وارد می‌شود، (ماده غذایی خشک شده با روش غلتکی حلالیت کمتری داشته و ارزش غذایی آن پایین‌تر است)تمایل به خشک‌کن‌های پاششی در مورد غذاهای با حجم زیاد روبه فزونی است. این خشک‌کن‌ها برای خشک کردن شیر، کشک، پوره، میوه و سبزی و خوراک دام استفاده می‌شود.

پیشرفت‌هایی در طراحی خشک‌کن‌های غلتکی به منظور بهبود ویژگی‌های ظاهری و غذایی مواد صورت گرفته است که شامل استفاده از غلتک‌های کمکی برای یکنواخت‌کردن غذا روی غلتک در حین خشک شدن بوده و استفاده از هوای سرد برای خنک کردن محصول است.

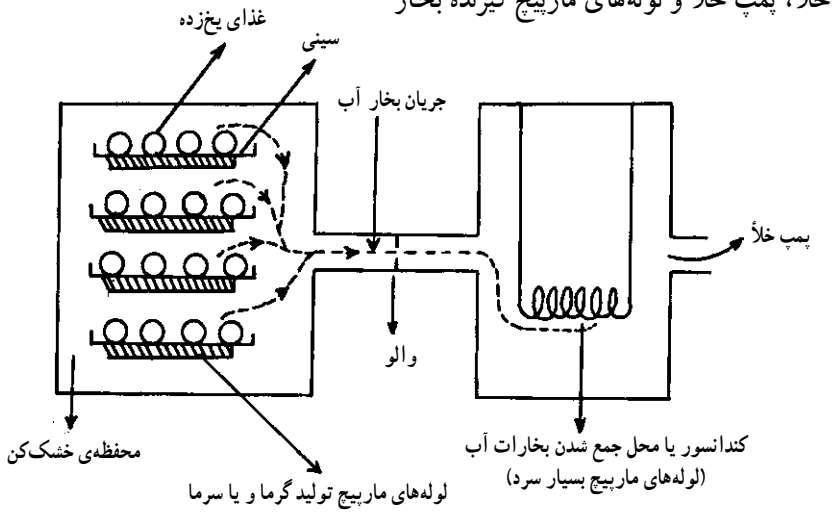
غلتک‌های خشک‌کن را می‌توان در مخازن خلأ قرار داد تا ماده‌ی غذایی در دمای پایین‌تر خشک شود. امّا هزینه سنگین چنین سیستمی موجب می‌شود که کاربرد آن برای غذاهای باارزش و حساس در برابر گرما محدود شود.

۹ــ۲ــ۶ــ خشک‌کن تصعیدی[1]: مکانیسم خشک کردن تصعیدی این است که ابتدا ماده‌ی غذایی را منجمد می‌کنیم و سپس در شرایط خلأ آن‌را خشک می‌نماییم. درنتیجه مولکول‌های یخ مستقیماً به بخار تبدیل می‌شود. این روش حداقل تغییرات فیزیکوشیمیایی را به ماده‌ی غذایی وارد می‌کند.

قسمت‌های اصلی یک دستگاه خشک‌کن تصعیدی (شکل ۱۳ــ۶) که امروزه به‌طور متداول به‌کار برده می‌شود عبارت است از یک محفظه‌ی خلأ، پمپ خلأ و لوله‌های مارپیچ گیرنده بخار آب می‌باشد. در قسمت محفظه‌ی خلأ طبقاتی از صفحات فلزی که سینی‌های مواد غذایی روی آن قرار می‌گیرد تعبیه شده است. در زیر این صفحات لوله‌های تبخیرکننده وجود دارد.

طریقه‌ی استفاده از این دستگاه‌ها این است که ابتدا مواد غذایی را در سینی‌های فلزی قرار داده و سپس در محفظه‌ی خلأ می‌گذارند. دمای لوله‌های مارپیچ یخ‌زن را معادل ۴۰ــ درجه سانتی‌گراد تنظیم کرده تا مواد غذایی در سینی‌ها و روی این صفحات در مدت کمی به‌طور کامل یخ بزند. سپس دریچه محفظه را بسته و پمپ خلأ را روشن می‌کنند تا این‌که خلأ با فشار کمتر از ۴ میلی‌متر جیوه ایجاد شود و پس از اطمینان از خلأ توسط فشارسنجی که در خارج دستگاه قرار دارد، مارپیچ یخ‌زن را خاموش کرده و منبع حرارتی را روشن می‌کنند تا دمای معادل $37^{\circ}C$ تا $38^{\circ}C$ عمل تصعید و خشک کردن را انجام دهد. در تمام زمان خشک کردن بایستی خلأ وجود داشته باشد. در پایان، در اثر نبودن بخار آب در محفظه‌ی خلأ فشار آن به حدود ۵ میلی‌متر جیوه می‌رسد که این نشان‌دهنده‌ی اتمام تصعید بوده و می‌توانند ماده‌ی غذایی خشک شده را از محفظه درآورده و بسته‌بندی کنند.

در دستگاه‌های نوین اتمام عمل خشک کردن با مکانیسم خودکاری که در خارج دستگاه قرار دارد نشان داده می‌شود. اکثر مواد غذایی چه مایع و چه جامد را با این روش می‌توان خشک کرد، مثل مواد گوشتی، سبزی‌ها، میوه‌ها، لبنیات و غیره.



شکل ۱۳ــ۶ــ شمای خشک‌کن تصعیدی

۱ــ Freez drayer

فعالیت عملی

هنرجویان از واحدهای تولید شیرخشک و انواع خشکبار بازدید کرده و در مورد انواع خشک‌کن‌ها و طرز کار آن‌ها گزارشی تهیه نموده و تحویل مربی خود نمایند.

خودآزمایی

۱ــ قسمت‌های مختلف یک تبخیرکننده را نام ببرید.
۲ــ تبخیرکننده‌ی لوله کوتاه چه فرقی با تبخیرکننده‌ی لوله بلند دارد؟ این دو چه شباهتی با یکدیگر دارند؟
۳ــ مزایای تبخیرکننده‌ی لوله بلند چیست؟
۴ــ مشخصه‌ی تبخیرکننده‌های با گردش اجباری چیست؟
۵ــ ساختمان تبخیرکننده‌ی صفحه‌ای را توضیح دهید.
۶ــ نحوه‌ی طبقه‌بندی خشک‌کن‌ها را بیان کنید.
۷ــ قسمت‌های مختلف خشک‌کن‌های با هوای داغ را بنویسید.
۸ــ جهت الگوی جریان هوا در خشک‌کن‌های تونلی چگونه است؟
۹ــ چرا در خشک‌کن پنوماتیکی از سیکلون استفاده می‌شود؟
۱۰ــ خشک‌کن بستر سیال برای چه محصولاتی کاربرد دارد؟
۱۱ــ پاشنده‌های خشک‌کن پاششی چند نوع‌اند؟ توضیح دهید.
۱۲ــ نحوه‌ی عملکرد خشک‌کن غلتکی چگونه است؟ توضیح دهید.
۱۳ــ معایب و محاسن خشک‌کن غلتکی در چیست؟
۱۴ــ قسمت‌های مختلف خشک‌کن تصعیدی را نام ببرید.

فصل هفتم

دستگاه‌های تولیدکننده‌ی سرما

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

۱ــ سیستم مکانیکی تولید سرما را توضیح دهد.

۲ــ چگونگی طبقه‌بندی فریزرها را بیان کند.

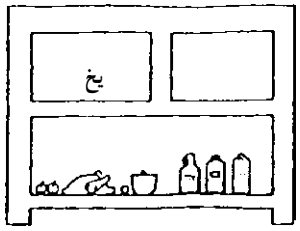
۳ــ مشخصات انواع فریزرها را توضیح دهد.

مقدمه

یکی از مهم‌ترین روش‌های نگهداری مواد غذایی، نگهداری در دمای پایین می‌باشد که بر مبنای میزان دما، می‌توان آن‌را به دو دسته نگهداری مواد غذایی در سرمای بالای صفر درجه سانتی‌گراد و نگهداری مواد غذایی در حالت انجماد تقسیم‌بندی نمود. در حالت نخست ماده‌ی غذایی در دماهای بالای نقطه‌ی انجماد و پایین‌تر از $15^{\circ}C$ نگهداری می‌شود. نگهداری به‌وسیله‌ی سرما به‌خاطر نتیجه‌بخش بودن در نگهداری کوتاه مدت در حد وسیعی مورد استفاده قرار گرفته است. امّا انجماد ضمن افزایش مدت زمان ماندگاری محصول، تغییرات عمیق‌تری را در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حسی آن به‌وجود می‌آورد.

۱ــ۷ــ دستگاه‌های فراوری مواد غذایی با استفاده از سرما (خنک‌کننده‌ها)

در زمان‌های قدیم برای کاهش دما از یخ استفاده می‌شده است. برای این‌کار یخ را در محفظه عایق‌بندی شده‌ی حاوی مواد غذایی قرار می‌دادند (شکل ۱ــ۷).



شکل ۱ــ۷ــ یخدان مواد غذایی

یخ برای آب شدن نیازمند به گرفتن گرمای نهان ذوب است تا از فاز جامد به فاز مایع تبدیل گردد. در داخل یخدان این مقدار گرما از مواد غذایی گرفته می‌شود.

به‌طور کلی خنک‌کننده‌ها به دو دسته زیر تقسیم می‌شوند.

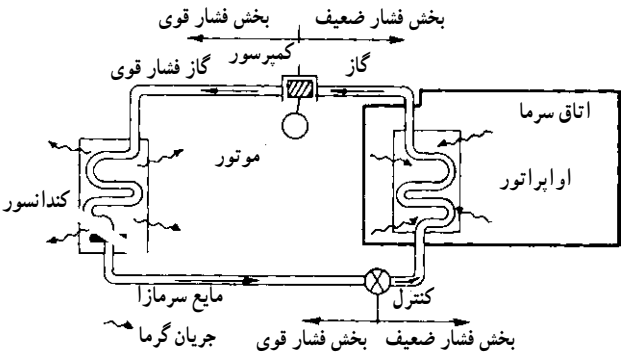
۱ــ یخچال‌های مکانیکی که در آن ماده سرمازا در یک مدار بسته به گردش درمی‌آید و با ماده‌ی غذایی تماسی ندارد.

۲ــ سیستم‌های سرماساز (کریوژنیک[۱]) که در آن ماده‌ی غذایی با ماده‌ی سرمازا در تماس خواهد بود.

۱ــ۱ــ۷ــ یخچال‌های مکانیکی: این سیستم از مدار بسته‌ای تشکیل شده که در آن ماده‌ی سرمازا به تناوب حالت بین گاز و مایع را طی می‌نماید. این تغییرها بر روی ماده‌ی سرمازا با استفاده از کاهش فشار (انبساط) و افزایش فشار (فشردن) انجام می‌پذیرد. این سیستم از اجزای زیر تشکیل شده است : تبخیرکننده[۲]، کمپرسور[۳]، کندانسور[۴] و شیر انبساط[۵]. شکل ۲ــ۷ چگونگی عمل سیستم مکانیکی را نشان می‌دهد. در داخل کمپرسور، گاز سرمازا، تحت فشار بالا قرار می‌گیرد. فشردن گاز باعث بالا رفتن دمای آن می‌گردد. سپس گاز فشرده شده وارد کندانسور شده، در این محل، ضمن کاهش دما، ماده‌ی سرمازا از حالت گاز به مایع تبدیل می‌شود. ماده‌ی سرمازا (به‌صورت مایع) در شرایط پایین فشار تبخیرکننده گرمای فضای اطراف را به خود جذب می‌نماید. این کار باعث تبخیر قسمتی از ماده‌ی سرمازا می‌گردد. گاز سرمازا به‌وسیله کمپرسور به‌طور پیوسته از تبخیرکننده خارج می‌گردد تا فشار و دمای این قسمت ثابت بماند.

۱ــ Cryogenic system ۲ــ Evaporator ۳ــ Compressor ۴ــ Condenser ۵ــ Expansion valve

خنک کردن در کندانسور به‌وسیله آب یا هوا انجام می‌شود. ماده سرمازا پس از این‌که در کندانسور میعان پیدا کرد هنوز دارای همان فشار پس از تراکم می‌باشد. بنابراین وارد شیر انبساط می‌شود تا فشار آن به فشار اتمسفری (فشار تبخیرکننده) کاهش یابد.



شکل ۲ــ۷ــ سیستم مکانیکی تولید سرما

در خنک‌کننده‌های مکانیکی جهت دفع گرما از غذا ممکن است از هوای سرد، آب سرد و یا سطوح فلزی سرد استفاده شود.

در خنک‌کننده‌های هوایی جهت به گردش درآوردن هوا از وزش اجباری استفاده می‌شود تا سرعت انتقال حرارت افزایش یابد. از این خنک‌کننده‌ها در وسایط نقلیه یخچال‌دار استفاده می‌شود.

در یخچال‌های قفسه‌ای فروشگاه‌ها هوای سرد در اثر وزش طبیعی به گردش درمی‌آید و معمولاً به وزش اجباری نیازی نیست زیرا در دستگاه، غذاهای از پیش سرد شده را قرار می‌دهند و لذا بار حرارتی، اندک است.

برای خنک کردن بعضی از مواد غذایی از آب سرد استفاده می‌شود. مثلاً برای دفع حرارت محسوس میوه‌ها و سبزی‌ها، مستقیماً آن‌ها را در آب سرد غوطه‌ور می‌کنیم.

برای خنک کردن مواد غذایی مایع از گردش آب سرد در دستگاه تبادل‌گر حرارتی صفحه‌ای یا لوله‌ای استفاده می‌شود.

از تبادل‌گرهای حرارتی مجهز به سیستم صفحه تراش نیز برای خنک کردن مواد غذایی مایع و نیمه‌جامد مثل کره و مارگارین استفاده می‌شود. به این ترتیب که آب سرد در جداره‌ی آن‌ها جریان دارد و ماده‌ی غذایی در اثر مجاورت با سطوح فلزی سرد، خنک می‌شود.

۲ــ۱ــ۷ــ سیستم کریوژنیک: در این سیستم، ماده‌ای به‌نام کریوژن با جذب گرمای محیط تغییر فاز می‌دهد. کریوژن‌های متداول در صنعت عبارت‌اند از : دی‌اکسیدکربن جامد یا خشک، دی‌اکسیدکربن مایع و ازت مایع.

طریقه‌ی کاربرد کریوژن‌ها بدین‌ترتیب است که آن‌ها را به‌صورت یخ خشک (دی‌اکسیدکربن جامد) یا قطرات ریز (ازت مایع) در فضای سردخانه و یا بر روی مواد غذایی بسته‌بندی شده می‌پاشند. درنتیجه کریوژن پس از تماس با محیط با سرعت به‌صورت بخار درآمده و گرمای نهان تبخیر خود را از محیط گرفته وسبب کاهش دمای محیط می‌گردد. به‌دلیل کوتاه بودن زمان تماس تغییرات ایجاد شده در ماده‌ی غذایی بسیار ناچیز است. این سیستم در کارخانه‌های تولید کالباس به‌کار می‌رود. چون ماده‌ی سرمازا گرمای حاصل از خرد کردن و اختلاط را جذب می‌کند. همچنین در تهیه غذاهای سرد متشکل از چند لایه (مثل برخی از شیرینی‌ها) از این روش استفاده می‌شود به این ترتیب که نخست لایه‌ی اول غذا را می‌گسترانند و بعد سطح آن را با دی‌اکسیدکربن، سرد و سخت می‌کنند، آن‌گاه لایه‌ی دوم را به سرعت وارد می‌کنند. به این ترتیب امکان تولید سریع و پیوسته خواهیم داشت.

۲ــ۷ــ دستگاه‌های مولد سرمای زیر صفر (فریزرها)

به‌طورکلی فریزرها (منجمدکننده‌ها) به دو دسته‌ی فریزرهای (منجمدکننده‌های) مکانیکی و فریزرهای سرمازا (کریوژنیک) تقسیم می‌شوند.

در فریزرهای مکانیکی از هوای سرد، یا سطوح سرد شده جهت دفع گرما از غذا استفاده می‌شود. در فریزرهای سرماساز، ماده سرمازا را در تماس با ماده‌ی غذایی قرار می‌دهند (برخلاف فریزرهای مکانیکی که ماده‌ی سرمازا در یک مدار بسته تولید سرما به گردش در می‌آید). تقسیم‌بندی دیگری نیز بر پایه‌ی سرعت تشکیل یخ صورت می‌گیرد که به شرح ذیل است :

۱ــ انجماد کند که در آن سرعت تشکیل یخ ۰/۲ سانتی‌متر در ساعت است مثل فریزر صندوقی

۲ــ انجماد تند (سرعت تشکیل یخ ۰/۵ــ۳ سانتی‌متر در ساعت) مثل فریزر صفحه‌ای

۳ــ انجماد سریع (سرعت تشکیل یخ ۵ــ۱۰ cm در ساعت)

مثل فریزر بستر سیال

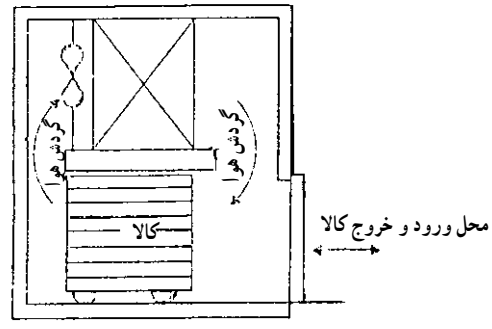
۴ــ انجماد فوق سریع (سرعت تشکیل یخ ۱۰۰ــ۱۰ سانتی‌متر در ساعت) مثل فریزر کریوژنیک

۱ــ۲ــ۷ــ فریزرهای با هوای سرد

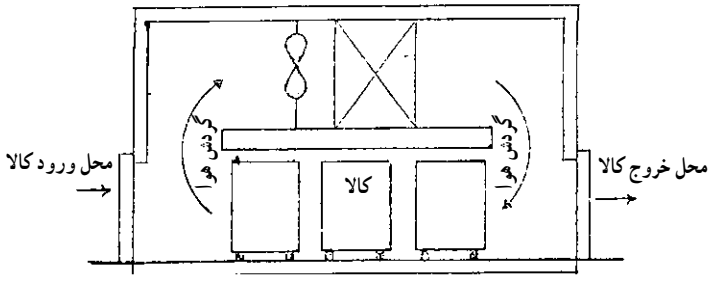
الف ــ فریزر صندوقی[1]: در این فریزرها، ماده‌ی غذایی در فضای ساکن (دارای گردش طبیعی) از دمای ۲۰°C- تا ۳۰°C- منجمد می‌شود. زمان انجماد طولانی و سرعت انجماد کند است. سردخانه‌های با هوای ساکن درواقع نوعی فریزر صندوقی بزرگ به‌شمار می‌روند. در نوع اصلاح شده‌ی این فریزرها برای به گردش درآوردن هوا و افزایش کارآیی انجماد از فن استفاده می‌شود. این فریزرها در فروشگاه‌ها و سوپرمارکت‌ها برای انجماد لاشه‌ی گوشت، مرغ، نگهداری مواد غذایی منجمد و سخت کردن بستنی کاربرد دارد.

ب ــ فریزرهای کولاکی[2]: این فریزرها ممکن است به‌صورت مداوم یا غیرمداوم باشد. در نوع غیرمداوم، ماده‌ی غذایی بر روی سینی‌های خاصی چیده شده و درون کابینت‌ها و یا اتاق‌های فریزر قرار داده می‌شود (شکل ۳ــ۷). خروج ماده غذایی از تونل به‌طور دستی انجام می‌گیرد. درحالی که در روش مداوم ماده‌ی غذایی توسط واگن‌ها و یا نوار نقاله از داخل تونل انجماد عبور داده می‌شود (شکل‌های ۴ــ۷ و ۵ــ۷). این تونل عایق‌بندی شده است و هوا با سرعت ۱/۵ تا ۶ متر بر ثانیه از روی غذا عبور می‌کند. جریان هوا داخل تونل ممکن است همسو و یا غیرهمسو باشد. درجه حرارت فریزر ۳۰°C- الی ۴۰°C- است. این روش برای مواد غذایی مختلف قابل انعطاف بوده و نسبتاً مقرون به‌صرفه است ولی برای مواد غذایی بسته‌بندی نشده دارای محدودیت است، چرا که به‌دلیل حجم هوای زیاد در حال گردش تبخیر از سطح مواد در حال انجماد انجام گرفته که موجب افت وزنی محصول و باعث سوختگی انجماد[3] می‌گردد.

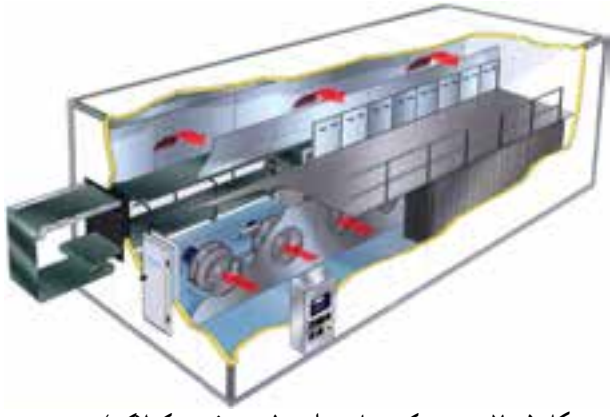
در این فریزرها می‌توان لاشه‌ی گوشت، فیله ماهی بسته‌بندی شده، غذاهای آماده بسته‌بندی شده و غیره را منجمد نمود.



شکل ۳ــ۷ــ فریزر کولاکی غیرمداوم



شکل ۴ــ۷ــ فریزر کولاکی مداوم

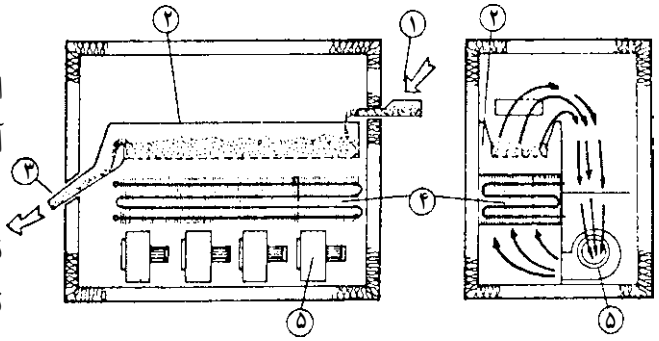


شکل ۵ــ۷ــ منجمدکننده‌های نواری (نوعی فریزر کولاکی)

۱ــ Chest Freezer ۲ــ Blast Freezer ۳ــ Freezer Burn

ج ــ فریزرهای بستر سیال: در این نوع فریزر ماده‌ی غذایی را با عمق بستر ۱۳ــ۲ سانتی‌متر بر روی نوار نقاله مشبک لرزان می‌ریزند و هوا با سرعت $\frac{m}{s}$ ۵ــ۲ و دمای $-25^{\circ}C$ الی $-35^{\circ}C$ از پایین به‌طرف ماده‌ی غذایی حرکت می‌کند به‌طوری که مواد غذایی بر روی نوار نقاله تا ارتفاع چند سانتی‌متری حالت شناور پیدا کند و تمام سطوح آن‌ها در معرض هوای سرد قرار گیرد (شکل ۶ــ۷). این روش برای انجماد فراورده‌هایی مثل ذرت، نخودفرنگی، میگو و فراورده‌های سیب‌زمینی کاربرد دارد.

ظرفیت این فریزرها بالاست (تا ۱۰ تن در ساعت گزارش شده است). زمان انجماد نخودفرنگی با این روش ۴ــ۳ دقیقه است.

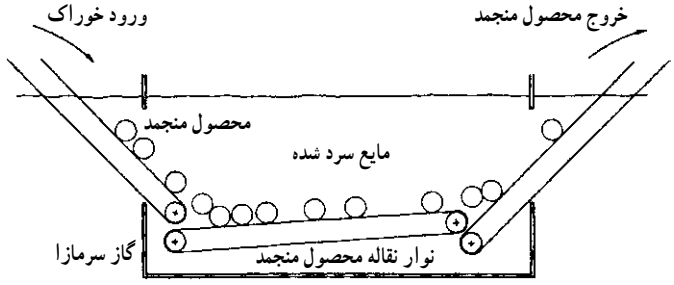


۱ــ ورودی محصول منجمد نشده
۲ــ نوار مشبک
۳ــ محل خروج محصول از منجمدکننده
۴ــ دستگاه سرمازا
۵ــ دمنده

شکل ۶ــ۷ــ منجمدکننده با بستر سیال

۲ــ۲ــ۷ــ انجماد به روش غوطه‌وری

فریزرهای غوطه‌وری[1]: این نوع فریزرها از یک مخزن حاوی محلول سرد تشکیل شده‌اند. این تانک دوجداره است که در اثر گردش ماده‌ی سرمازا مایع درون تانک سرد می‌شود. معمولاً جهت ایجاد سرما از پروپیلن گلیکول، محلول نمک طعام و کلرورکلسیم به‌عنوان محلول سرد داخل تانک‌ها استفاده می‌شود. این محلول‌ها نقطه‌ی انجماد بسیار پایین‌تری نسبت به آب داشته درنتیجه طی فرایند انجماد تغییر حالت نمی‌دهند و کریستال نمی‌شوند. ماده‌ی غذایی بسته‌بندی شده توسط نوار نقاله وارد تانک شده و طول مسیر تانک و سرعت نوار نقاله متناسب با زمان انجماد تنظیم می‌شود (شکل ۷ــ۷). این نوع فریزرها هزینه سرمایه‌گذاری پایینی دارند و از آن‌ها برای انجماد

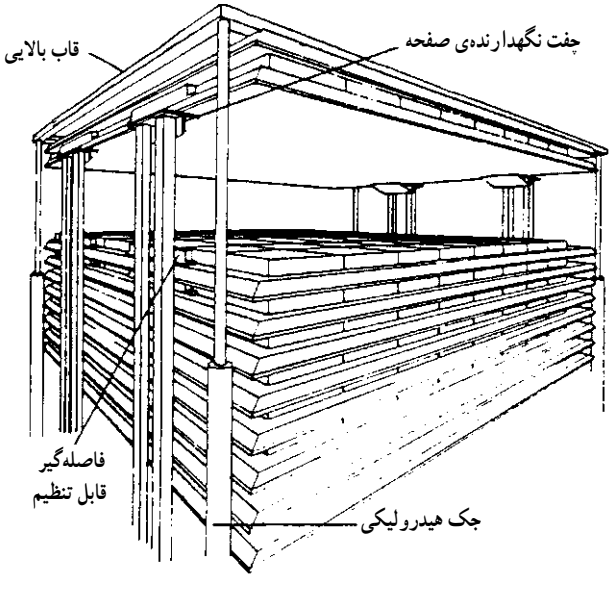


شکل ۷ــ۷ــ منجمدکننده‌ی غوطه‌وری

عصاره غلیظ بسته‌بندی شده میوه‌ها و پیش انجماد گوشت طیور و ماهی که در فیلم‌های پلاستیکی پیچیده شده است (قبل از انجماد کامل در فریزرهای کولاکی) استفاده می‌شود.

۳ــ۲ــ۷ــ انجماد با سطوح سرد

الف ــ فریزر صفحه‌ای: این منجمدکننده‌ها، متشکل از یک یا دو صفحه توخالی افقی یا عمودی می‌باشند که از میان آن‌ها لوله‌های مارپیچ محتوی ماده‌ی سرمازا با دمای حدود $-40^{\circ}C$ عبور می‌کند (شکل ۸ــ۷). تکه‌های مواد غذایی (مانند فیله ماهی، همبرگر و میگو) را به‌صورت یک لایه بین صفحات قرار می‌دهند و در نوعی از آن‌ها به حرکت درآوردن صفحات به طرف یکدیگر فشار مختصری بر غذا اعمال می‌کنند. این عمل سبب بهبود شکل هندسی و افزایش تماس بین سطوح غذا و صفحات می‌شود و درنتیجه سرعت انتقال حرارت را بالا می‌برد.



شکل ۸ــ۷ــ منجمدکننده‌ی صفحه‌ای

۱ــ Immersion Freezers

ظرفیت این فریزرها نسبتاً کم است ولی کارآیی انجماد آن‌ها مطلوب است. هزینه‌ی سرمایه‌گذاری نسبتاً بالاست و قابلیت انعطاف آن برای مواد غذایی با اشکال مختلف محدود است و فقط برای غذاهایی که به شکل پهن و نازک هستند قابل استفاده است.

ب ــ منجمدکننده مجهز به سیستم صفحه تراش: دستگاه بستنی‌ساز یک منجمدکننده سطح تراش است. این منجمدکننده‌ها استوانه‌ی دوجداره هستند که در داخل استوانه ماده‌ی غذایی و در جداره، ماده‌ی سرمازا گردش می‌کند. این فریزر برای مواد غذایی مایع و غلیظ مثل بستنی کاربرد دارد. در داخل استوانه تیغه‌های چرخان، با شعاعی تقریباً برابر با شعاع استوانه، وجود دارد که با چرخش خود دائماً ماده‌ی غذایی منجمد شده در جداره‌ی استوانه را می‌تراشد و با هوا می‌آمیزد (شکل ۹ــ۷).

مواد سرمازای مورد استفاده در این منجمدکننده‌ها معمولاً آمونیاک و آب نمک می‌باشند.

دمای ماده‌ی خروجی از فریزر حدوداً $-4^{\circ}C$ تا $-7^{\circ}C$ است. لذا ماده‌ی غذایی در این فریزر فقط انجماد اولیه می‌شود و انجماد نهایی باید در فریزرهای دیگر انجام شود.

۱ــ محور چرخنده ۲ــ تیغه ۳ــ بدنه استوانه

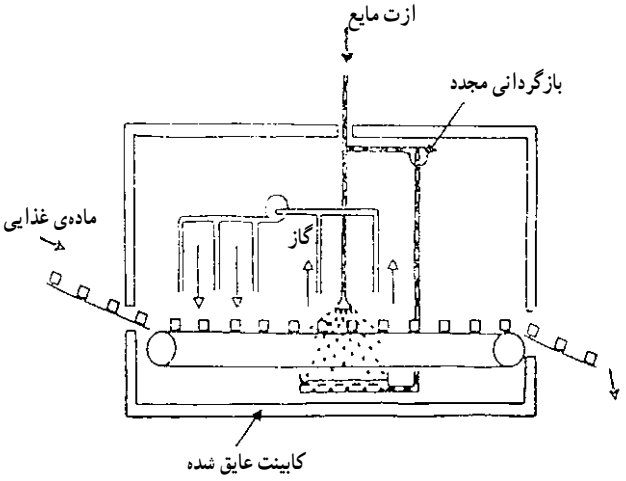
شکل ۹ــ۷ــ برش نمای میانی تبادل‌کننده‌ی نوع تیغه تراش

۴ــ۲ــ۷ــ منجمدکننده‌های سرماساز (کریوژنیک):

به دو صورت پیوسته و غیرپیوسته وجود دارد.

در سیستم پیوسته ماده‌ی غذایی بدون بسته‌بندی، یا بسته‌بندی شده، بر روی یک نوار نقاله مشبک از درون تونلی عبور می‌کند (شکل ۱۰ــ۷). ابتدا ماده‌ی غذایی به‌وسیله‌ی گاز سرد نیتروژن سرد می‌شود تا در منطقه‌ی انجماد شوک کمتری به آن وارد شود.

در مرحله‌ی بعد ازت مایع روی ماده‌ی غذایی پاشیده می‌شود تا به حالت انجماد درآید. سپس دمای ماده‌ی غذایی را پیش از خروج از دستگاه به دمای محل نگاهداری آن (سردخانه) (بین ۱۸− الی ۲۰−) می‌رسانند.



شکل ۱۰ــ۷ــ منجمدکننده‌ی ازت مایع

دما و سرعت نوار نقاله را به کمک ریزپردازنده‌ها به نحوی تنظیم می‌کنند که دمای ماده‌ی غذایی در هنگام خروج از دستگاه، صرف‌نظر از بار حرارتی غذای ورودی، به یک مقدار از پیش تعیین شده برسد.

از روش کریوژنیک به‌صورت غوطه‌وری هم استفاده می‌شود ولی از آن‌جایی که سرعت انجماد بسیار بالاست شوک حرارتی شدید وارد شده و احتمال صدمات بافتی در ماده‌ی غذایی حساس وجود دارد.

مزایای این روش نسبت به روش مکانیکی سادگی و پیوسته بودن دستگاه، ارزان بودن دستگاه، کاهش میزان از دست دادن آب و خشک شدن سطح محصول (در سیستم مکانیکی بر اثر وزش باد قسمتی از آب ماده‌ی غذایی خشک می‌شود)، انجماد سریع، راه‌اندازی و عدم نیاز به برفک‌زدایی، مصرف انرژی اندک و حذف اکسیژن در حین انجماد می‌باشد. عیب این دستگاه بهای نسبتاً زیاد ماده‌ی سرمازا است.

از روش کریوژنیک برای انجماد میوه‌ها و سبزی‌ها، میگو و ماهی استفاده می‌شود.

فعالیت عملی

هنرجویان از سردخانه‌های بالای صفر و سردخانه‌های زیر صفر بازدید کرده و گزارش خود را تحویل مربی نمایند.

خودآزمایی

۱ــ اساس کار یخچال‌ها را توضیح دهید.
۲ــ روش‌های انتقال سرما در یخچال‌های مکانیکی به چه صورت می‌باشد؟
۳ــ سیستم منجمدکننده کریوژنیک را توضیح دهید.
۴ــ منجمدکننده‌ها به چند دسته تقسیم می‌شوند؟
۵ــ منجمدکننده‌ی صندوقی چه کاربردی دارد؟
۶ــ محدودیت فریزرهای کولاکی برای کدام نوع مواد غذایی می‌باشد؟
۷ــ چگونگی کارکرد فریزر بستر سیال را توضیح دهید.
۸ــ منجمدکننده‌ی صفحه‌ای را توضیح دهید.
۹ــ مشخصات دستگاه بستنی‌ساز را بیان کنید.
۱۰ــ مزایا و معایب روش کریوژنیک را بیان کنید.

فصل هشتم

دستگاه‌های پرکن، دربندی و بسته‌بندی

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود که بتواند :
۱ــ انواع پرکن‌های مواد غذایی (پرکن مایعات، مواد پودری و ...) را توضیح دهد.
۲ــ دستگاه درب‌بندی قوطی را توضیح دهد.
۳ــ چگونگی بستن ظروف انعطاف‌پذیر را توضیح دهد.
۴ــ ماشین‌های پرکننده و دوخت و همچنین ماشین‌های FFS افقی و عمودی را توضیح دهد.
۵ــ ماشین پوشش‌دهنده و برچسب‌زنی را توضیح دهد.

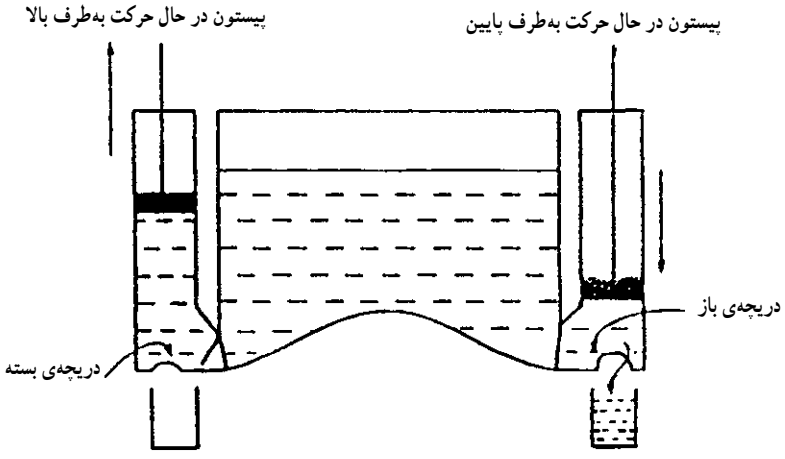
۱ــ۸ــ دستگاه‌های پرکن

این نوع ماشین‌ها عملیات لازم برای پرکردن ظرف از محصول را انجام می‌دهند. با توجه به تنوع ظروف و بسته‌های مورد استفاده دربسته‌بندی مواد غذایی ممکن است عملیات پرکردن دربطری، قوطی، کیسه، بشکه، کارتن و ... انجام شود. عمل پرکردن در بسیاری موارد به‌صورت خودکار انجام می‌شود و فقط برای فراورده‌هایی که شکل و اندازه یکنواختی ندارند از روش‌های دستی استفاده می‌شود. دستگاه‌های پرکن خودکار بسیار متنوع‌اند و بسته به نوع فراورده با یک‌دیگر فرق می‌کنند. آن‌چه در زیر آمده است بعضی از پرکن‌های متداول در صنعت است که با آن‌ها آشنا می‌شویم.

۱ــ۱ــ۸ــ پرکن‌های حجمی یا پیستونی[1]: برای پرکردن قوطی‌ها و شیشه‌های درب گشاد از مواد نسبتاً غلیظ یا پودری، مانند رب، مربا، غذای کودک و یا پودر شیر خشک ممکن است از پرکن‌های پیستونی استفاده نمود که در این صورت ظروف را تک تک و یا چند ظرف را با هم پرمی‌کنند (شکل ۱ــ۸). مکانیسم کار این پرکن به‌صورت یک سیلندر و پیستون می‌باشد. هنگامی که ظرف دقیقاً به محل پرکردن می‌رسد دریچه‌ی تحویل دهنده ماده‌ی غذایی باز شده، دریچه‌ی ذخیره بسته می‌شود و با حرکت برگشت پیستون، ماده‌ی غذایی به داخل ظرف تخلیه می‌شود. با حرکت بعدی پیستون، دریچه تحویل دهنده بسته و دریچه‌ی ذخیره باز می‌شود. به این طریق پیستون برای پرکردن بعدی آماده می‌شود (شکل ۲ــ۸).

۱ــ Measured dosing filling

شکل ۱ــ۸ــ پرکن پیستونی



شکل ۲ــ۸ــ چگونگی عملکرد پرکن پیستونی

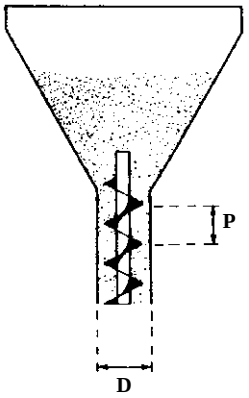
۲ــ۱ــ۸ــ پرکن فنجانی[1]: در این پرکن، ابتدا فنجان‌ها محصول را از قیف ذخیره دریافت کرده و پر می‌شوند و سپس محتوی خود را برای پرکردن بسته ماده غذایی تخلیه می‌کنند (شکل ۳ــ۸). این پرکن برای محصولات پودری و دانه‌ریز و هم‌چنین فراورده‌هایی مثل نخودفرنگی قابل استفاده است.

۱ــ Flask fillers

شکل ۳ــ۸ــ پرکن فنجانی

۳ــ۱ــ۸ــ پرکن مته‌ای[1]: این پرکن که برای محصولات پودری و دانه‌ریز استفاده می‌شود نوعی پرکن حجمی است. یک مارپیچ در قسمت پایین قیف حاوی محصول دانه‌ریز قرارگرفته و عمل پرکردن را انجام می‌دهد. تعداد چرخش‌های مارپیچ مقدار ماده جهت پرکردن را مشخص می‌کنند (شکل ۴ــ۸).

غیر از موارد فوق، پرکن‌های دیگری نیز در صنعت رایج است از جمله پرکن‌های وزنی که هم برای مواد مایع و هم پودری قابل استفاده است. در پرکن‌های وزنی، مواد با وزن مشخص وارد ظرف می‌شوند.



شکل ۴ــ۸ــ پرکن مته‌ای

۴ــ۱ــ۸ ــ پرکن تحت خلأ[2]: این پرکن برای مایعات رقیق و غلیظ مانند آبلیمو و سس مایونز که در شیشه‌های درب تنگ پر می‌شود کاربرد دارد. مکانیسم عمل به این ترتیب است که هوای داخل شیشه‌ها از روزنه‌های کنار پرکن مکیده شده و فراورده را، از مجرای وسطی شیشه به‌طور یکنواخت پر می‌کند.

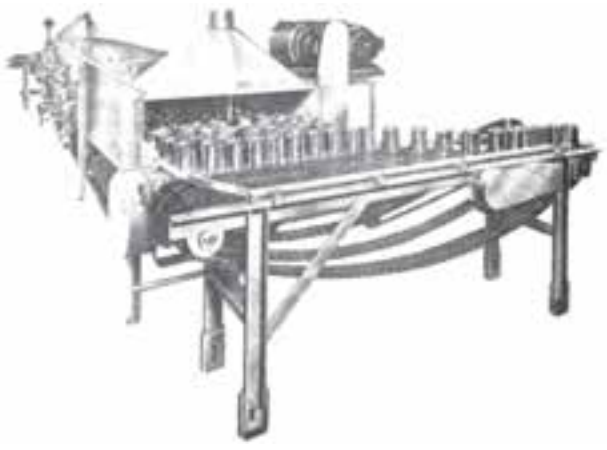
۲ــ۸ــ ماشین‌های دوخت[3]

دوخت‌ها حساس‌ترین قسمت یک بسته می‌باشند و دوخت ناقص طول عمر انباری مواد غذایی را کمتر می‌کند. ماشین‌هایی که عملیات، دربندی را در بسته‌بندی مواد غذایی انجام می‌دهند بسیار متنوع‌اند که در ذیل به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود.

۱ــ۲ــ۸ــ دربندی قوطی: عمل دربندی قوطی‌ها توسط دستگاه دربند[4] صورت می‌گیرد. قوطی‌های غذا پس از پرشدن و عمل تخلیه‌ی هوا فوراً دربندی می‌شوند. عمل تخلیه‌ی هوا به روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد. در زیر (شکل۵ــ۸) یک دستگاه اگزاستر با آب داغ نشان داده شده است، که در آن قوطی‌های پرشده پیش از دربندی از آب داغ عبور کرده و دمای

۱ــ Auger fillers ۲ــ Vaccum filling ۳ــ Sealing machine ۴ــ Seamer

آن بالا رفته و گازهای آن خارج می‌شود.



شکل ۵ــ۸ــ دستگاه اگزاستینگ با آب داغ

۲ــ۲ــ۸ــ درب بندی بطری‌های شیشه‌ای: عمل درب‌بندی بطری‌های شیشه‌ای توسط دست و یا با ماشین‌های نیمه خودکار و تمام خودکار صورت می‌گیرد (شکل ۶ــ۸).

شکل ۶ــ۸ــ دستگاه درب بندی شیشه

۳ــ۲ــ۸ــ بستن ظروف انعطاف‌پذیر: موادترموپلاستیک که ترکیب اصلی پوشش‌هاست پس از حرارت دادن نرم و ذوب شده و پس از سردشدن دوباره سخت می‌شوند. به کمک ماشین دوخت حرارتی[1] می‌توان عمل دوخت پوشش‌ها را انجام داد. این ماشین‌ها دارای فک‌هایی هستند که با جریان برق گرم شده و سپس با فشار بر روی فیلم، دوخت حرارتی را انجام می‌دهند. در ماشین‌های جدید به جای جریان برق از راه‌های دیگری عمل گرم‌کردن را انجام می‌دهند. در این ماشین‌ها به جای فک‌هایی که با جریان برق گرم می‌شوند از الکترودهایی استفاده می‌شود که موجب ایجاد گرما بین سطوح داخلی فیلم می‌شود. به طوری که سطوح خارجی فیلم از حد معینی بیشتر گرم نمی‌شوند. در نتیجه فیلم‌ها به الکترود نمی‌چسبد (در نوع اول فیلم به فک‌ها می چسبید) به ماشین‌های نوع دوم، ماشین‌های دوخت با فرکانس بالا می‌گویند. ماشین‌های نوع اول برای دوخت لفاف‌هایی از جنس پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن و ماشین‌های بافرکانس بالا برای دوخت لفاف‌هایی از جنس پلی‌وینیل کلراید و استات سلولز مناسب هستند.

ممکن است عملیات دوخت توسط درزگیرها هم صورت بگیرد که دارای انواع متعددی هستند. یک نوع آن که درزگیر چسبی (دربندی سرد) نام دارد برای بسته‌های محصولات حساس در برابر گرما به‌کار می‌رود (مثل شکلات، بستنی، بیسکویت با روکش شکلات) که در این روش به کمک چسب عمل دوخت انجام می‌گیرد.

۳ــ۸ــ ماشین‌های شکل‌دهنده، پرکننده و دوخت بسته‌های غذایی (FFS)[2]

طیف وسیعی از ماشین‌ها در این گروه قرار می‌گیرند. وجه اشتراک همه‌ی آن‌ها در این است که عملیات ساختن بسته، پرکردن و دوخت و دربندی در آن‌ها به طور همزمان در یک دستگاه انجام می‌شود.

با توجه به طرح دستگاه و نوع بسته‌ای که ایجاد می‌شود این ماشین‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند که عبارت است از :

۱ــ۳ــ۸ــ ماشین‌های FFS عمودی: در این ماشین‌ها یک حلقه از مواد قابل انعطاف به‌کار برده می‌شود (کاغذ، فیلم یا فویل) که آن را به صورت لوله درآورده، سپس درز آن را می‌دوزند و در یک تناوب منظم آن را پرمی‌کنند و یا آن را از طول تا می‌زنند و درز آن را در گوشه‌ی راست می‌بندند تا یک پاکت

۱ــ Heat seal

۲ــ Forming filling and sealing

شکل بگیرد، سپس پرشده و چسبانده می‌شود. وجه اشتراک این ماشین‌ها، حالت عمودی دستگاه برای ساخت، پرکردن و دربندی آن است. با توجه به نوع بسته‌ای که در نهایت تولید می‌شود ماشین‌های مختلفی در این گروه قرار می‌گیرند که یکی از مهم‌ترین آن‌ها ماشین تتراپک است.

ماشین تتراپک[1]: این ماشین که برای بسته‌بندی شیر، آب‌میوه و ... به‌کار می‌رود می‌تواند به صورت اسپتیک عمل شکل دادن بسته، پرکردن و دربندی را انجام دهد. جنس بسته می‌تواند از مواد پلی‌اتیلن و لفاف آلومینیوم باشد. ابتدا رول بسته‌بندی قبل از فرم گرفتن به داخل آب اکسیژنه ۳۰ درصد وارد و غوطه‌ور می‌شود، سپس بعد از این مرحله آب اکسیژنه اضافی از آن تبخیر می‌شود. بعد ظرف شکل گرفته و عمل پرکردن انجام می‌گیرد و در نهایت دوخت نهایی (بستن ظرف) انجام می‌گیرد (شکل ۷ــ۸). به این ترتیب یک بسته چهار سطحی به دست می‌آید که به نام تتراپک موسوم است.

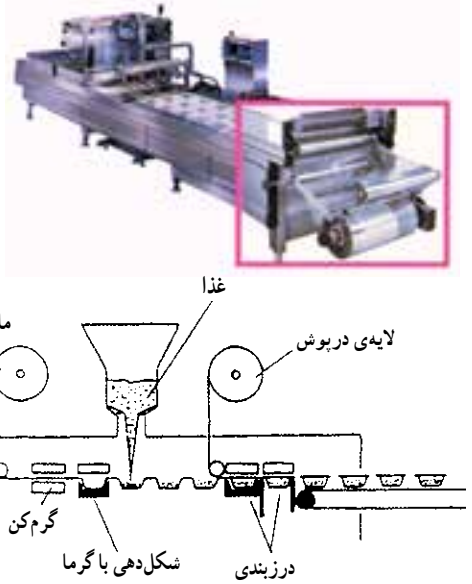
شکل ۷ــ۸ــ سیستم تتراپک

نوع دیگر ماشین‌های FFS عمودی برای بسته‌بندی محصولاتی نظیر مواد دانه‌ریز، پودری، تنقلات نظیر پفک و بیسکویت به‌کار می‌رود.

ماشین فلوپک برای بسته‌بندی محصولاتی نظیر بیسکویت، شکلات، آب‌نبات و ... به‌کار می‌رود. ماشین فلوپک به صورت افقی نیز وجود دارد.

۲ــ۳ــ۸ــ ماشین‌های FFS افقی: این ماشین‌ها نقاط مشترک زیادی با ماشین‌های FFS عمودی دارند و سه عمل اصلی ساختن بسته، پرکردن محصول داخل بسته و دوخت درب بسته را با هم انجام می‌دهند. با این تفاوت که لفاف پس از باز شدن از تیوپ به طرف یک محل افقی (جایی که عملیات بعدی صورت می‌گیرد) کشیده می‌شود و عملیات بسته‌بندی در یک سطح افقی صورت می‌گیرد. به طور کلی در ماشین‌های افقی، محصول مسافت کمتری را جهت قرارگرفتن در بسته طی می‌کند بنابراین جهت غذاهای چسبناک مناسب‌ترند. ماشین‌های عمودی قیمت کمتری داشته و فضای کمتری را از کف سالن اشغال می‌کنند. دو نوع از ماشین‌های FFS افقی ماشین ترموفورمینگ و ماشین کیسه‌ساز است.

الف ــ ماشین ترموفورمینگ[2]: وجه تمایز این سیستم با روش‌های دیگر استفاده از حرارت جهت نرم‌کردن و شکل‌دهی ظرف است. کاربرد این ماشین در تهیه‌ی مواد غذایی بسته‌بندی شده در ظروف یکنفره می‌باشد. (مثل مربای یک‌نفره)



شکل ۸ــ۸ــ شکل‌دهی، پرکردن و دربندی ظروف تک نفره

۱ــ Tetra Pack ۲ــ Thermo forming