

فریزرهای فراسرد (آلترا Low Temp) ۸۰- درجه سانتی‌گراد

فریزرهای فراسرد (ULT Freezer) که معمولاً در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد کار می‌کنند، یکی از حیاتی‌ترین و گران‌بهارترین تجهیزات در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی هستند. این فریزرها برای نگهداری طولانی‌مدت نمونه‌های بیولوژیکی حساس مانند سلول‌ها، بافت‌ها، DNA، RNA، پروتئین‌ها، آنزیم‌ها و واکسن‌ها استفاده می‌شوند. از آنجایی که نمونه‌های ذخیره‌شده در این فریزرها اغلب ارزش علمی و مالی بالایی دارند (گاهی تا میلیون‌ها دلار)، نگهداری صحیح و رعایت اصول ایمنی در کار با آن‌ها از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است.

۱. اصول عملکرد

فریزرهای فراسرد معمولاً از دو یا سه مرحله تراکم (کمپرسور) سری برای رسیدن به دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد استفاده می‌کنند. یک نکته بسیار مهم این است که این فریزرها **دستگاه انجماد سریع نیستند**. قرار دادن حجم زیادی از مایعات یا مواد با رطوبت بالا به طور همزمان، باعث افزایش موقتی دمای محفظه شده و فشار زیادی به کمپرسورها وارد می‌کند. بنابراین برای حفظ سلامت دستگاه و نمونه‌ها، مواد باید به صورت تدریجی و مرحله‌ای در فریزر قرار گیرند.

۲. اجزای اصلی و ویژگی‌ها

ساختار و محفظه:

- محفظه داخلی از جنس استیل ضدزنگ با عایق‌بندی قوی
- درب‌های داخلی (معمولاً ۴ یا ۵ درب) برای کاهش خروج هوای سرد هنگام باز شدن درب اصلی
- دستگیره با قفل و کلید برای ایمنی نمونه‌ها

سیستم خنک‌کننده و برودتی:

- سیستم‌های پایش تصویری و لمسی
- پورت تخلیه فشار (Pressure Equalization Port) برای جلوگیری از ایجاد خلأ پس از بسته شدن درب
- فیلترهای کندانسور (اغلب در پایین یا پشت دستگاه)

سیستم هشدار و مانیتورینگ:

- آلارم‌های قابل تنظیم برای دمای بالا و پایین
- نمایشگر وضعیت با کدهای رنگی (آبی: نرمال، زرد: هشدار، قرمز: خطر جدی)

- اتصال به سیستم‌های پایش از راه دور مانند XiltriX
- باتری پشتیبان برای آلارم (نیازمند بررسی سالانه)

قابلیت اطمینان:

- استفاده از کمپرسورهای با کیفیت صنعتی) مانند Danfoss یا Embraco)
- گازهای مبرد سازگار با محیط زیست) ترجیحاً با GWP پایین)
- عایق‌بندی پیشرفته با وکیوم پنل (VIP)

۳. روش کار گام به گام

مرحله ۰: ایمنی – بسیار حیاتی

خطر	نکته ایمنی
سرم‌آزدگی (Frostbite)	تماس پوست لخت با سطوح فلزی یا نمونه‌های منجمد در دمای ۸۰- درجه، تقریباً فوری باعث یخ‌زدگی شدید می‌شود. حتماً از دستکش‌های مخصوص سرما (Cryogenic Gloves) استفاده کنید.
انسداد راه تنفسی	هرگز افراد (به ویژه کودکان) اجازه ورود به داخل فریزر را ندارند. هوای فوق‌سرد می‌تواند به مجاری تنفسی آسیب جدی وارد کند.
آسیب فیزیکی	قفسه‌ها و کشوها در این دما شکننده می‌شوند. هنگام جابجایی احتیاط کنید.
آلودگی متقابل	هنگام کار با نمونه‌های بیولوژیک خطرناک) مانند ویروس‌ها یا GMOها، حتماً از ماسک مناسب و روپوش استفاده کنید.

تجهیزات حفاظت فردی (PPE) اجباری:

- ✓ دستکش‌های عایق سرما – (Cryogenic Gloves) ترجیحاً تا آرنج
- ✓ عینک ایمنی یا محافظ صورت (به ویژه هنگام کار طولانی)
- ✓ روپوش آزمایشگاهی آستین بلند
- ✓ کفش بسته و ضدضربه

مرحله ۱: بررسی‌های قبل از راه‌اندازی و دما

قبل از باز کردن درب فریزر یا شروع هر کاری، حتماً این موارد را بررسی کنید:

۱. **دمای نمایش داده شده:** اطمینان حاصل کنید دمای فریزر به دمای تنظیم شده (معمولاً ۸۰- درجه سانتی‌گراد) رسیده باشد.
۲. **وضعیت آلارم:** اگر فریزر در حال آلارم است، ابتدا علت را بررسی و رفع کنید. هرگز درب را در این حالت باز نکنید و به مسئول آزمایشگاه اطلاع دهید.
۳. **بررسی سیل (گسکت) درب:** سیل دور درب را از نظر ترک، یخ‌زدگی یا ناخالصی چک کنید. هرگونه نقص در این نوار، باعث ورود هوای گرم و تشکیل یخ می‌شود.
۴. **بررسی پورت تخلیه فشار:** مطمئن شوید پورت تخلیه فشار (که معمولاً پشت پنل جلویی فریزر قرار دارد) مسدود یا یخ‌زده نباشد. این پورت برای باز شدن راحت درب پس از بسته شدن ضروری است.

□ مرحله ۲: بارگذاری نمونه (Loading)

قانون طلایی در بارگذاری، **تدریجی و مرحله‌ای** است:

۱. فریزر جدید باید حداقل **۱۲ ساعت** قبل از بارگذاری در دمای تنظیم شده کار کند.
 ۲. بارگذاری را از **بالاترین قفسه (نزدیک به پروب دما)** شروع کنید.
 ۳. هر قفسه را جداگانه پر کنید. پس از اتمام هر قفسه، اجازه دهید دما مجدداً به نقطه تنظیم برگردد (این کار ممکن است ۳۰ دقیقه تا چند ساعت طول بکشد).
 ۴. برای بهبود عملکرد کلی و کاهش نوسانات دما، می‌توانید از محصولات منجمد از قبل (مانند بطری‌های آب یخ‌زده یا ژل‌های مخصوص) برای پر کردن فضای خالی استفاده کنید.
- ممنوعیت قاطع:** هرگز **یخ خشک (Dry Ice)** را داخل فریزر فراسرد قرار ندهید. این کار باعث ایجاد فشار شدید و آسیب به دستگاه می‌شود.

🔑 مرحله ۳: نحوه صحیح باز و بسته کردن درب

درب فریزر ULT در مقایسه با فریزرهای معمولی بسیار سنگین و حساس است.

۱. **دسته را بگیرد و به سمت خود بکشید تا قفل باز شود.**

۲. درب را باز کنید و با همان دسته آن را نگه دارید.
 ۳. زمان طلایی: هرگز درب را بیش از ۲ دقیقه باز نگه ندارید. برای پیدا کردن نمونه، ابتدا درب‌های داخلی را یکی یکی باز کنید تا سرمای کمتری خارج شود.
 ۴. پس از اتمام کار، درب را به آرامی ببندید و دسته را به سمت جلو فشار دهید تا قفل کاملاً در جای خود قفل شود.
 ۵. اگر درب به سختی باز می‌شود (مکیده شده)، پورت تخلیه فشار را بررسی کنید، هرگز آن را با زور باز نکنید.
-

مرحله ۴: ثبت اطلاعات و برچسب‌گذاری

برای جلوگیری از اتلاف وقت و حفظ دمای فریزر، سازماندهی و برچسب‌گذاری صحیح ضروری است:

اطلاعات الزامی روی ظروف:

- نام محقق اصلی (PI)
- نام ماده و شرح کلی
- تاریخ انقضا
- اتاق و شماره قفسه
- در صورت نیاز، برچسب خطر زیستی (Biohazard) یا GMO

دفترچه ثبت دما: (Logbook)

- یک برگه ثبت دما روی فریزر نصب کنید و روزانه دمای آن را یادداشت کنید.
- هرگونه نوسان دمایی، سرویس، تعمیر یا تعویض قطعه باید ثبت شود.

۴. نگهداری و تمیزکاری (Maintenance)

عدم نگهداری صحیح، شایع‌ترین علت خرابی و از دست رفتن نمونه‌هاست.

تمیزکاری منظم (روزانه/هفتگی)

دفعات	اقدام	جزئیات
روزانه	بررسی دمای نمایش داده شده	ثبت در لاگ بوک
روزانه	بررسی یخزدگی دور درب	در صورت وجود یخ، با برس ن یون پاک کنید
هفتگی	تمیز کردن واشر (گسکت) درب	با یک پارچه نرم و مرطوب
هفتگی	بررسی فیلتر هوا	در صورت کثیفی، تمیز کنید

تمیز کاری دوره‌ای (ماهانه/سالانه)

دفعات	اقدام	جزئیات فنی
هر ۲-۳ ماه	تمیز کردن فیلترهای کندانسور	فیلترها را خارج کرده، با آب بشویید، کاملاً خشک کنید و جایگزین نمایید
هر ۶ ماه	تمیز کردن کویل‌های کندانسور	با جاروبرقی و برس نرم، گرد و غبار را پاک کنید (دستگاه باید خاموش باشد)
هر ۱۲ ماه	بررسی باتری آلام	ولتاژ باید بیش از ۱۲٫۷ ولت باشد. در غیر این صورت تعویض شود
سالانه	سرویس تخصصی توسط تکنسین	شامل بررسی کمپرسورها، گاز مبرد و سیستم الکترونیک

*مرحله ۵: برفک‌زدایی (Defrosting)

برفک‌زدایی یکی از حساس‌ترین مراحل نگهداری است. ضخامت یخ بیش از ۸/۳ اینچ (حدود ۱ سانتی‌متر) یا ۴/۱ اینچ (حدود ۶ میلی‌متر) در سطح وسیع غیرقابل قبول است.

اقدامات قبل از برفک‌زدایی:

- تمام محتویات را به یک فریزر پشتیبان (Backup) منتقل کنید.
- یک روز قبل، دمای فریزر را روی سردترین حالت تنظیم کنید تا مواد غذایی/نمونه‌ها فوق‌العاده سرد شوند.

روش استاندارد برفک‌زدایی (مستند بر اساس SOP دانشگاه‌ها):

- دستگاه را خاموش و از برق بکشید.
- درب اصلی و تمام درب‌های داخلی را باز بگذارید.
- برای جمع‌آوری آب یخ‌های در حال ذوب، از دستمال، سطل و پارچه جاذب استفاده کنید.
- برای تسریع روند، می‌توانید ظروف آب گرم (نه جوش) داخل فریزر قرار دهید. اکیداً از سشوار یا بخاری برقی استفاده نکنید.

۵. برای جدا کردن تکه‌های یخ از اسکوپ (کاردک) پلاستیکی یا چوبی استفاده کنید. از اشیاء تیز فلزی استفاده نکنید.
۶. پس از ذوب کامل یخ، تمام سطوح داخلی را با یک دستمال نرم و خشک کنید.
۷. برای از بین بردن بو، داخل فریزر را با محلول جوش شیرین (یک قاشق غذاخوری در یک لیتر آب) یا سرکه سفید رقیق شده بشویید و سپس با آب تمیز آبکشی کنید.
۸. فریزر را دوشاخه کرده، روشن کنید و اجازه دهید تا به دمای تنظیم شده برسد (معمولاً ۲۴-۱۲ ساعت).
۹. پس از رسیدن به دمای مناسب، نمونه‌ها را طبق قانون بارگذاری تدریجی، به داخل برگردانید.

۵. عیب‌یابی مشکلات رایج

مشکل	علت احتمالی	راه‌حل
دمای فریزر بالاتر از حد تنظیم است	فیلتر کندانسور کثیف، درب به طور کامل بسته نشده، دریچه‌های هوا مسدود، بارگذاری بیش از حد، اتمام گاز مبرد	فیلترها را تمیز کنید، درب را محکم ببندید، اطراف فریزر را خالی کنید، نمونه‌ها را دسته‌بندی کنید. در صورت ادامه، با تکنسین تماس بگیرید.
آلارم صوتی/تصویری به صدا درآمده	یکی از آستانه‌های دمایی یا وضعیت آلارم فعال شده است	صفحه نمایش را بررسی کنید، علت را بیابید (مثل باز بودن درب). دکمه سکوت (Mute/Silence) را می‌توان فشار داد.
درب به سختی باز می‌شود	پورت تخلیه فشار (Pressure Equalization Port) یخ زده یا مسدود شده است	پورت را بررسی و با برس نرم، یخ آن را پاک کنید.
تشکیل یخ زیاد دور درب	واشر درب (Gasket) آسیب دیده یا رطوبت محیط بسیار بالاست	واشر را تعویض کنید. درب را کمتر و سریعتر باز و بسته کنید.
فریزر روشن نمی‌شود	فیوز قطع شده، دو شاخه درست وارد نشده، مشکل برد کنترل	پریز را عوض کنید، فیوز را چک کنید. در صورت ادامه، با تکنسین تماس بگیرید.

۶. برنامه ریزی برای مواقع اضطراری

قبل از هرگونه فاجعه، یک برنامه عملیاتی داشته باشید تا از نمونه‌هایتان محافظت کنید.

لیست موارد ضروری برای برنامه اضطراری:

اقدام	توضیح
داش-تن فریزر پشتیبان	یک فریزر خالی در محل یا یک قرارداد با بخش دیگر برای استفاده اضطراری داشته باشید.
سیستم پایش از راه دور	از سیستم‌هایی مانند XiltriX استفاده کنید که از طریق پیامک یا ایمیل به شما هشدار دهند. این سیستم برای بیمه نیز حیاتی است.
لیست تماس اضطراری	یک لیست به‌روز از اسامی افرادی که در صورت بروز آلام باید مطلع شوند، روی فریزر نصب کنید.
لیست اولویت نمونه	مشخص کنید در صورت لزوم، کدام نمونه‌ها اولویت اول برای نجات دارند.
بررسی بیمه	از بخش بیمه دانشگاه یا شرکت خود در مورد پوشش خسارت نمونه‌ها مطلع شوید. توجه داشته باشید که نبود سیستم پایش یا سرویس‌های منظم می‌تواند غرامت شما را به شدت کاهش دهد.

۷. چک‌لیست سریع برای کاربران

مرحله	اقدام	انجام شد؟
۱	دستکش عایق سرما و عینک ایمنی پوشیده شده؟	<input type="checkbox"/>
۲	دمای نمایش داده شده روی صفحه چک شده و پایین‌تر از ۷۵- درجه است؟	<input type="checkbox"/>
۳	واشر دور درب از نظر یخ‌زدگی و ترک بررسی شده؟	<input type="checkbox"/>
۴	قبل از باز کردن، مطمئن شده‌اید که فریزر در وضعیت آلام نیست؟	<input type="checkbox"/>
۵	درب بیش از ۲ دقیقه باز نگه داشته نشده است؟	<input type="checkbox"/>
۶	ظروف پیدا شده و خارج شده‌اند؟ برای پیدا کردن از برچسب‌ها استفاده شده است؟	<input type="checkbox"/>
۷	پس از بستن درب، دسته کاملاً قفل شده است؟	<input type="checkbox"/>
۸	دمای فریزر در لاگ بوک روزانه ثبت شده است؟	<input type="checkbox"/>
۹	آیا می‌دانید در صورت بروز آلام با چه کسی تماس بگیرید؟	<input type="checkbox"/>

✦ جمع‌بندی نهایی

فریزر فراسرد (ULT) یکی از حیاتی‌ترین و حساس‌ترین تجهیزات آزمایشگاهی است. با رعایت نکات زیر می‌توانید از نمونه‌های ارزشمند خود محافظت کنید:

۱. ایمنی شخصی اولویت اول - همیشه از دستکش‌های عایق سرما و عینک ایمنی استفاده کنید.
۲. سرعت در کار - درب فریزر را بیش از ۲ دقیقه باز نگه ندارید و نمونه‌ها را به سرعت پیدا کنید.
۳. نگهداری منظم - فیلترها را هر ۲-۳ ماه یکبار تمیز کنید و سالیانه فریزر را برفک‌زدایی نمایید.
۴. ثبت و سازماندهی - دمای روزانه را ثبت کنید و برای همه ظروف برچسب بزنید.

۵. **پایش و هشدار** - از یک سیستم پایش از راه دور استفاده کنید و یک برنامه اضطراری برای مواقع بحران داشته باشید.