# کاربرد فرآیند تبرید و سیستم‌های برودتی در صنایع فرآوری آبزیان

ذبیح اله بهمنی[1*]، رضا صفری عیسی خندقی[2]، یزدان مرادی[3]

۱- پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. بندرعباس، ایران. کدپستی: ۷۹۱۶۷۹۳۱۶۵

۲- پژوهشکده اکولوژی خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ساری، ایران.

۳- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. تهران، ایران.

*Email: zabihbahmani@gmail.com

**چکیده**

تبرید و سیستم‌های برودتی نقش بسیار مهمی در نگهداری فرآورده های شیلاتی ایفاء می‌کند. اختراع نخستین یخچال (سیستم تبرید) در اواخر قرن نوزدهم میلادی، آغاز دوره‌ای تاریخی و بزرگ در صنعت غذا بویژه فرآورده‌های شیلاتی بود. در سال‌های اخیر، این صنعت با تولید بیش از یک میلیارد یخچال در سراسر جهان، پیشرفت قابل‌ملاحظه‌ای داشته است. چرخه تبرید، یک چرخه مکانیکی است که در آن انتقال جریان گرما از مکانی با دمای کمتر به مکانی با دمای بالاتر، طی فرآیندهای مشخصی اتفاق می افتد و نقش مهمی در عملکرد سیستم‌های خنک کننده بازی می کند. سرد کردن از متداول‌ترین روش‌های نگهداری فرآورده‌های شیلاتی است که موجب حفظ نسبی کیفیت و طولانی شدن زمان ماندگاری می شود. در این مقاله به معرفی قسمت‌های مختلف سیستم‌های تبرید (یخچال، سردخانه و تونل انجماد) و عملکرد اجزاء سیستم تبرید مانند کمپرسور، کندانسور، شیر انبساط، اواپراتور و انواع مبردها[1] پرداخته شد.

**واژگان کلیدی**: سیستم های برودتی، یخچال، کیفیت، زمان ماندگاری، فرآورده‌های شیلاتی

Journal of Aquatic Case (J.A.C.S)

[1] Refrigerant

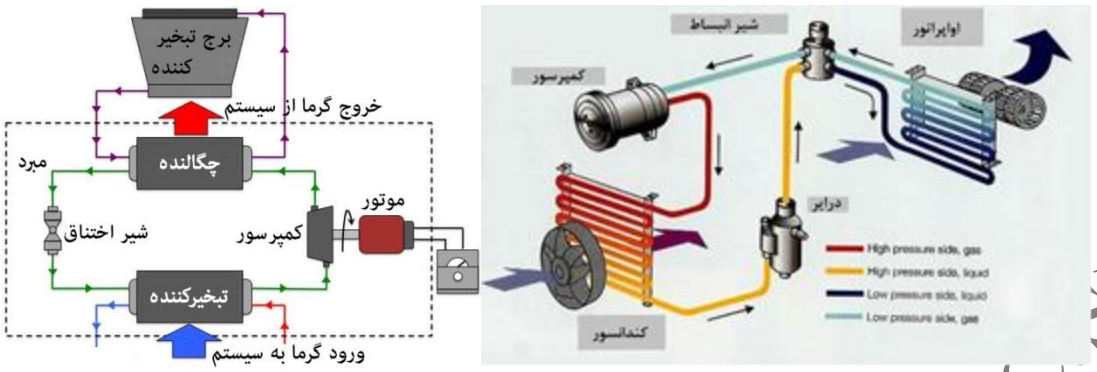
**بیان مسئله**

به طور کلی، در کشورهایی پیشرفته، فرآوری مواد غذایی دریایی و تولید محصولات با ارزش افزوده، مانند وعده‌های غذایی آماده، گسترش یافته است. در سال ۲۰۲۰، ۷۵ درصد از تولید آبزیان برای مصارف انسان درنظر گرفته شد که در کشورهای پردرآمد، ۱۷ درصد به صورت منجمد، ۲۶ درصد به صورت آماده و کنسروشده و ۱۳ درصد به صورت پخته شده بود (FAO, 2022). در کشورهای در حال توسعه، ۱۸ درصد محصولات دریایی بسته به کالا و ارزش بازار، از روش‌های سنتی به فرآورده‌های با ارزش افزوده تبدیل شده است. با این حال، بسته به زیرساخت‌ها و ترجیحات فرهنگی کشورها تفاوت‌های قابل توجهی وجود دارد. در سال ۲۰۲۰، ۲۰ درصد از تولید غذای آبزیان کشورهای با درآمد متوسط روبه بالا به صورت منجمد، ۱۱ درصد به صورت کنسروشده و بیش از ۶۰ درصد به صورت زنده، تازه یا سرد استفاده شد (FAO, 2022). در مقابل، برای کشورهای کم‌درآمد، تنها ۷ درصد به صورت منجمد، بیش از ۲۰ درصد به شکل پخته شده و حدود ۷۰ درصد به صورت تازه یا سرد شده بود (FAO, 2022). تبرید[۲] عبارت است از جذب حرارت از یک سیال و دفع آن به سیال دیگر (سیال می تواند هوا، آب و یا هر نوع گاز یا مایع دیگر باشد). در کلیه سیستم‌های تبرید حفظ سرما مستلزم جذب حرارت از موادی با درجه حرارت کمتر و خارج کردن این حرارت به محیطی با درجه حرارت بالاتر می باشد. براساس قوانین ترمودینامیک، گرما از منبعی با دمای بالاتر به منبعی با دمای پایین‌تر منتقل می‌شود. به بیان دیگر، جهت انتقال گرما در جهت کاهش دما است. اما انتقال گرما در جهت معکوس، از منبعی با دمای پایین‌تر به منبعی با دمای بالاتر، نمی‌تواند خودبه‌خود رخ دهد. برای انجام این کار به سیستم تبرید (یخچال، سردخانه و انواع فریزر) مورد نیاز می باشد. کشف سیستم تبرید یکی از مفیدترین اختراعات علم‌مدرن است (Gokoglu and Yerlikaya, 2015). سیستم تبرید متشکل از یک محفظه عایق حرارتی و یک پمپ حرارتی برای تبادل گرما از داخل به محیط بیرون می‌باشد که باعث افزایش ماندگاری فرآورده‌های شیلاتی می شود. همه فرآورده‌های شیلاتی فاسدشدنی هستند و باید در شرایط سرد (یخچال، سردخانه و انواع فریزر) نگهداری شوند (Ghaly et al., 2010). رشد میکروارگانیسم‌ها به دلیل دمای پایین یخچال بسیار کاهش می‌یابد. باکتری‌ها تقریباً در همه جا (زمین، هوا و آب) و همچنین در فرآورده‌های شیلاتی حضور دارند. وقتی باکتری‌ها به غذا، رطوبت و دمای مناسب (دمای بین ۴ تا۶۰ درجه سانتی‌گراد) دسترسی پیدا می کنند، به سرعت تکثیر نموده و باعث ایجاد بیماری می‌شوند (Ghaly et al., 2010). وظیفه اصلی سیستم تبرید خنک نگه‌داشتن مواد غذایی و دارویی است و از کمپرسور[۳] (موتور)، کندانسور[۴] (مایع کننده مبرد)، شیر انبساط[۵] یا اختناق، اواپراتور[۶] (تبخیر کننده مبرد)، تابلو برق و اتاق یا بدنه سردخانه[۷] تشکیل شده است. در این مقاله با اجزای سیستم تبرید آشنا خواهید شد (شکل ۱).

[2]Tabrid or Refrigeration system
[3]Compressor
[4]Condenser
[5]Expansion valve
[6]Evaporator
[7]Sandwich panel



Journal of Aquatic Cas... Sea (J.A.C.S)




شکل ۱. نمای شماتیک چرخه تبرید در سیستم‌های انجمادی

**دستاورد یا راهکار**

سیستم تبرید و صنعت انجماد یکی از ملزومات صنایع غذایی و فرآوری آبزیان است که جهت نگهداری و حمل و نقل مورد استفاده قرار می‌گیرد، که در صورت بروز مشکل، نگهداری و حمل و نقل آبزیان با چالش جدی مواجه خواهد شد. سیستم برودتی مورد استفاده باید متناسب با نوع محصول و مقیاس کار باشد تا هم کیفیت محصول حفظ شود و هم هزینه زیادی به مجموعه تحمیل نکند. براین اساس، اجزاء اصلی و فرعی سیستم برودتی انتخاب و به کار گرفته می‌شود.

مبرد: ماده سیال درون چرخه تبرید می‌باشد، عملکرد چرخه تبرید، عکس چرخه کارنو است (Gokoglu and Yerlikaya. 2015). این ماده در چرخه به طور مرتب از حالت مایع به گاز تبدیل و آنگاه دوباره با سرد شدن، از گاز به مایع تغییر حالت می‌دهد. رایج ترین مبردهای در سیکل تبرید یخچال، فریون (Freon or R22) یا پورون (Puron or R140A) می‌باشند (Gokoglu and Yerlikaya, 2015). انتخاب صحیح ماده مبرد در طراحی یک سیستم تبرید می‌تواند تاثیر فراوانی بر ایمنی، طول عمر و مصرف انرژی داشته باشد (Björk et al., 2016). فاکتورهای تاثیرگذار در انتخاب مبرد شامل:

خواص**ترمودینامیک**: شامل، نقطه‌جوش، دمای‌بحرانی و ظرفیت‌گرمایی مبرد باید به گونه‌ای باشند که سیستم تبرید بتواند با بازدهی بالا در دمای مورد نظر فعالیت نماید.

**خواص‌شیمیایی**: یک مبرد باید پایدار، خنثی و قابلیت بازیافت داشته باشد.

**خواص‌فیزیکی**: یک مبرد باید چگالی پایین و ضریب انتقال حرارت بالای داشته باشد.

**خواص ایمنی و زیست محیطی**: غیرسمی، اشتعال ناپذیر و بی خطر برای محیط زیست باشد. تاثیر مواد مبرد بر محیط زیست با دو عدد موسوم به پتانسیل تخریب لایه ازن[8](ODP) و پتانسیل گرمایش جهانی (GWP)[9] توصیف می‌شود. عدد ODP مقداری در بازه صفر تا یک دارد که هرچه این عدد به یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده آن است که پتانسیل بیش‌تری برای تخریب لایه ازن دارد. عدد ODP مبردهای کلروفلوئوروکربن‌بدلیل وجود کلر به طور معمول زیاد است به همین خاطر امروزه از گازهای CFC به عنوان ماده مبرد استفاده نمی‌شود. مقادیرGWP می‌تواند از صفر تا چند هزار تغییر کند هرچهGWP بزرگ‌تر باشد، نشان‌دهنده تاثیر منفی بیشتر گاز بر گرمایش جهانی است.

[8]Ozone Depletion Potential (ODP)
[9] Global Warming Potential (GWP)

**انواع مبردها**

**مبردهای طبیعی**: مهم‌ترین مزیت مبردهای طبیعی مانند دی‌اکسیدکربن، آمونیاک و پروپان این است که عددODP آن‌ها صفر و GWP پایین است. علت استقبال زیاد از این مبردها به دلیل در دسترس بودن مبردهای طبیعی و عدم خسارت می‌باشد (Ghaly et al., 2010).

**آمونیاک (R717)**: این مبرد دارای وزن مولکولی کم و توانایی کار کردن در دماهای مختلف می باشد. گرمای نهان تبخیر آن بالا است و بوهای آن را به راحتی می‌توان شناسایی کرد. از جمله معایب این گاز، میزان سمیت بالا، واکنش پذیری، جذب آب، تجزیه در دمای بالا و قابلیت اشتعال است. آمونیاک هم در سیستم‌های تراکمی و هم در سیستم‌های تبرید جذبی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ghaly et al., 2010).

دی‌اکسیدکربن: غیرقابل اشتعال و غیرسمی بوده، در گذشته از دی‌اکسیدکربن بعنوان مبرد استفاده می‌شد ولی بعلت دمای بحرانی پایین این گاز، بازدهی پایینی داشت که با پیشرفت تکنولوژی این موضوع مرتفع شد (Ghaly et al., 2010).

مبردهای نسل جدید: مبردها بر اساس ترکیب شیمیایی، به سه دسته کلروفلوئوروکربن‌ها (CFC)، هیدروکلروفلوئوروکربن‌ها (HCFC) و هیدروفلوئوروکربن‌ها (HFC) تقسیم می‌شوند (Ghaly et al., 2010).

کمپرسور: موتور اصلی سیستم تبرید و یک دستگاه مکانیکی می‌باشد که گاز مبرد را فشرده و حجم آن را کاهش می‌دهد. زمانی که گاز فشرده می‌شود، دمای آن افزایش پیدا می‌کند. کمپرسور باعث جریان مداوم و انتقال بخار مبرد در سیستم تبرید می‌گردد. براساس قانون دوم ترمودینامیک ذرات برای حرکت به تفاوت در تراز یا سطوح انرژی نیاز دارند. ماده از سطحی با انرژی بالاتر به سطحی با انرژی پایین‌تر حرکت می‌کند. در سیکل تبرید یخچال و سردخانه، ماده مبرد از مکانی با فشار بیشتر به مکانی با فشار کمتر می‌رود. کمپرسور را می توان بر اساس سرعت، ساختار، قدرت و معیارهای مختلف دیگر مانند دینامیک (گریز از مرکز، محوری و مورب یا جریان مختلط)، جابجایی مثبت (دورانی، اسکرو، حلقه مایع، اسکرال، دنده ای و روتاری) و پیستونی (دیافراگمی، تک مرحله ای و دو مرحله ای) دسته بندی نمود. براساس ساختار درونی و محفظه قرارگیری مبرد به سه دسته هرمتیک[10]، سمی‌هرمتیک[11] و باز تقسیم‌بندی می‌گردد (Widell and Eikevik, 2010). مزیت استفاده از کمپرسورهای چند مرحله ای نسبت به تک مرحله‌ای این است که به مبرد اجازه می‌دهد در بین هر مرحله خنک‌شود که این امر باعث افزایش بازده سیستم می شود. کاربرد دیگر کمپرسورهای کاهش دمای گاز مبرد بین مراحل فشرده‌سازی می باشد که در برخی از سیستم‌ها، بدلیل افزایش فشار، دما به مقداری زیادی افزایش پیدا می‌کند که از محدوده تحمل قطعات داخلی کمپرسور بیشتر می‌باشد. کمپرسورهای چند مرحله‌ای بدلیل پیچیدگی در طراحی داری قیمت بیشتری هستند. استفاده از کمپرسورهای تک مرحله‌ای برای مقیاس کوچک و تغییر فشار در سطوح کوچک، گزینه مقرون به صرفه‌تری محسوب می‌شوند (Rasta et al., 2018).

[10]Hermetic
[11]Semihermetic



Journal of Aquatic Caspian Sea (J.A.C.S)

**کندانسور**[12] یا مبدل حرارتی، وظیفه خنک کردن و تغییر فاز مبرد گازی به مایع را بر عهده دارند. این دستگاه، بعد از کمپرسور قرارگرفته و گاز مبرد پس از ورود به این قسمت تبادل حرارت کرده و تقطیر می گردد. به عبارتی مبرد در کندانسور، از حالت بخار به مایع تبدیل می‌شود و تغییر فاز رخ می‌دهد که با خروج مقدار قابل‌توجهی گرما همراه است اما فشار ثابت باقی می‌ماند (Rasta et al., 2018). کندانسور براساس نوع محیط خنک کننده به چهار دسته اصلی تقسیم می‌شود.

**۱- کندانسور آبی**: در این نوع کندانسور، گرمای مبرد با آب کاهش می‌یابد و آب خنک کننده می‌تواند بصورت سیستم باز یا بسته، طراحی شود.

**۲- کندانسور هوایی**: در این کندانسور، مبرد توسط هوا خنک می‌شود و هوا بصورت طبیعی یا مصنوعی تأمین می‌شود. از این کندانسورها برای واحدهای برودتی فرنونی و مناطقی که آب کافی ندارند، استفاده می‌شود.

**۳- کندانسور ترکیبی**: در این کندانسور، مبرد به طور همزمان توسط آب و هوا خنک می‌شود، اما عمدتاً به تبخیر آب خنک‌کننده در سطح لوله انتقال حرارت بستگی دارد. مقدار زیادی گرمای مبرد به عنوان گرمای نهان بخار آب جذب می‌شود. تأثیر هوا بیشتر در تسریع تبخیر آب است. بنابراین، مصرف آب بسیار کمی دارند و برای مناطقی با آب و هوای خشک با تأمین آب کافی، بهترین انتخاب هستند.

**۴-- کندانسور تبخیری**: در این نوع کندانسور، از اثر سرمایی ناشی از تبخیر مبرد در سیستم برودتی دیگر، برای خنک کردن بخار مبرد در طرف دیگر دیواره انتقال حرارت و ایجاد میعان استفاده می‌شود (Gokoglu and Yerlikaya, 2015).

**شیر انبساط:** ماده مبرد به شکل مایع وارد شیر انبساط و به شکل مخلوطی از مایع و بخار از آن خارج می‌شود. شیر انبساط، نرخ جریان ماده مبرد وارد شده به اواپراتور را تنظیم می‌کند در این حالت فشار ماده مبرد و دمای لازم برای تبخیر آن کاهش می‌یابد (Björk, 2016). هر چه فشار کمتر باشد، نقطه جوش نیز پایین‌تر خواهد بود. همچنین ماده مبرد خارج شده از اواپراتور بسیار داغ است و هیچ مایعی وجود ندارد (Gokoglu and Yerlikaya, 2015).

**اواپراتور**: یک مبدل حرارتی است که با تبخیر ماده مبرد، حرارت از محیط و محصولات موجود در محیط گرفته می‌شود. اوپراتور با جذب گرما از هوا و دمیدن آن به ماده مبرد باعث تبخیر ماده مبرد می‌شود. از این‌رو، دمای ماده مبرد افزایش و تبخیر خواهد شد. از آنجا که ماده مبرد مقدار قابل‌توجهی گرما از هوا می‌گیرد، هوای خارج شده از اواپراتور دمای پایینی دارد. اواپراتور عمدتاً از دو محفظه گرمایش و تبخیر تشکیل شده است. محفظه گرمایش گرمای لازم برای تبخیر را فراهم می‌کند و محفظه تبخیر دو فاز مایع و گازی را کاملاً از هم جدا می‌کند. در سردخانه‌ها، اواپراتور در قسمت داخلی اتاقک نصب می‌شود (Widell and Eikevik, 2010).در اواپراتور، مبرد در داخل کویل‌های آن به گردش در می‌آید. دمای گاز سرد شده از طریق کندانسور وارد کویل‌های

[12]Condansor



Journal of Aquatic Caspian Sea (J.A.C.S)

اواپراتور می‌گردد و سپس از طریق چندین فن این سرما در محیط سردخانه پخش می‌شود. از این رو اواپراتور علاوه بر سرمایش سردخانه، عمل تهویه را نیز انجام می‌دهد. اواپراتور به شکل لوله‌های کوچک از جنس مس یا آلومینیوم است. این کویل‌ها از فلز رسانا ساخته شده‌اند تا انتقال حرارت به حداکثر برسد. اواپراتور گرمای حاصل از غذاهایی دریایی موجود در بخش‌های خنک-کننده را جذب می‌کند. در اواپراتور همواره دمای فضا یا مواد سرد شونده باید از دمای مبرد بیشتر باشد تا عمل انتقال حرارت صورت گیرد. اواپراتورها از نظر ساختمان در صنعت یخچال‌سازی و سردخانه به اواپراتورهای صفحه‌ای و کویلی پره‌دار تقسیم می‌شوند (Wang and Wang, 2005).

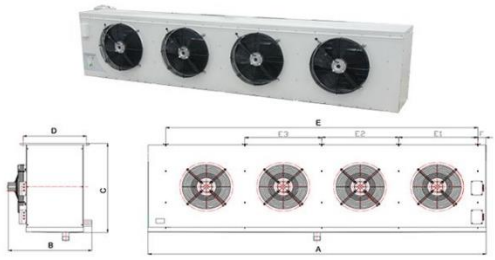
**اواپراتورهای صفحه‌ای:** این نوع اواپراتور از دو صفحه فلزی ساده یا فرم دار که بهم متصل و جوشکاری شده‌اند ساخته می‌شوند (شکل ۲) و ماده مبرد بین مجاری دو صفحه و از داخل شیارها جریان پیدا می‌کند این نوع اواپراتور بیشتر در دستگاه‌های سردکننده خانگی مثل یخچال‌ها و فریزرها به کار برده می‌شوند. محاسن آنها شامل نظافت آسان، اقتصادی بودن (از نظر هزینه ساخت، تعمیر و تعویض) و شکل‌گیری آسان جهت مصارف مختلف است (Rasta et al., 2018).

شکل ۲. اوپراتور صفحه‌ای

شکل ۳. اواپراتور کویلی پره‌دار

Journal of Aquatic Science (J.A.C.S)

اواپراتورهای کویلی پره‌دار[13] شامل مجموعه‌ای از لوله‌های مسی و پره‌های فلزی اغلب از جنس آلومینیوم می‌باشد (شکل ۳) که به شکل گسترده‌ای در صنعت سردسازی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای افزایش ضریب بهره لوله‌های مسی در این نوع اواپراتورها، بوسیله سنبه‌های مخصوص و با فشار یک دستگاه پرس گشاد کرده و عمل تماس سطحی بین پره و لوله‌ها را افزایش می‌دهند. فاصله پره‌ها در کاربردهای بالای صفر کمتر از اواپراتورهای مورد استفاده در سیستم‌های زیر صفر می‌باشد. ( Nakazawa and Okazaki, 2020). نوع دیگری از اواپراتورها که به آنها فن‌کویل نیز گفته می‌شود، وجود دارد که به جای جاری شدن مبرد در کویل آنها، از محلول آب سرد و گلیکول استفاده می‌شود (شکل ۴). در واقع مبرد در یک مبدل حرارتی پوسته و لوله[14] متصل شده به چیلر، دمای محلول آب و گلیکول را تا حد مشخصی کاهش داده و سرد شده سپس با پمپ به فن کویل‌های مستقر در سردخانه پمپاژ می‌شود. اواپراتورهای مورد استفاده درسردخانه و تونل انجماد براساس بازه دمایی مورد نیاز به سه دسته DL (۱۵- تا ۵ C°)، DD (۱۵- تا ۲۵ C°-) و DJ (۲۵- تا ۴۰ C°-) تقسیم می‌شوند (Pan et al., 2020).



شکل ۴. اواپراتور پره‌دار در سردخانه‌های صنایع انجماد

**شیر تنظیم فشار اواپراتور**[15]: در سیستم‌هایی که دو یا چند اواپراتور با دماهای متفاوت به کندانسینگ یونیت مشترک، متصل شده باشند **از** شیر تنظیم کننده فشار اواپراتور استفاده می‌گردد. این شیر، فشار و دمای اشباع مبرد در سطح اواپراتور را در حد مورد نظر نگه داشته و اواپراتور دستگاه را در مقابل یخ زدگی و سرمای بیش از اندازه محافظت خواهد کرد (James et al., 2008).

دیفراست (برفک زدایی): عمل تقطیر بخار آب موجود در هوا بر روی لوله‌های اواپراتور انجام می‌شود و بخار آب موجود در هوا در اثر برخورد به آن به مایع تبدیل می‌شود. این مایع در اواپراتورهای دستگاه‌های خنک کننده‌ای مانند فن‌کویل خانگی و کولر گازی از طریق یک کانال خارج می‌شود ولی در اواپراتور زیر صفر (سردخانه‌ای) به یخ تبدیل می‌شود و سطح کویل‌های اواپراتور را می‌پوشاند و باعث کاهش راندمان می‌شود. برای زدودن این برفک‌ها، فن‌های کمپرسور و اواپراتور موقتاً خاموش شده و هیترهای الکتریکی عمل برفک‌زدایی را انجام می‌دهند (Widell and Eikevik, 2010). عمل دیفراست بطور خودکاردر زمان‌های پیش‌بینی شده با توجه به ضخامت برفک روی فن‌های اواپراتور توسط فرمان از ترموستات‌ها انجام می‌شود (Björk et al., 2016). در یخچال‌های صنعتی و سردخانه‌ها وجود برفک در سطوح انتقال حرارت اواپراتور موجب کاهش راندمان سردسازی شده و

[13] Coil Evaporator
[14] Shell and Tube
[15] Evaporator Pressure Regulator

موجب برگشت مایع به کمپرسور می‌شود که در این صورت به قسمت‌های مختلف کمپرسور آسیب جدی وارد می‌شود (Rasta, 2018).

**توصیه ترویجی**

سیستم تبرید مناسب برای مجموعه فرآوری آبزیان با توجه به موقعیت جغرافیایی (شرایط آب و هوایی) و مقیاس کار می‌تواند، متفاوت باشد. پیشنهاد می‌گردد از کمپرسورهای دو مرحله‌ای به جای یک مرحله‌ای برای سیستم‌های تبرید با ظرفیت بالا و دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد (مانند تونل انجماد) و همچنین از کندانسورهای متناسب با شرایط آب و هوایی مانند کندانسورهای هوایی، در مناطق خشک، کندانسورهای آبی در مناطق دارای منابع آبی فراوان و یا از سیستم‌های ترکیبی استفاده گردد. بطورکلی استفاده از سازه‌های پیش‌ساخته (ساندویچ پانل‌ها) به جای سازه‌های بتنی در مراکز فرآوری با مقیاس کوچک دارای برق تک‌فاز، پیشنهاد می‌گردد. لازم است که ظرفیت سردخانه و تونل انجماد هر واحد فرآوری به ترتیب حداقل معادل تولید سالانه و هفتگی آن واحد فرآوری باشد.

**تشکر و قدردانی**

از همکاران محترم در پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان صمیمانه سپاسگزارم.

منابع

-Björk, A.D.A.M. and SchouKongstad, C., 2016. Conditions for design and control of refrigeration systems in fish processing plants. Chalmers University of Technology, Sweden. pp. 86.
-FAO (Food and Agriculture Organization), 2022.The state of world fisheries and aquaculture (toward blue transformation). pp. 266.

-Ghaly, A.E., Dave, D., Budge, S. and Brooks, M.S., 2010. Fish spoilage mechanisms and preservation techniques. American journal of applied sciences, 7(7): pp.859.
-Gokoglu, N. and Yerlikaya, P., 2015. Seafood chilling, refrigeration and freezing: science and technology. John Wiley & Sons. pp. 234.
-James, S. and James, C., 2008. Refrigeration, storage and transport of chilled foods. In Chilled Foods (pp. 375-403). Woodhead Publishing.
-Nakazawa, N. and Okazaki, E. 2020. Recent research on factors influencing the quality of frozen seafood. Fisheries Science, 86, pp.231-244.
-Pan, M., Zhao, H., Liang, D., Zhu, Y., Liang, Y. and Bao, G., 2020. A review of the cascade refrigeration system. Energies, 13(9), pp. 2254.
-Rasta, I.M., Susila, I.D.M. and Subagia, I.W.A., 2018. Technology application of environmental friendly refrigeration (green refrigeration) on cold storage for fishery industry.In Journal of Physics: Conference Series 953 012077). IOP Publishing. Conf. Ser. 953 012077
-Wang, S.G. and Wang, R.Z., 2005. Recent developments of refrigeration technology in fishing vessels. Renewable Energy, 30(4), pp. 589-600.
-Widell, K.N. and Eikevik, T., 2010. Reducing power consumption in multi-compressor refrigeration systems. International Journal of refrigeration, 33(1), pp. 88-94.

Archive of SID Aquatic Sea (J.A.C.S)