**خشک کن های تصعیدی**

مقدمه

محصولات غذایی را که نسبت به حرارت حساس می باشد اغلب از طریق تصعید رطوبت خشک می کنند. در خشک کردن تصعیدی، ابتدا محصول مورد نظر منجمد می شود، سپس حلال (که معمولاً آب می باشد) منجمد شده و از طریق تصعید تحت خلاء از ماده غذایی خارج می شود. یخ تصعید شده توسط پمپ خلاء یا اژکتور بخار، از داخل اتاقک خشک کن مکیده می شود. گرمای مورد نیاز برای تصعید از طریق هدایت یا تشعشع، تامین می گردد. آب یخ زده در دماهای صفر درجه سانتی گراد یا زیر آن، تحت فشار 627 پاسکال یا کمتر تصعید می شود. محصولات خشک شده از طریق تصعید، معمولاً دارای کیفیت بالایی می باشد. این موضوع به دلیل آن است که ساختار ماده ی غذایی، هنگامی که آب از طریق تصعید از مواد دیگر جدا می شود، یک ساختمان متخلخل و چروکیده نشده بر جای می ماند. محصولی که بدین ترتیب خشک شده باشد، دوباره به آسانی مرطوب می شود. به هنگام خشک کردن، طعم و بوی غذا یا کاهش نمی یابد و یا کاهش آن اندک خواهد بود، چون دمای پایین خشک کردن، از فرایندهای نامطلوب تخریب و فساد، جلوگیری می کند و محصول خشک شده کیفیت بالایی خواهد داشت (نمونه های جنین فرایندهایی، عبارت است از: قهوه ای شدن غیرآنزیمی، تغییر ساختار پروتئینی و دناتوره شدن آنها، واکنش های آنزیمی و ...) بزرگترین مشکل خشک کردن از طریق تصعید، هزینه ی آن می باشد، سرعت خشک کردن پایین است و بهره گیری از خلاء بر هزینه ی فرآیند می افزاید. محصول نهایی میزان بسیار کمی نم خواهد داشت و بنابراین موجب کاهش برخی هزینه ها از قبیل حمل و نقل، سرماسازی و انبارداری می گردد.

خشک کردن تصعیدی در دمای C˚10- انجام می شود تا اطمینان حاصل شود که آب در حالت جامد باقی می ماند.  
  
فشار مطلق در خشک کن تصعیدی معمولاً 2 میلی متر جیوه یا کمتر است. گرمای تصعید باید کنترل شود تا از ذوب نشدن یخ در حین تصعید اطمینان حاصل گردد.

تصعید در سطح بیرونی مواد منجمد شده آغاز می شود و به سمت داخل محصول پیشروی می کند و همچنان که لایه ضخیم می شود، سرعت خشک شدن محصول کاهش می یابد. از آنجایی که تصعید تحت خلاء انجام می شود، انرژی گرمایی بسیار کمی به مصرف می رسد. به این روش 98-99% از آب محصول مرطوب گرفته می شود.  
  
در این فرایند باید تأمین انرژی گرمایی لازم تحت کنترل باشد تا از ذوب شدن آب یخ زده در داخل محصول جلوگیری به عمل آید و بیشترین سرعت تصعید حاصل شود. حذف 1 تا 2% آب باقی مانده در محصول، زمان بسیار بیشتری طول می کشد، ولی می توان دمای تصعید ماده را به دمای محیط رساند.همانطور که گفته شد، سرعت خشک کردن تحت تاثیر ضخامت محصول قرار دارد و ضخامت کمتر محصول، منجر به افزایش سرعت خشک شدن می شود. مشاهده شده است که سرعت تبخیر بهینه در ضخامت های حدود تا اینچ حاصل می شود. غلظت نیز در سرعت خشک شدن محصول موثر است، و دیده شده است که محصولات غذایی با درصد قند بالاتر، دارای سرعت خشک کردن پایین تری می باشد.عملیات خشک کردن تصعیدی دارای سه مرحله است: انجماد محصول، تصعید یخ و جداسازی بخار آب. در این فرایند، جدا کردن بخار آب، گران ترین بخش فرایند است. عملی کردن این روش خرک کردن، متکی بر این مرحله است. بین اتاقک خشک کن و پمپ خلاء یا انژکتور بخار باید یک تله ی بخار قرار داده شود. تله ی بخار دارای سطوح سردی است که رطوبت تبخیر شده بر روی آن تقطیر می گردد. کارایی تله ی بخار، به اختلاف فشار بین اتاقک خشک کن و سطح تله ی بخار، دمای تله ی بخار، ضخامت قشر یخ ایجاد شده بر روی آن و اختلاف دمای بین سطح تله و ماده ی مبرد در حالت تبخیر ، بستگی دارد. چنانچه راندمان تله ی بخار کم باشد، موجب می شئود که دمای اتاقک خشک کن کمتر شود.پمپ خلاء علاوه بر این که آب تصعید شده را از محیط خارج می کند، موجب پایین نگه داشته شدن فشار در اتاقک خلاء در زیر فشار اتمسفری می گردد. حذف گازهای غیرقابل میعان، مقاومت در مقابل حرکت بخار آب به داخل کندانسور را کاهش می دهد. چون این گازها، موجب کاهش راندمان خشک کن می شود، پمپ خلاء به کار رفته باید قادر به کاهش فشار اتاقک خلاء تا حداقل mµ5، باشد.

طراحی محفظه ی خشک کن

1-مقیاس پایلوت در آزمایشگاه های صنایع غذایی در مواردی که مقدار بسیار کمی از محصول مورد نیاز باشد، از یک خشک کن تصعیدی قابل حمل استفاده می شود. این خشک کن، خود شامل سرد کننده، حرارت دهنده و پمپ خلاء می باشد. ظرفیت این گونه خشک کن ها به طور نمونه برای 2 تا 20 کیلوگرم از محصول منجمد شد، یا 6 تا 36 فوت مربع، طراحی می شود.

2-افزایش مقیاس عامل هایی که بر اندازه ی خشک کن تصعیدی اثر می گذارد، عبارت است از اندازه ای اتاقک و ظرفیت کندانسور، پمپ خلاء و سطح صفحه ها می باشد. برای جبران افزایش ظرفیت مواد غذایی باید سطح خشک کن افزایش یابد. پمپ خلاء و کندانسور نیز مناسب با این افزایش سطح، افزایش داده شود. در این حالت، ضخامت لایه ی محصول به بالای ضخامت بهینه ی لازم برای خشک کردن افزایش داده نخواهد شد، این ضخامت بهینه در آزمایشات مقیاس پایلوت تعیین می شود.

خشک کن های تصعیدی صنعتی

1- **خشک کن های تصعیدی سینی دار** معمول ترین نوع خشک کن تصعیدی که اکنون در صنعت استفاده می شود خشک کن تصعیدی سینی دار است. کندانسور، مانند گرم کننده های سینی ها در همان اتاقک قرار داده می شود و یا اینکه در اتاقک جداگانه ای که از طریق یک لوله با قطر بزرگ به اتاقک اصلی پیوسته است، سوار می شود. اندازه ی سطح این خشک کن ها از 125 تا 220 فوت مربع متغیر است. محصول بر روی سینی های داخل اتاقک خشک کن گسترده می شود. چنانچه به یک خشک کن با ظرفیت بالا نیاز باشد، چندین خشک کن تصعیدی را می توان با یک گرم کننده ی سینی، کندانسور، سرد کننده و پمپ خلاء مرکزی به کار انداخت. سیستم باید برای خشک کردن مرحله ای برنامه ریزی شود و به ترتیب، هر بخش از سیستم، تخلیه و بارگیری شود.هر خشک کن باید به طور مجزا به وسیله ی پانل خودش کنترل شود، در این صورت، عملیات، نیمه پیوسته خواهد بود

2- **خشک کن تصعیدی تونلی** این فرایند شامل سینی هایی است که از یک طرف به داخل خشک کن وارد، و از طرف دیگر بیرون می رود. کندانسور، آن توسط یک سیستم سرد کننده ی جذبی آمونیاکی سرد می شود. کنترل بارگیری در این نوع خشک کن تصعیدی با سهولت بیشتری انجام می شود و چنانچه ظرفیت بالا رود می توان دبی جربان را بالا برد. با این حال سیستم در مورد تغییر از یک محصول به محصول دیگر دچار مشکل می شود. اهمیت کاربرد تکنولوژی خشک کن های انجماد ی در صنایع غذایی و دارویی درحال حاضر این تکنولوژی در اختیار و انحصار کشور های پیشرفته می باشد و به دلیل کاربرد متنوع آن در صنایع غذایی و دارویی بویژه آنتی بیوتیکها، باکتری ها ومخمرها و سایر صنایع موجب تحولات شگرفی در اقتصاد صنعتی و حوزه هایکشاورزی و صنایع وابسته به آن و تغذیه وسلامت شده است. محصولات این صنعتهیچگونه نیازی به افزودنی ها و مواد نگهدارنده شیمیایی ندارند و به شرطبسته بندی صحیح، بدون نیاز به یخچال یا سردخانه و به مدت طولانی قابلیتنگهداری دارند. این روش برای ذخیره سازی و نگهداری بدون نیاز به یخچال موادگوشتی، محصولات دریایی، و غذاهای آماده و میوه جات و سبزیجات، بدون اینکهکمترین تغییری در کیفیت و مشابه مواد تازه، در مواقع بحرانی منجمله زلزله وجنگ و... بسیار کارآمد بوده است. گیاهان معطر و داروئی با ارزش از جملهزعفران، قهوه، وانیل و...، گل های معطر زینتی(گل خشک) و انواع سبزیجات ومیوه ها که ارزش آنها بواسطه عطر، طعم و شکل و ارزش غذایی آنهاست، از جمله محصولاتی هستند که تنها با این تکنولوژی میتوان کیفیت را در آنها تضمینکرد. امروزه پزشکان متخصص معتقدند، برای بهره مندی از خواص غذایی و داروییمیوه و سبزی، لازم است به جای یک وعده با مقدار زیاد در طول روز، چند وعدهاز آنها استفاده کنیم . این امر جزء با مصرف میوه خشک طبیعی با کیفیتامکانپذیر نمی باشد. امروزه با این تکنولوژی، انواع پودرهای طبیعی گیاهان ومیوه ها، انواع کنسانتره خشک آبمیوه ها، انواع چیپس میوه و تکه های خشک قابل کمپوت و شربت و ژله طبیعی میوه بدون نیاز به نگهدارنده ها و افزودنیهای شیمیایی، تولید می شود.

نکات ویژه در مورد خشک کردن تصعیدی مواد غذایی

1- گوشت و ماهیاین مواد غذایی شبه جامداتی است که تشکیل شده است از بافت های عضلانی شامل لایه های پروتئینی، بافت های چربی، گلیکوژن و تقریباً 75% آب. جهت گیری عضلات برای فرایند گرم کردن و انتقال بخار مهم است. استخوان ها، گوشت بی چربی و بافت چربی، هر یک به زان خشک کردن متفاوتی نیاز دارد. چنانچه بخواهیم استخوان ها کاملاً خشک شود، بافت های چربی ذوب خواهد شد. به این دلیل، استخوان ها را با یک رطوبت گیر در داخل بسته بندی می گذارند.رطوبت گیر، رطوبتی را که در فرایند خشک کردن گرفته نشده است، می گیرد و پروتئین گوشت را از خطر رطوبت زیاد محافظت می نماید. بافت چربی در مقایسه با گوشت که حاوی 75-70% آب است، دارای 15-10% آب می باشد. به این ترتیب بافت های چربی پیش از آن که گوشت شروع به خشک شدن کند، ممکن است ذوب شدن را آغاز کند. پس، باید پیش از انجام عمل خشک کردن تصعیدی، بیشتر بافت چربی را از گوشت جدا نمود. گوشت کم چربی باید بر عمود جهت رشته های ماهیچه بریده شود. پوست را باید به تکه هایی به ضخامت 10-15 میلی متر برید

.2- میوه ها و سبزی هایاخته هایی که میوه ها و سبزی ها را می سازد، در برگیرنده ی پروتئین، محلول های آبی و اندام های یاخته ای می باشد. در میان یاخته ها یک ماده ی پکتیکی وجود دارد. ساختمان گیاهان به گونه ای است که موقعیت آنها به هنگام خشک کردن تصعیدی مهم نیست. موضوعی که اهیمت دارد آن است که این ساختمان تخریب نشود و این که محصول تولید شده خشک، سخت، ترد و شکننده باشد. میوه هایی که باید از راه انجماد و تصعید خشک شود باید دارای میزان جامد بالایی باشد، و از رنگ و بو و طعم خوبی نیز برخوردار باشد. برای جلوگیری از فرآیندهای قهوه ای شدن غیرآنزیمی قبل از انجماد ، سیب و گلابی را باید در یک محلول 1/0% سولفیت سدیم فرو برد، بعد از آن پوست گیری، هسته گیری و تکه تکه کرد. توت فرنگی و تمشک را باید قبل از خشک کردن شست. چنانچه پوست میوه ای نسبت به بخار آب نفوذناپذیر باشد، پوست آن را باید شکاف زد، یا آن میوه را پوست کند. در مورد سبزی ها، باید قبل از خشک شدن اعمال شستن پوست گیری و پاک کردن، بریدن و شستشوی دوباره انجام گیرد. سبزی ها بسته به اینکه تا چه مدت قبل از خشک کردن می تواند در انبار نگهداری شود، متفاوت است. برای نمونه، نخود باید بی درنگ بعد از برداشت، برای خشک کردن تصعیدی آماده شود. در حالی که سیب زمینی را ممکن است برای مدت چند ماه انبار کرد. باید دقت شود که از اتلاف محصول، زمانی که توسط دست یا ماشین پاک می شود، جلوگیری شود. پوست کندن از طریق تراشیدن پوست یا پوست گیری شیمیایی با سود داغ، این اتلاف ها را کاهش می دهد. سبزی های ریشه ای و برگی را قبل از خشک کردن خرد می کنند و آنزیم های موجود در مواد تازه بریده شده را به وسیله ی قرار دادن در آب داغ غیرفعال می سازند. چون فعالیت پیاز قابل توجه است، باید این محصول بلانچ (آنزیم بری) شود، پس از بلانچینگ (آنزیم بری) ابتدا سبزی ها را در مجاورت هوا سرد و پس از آن منجمد می کنند.نکات کیفی در خشک کردن تصعیدی مواد غذایی کیفیت مواد غذایی خشک شده به شور تصعید رطوبت، نسبت به محصولات خشک شده با روش های خشک کردن متداول بالاتر است، با این حال، اثر برخی از واکنش های کاهنده ی کیفیت، در حین خشک کردن تصعیدی نشان داده شده است.

1- اکسیداسیون چربی ها (لیپیدها) اکسیداسیون لیپیدها یک نکته ی کیفی اصلی برای محصولات خشک شده به روش تصعید است. میزان رطوبت کمی که در این روش در محصول باقی می ماند، هدایت کننده ی واکنش اکسیداسیون لیپید است. فلزات ناچیز که تسریع کننده ی واکنش می باشد، در حین خشک کردن آزاد می شود. برای کنترل فساد اسیدهای چرب، مواد غذایی باید در بسته بندیهایی که نسبت به اکسیژن غیرقابل نفوذ است، بسته بندی شود

2- قهوه ای شدن غیرآنزیمی این واکنش ابتدا سبب قهوه ای شدن رنگ مواد غذایی می شود و سپس طعم و ارزش مواد غذایی را نیز تغییر می دهد. این واکنش در مقدار رطوبت متوسط رخ می دهد. مواد غذایی که به طریق انجماد و تصعید خشک می شود، در معرض خطر قهوه ای شدن غیرآنزیمی نیست، زیرا از ایجاد دامنه ی مقدار رطوبت متوسط، تا حد زیادی جلوگیری می شود. یعنی به علت سرعت عبور از رطوبت بالا به رطوبت پایین، چنین اتفاقی نخواهد افتاد  
3- غیرطبیعی یا دناتوره شدن پروتئین ها غلظت بالای نمک و دمای بالا، سبب دناتوره شدن پروتئین ها می گردد، و دمای دناتوراسیون پروتئینی برای گوشت، میان C˚40-C˚60 است.

محصولاتی که به روش تصعید خشک می شود، و در معرض این دامنه ی دمایی قرار نمی گیرد، از دناتوره شدن پروتئین به دور می ماند.