

# سرمایش و انجماد کرایوژنیک برای مواد غذایی

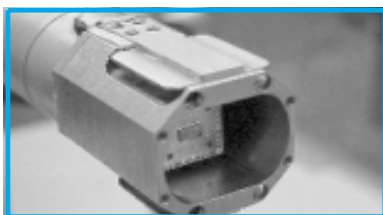
نوشته‌ی: Philip E. Davis  
برگردان: مهندس افراسیاب بهمنش



**سرمایش کرایوژنیک می‌تواند  
سرعت سرمایش را بالا برده،  
کیفیت محصول را افزایش داده،  
زمان نگهداری را بهبود بخشیده  
و صرفه‌جویی قابل توجهی در  
هزینه‌ها ایجاد نماید**

مواد غذایی امروزی بایستی تقاضاهای دایما متغیر مصرف کنندگان را از نظر تنوع، راحتی و زمان آماده شدن، برآورده سازند. به همین دلیل، صنایع فرآوری مواد غذایی به شکل فزاینده‌ای به اثربخشی و تنوع فن‌آوری کرایوژنیک برای کاربردهای سرمایش و انجماد متکی هستند. این مساله به خصوص در زمینه انجماد صحت دارد چون یک فریزر کرایوژنیک می‌تواند به طور اختصاصی برای هر محصول غذایی تنظیم شده و در عین حال انعطاف‌پذیری خود را حفظ نماید. مواردی مانند شکل و نوع ماده‌ی غذایی، روش‌های حمل و انتقال و همچنین مواردی ایمنی محصول، نکاتی هستند که برای دستیابی به بالاترین کیفیت محصول در زمانی که دمای آن به سرعت و به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد، به حساب آورده می‌شوند.

فریزرهای کرایوژنیک در مقایسه با فریزرهای مکانیکی معمولی قادرند با کاهش زمان لازم برای خروج گرما از محصول، کمک شایانی در تولید محصول فراهم آورند. این تجهیزات همچنین می‌توانند به دلیل کمتر از دست دادن آب در محصول غذایی، افزایشی قابل توجه در کیفیت محصول پدید آورند زیرا این سامانه‌ها به واسطه‌ی انتقال حرارت سریع‌تر از سامانه‌های تبرید مکانیکی، قادرند رطوبت بیشتری را در ماده‌ی غذایی حفظ کنند. رشد میکروبی و واکنش‌های اکسایشی مربوطه، به دلیل زمان کوتاه انجماد در این سامانه‌ها کاهش می‌یابد و بدین ترتیب، ایمنی محصول بهبود یافته و میزان خرابی آن کاهش خواهد یافت.



آمده و گرما را از محصول بیرون می‌کشند. سامانه دی‌اکسیدکربن حدود ۸۵ درصد از تاثیر تبرید را از تصعید دی‌اکسید کربن جامد به‌دست می‌آورد و ۱۵ درصد باقی‌مانده نیز از سرمایش حاصل از بخار سرد دی‌اکسید کربن حاصل می‌گردد. برای حصول حداکثر اثر تبرید، سامانه‌های مبتنی بر دی‌اکسید کربن معمولاً CO<sub>2</sub> را در طول فریزر تزریق می‌نمایند. در سامانه‌های پایه نیتروژن، این ماده که باز هم یک مبرد مصرفی به شمار می‌آید، به صورت مایع و بخار به داخل سامانه تزریق می‌شود. زمانی که قطرات نیتروژن مایع با سطح ماده غذایی تماس پیدا می‌کنند، مایع تبدیل به بخار شده و گرما را از محصول می‌گیرد. توزیع همزمان بخار نیتروژن در فریزر، باعث ایجاد یک اثر «چایش»<sup>۱</sup> می‌گردد که سرعت انجماد را افزایش

## سامانه‌های انجماد کرایوژنیک چگونه کار می‌کنند؟

سامانه‌های کرایوژنیک از تماس مستقیم با یک ماده کرایوژن (مانند نیتروژن مایع یا دی‌اکسیدکربن مایع) برای دفع سریع گرما از محصول مورد نظر بهره می‌گیرند. دی‌اکسیدکربن یک مبرد «مصرفی» است که مستقیماً به داخل محصول افشانده می‌شود. زمانی که دی‌اکسیدکربن از طریق نازل پاشش، منبسط می‌شود، به بخش‌های تقریباً مساوی جامد و بخار تبدیل می‌شود. تاثیر همزمان بخار، «برف» جامد دی‌اکسیدکربن و سازوکار توزیع داخلی، یک «توفان برف» در فریزر ایجاد می‌نماید. زمانی که ذرات جامد دی‌اکسیدکربن با سطح ماده غذایی تماس پیدا می‌کنند، این ذرات به صورت بخار در

سامانه‌های کرایوژنیک، بلورهای یخ داخلی کوچک‌تری نسبت به بلورهای تشکیل شده در سامانه‌های مکانیکی در زمان فرآیند انجماد تولید می‌کنند. این مساله باعث بهتر شدن امکان نگهداری بافت‌های غذایی می‌گردد زیرا انجماد کرایوژنیک، تاثیر منفی بر روی ساختار سلولی ماده غذایی (چنان که در مورد بلورهای بزرگ‌تر یخ در سامانه‌های انجماد مکانیکی دیده می‌شود) نمی‌گذارد. به علاوه، سامانه‌های کرایوژنیک می‌توانند به کاهش هزینه‌های نیروی انسانی از طریق کاهش نیاز به حمل و نقل محصول کمک کرده و همچنین تمیزکاری سریع‌تر، مدیریت مناسب‌تر موجودی انبار در نتیجه‌ی هماهنگی نرخ تولید و همچنین صرفه‌جویی در فضای مورد نیاز برای نصب تجهیزات کوچک‌تر را ارائه دهند.



تجهیزات سرمایش پیوسته، یک فن آوری نوین است که می‌تواند جایگزین حوضچه‌های آب سرد، مخلوط آب و یخ و یا یخ جامد سنتی گردد. سرد کردن مرغ‌ها به صورت کامل و با قطعه قطعه شده (با استخوان یا بی استخوان) در یک سامانه پیوسته، گرما را به سرعت از ماده غذایی خام گرفته و آن را برای فرآوری‌های بعدی آماده می‌سازد.

بهبود کیفیت، صرفه‌جویی در نیروی انسانی لازم و همچنین کاهش نفوذ CO<sub>2</sub>، جزو مزایای روش‌های سرمایش کرایوژنیک نسبت به روش‌های معمولی به حساب می‌آیند. در مورد عملیاتی که ماده غذایی را برای فرآوری‌های بعدی آماده می‌سازند، دستیابی به یک دمای یکنواخت در سبدهای بزرگ حمل و نقل، با استفاده از روش‌های سرمایش سنتی می‌تواند کار بسیار مشکلی باشد.

نصب یک سامانه کرایوژنیک که امکان سرمایش سریع و یکنواخت را در محصول فراهم می‌آورد باعث کاهش دوباره کاری و مرجوع شدن محصولات خواهد گردید. همان‌طور که در مورد انجماد ذکر شد، سرمایش کرایوژنیک نیز می‌تواند سرعت سرمایش را بالا برده، کیفیت محصول را افزایش داده، زمان نگهداری را بهبود بخشیده و صرفه‌جویی قابل توجهی در هزینه‌ها ایجاد نماید. صرف نظر از نوع ماده غذایی که می‌تواند سبزیجات، گوشت پخته، غذاهای دریایی و یا ماکیان باشد، سرمایش با گاز کرایوژنیک می‌تواند باعث بهبود حمل و نقل ماده غذایی و افزایش ایمنی آن گردد.

فرآوری مواد غذایی، یکی از صنایعی است که با چالش‌های مداوم روبه‌روست. خوشبختانه انعطاف‌پذیری انجماد و سرمایش کرایوژنیک، امکان ایجاد راه‌حل‌های مناسبی را برای بسیاری از الزامات در حال تغییر این صنعت فراهم می‌آورد. سامانه‌های کرایوژنیک با پیدایش تقاضاها و نیازهای جدید، می‌توانند این نیازها را برآورده نموده و به صنایع غذایی کمک نمایند تا به سوی فرآیندهای ایمن‌تر و اثربخش‌تر حرکت نمایند.

بی‌نوشت:

1-Windchill

ترتیب، ماده کرایوژن لازم برای انجماد یا سرد کردن محصول تا دمای هدف، حدود ۱۰ درصد کاهش خواهد یافت. افزایش بازده سامانه نیز باعث ۳۳ درصد کاهش فضای مورد نیاز برای نصب تجهیزات می‌گردد. طراحی‌های دیگری نیز برای این گونه سامانه‌ها وجود دارند که از این بین می‌توان به سامانه‌های انجماد معلق (Flighted)، مارپیچی و غوطه‌وری اشاره نمود. سامانه‌های معلق، مواد غذایی که به صورت جداگانه به سرعت منجمد شده‌اند (IQF) را به آرامی می‌غلطانند تا تمام سطوح ماده غذایی با ماده کرایوژن در تماس قرار گرفته و اطمینان حاصل شود که قطعات موجود به صورت جداگانه در طول فرآیند انجماد باقی می‌مانند. سامانه‌های مارپیچی، که برای کاربردهایی با محدودیت فضای نصب و یا محصولات غذایی حساس‌تر طراحی شده‌اند، قطعات محصول را بر روی یک تسمه نقاله مارپیچی به حرکت در آورده و ظرفیت تولید بالایی را در یک فضای کوچک ایجاد می‌نمایند. فریزرهای غوطه‌وری نیتروژن، که آن‌ها هم نیاز به فضای نصب کمی دارند، مواد غذایی را قبل از انجماد کامل در یک حوضچه نیتروژن غوطه‌ور می‌سازند. چنین سامانه‌هایی اغلب برای پیش سرد کردن محصول قبل از انجماد اصلی در فرآیند به کار برده می‌شوند. فریزرهای کرایوژنیک، چه به تنهایی استفاده شوند و چه همراه با سامانه‌های مکانیکی معمولی به کار روند، می‌توانند انعطاف‌پذیری قابل توجهی را برای توسعه سامانه‌های انجماد موجود فراهم آورده و ضمن بهبود کیفیت ماده غذایی، ظرفیت تاسیسات را نیز بالا ببرند.

### سرمایش کرایوژنیک

استفاده از سامانه‌های کرایوژنیک برای سرد کردن سریع محصولات غذایی نیز دارای مزیت‌های متعددی است. سرد کردن سریع محصولات خام غذایی، با کاهش یا توقف رشد ریز اندامگان (میکروارگانسیم‌ها) و همچنین امکان رسیدن سریع محصول به یک دمای نگهداری ایمن، سلامت ماده غذایی را به خوبی حفظ خواهد نمود. به عنوان مثال در صنعت مرغداری، سرمایش کرایوژنیک با دی اکسیدکربن مایع، همراه با

می‌دهد. سامانه‌های نیتروژن مایع حدود ۵۰ درصد از تاثیر تبرید را از تبخیر نیتروژن مایع کسب کرده و ۵۰ درصد باقی‌مانده نیز از بخار سرد نیتروژن حاصل می‌شود. برای اطمینان از کاربرد اثربخش و مقرون به صرفه‌ی نیتروژن، سامانه مربوطه باید شامل یک محیط تبادل گرمای بخار باشد. در فریزرهای کرایوژنیک استاندارد، نیتروژن مایع به داخل یک منطقه منفرد تزریق شده و بخارات سرد به انتهای فریزر هدایت می‌شوند تا محصول غذایی را به طور کامل احاطه نمایند. انتخاب دی اکسیدکربن یا نیتروژن مایع به عنوان ماده مناسب، بستگی به چند شاخص مختلف دارد. هر دو سامانه از سامانه نقاله برای انتقال ماده غذایی به صورت پیوسته به داخل سامانه استفاده می‌کنند و بدین ترتیب سرعت تولید را در مقایسه با فریزرهای مکانیکی به شکل قابل توجهی افزایش می‌دهند. شاخص‌هایی مانند بارگیری محصول و زمان باقی ماندن محصول در سامانه، بستگی به محصول تحت فرآوری دارد.

### انتخاب سامانه کرایوژنیک مناسب

فریزرهای تونلی استاندارد، نقش اصلی را در صنایع غذایی بازی می‌کنند. محصول غذایی از طریق یک تسمه نقاله پیوسته در طول تونل به حرکت در آمده و در تماس مستقیم با ماده کرایوژن قرار می‌گیرد.

سرعت نقاله و تزریق کرایوژن می‌تواند برای هماهنگی با نیازهای فرآیند، تنظیم شود. این طراحی باعث به حداکثر رسیدن انتقال حرارت از محصول غذایی می‌گردد. به علاوه، از آنجایی که هر فریزر می‌تواند به صورت اختصاصی برای محصول غذایی مورد پردازش کالیبره شود، مقدار زمانی که هر محصول در تونل سپری می‌کند بسیار دقیق و تکرارپذیر بوده و سرعت تولید را در حد مناسبی حفظ می‌نماید. پیشرفت‌های انجام شده در تبرید کرایوژنیک، باعث پیدایش طراحی‌هایی شده است که از توان سرمایشی بخار سرد در فریزر، حداکثر استفاده را می‌برند. این سامانه‌ها امکان استخراج موثرتر کل توان سرمایشی قابل دسترس در کرایوژن را، قبل از تخلیه گاز مصرف شده فراهم می‌نمایند و بدین