



شرکت

پژواک پژوه صنعت

دستگاه خشک کن سینی دار

وب سایت:

<http://www.ppsedu.com>

آدرس

تهران - شهرک صنعتی خاوران-سایت آهنکاران- خیابان چهارم غربی - پلاک آبی ۳۳۰۱

شماره تماس

021-33286250

## بسمه تعالی

### مقدمه:

در زمان کنونی بسیاری از محصولات غذایی، شوینده، داروها و ... به صورت ذرات خشک شده ریز و درشت، منظم و نامنظم وارد بازار می‌شود. بدیهی است که رطوبت این گونه محصولات تا حد زیادی به روش خشک کردن کاهش داده شده است. به طور کلی خشک کردن، یعنی حذف مقدار نسبتاً زیادی آب یا مایع دیگر از یک ماده جامد، تا هم وزن کاهش یابد و هم از فساد محصول جلوگیری شود. خشک کردن معمولاً مرحله نهایی مجموعه‌ای از عملیات است و اغلب محصول خشک‌کن برای بسته‌بندی نهایی آماده می‌شود. آب یا سایر مایعات را می‌توان به طور مکانیکی با فشار یا نیروی سانتریفیوژ و یا به طور گرمایی، با تبخیر از جامدات حذف کرد. مقدار آب موجود در مایع خشک شده از محصولی به محصول دیگر تفاوت دارد. گاهی محصول حاوی هیچ مایعی نیست و کاملاً خشک نامیده می‌شود. در کل اغلب محصول حاوی مقداری مایع است.

جامداتی که خشک می‌شوند به صورت‌های مختلفی هستند که می‌توان به پولکی، دانه‌ای، بلوری، پودری، تیغه‌ای یا ورقه‌ای پیوسته و ... اشاره کرد. لذا انواع مختلفی از دستگاه‌های خشک‌کن در بازار موجودند و اختلاف عمده آن‌ها مربوط به روش حذف جامدات در ناحیه خشک کردن و روش انتقال گرماست. هیچ روش ساده‌ای برای تقسیم‌بندی خشک‌کن‌ها وجود ندارد. بعضی از آن‌ها به صورت پیوسته و بعضی به صورت ناپیوسته کار می‌کنند.

### خشک‌کن‌های مستقیم

اگر انتقال حرارت مستقیماً از فاز گاز به فاز جامد صورت گیرد آن را از نوع حرارت مستقیم می‌گویند. که در این موارد گاز داغ با جسم خشک‌شونده تماس مستقیم دارد.

### خشک‌کن‌های غیرمستقیم

خشک‌کن‌هایی که در آن‌ها گرما از یک محیط خارجی مانند بخار آب در حال چگالش به جامد منتقل می‌شود، و این انتقال معمولاً از یک سطح فلزی که جامد خشک شونده با آن در تماس است روی می‌دهد. در این زمینه می‌توان به عنوان مثال خشک‌کن‌های قفسه‌ای تحت خلا را نام برد. این دستگاه‌ها خشک‌کن‌های سینی‌دار مستقیمی هستند که در آن‌ها از درب‌های درزگیری شده استفاده می‌شود تا بتواند خلأ ایجاد شده در خشک‌کن را نگه دارد. در این خشک‌کن هوا یا گاز دیگری جریان نمی‌یابد. سینی‌های محتوی جامد روی قفسه‌هایی قرار می‌گیرند که توسط آب داغ یا بخار گرم می‌شوند و حرارت به طریق هدایت به جامد منتقل می‌گردد. بعد از بارگذاری و آب‌بندی، هوای موجود در خشک‌کن توسط پمپ خلأ یا اجکتور مکیده شده و بخار خروجی کندانس می‌شود. در نوع دیگری از این خشک‌کن‌ها، برای خشک کردن خمیرها و لجن‌ها از ظروف استوانه‌ای به قطر ۱ تا ۲ متر و ارتفاع ۳۰ تا ۶۰ سانتیمتر که مجهز به همزن بوده استفاده می‌شود که داخل کابین خلأ قرار می‌گیرند. این ظروف توسط ژاکت‌های حرارتی با آب داغ یا بخار گرم می‌شوند. این خشک‌کن‌ها عمدتاً پرهزینه هستند و تنها در مواردی که می‌بایست ماده در دمای پایین و در غیاب هوا خشک شود استفاده می‌گردد که می‌توان به مواد دارویی اشاره کرد.

## خشک‌کن‌های ثابت

عملیات خشک کردن عموماً به دو صورت ناپیوسته (Batch) یا پیوسته (Continuous) انجام می‌پذیرد. در فرآیند ناپیوسته معمولاً مقداری جسم جامد تر در مجاور جریان هوا قرار می‌گیرد و این جریان هوا باعث تبخیر آب جسم تر می‌گردد. در فرآیند پیوسته معمولاً جسم تر و همینطور جریان گاز از داخل دستگاهی عبور می‌کنند و زمان اقامت کافی به آن جهت خشک شدن در دستگاه داده می‌شود. دستگاه‌هایی که عمل خشک کردن را انجام می‌دهند با توجه به پارامترهای زیر انتخاب می‌شوند.

۱- پیوسته یا ناپیوسته بودن عملیات: در روش ناپیوسته دستگاه خشک‌کن با مواد مرطوب باردهی شده و تا خشک شدن در دستگاه باقی می‌مانند، سپس دستگاه خالی شده و مجدداً با مواد مرطوب پر می‌شود. در خشک‌کن‌های پیوسته، مواد و گاز خنک‌کننده به صورت مداوم وارد و خارج می‌شوند.

۲- اعمال حرارت مورد نیاز برای تبخیر رطوبت: در خشک‌کن‌های مستقیم، حرارت با تماس مستقیم با گاز داغ به آن منتقل می‌شود. در خشک‌کن‌های غیرمستقیم، حرارت به طریق هدایت از سطح یا تشعشعات یا روش‌های دیگر به جسم مرطوب رسیده و از گاز تنها برای حمل رطوبت خارج شده از جسم استفاده می‌کنند.

۳- طبیعت ماده خشک‌شونده: جسم خشک‌شونده ممکن است جامد سختی مثل چوب باشد، ماده نرمی مثل پارچه و کاغذ یا جامد دانه‌ای شکل مثل مواد کریستالی، خمیر غلیظ یا اسلاری (Slurry) باشد. شکل فیزیکی ماده می‌تواند در تعیین نوع خشک‌کن موثر باشد.

### خشک‌کن‌های پیوسته:

این خشک‌کن‌ها با توجه به حجم محصول نسبتاً کم، با دیگر دستگاه‌های موجود در فرایند شیمیایی تطابق بیشتری داشته و نیاز به ذخیره و انبار کردن قبل از خشک‌کن ندارند. محصول به دست آمده محتوی رطوبت یکنواختی است و هزینه به ازاء واحد وزن محصول نسبتاً کم است. نوع خشک‌کن یا ساختار آن به شرایط ماده خشک‌شونده بستگی دارد. در بسیاری از این خشک‌کن‌ها، جسم جامد در خشک‌کن حرکت کرده و با جریان گاز تماس می‌یابد. حرکت جامد و جریان گاز ممکن است همسو، ناهمسو یا به صورت متقاطع باشد. در جریان‌های ناهمسو، داغ‌ترین گاز در تماس با خشک‌ترین جامد قرار می‌گیرد، به طوری که دمای جامد تا حد امکان به دمای گاز ورودی نزدیک می‌شود. این روش سریع‌ترین حالت خشک شدن (از دست رفتن رطوبت پیوندی) را نتیجه خواهد داد و در مواردی باعث صدمه دیدن محصول خواهد شد. از طرفی جسم جامد مقدار زیادی از حرارت موجود در گاز را از خشک‌کن خارج می‌کند. در جریان‌های همسو، جامد مرطوب با داغ‌ترین گاز مجاور می‌شود و جامد تنها تا دمای مرطوب گاز گرم خواهد شد و در این حالت حتی مواد حساس بر دما نیز می‌توانند بدون ایجاد اشکال خشک شوند. در جریان‌های موازی کنترل بیشتری روی میزان رطوبت محصول وجود دارد.

### خشک‌کن‌های ناپیوسته:

این نوع خشک‌کن‌ها به طبیعت ماده خشک‌شونده بستگی دارد. خشک‌کن‌های سینی‌دار که کابینی یا قفسه‌ای نیز گفته می‌شود برای خشک کردن جامداتی که بایستی روی سینی نگهداری شوند از جمله مواد خمیری یا جامدات

مشابه استفاده می‌شود. این دستگاه شامل یک کابین با تعدادی سینی می‌باشد که در بعضی دستگاه‌ها قابل خارج کردن از آن می‌باشند. بعد از بارگذاری سینی‌ها، کابین بسته می‌شود و هوای گرم شده بین تعدادی از سینی‌ها جریان می‌یابد تا رطوبت موجود در جسم را تبخیر کند. این گاز می‌تواند گاز خنثی، یا حتی بخار داغ به جای هوا باشد (زمانی که مایع تبخیر شونده قابل اشتعال باشد). وقتی مواد به خشکی مورد نظر رسید، کابین باز می‌شود و محصول را خارج می‌کنند و با مواد جدید بارگیری می‌شود و عملیات مجدداً تکرار می‌شود.

در بعضی موارد، مواد گرانولی روی توری‌هایی به عمق کم ریخته می‌شوند به طوری که هوا یا گازهای دیگری، میتوانند به آرامی از این بستر عبور کنند. بدین طریق جامد سریعتر خشک خواهد شد. نوعی خشک‌کن که برای این منظور استفاده می‌شود خشک‌کن سیرکولاسیونی می‌باشد. جامدات کریستالی و موادی که طبیعتاً دانه‌ای هستند مثل سیلیکاژل در این خشک‌کن‌ها به خوبی خشک می‌شوند. مواد خمیری نیز می‌توانند توسط یک اکسترودر به صورت گرانول درآمده و بدین طریق به راحتی خشک شوند. مشکل عمده این نوع خشک‌کننده‌ها ناهمگونی میزان رطوبت در محصول نهایی خروجی از آن می‌باشد.

### تئوری خشک‌کن‌های کابینی یا سینی دار:

این خشک‌کن‌ها به عنوان ماشین‌های خشک‌کن چند منظوره برای تنوع بالای محصول و ظرفیت‌های کم و متوسط در مقیاس صنعتی ساخته می‌شوند. کاربردهای وسیع این خشک‌کن‌ها در صنایع تبدیلی محصولات باغی و غذایی و نیز در صنایع شیمیایی می‌باشد.

خشک کردن انواع میوه جات، سبزی‌ها، گیاهان دارویی و ... در ظرفیت‌های متوسط توسط این ماشین‌ها انجام می‌شود. دمای به دقت تنظیم شده، گرمایش غیر مستقیم، استفاده از هوای پاک و فیلتر شده، اتوماسیون کامل، کیفیت بسیار خوب محصول خشک شده و ... از ویژگی‌های این خشک‌کن‌ها می‌باشد.

بارگیری خشک‌کن‌های کابینی بصورت ناپیوسته انجام می‌شود. بدین معنی که ماده خام مرطوب روی سینی‌های مخصوص بارگیری شده و توسط واگن‌ها به داخل فضای خشک‌کن هدایت می‌گردد. پس از تنظیم دما و رطوبت فرآیند خشک کردن آغاز می‌شود و پس از طی زمان معینی با دریافت سیگنال مخصوص، پایان می‌یابد. در این بازه زمانی تغییرات دما، جریان هوا، و ... می‌تواند بصورت دستی یا کاملاً اتوماتیک صورت گیرد.

در خشک‌کن‌های کابینی یا قفسه‌ای سبزی و میوه پس از آماده سازی و جای گرفتن در داخل کابین، در مجاورت هوای گرم قرار می‌گیرند. به دلیل همین اختلاف دمای بیشتر نسبت به محیط، تبخیر سطحی با سرعت بیشتری انجام می‌پذیرد و محصول مورد نظر طی مدت زمان کمتری نسبت به هوای آزاد خشک می‌شود. بدین ترتیب محصول خشک شده‌ای با کیفیت بیشتر و رنگ بهتر بدست خواهد آمد.

### شرح دستگاه:

اجزای دستگاه خشک کن سینی دار بر روی یک فریم آلومینیم نصب شده اند. این دستگاه به طور کلی دارای یک عدد تابلو فرمان می باشد که به ترتیب از بالا به پایین اجزای زیر بر روی آن نصب شده است.

۱- یک سویچ اصلی برای روشن کردن تابلو برق

۲- یک نمایشگر ولتاژ و آمپر در قسمت بالایی تابلو برق برای تنظیم توان هیتر

۳- یک نمایشگر برای نمایش دمای هوای ورودی به سینی ها و دمای هوای خروجی از خشک کن

۴- یک نمایشگر برای نشان دادن وزن اولیه سینی ها و وزن نهایی سینی ها پس از عملیات خشک کردن

۵- یک دکمه ی آبی در زیر نمایشگر وزن برای صفر کردن وزن، که با فشردن آن مبنای وزن صفر می شود.

۶- یک ولوم در سمت راست پایین برای تنظیم سرعت هوای فن

۷- یک ولوم در سمت چپ پایین برای تنظیم توان هیتر

نمایی از تابلو برق دستگاه در ذیل آمده است.



شکل-۱. نمایی از تابلو برق دستگاه

دقیقا در ورودی کانال یک فن الکتریکی نصب شده است که وظیفه آن دمیدن هوا به داخل کانال می باشد. در ادامه یک مجموعه المنت به عنوان هیتر برای گرم کردن هوا، جلوی فن نصب شده است.

بدنه اصلی دستگاه از یک کانال مشکی رنگ تشکیل شده است که در وسط آن یک دریچه قرار دارد. روبروی این دریچه در داخل کانال یک عدد لودسل نصب شده و بر روی این لودسل، سه عدد سینی قرار گرفته است. وظیفه لودسل، اندازه‌گیری وزن سینی‌ها است.

### روش انجام آزمایش

ابتدا دستگاه را به برق وصل نمایید. توان هیتر را بر روی مقدار مشخصی قرار دهید و عدد ولتاژ و آمپراژ را یادداشت کنید. ولوم فن را هم بچرخانید و با استفاده از سرعت سنج در خروجی جریان سرعت هوای مربوط را یادداشت کنید. بگذارید چند دقیقه‌ای بگذرد تا دمای ورودی هوای داخل کانال ثابت شود. در ادامه دریچه نصب شده در وسط کانال مشکی رنگ را باز کنید و با دقت، سینی‌ها را به صورت کشویی به سمت بیرون بکشید. سینی‌ها را به ترتیب از محفظه خارج کرده و وزن کرده و سپس در محل قبلی خود قرار دهید. اکنون دکمه‌ی مربوط به صفر کردن وزن را فشار دهید. عدد صفر باید نمایان شود. حال سینی‌ها را به ترتیب برداشته و در داخل هر یک مقداری (حدود ۲۵۰ گرم) محلول آب نمک با غلظت مشخص (بر حسب گرم نمک بر گرم آب) بریزید و در محل اولیه قرار دهید. پس از قرار دادن آخرین سینی درب محفظه سینی‌ها را بسته و مقدار  $F_{Max}$  نمایش داده شده را یادداشت کنید. این وزن اولیه‌ی آب نمک کل سینی‌ها است. حال با استفاده از کروномتر در فواصل ۳۰ دقیقه، ۴۵ دقیقه و ۶۰ دقیقه، میزان کاهش آب روی سینی‌ها را یادداشت کنید. برای این کار در دستگاه را باز کرده و سینی‌ها را با دقت خارج کرده و هر سینی را جداگانه وزن کنید. پس از زمان مورد نظر مقدار وزن نمایش داده شده را یادداشت کنید و از  $F_{Max}$  کم کنید. این مقدار تبخیر یا تغییر وزن نهایی در اثر خشک شدن است. دستگاه را پس از یک ساعت خاموش کنید و سینی‌ها را به ترتیب وزن کنید و تغییر وزن هر سینی را یادداشت کنید. در نهایت نتایج را طبق جدول موجود در فایل اکسل گزارش کنید.

### خواسته‌ها:

- تاثیر هر کدام از متغیرهای آزمایش (توان هیتر، دور فن و غلظت آب نمک) را بر بازده فرآیند توضیح دهید.
- بازده هر سینی و بازده کل دستگاه را پس از زمان‌های ۳۰ دقیقه، ۴۵ دقیقه و ۶۰ دقیقه به طور جداگانه بدست آورید.
- غلظت آب نمک موجود روی هر کدام از سینی‌ها پس از اتمام فرآیند را محاسبه کنید.