INSO
19935
1st.Edition
2015

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۹۹۳۵
چاپ اول
۱۳۹۴

فناوری‌نانو- تعیین مشخصات عملکرد دستگاه‌های اسمز معکوس و نانوفیلتراسیون- روش آزمون

Nanotechnologies – Determination of operating characteristics of reverse osmosis and nanofiltration devices _ Test methods

ICS: 07.030

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود . پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذینفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب ، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود . بدین ترتیب ، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت های علمی ، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون ، برای حمایت از مصرف کنندگان ، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی ، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی ، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور ، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره ، آموزش ، بازرسی ، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی ، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش ، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم ، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها ، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش ، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2 - International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«فناوری‌نانو- تعیین مشخصات عملکرد دستگاه‌های اسمز معکوس و نانوفیلتراسیون- روش آزمون»

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
فاضلی، مجتبی (دکتری مهندسی محیط زیست)	عضو هیات علمی دانشگاه شهید بهشتی
دبیر:	
رشیدی مهرآبادی، عبداله (دکتری مهندسی محیط زیست)	عضو هیات علمی دانشگاه شهید بهشتی
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
افتخاری، محمدسعید (کارشناسی ارشد مواد)	کارشناس شرکت فرآیندسازان مهاب
پوی پوی، حسن (کارشناس ارشد شیمی)	کارشناس ستاد توسعه فناوری نانو
ترابیان، علی (دکترای مهندسی محیط زیست)	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
جعفریان دهکردی، علی (دکتری مکانیک)	عضو هیات علمی دانشگاه تربیت مدرس

رشیدی، لادن (دکتری مهندسی شیمی بیوتکنولوژی)	پژوهشگاه استاندارد- سازمان ملی استاندارد ایران
سیفی، مهوش (کارشناس ارشد مدیریت دولتی)	کارشناس استاندارد- بازنشسته سازمان استاندارد
شکرالله زاده، سهیلا (دکتری مهندسی شیمی)	کارشناس سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران
مرجوی، علی (دانشجوی دکتری سیاست گذاری فناوری)	کارشناس ستاد توسعه فناوری نانو
میرابی، مریم (دکتری مهندسی محیط زیست)	عضو هیات علمی دانشگاه شهید بهشتی
نایب، حسین (کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست)	دانشجوی دکتری دانشگاه شهید بهشتی
نوربخش، رویا (کارشناس ارشد سم شناسی)	پژوهشگاه استاندارد - سازمان ملی استاندارد ایران
هاشمی شهرکی، مهدی (کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست)	دانشجوی دکتری دانشگاه شهید بهشتی

پیش‌گفتار

استاندارد «فناوری‌نانو- تعیین مشخصات عملکرد دستگاه‌های اسمز معکوس و نانو فیلتراسیون- روش آزمون» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی ایران تهیه و تدوین شده و در بیست و سومین اجلاس کمیتهٔ ملی فناوری نانو مورخ ۱۳۹۴/۶/۲۳ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیهٔ این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است :

ASTM D 4194 – 03: 2008, Standard Test Methods for Operating Characteristics of Reverse Osmosis and Nanofiltration Devices

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

آشنایی با سازمان ملی استاندارد آ
کمیسیون فنی تدوین استاندارد ب
پیش گفتار ث
فهرست مندرجات ج
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها ،اختصارات و یکاها ۲
۴ اصول آزمون ۲
۵ مواد و/یا واکنشگرها ۲
۶ دستگاه آزمون ۲
۶-۱ اجزا ۲
۶-۲ سامانه‌ها ۵
۶-۳ نصب ابزار دقیق ۶
۷ روش آزمون الف- دستگاه‌های اسمز معکوس آب لب‌شور ۷
۷-۱ هدف و دامنه‌کاربرد ۷
۷-۲ اصول روش ۷
۷-۳ مواد و/یا واکنشگرها ۷
۷-۴ روش آزمون ۸
۷-۵ ثبت داده‌ها ۸
۷-۶ روش کار متوقف کردن ۹
۷-۷ محاسبات ۹
۷-۸ دقت و بایاس ۱۱
۷-۹ گزارش آزمون ۱۲
۸ روش آزمون ب- دستگاه‌های نانوفیلتراسیون ۱۲
۸-۱ هدف و دامنه کاربرد ۱۲
۸-۲ ا صول روش ۱۲
۸-۳ مواد و/یا واکنشگرها ۱۲
۸-۴ روش انجام آزمون ۱۳
۸-۵ ثبت داده‌ها ۱۴

۸-۶ روش کار متوقف کردن ۱۵
۸-۷ محاسبات ۱۵
۸-۸ دقت و بایاس ۱۶
۸-۹ گزارش آزمون ۱۷
۹ روش آزمون ج-دستگاه‌های اسمز معکوس آب دریا ۱۸
۹-۱ هدف و دامنه کاربرد ۱۸
۹-۲ اصول روش آزمون ۱۸
۹-۳ مواد ویا/ واکنشگرها ۱۸
۹-۴ روش انجام آزمون ۱۸
۹-۵ ثبت داده‌ها ۱۹
۹-۶ روش کار متوقف کردن ۲۰
۹-۷ محاسبات ۲۱
۹-۸ دقت و بایاس ۲۲
۹-۸ گزارش آزمون ۲۳
۱۰ کلمات کلیدی ۲۳

تعیین مشخصات عملکرد دستگاه‌های اسمز معکوس و نانوفیلتراسیون- روش آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش آزمون عملکرد تجهیزات غشایی اسمز معکوس و نانوفیلتراسیون است. این استاندارد برای تعیین مشخصات عملیاتی دستگاه‌های اسمز معکوس در شرایط آزمون استاندارد کاربرد دارد. در این استاندارد سه روش آزمون دستگاه‌های اسمز معکوس آب لب‌شور، دستگاه‌های نانوفیلتراسیون و دستگاه‌های اسمز معکوس آب دریا ارائه شده است. این آزمون‌ها برای تعیین تغییرات احتمالی مشخصات عملیاتی دستگاه‌های اسمز معکوس و نانوفیلتراسیون کاربرد دارد، اما برای طراحی تأسیسات قابل‌قبول نیستند.

این استاندارد برای آب‌های طبیعی کاربرد ندارد.

هشدار- در این استاندارد به تمام موارد ایمنی مرتبط با کاربرد آن اشاره نشده است. درصورت وجود چنین مواردی، مسئولیت برقراری ایمنی، سلامتی و تعیین حدود قوانین کاربری قبل از استفاده به‌عهده کاربر است.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آنها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود. درصورتی‌که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آنها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۵۰، کیفیت آب- اندازه‌گیری یون کلرید در آب

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۹۴۹۰، فرآیندهای غشایی میکروفیلتراسیون، اولترافیلتراسیون، نانوفیلتراسیون و اسمز معکوس – واژه‌نامه

۲-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۸، آب- مورد مصرف در آزمایشگاه تجزیه –ویژگی‌ها و روش‌های آزمون

2-4 ASTM D 1125, Test Methods for Electrical Conductivity and Resistivity of Water

2-5 ASTM D 1129, Terminology Relating to Water

2-6 ASTM D1193 Specification for Reagent Water

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد از اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۹۴۹۰ و استاندارد ASTM D 1229 استفاده می‌شود.

۴ اصول آزمون

این روش آزمون شامل تعیین قابلیت نمک‌زدایی از آب و نرخ جریان تراویده دستگاه‌های اسمز معکوس و نانوفیلتراسیون است و برای تمامی دستگاه‌های اسمز معکوس و نانوفیلتراسیون جدید و مستعمل قابل‌استفاده است.

از دستگاه‌های نمک‌زدایی اسمز معکوس و نانوفیلتراسیون می‌توان به‌منظور تولید آب شرب از منابع آب لب‌شور (<10000mg/L) و آب دریا و نیز برای بهبود کیفیت آب صنعتی استفاده کرد. با استفاده از این روش‌های آزمون می‌توان عملکرد دستگاه‌های اسمز معکوس را تحت مجموعه‌ای از شرایط استاندارد اندازه‌گیری کرد. این روش‌ها برای آزمون کوتاه‌مدت (کمتر از ۲۴ ساعت) مناسب هستند.

۵ مواد و/یا واکنشگرها

در این آزمون باید از مواد شیمیایی با درجه خلوص آزمایشگاهی استفاده شود. به‌جز در موارد ذکرشده، تمامی واکنشگرهای مورد استفاده باید منطبق با مشخصات تعیین شده باشند. درجات دیگر می‌توانند مشروط بر دارا بودن خلوص به‌اندازه کافی بالا و بدون کاهش صحت اندازه‌گیری، استفاده شوند.

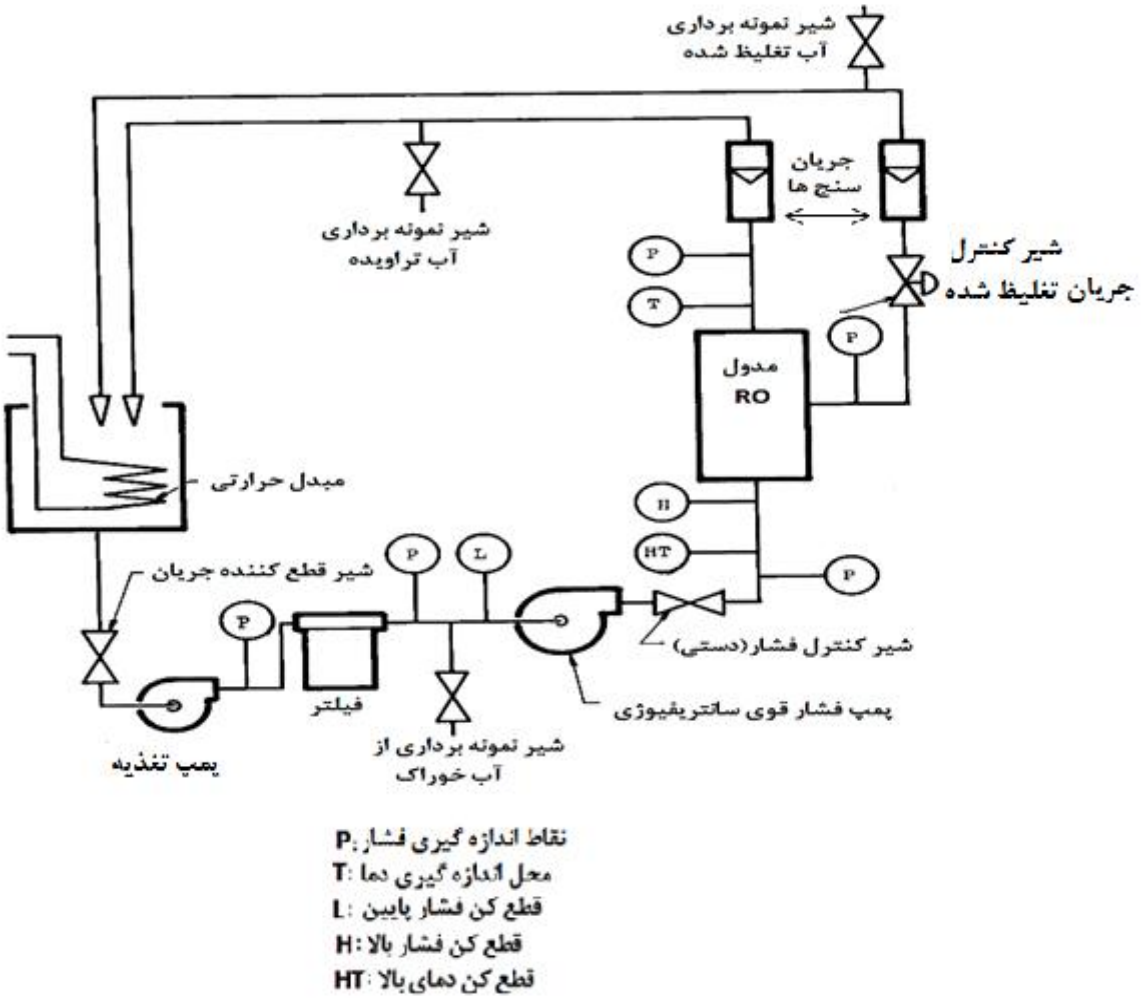
خلوص آب، به‌جز در موارد استثنا، آب نوع درجه ۳ معرف درجه ۳ مطابق با مشخصات استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۸ باشد.

۶ دستگاه آزمون

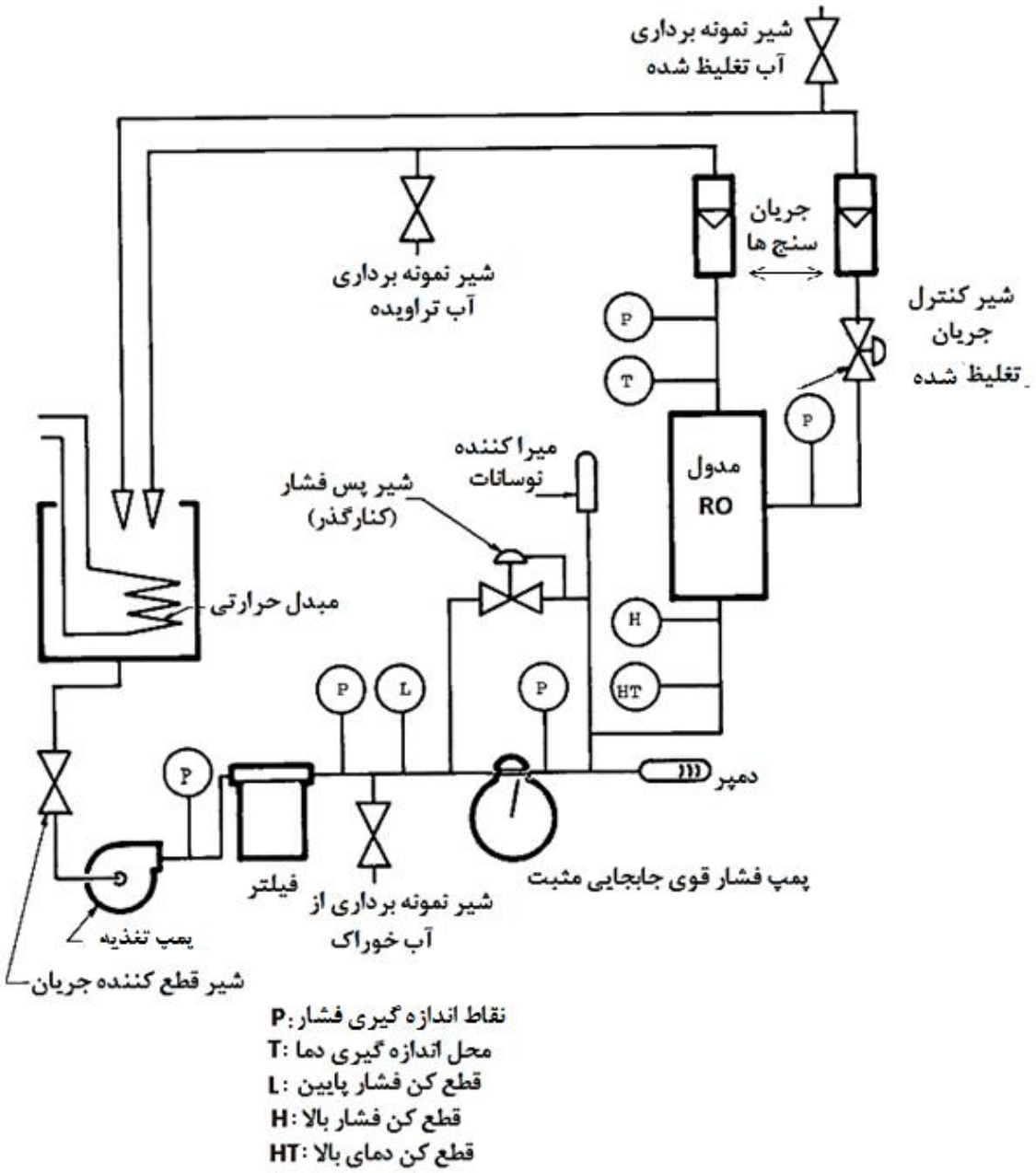
دستگاه‌های مورد استفاده برای هر دو روش به‌صورت طرحواره در شکل ۱ و شکل ۲ نشان داده شده است. می‌توان از یک هدایت‌سنج برای تعیین غلظت نمک مطابق استاندارد ASTM D 1125 استفاده کرد.

۶-۱ اجزا

۶-۱-۱ جنس مواد سازنده دستگاه در کل بخش‌های تر شده باید به‌منظور جلوگیری از آلودگی محلول خوراک، با محصولات خوردگی، باید از پلاستیک یا فولاد زنگ‌نزن (فولاد ۳۱۶ یا مقاوم‌تر) باشد. از لوله‌هایی با جنس مواد واکنش‌پذیر مانند فولاد کربنی ساده، چدن و فولاد گالوانیزه یا فولاد کربنی آبکاری شده با کادمیوم برای لوله‌کشی استفاده نشود. اطمینان حاصل شود که هیچ نوع آلودگی در اثر وجود فیلم‌های روغنی روی لوله‌های فلزی جدید، ازجمله مواد جداساز باقیمانده روی اجزای پلاستیکی خام یا وجود محلول‌های خوراک که قبلاً در سیستم استفاده‌شده، ایجاد نشوند و درصورتی که اجزا دستگاه مشکوک به آلودگی باشند، قبل از استفاده آنها را به‌طور کامل تمیز و/یا روغن‌کاری نمایید. کل اجزای تحت‌فشار، فولاد زنگ‌نزن یا پلاستیک بهتر است بر اساس مقدار فشار تعیین شده توسط تأمین‌کننده طراحی شوند. برای مطابقت با آیین کار مهندسی استاندارد، مقدار فشار داده شده سازنده را بررسی کنید.



شکل ۱- نمودار لوله‌کشی سامانه پمپ فشار بالای سانتریفیوژ



شکل ۲- نمودار لوله‌کشی سیستم پمپ فشار قوی جابجایی مثبت

۶-۱-۲ دستگاه آزمون اسمز معکوس به‌صورت طرحواره در شکل ۱ نشان داده شده است. این دستگاه با پمپ گریز از مرکز کار می‌کند و شامل مخزن نگهداری خوراک مجهز به سامانه ترموستات به‌منظور نگهداری محلول خوراک در دمای موردنظر، یک پمپ تغذیه، یک پمپ گریز از مرکز فشار بالا و یک مدول اسمز معکوس است. از یک شیر با حداقل محدودیت جریان به‌منظور جلوگیری از افت فشار بیش‌از اندازه (برای مثال یک شیر کروی یا شیر کشویی) به‌عنوان شیر قطع کننده جریان استفاده کنید. فیلتر می‌تواند یک توری (با اندازه روزنه ۱۰۰) یا یک فیلتر ۵ میکرون (بر اساس توصیه تأمین‌کننده) باشد.

از یک شیر کنترل فشار مانند شیر کروی برای تنظیم خروجی پمپ استفاده کنید. یک شیر کنترل جریان نیز برای تنظیم جریان تغلیظ شده لازم است. یک شیر تنظیم دستی مانند شیر سوزنی برای این کار مناسب است، مگر اینکه جریان به‌قدری کم باشد که کاهش آن منجر به بسته شدن شیر شود. در این حالت، از یک لوله مارپیچ طویل برای ایجاد افت فشار استفاده شود. طول لوله مارپیچ متناسب به مقدار موردنیاز انتخاب شود.

۶-۱-۳ شکل ۲ طرح لوله‌کشی برای دستگاه آزمون پمپ جابجایی مثبت با فشار بالا را نشان می‌دهد. شیرها و جانمایی‌ها به‌جز لوله‌کشی پمپ فشار قوی، مشابه سامانه گریز از مرکز می‌باشد. تنظیم‌کننده پس- فشار[1] در جریان کنارگذر[2]، فشار را در مسیر خروجی پمپ کنترل می‌کند. تحت هیچ شرایطی شیر تنظیم را به‌طور مستقیم در مسیر خروجی پمپ جابجایی مثبت نصب نکنید. درصورتی که از پمپ جابجایی مثبت با پیستون رفت و برگشتی برای محلول خوراک دستگاه اسمز معکوس استفاده می‌شود، استفاده از یک مخزن میرا کننده[3] برای به حداقل رساندن نوسانات فشار (تا کمتر از یک درصد) لازم است.

۶-۱-۴ دستگاه آزمون باید با پمپ نمودن محلول از مخزن خوراک به مدول اسمز معکوس، راه‌اندازی شود. هر دو جریان تغلیظ شده و تراویده را به مخزن خوراک بازگردانید تا حجم و غلظت آن ثابت بماند. باید از مبدل‌های حرارتی مارپیچی در مخزن خوراک استفاده شود تا دمای خوراک به دمای عملیاتی معین تنظیم و از آن پس بار حرارتی مازاد ناشی از عملکرد پمپ حذف شود. دمای جریان تراویده در فاصله بسیار نزدیک مدول اسمز معکوس (کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر) پایش شود. فشار محلول خوراک و افت فشار داخل مدول باید به‌وسیله فشارسنج‌ها قبل و بعد از مدول اسمز معکوس نشان داده شوند. این فشارسنج‌ها را باید تا حدامکان نزدیک به دستگاه اسمز معکوس نصب کنید. نرخ جریان‌های تغلیظ شده و تراویده را با جریان‌سنج‌های کالیبره اندازه‌گیری کنید تا با استفاده از آن نرخ جریان محلول خوراک دستگاه نیز تعیین شود. نمونه‌های به‌دست آمده از دو جریان تغلیظ شده و تراویده را به‌وسیله شیرهای نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی/ غلظت بردارید. نمونه‌برداری محلول خوراک را از محل شیر نمونه‌برداری، انجام دهید. جریان‌های برگشتی را به نحوی به مخزن محلول خوراک هدایت کنید که اختلاط کافی انجام شود.

1- Back-pressure
2- By-pass
3- Accumulator

۶-۲ سامانه‌ها

به‌منظور حفاظت از مدول اسمز معکوس و پمپ فشار قوی در شرایط بهره‌برداری غیرمعمول، کنترل‌کننده‌های حدی[1] در سامانه تعبیه کنید. یک کنترل‌کننده الکتریکی[2] برای خاموش کردن پمپ فشار قوی خوراک به‌کار گرفته می‌شود. مدار کنترل‌کننده حدی باید دارای رله[3] راه‌اندازی مجدد دستی باشد تا درصورت خاموشی به‌صورت خودکار مجدداً روشن نشود. در شکل ۱ و شکل ۲ محل نصب قطع کن‌های تعیین‌شده که عملکرد آنها به شرح زیر است:

۶-۲-۱ قطع‌کن فشار بالا: نقطه قطع جریان را مطابق توصیه‌های شرکت تأمین‌کننده، تنظیم کنید (این ابزار دستگاه اسمز معکوس را در مقابل فشار بیش‌از حد محافظت می‌کند).

۶-۲-۲ قطع‌کن فشار پایین: نقطه قطع جریان را بر روی فشار نسبی[4] ۱۰۳ kPa (۱۵psi) تنظیم کنید (هنگامی‌که تأمین آب پمپ با مشکلی مواجه شود، این ابزار سامانه را خاموش کرده و از پمپ دستگاه اسمز معکوس محافظت می‌کند).

۶-۲-۳ قطع‌کن دمای بالا: بیشینه دما را بر روی ۳۰ درجه سلسیوس تنظیم نمایید (این ابزار از دستگاه اسمز معکوس در مقابل دمای بیش‌از حد محافظت می‌کند).

۶-۳ نصب ابزار دقیق

۶-۳-۱ فشار: موقعیت نقاط فشارسنجی در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. از یک فشارسنج واحد مجهز به اتصال- سریع فشار بالا یا اتصال تیلور[5]، برای اندازه‌گیری فشارهای مجزا و اختلاف فشار دستگاه (ΔP) استفاده کنید. به‌کارگیری چند فشارسنج مجزا برای سنجش فشار در نقاط مختلف نیز رضایت‌بخش است؛ اما همانند فشارسنج اتصال- سریع اشاره شده در بالا یا فشارسنج ویژه اختلاف فشار، قابل اطمینان نیست. برای جلوگیری از آسیب‌های ناشی از نوسانات فشار به فشارسنج‌ها، از میرا کننده[6] استفاده و همچنین تمامی فشارسنج‌ها را کالیبره کنید.

1- Limit controls
2- Electric limit control
3- Relay
3- Gagepressure
4- Taylor
5- Snubberpressure

۶-۳-۲ دما: شکل‌های ۱ و ۲ محل‌های اندازه‌گیری دما را نشان می‌دهند. دماسنج‌های عقربه‌ای کالیبره، با پراب[1] غوطه‌ور در جریان آب، داده‌های مناسبی فراهم می‌نمایند.

۶-۳-۴ ملاحظات پس فشار سیال تراویده: بهره‌برداری از دستگاه‌های اسمز معکوس با اعمال پس‌فشار بر سیال تراویده مجاز است. بیشینه پس‌فشار پیشنهادی برای روش‌های اشاره شده در این استاندارد ۳۵ kPa (۵psi) می‌باشد. این مقدار بیش از فشار موردنیاز برای بازگرداندن سیال تراویده به مخزن محلول خوراک است.

۷ روش آزمون الف- دستگاه‌های اسمز معکوس آب لب‌شور

۷-۱ هدف و دامنه‌کاربرد

هدف از تدوین این روش، تعیین مشخصات عملیاتی دستگاه‌های اسمز معکوس آب لب‌شور در شرایط استاندارد آزمون می‌باشد.

این روش برای تمامی انواع دستگاه‌ها (لوله‌ای، مارپیچی[2] و الیاف توخالی) کاربرد دارد.

۷-۲ اصول روش

این روش آزمون حداقل با سه غلظت مختلف از سدیم کلراید به‌عنوان محلول خوراک انجام می‌شود.

۷-۳ مواد و/یا واکنشگرها

۷-۳-۱ محلول خوراک سدیم کلراید (۵/۰g/l)

مقدار کافی از سدیم کلراید (NaCl) را در آب حل کنید تا محلولی به دست آید که در هرلیتر آن ۵/۰ گرم سدیم کلراید وجود داشته باشد.

۷-۳-۲ محلول خوراک سدیم کلراید (۱/۵g/l)

مقدار کافی از سدیم کلراید (NaCl) را در آب حل کنید تا محلولی به دست آید که در هر لیتر آن ۱/۵ گرم سدیم کلراید وجود داشته باشد.

۷-۳-۳ محلول خوراک سدیم کلراید با غلظت (۰/۵ g/l)

1- Probe
2- Spiral wound

مقدار کافی از سدیم کلراید (NaCl) را در آب حل کنید تا محلولی به دست آید که در هر لیتر آن ۰/۵ گرم سدیم کلراید وجود داشته باشد.

۷-۳-۴ محلول خوراک سدیم کلراید (اختیاری)

از سایر محلول‌های سدیم کلراید با غلظت کمتر از ۱۰ گرم بر لیتر (<۱۰g/L) می‌توان استفاده کرد.

۷-۴ روش آزمون

۷-۴-۱ روش راه‌اندازی و بهره‌برداری از دستگاه

۷-۴-۱-۱ درصورتی‌که دستگاه حاوی عوامل شیمیایی ضد رشد میکروبی و/ یا محافظت‌کننده در مقابل سرما و/ یا هردو باشد، آن را مطابق با پیشنهادهای شرکت تأمین‌کننده، بشویید.

۷-۴-۱-۲ برای اطمینان از آب‌بند بودن اتصالات، عملیاتی بودن تمامی اجزا و مناسب بودن غلظت و دمای محلول خوراک، بررسی‌ها و کنترل‌های اولیه را انجام دهید. کلید قطع‌کن فشار پایین قبل از روشن کردن پمپ فشار قوی باید از مدار خارج باشد. برای بررسی چرخش صحیح پمپ فشار قوی، یک لحظه آن را روشن و خاموش کنید.

۷-۴-۱-۳ منبع محلول خوراک، شیر کنترل جریان تغلیظ شده، شیر مسیر کنارگذر پمپ جابجایی مثبت محلول خوراک و یا شیر کنترل پمپ سانتریفیوژ را باز نمایید. ابتدا پمپ تقویت فشار و سپس پمپ فشار قوی را روشن کنید.

۷-۴-۱-۴ فشار محلول خوراک را مطابق مشخصاتی که سازنده غشا ارائه کرده است روی فشار نسبی مناسب تنظیم کنید. در صورت لزوم می‌توان شیر کنارگذر یا شیر تنظیم (با توجه به مشخصات پمپ) و شیر کنترل جریان تغلیظ شده را به‌طور هم‌زمان تنظیم نمود. در صورت نیاز، از فشار مورد توافق کاربر و تأمین‌کننده استفاده کنید.

۷-۴-۱-۵ جریان تغلیظ شده را به‌وسیله شیر کنترل، مطابق میزان بازیافت پیشنهادی تأمین‌کننده تا ٪۲ ± انحراف تنظیم کنید.

۷-۴-۱-۶ فشار محلول خوراک و جریان تغلیظ شده را دوباره بررسی و درصورت‌لزوم تنظیم کنید تا مقادیر موردنظر جریان و فشار تأمین شود.

۷-۱-۴-۷ سامانه خنک‌کننده را در محلول خوراک برای رسیدن به دمای جریان تراویده (۱°C ± ۲۵) بررسی و تنظیم کنید.

۷-۱-۴-۸ بعد از اینکه عملیات بهره‌برداری به پایداری رسید، کلید قطع کن فشار پایین را وارد مدار کنید.

۷- ۵ ثبت داده‌ها

۷-۵-۱ داده‌های مربوط به فشار ورودی و خروجی فیلتر و نیز فشار جریان‌های محلول خوراک، تغلیظ شده و تراویده را یک ساعت پس از راه‌اندازی، اندازه‌گیری و در برگه گزارش ثبت کنید.

۷-۵-۲ میزان جریان‌های تغلیظ شده و تراویده را به‌صورت همزمان به‌وسیله دبی‌سنج‌های کالیبره و/یا با استفاده از یک ظرف مدرج و زمان‌سنج اندازه‌گیری و ثبت کنید.

۷-۵-۳ دمای جریان تراویده و هدایت الکتریکی سیال‌های خوراک، تراویده و تغلیظ شده را به‌طور هم‌زمان به‌وسیله یک هدایت‌سنج، اندازه‌گیری و ثبت کنید و یا مقدار کلراید موجود در هر سه جریان را مطابق استاندارد ملی شماره ۲۳۵۰ اندازه‌گیری کنید.

۷-۵-۴ بعد از راه‌اندازی، اندازه‌گیری‌های فوق را به‌صورت ساعتی تکرار کنید تا نرخ جریان تراویده (اصلاح شده برای دمای ۲۵ درجه سلسیوس) و میزان عبور نمک، در سه قرائت متوالی تا انحراف ۵٪ (به‌صورت نسبی) باهم مطابقت داشته باشند. سازنده‌های صنعتی معمولاً مشخصات عملیاتی را بر اساس یک آزمون ۲۰ تا ۳۰ دقیقه‌ای گزارش می‌کنند.

۷-۵-۵ تمامی داده‌ها باید تحت شرایط تعیین‌شده دما، فشار و بازیافت به دست آیند. درصورت نیاز به تنظیم و تغییر هر یک از این پارامترها، داده‌ها را یک ساعت بعد از انجام تغییرات ثبت کنید.

۷-۶ روش کار متوقف کردن

با تنظیم شیر کنارگذر یا شیر کاهنده فشار، توقف موتور پمپ فشار قوی و موتور پمپ تقویت فشار و درنهایت بستن شیر محلول خوراک (شیر قطع کن) دستگاه را خاموش کنید. درصورتی که از غلظت‌های بالا (>۵۰۰۰mg/L) استفاده می‌شود، بهتر است دستگاه اسمز معکوس را با محلول خوراک شستشو دهید تا محلول تغلیظ شده از دستگاه تخلیه شود. بدین منظور می‌توان شیر کنترل جریان تغلیظ شده را درحالی‌که فشار محلول خوراک کمینه برابر با ۳۴۵ kPa (۵۰psi) است، به مدت ۱۰ دقیقه باز گذاشت. قبل از جدا کردن دستگاه اسمز معکوس و یا انجام عملیات نگهداری بر روی سیستم لوله‌کشی لازم است فشار را به صفر

برسانید. در صورت توقف دراز مدت (بیش از ۵ روز)، ضمن اطمینان از تر بودن دائمی غشا، آماده‌سازی لازم برای مقابله با گرفتگی بیولوژیک[1] و شرایط سرما و/ یا هردو (مطابق پیشنهاد تأمین‌کننده) انجام گیرد.

۷-۷ محاسبات

۷-۷-۱ دبی جریان محلول خوراک را با استفاده از فرمول (۱) محاسبه کنید.

$$Q_f = Q_p + Q_c \qquad (۱)$$

که در آن:

Q_f: دبی جریان محلول خوراک بر حسب lit/s،

Q_p: دبی جریان تراویده بر حسب lit/s؛

Q_c: دبی جریان تغلیظ شده بر حسب lit/s است.

۷-۷-۲ دبی جریان تراویده (Q_p) باید با استفاده از ضریب تصحیح ارائه شده توسط تأمین‌کننده برای دمای ۲۵ درجه سلسیوس اصلاح شود و در صورت عدم ارائه این ضریب توسط تأمین‌کننده، می‌توان از ضریب تصحیح ۳٪ به ازای هر درجه استفاده نمود.

۷-۷-۳ درصد بازیافت را با استفاده از فرمول (۲) محاسبه کنید:

$$R = (\frac{Q_p}{Q_c}) \times 100 \qquad (۲)$$

۷-۷-۴ میزان عبور نمک را با استفاده از یکی از فرمول‌های (۳) یا (۴) محاسبه کنید:

$$S_p = (\frac{K_p}{K_f}) \times 100 \qquad (۳)$$

$$S_p = (1 - \frac{(\frac{(K_f + K_c)}{2})}{K_f}) \times 100 \qquad (۴)$$

1- biofouling

که در آن:

S_p: میزان عبور نمک بر حسب درصد؛

K_p: هدایت الکتریکی سیال تراویده بر حسب S، mS یا µS؛

K_f: هدایت الکتریکی محلول خوراک بر حسب S، mS یا µS؛

K_c: هدایت الکتریکی سیال تغلیظ شده بر حسب S، mS یا µS است.

یادآوری ۱- با استفاده از نسبت‌های هدایت الکتریکی برای محاسبه عبور نمک در مقایسه با نسبت‌های غلظت یون کلراید، نتایج نسبتاً متفاوتی به دست می‌آید. لیکن در گستره غلظتی این روش آزمون، میزان خطای حاصله قابل چشم‌پوشی است.

۷-۷-۵ میزان پس زدن را با استفاده از فرمول (۵) محاسبه کنید:

$$S_r = (1-\frac{K_p}{K_f})\times 100 \qquad (۵)$$

۷-۸ دقت و بایاس

۷-۸-۱ دقت روش آزمون برای نرخ جریان تراویده دستگاه‌های اسمز معکوس به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$S_0 = 0.016X - 4.542 \qquad (۶)$$

$$S_t = 0.058X - 17.411 \qquad (۷)$$

که در آن:

S_0: دقت آزمونگر منفرد، mL/min؛

S_t: دقت کل، mL/min؛

X: دبی تعیین‌شده جریان تراویده دستگاه اسمز معکوس، mL/min است.

۷-۸-۲ دقت روش آزمون برای عبور نمک دستگاه‌های اسمز معکوس به‌صورت زیر می‌باشد:

$$S_0 = 0.1669 - 0.015Y \qquad (۸)$$

$$S_t = 0.6684 - 0.026Y \qquad (۹)$$

که در آن:

S_0: دقت آزمونگر منفرد، عبور نمک برحسب درصد؛

S_t: دقت کل، عبور نمک برحسب درصد؛

Y: میزان عبور نمک تعیین‌شده دستگاه اسمز معکوس، برحسب درصد.

۷-۸-۳ هفت آزمایشگاه هر یک با استفاده از آزمونگر منفرد، آزمون‌هایی را در دو سطح غلظت (۵۰۰ و ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) توسط سه دستگاه مختلف (لوله‌ای، مارپیچی و الیاف توخالی) انجام دادند.

۷-۸-۴ داده‌های بایاس را نمی‌توان برای این آزمون به‌دست آورد، زیرا اندازه‌گیری‌های مشخصات عملیاتی مربوط به دستگاه اسمز معکوس به‌صورت نسبی انجام می‌شوند.

۷-۹ گزارش آزمون

نتایج محاسبات صورت گرفته را در جدولی مطابق جدول ۱ به عنوان نتایج آزمون درج کنید.

جدول ۱- نتایج آزمون تعیین مشخصات عملکرد دستگاه اسمز معکوس آب لب‌شور

ردیف	پارامتر	واحد	مقادیر
۱	R	درصد	
۲	S_p	درصد	
۳	S_r	درصد	

۸ روش آزمون ب- دستگاه‌های نانوفیلتراسیون

۸-۱ هدف و دامنه‌کاربرد

هدف از تدوین این روش، تعیین مشخصات عملیاتی دستگاه‌های نانوفیلتراسیون در شرایط استاندارد آزمون می‌باشد.

این روش برای دو نوع دستگاه مارپیچی و الیاف توخالی کاربرد دارد.

۸-۲ اصول روش

این روش آزمون حداقل با سه محلول مختلف آزمون انجام می‌شود.

۸-۳ مواد و/یا واکنشگرها

۸-۳-۱ محلول خوراک کلسیم کلراید (۰/۵ g/l)

مقدار کافی از کلسیم کلراید ($CaCl_2$) را در آب حل کنید تا محلولی به دست آید که در هر لیتر آن ۰/۵ گرم کلسیم کلراید وجود داشته باشد.

۸-۳-۲ محلول خوراک منیزیوم سولفات (۲/۰g/l)

مقدار کافی از منیزیوم سولفات ($MgSO_4$) را در آب حل کنید تا محلولی به‌دست‌آید که در هر لیتر آن ۲/۰ گرم منیزیوم سولفات وجود داشته باشد.

۸-۳-۳ **محلول خوراک سدیم کلراید (۰/۵ g/l)**

مقدار کافی از سدیم کلراید (NaCl) را در آب حل کنید تا محلولی به‌دست‌آید که در هر لیتر آن ۰/۵ گرم سدیم کلراید وجود داشته باشد.

۸-۳-۴ محلول خوراک سدیم کلراید (اختیاری)

از سایر محلول‌های سدیم کلراید با غلظت کمتر از ۱۰ گرم بر لیتر (<۱۰g/L) می‌توان استفاده نمود.

۸-۴ روش انجام آزمون

۸-۴-۱ روش راه‌اندازی و بهره‌برداری از دستگاه

۸-۴-۱-۱ درصورتی که دستگاه نانوفیلتراسیون حاوی عوامل شیمیایی ضد رشد میکروبی و/ یا محافظت‌کننده در مقابل سرما و/ یا هردو باشد، آن را مطابق با پیشنهادهای شرکت تأمین‌کننده، بشویید.

۸-۴-۱-۲ برای اطمینان از آب‌بند بودن اتصالات، عملیاتی بودن تمامی اجزا و مناسب بودن غلظت و دمای محلول خوراک، بررسی‌ها و کنترل‌های اولیه را انجام دهید. کلید قطع کن فشار پایین قبل از روشن کردن

پمپ فشار قوی باید از مدار خارج باشد. برای بررسی چرخش صحیح پمپ فشار قوی، یک لحظه آن را روشن و خاموش کنید.

۸-۴-۱-۳ شیر منبع خوراک، شیر کنترل جریان تغلیظ شده، شیر مسیر کنارگذر پمپ جابجایی مثبت محلول خوراک و یا شیر کنترل پمپ سانتریفیوژ را باز نمایید. ابتدا پمپ تقویت فشار و سپس پمپ فشار قوی را روشن کنید.

۸-۴-۱-۴ فشار محلول خوراک را مطابق مشخصاتی که سازنده غشا ارائه کرده است روی فشار نسبی مناسب تنظیم کنید. درصورت لزوم می‌توان شیر کنارگذر یا شیر تنظیم (با توجه به مشخصات پمپ) و شیر کنترل جریان تغلیظ شده را به‌طور هم‌زمان تنظیم نمود. درصورت نیاز، از فشار مورد توافق کاربر و تأمین‌کننده استفاده کنید.

۸-۴-۱-۵ جریان تغلیظ شده را به‌وسیله شیر کنترل، مطابق میزان بازیافت پیشنهادی تأمین‌کننده تا ٪۲ ± انحراف تنظیم کنید.

۸-۴-۱-۶ فشار محلول خوراک و جریان تغلیظ شده را دوباره بررسی و درصورت لزوم تنظیم کنید تا مقادیر موردنظر جریان و فشار تأمین شود.

۸-۴-۱-۷ سامانه خنک‌کننده را در محلول خوراک برای رسیدن به دمای جریان تراویده (۱°C ± ۲۵) بررسی و تنظیم کنید.

۸-۴-۱-۸ بعد از اینکه عملیات بهره‌برداری به پایداری رسید، کلید قطع کن فشار پایین را وارد مدار کنید.

۸-۵ ثبت داده‌ها

۸-۵-۱ داده‌های مربوط به فشار ورودی و خروجی فیلتر و نیز فشار جریان‌های محلول خوراک، تغلیظ شده و تراویده را یک ساعت پس از راه‌اندازی، اندازه‌گیری و در برگه گزارش ثبت کنید.

۸-۵-۲ میزان جریان‌های تغلیظ شده و تراویده را به‌صورت همزمان به‌وسیله دبی سنج‌های کالیبره و/یا با استفاده از یک ظرف مدرج و زمان‌سنج اندازه‌گیری و ثبت کنید.

۸-۵-۳ دمای جریان تراویده و هدایت الکتریکی سیال‌های خوراک، تراویده و تغلیظ شده را به‌طور هم‌زمان به‌وسیله یک هدایت سنج، اندازه‌گیری و ثبت کنید یا مقدار کلراید موجود در هر سه جریان را مطابق استاندارد ملی به شماره ۲۳۵۰ اندازه‌گیری کنید.

۸-۵-۴ بعد از راه‌اندازی، اندازه‌گیری‌های فوق را به‌صورت ساعتی تکرار کنید تا نرخ جریان تراویده (اصلاح شده برای دمای ۲۵ درجه سلسیوس) و میزان عبور نمک در سه قرائت متوالی تا انحراف ۵٪ (به‌صورت نسبی) باهم مطابقت داشته باشند. سازنده‌های صنعتی معمولاً مشخصات عملیاتی را بر اساس یک آزمون ۲۰ تا ۳۰ دقیقه‌ای گزارش می‌کنند.

۸-۵-۵ تمامی داده‌ها باید تحت‌شرایط تعیین‌شده دما، فشار و بازیافت به دست آیند. درصورت نیاز به تنظیم و تغییر هر یک از این پارامترها، داده‌ها را یک ساعت بعد از انجام تغییرات ثبت کنید.

۸-۶ روش کار متوقف کردن

با تنظیم شیر کنارگذر یا شیر کاهنده فشار، توقف موتور پمپ فشار قوی و موتور پمپ تقویت فشار و درنهایت بستن شیر محلول خوراک (شیر قطع کن) دستگاه را خاموش کنید. درصورتی که از غلظت‌های بالا (>۵۰۰۰mg/L) استفاده می‌شود، بهتر است دستگاه اسمز معکوس را با محلول خوراک شستشو دهید تا محلول تغلیظ شده از دستگاه تخلیه شود. بدین منظور می‌توان شیر کنترل جریان تغلیظ شده را درحالی که فشار محلول خوراک کمینه برابر با ۳۴۵ kPa (۵۰psi) است، به مدت ۱۰ دقیقه باز گذاشت. قبل از جدا کردن دستگاه نانوفیلتراسیون و یا انجام عملیات نگهداری بر روی سامانه لوله‌کشی لازم است فشار را به صفر برسانید. درصورت توقف دراز مدت (بیش از ۵ روز)، ضمن اطمینان از تر بودن دائمی غشا، آماده‌سازی لازم برای مقابله با گرفتگی بیولوژیک و شرایط سرما و/ یا هردو (مطابق پیشنهاد تأمین‌کننده) انجام گیرد.

۸-۷ محاسبات

۸-۷-۱ دبی جریان محلول خوراک را با استفاده فرمول (۱۰) محاسبه کنید.

$$Q_f = Q_p + Q_c \qquad (۱۰)$$

که در آن:

Q_f: دبی جریان محلول خوراک بر حسب lit/s؛

Q_p: دبی جریان تراویده بر حسب lit/s؛

Q_c: دبی جریان تغلیظ شده بر حسب lit/s است.

۸-۷-۲ دبی جریان تراویده (Q_p) باید با استفاده از ضریب تصحیح ارائه شده توسط سازنده برای دمـای ۲۵ درجه، اصلاح شود و درصورت عدم ارائه این ضریب توسط سازنده، از ضریب تصحیح ۳٪ به ازای هـر درجـه سلسیوس می‌توان استفاده نمود.

۸-۷-۳ درصد بازیافت را با استفاده از فرمول (۱۱) محاسبه کنید:

$$R = (\frac{Q_p}{Q_c}) \times 100 \qquad (۱۱)$$

۸-۷-۴ میزان عبور نمک را با استفاده از یکی از فرمول‌های (۱۲) یا (۱۳) محاسبه کنید:

$$S_p = (\frac{K_p}{K_f}) \times 100 \qquad (۱۲)$$

$$S_p = (1 - \frac{(\frac{(K_f + K_c)}{2})}{K_f}) \times 100 \qquad (۱۳)$$

که در آن:

S_p: میزان عبور نمک بر حسب درصد؛

K_p: هدایت الکتریکی سیال تراویده بر حسب S، mS یا µS؛

K_f: هدایت الکتریکی محلول خوراک بر حسب S، mS یا µS؛

K_c: هدایت الکتریکی سیال تغلیظ شده بر حسب S، mS یا µS است.

یادآوری ۲- با استفاده از نسبت‌های هدایت الکتریکی برای محاسبه عبور نمک در مقایسه با نسبت‌های غلظت یـون کلراید، نتایج نسبتاً متفاوتی به دست می‌آید. لیکن در گستره غلظتی این روش آزمون، میـزان خطـای حاصـله قابـل چشم‌پوشی است.

۸-۷-۵ میزان پس زدن را با استفاده از فرمول (۱۴) محاسبه کنید:

$$S_r = (1-\frac{K_p}{K_f})\times 100 \qquad (۱۴)$$

۸-۸ دقت و بایاس

۸-۸-۱ دقت روش آزمون برای نرخ جریان تراویده دستگاه‌های نانو فیلتراسیون به‌صورت زیر می‌باشد:

$$S_0 = 0.016X - 4.542 \qquad (۱۵)$$

$$S_t = 0.058X - 17.411 \qquad (۱۶)$$

که در آن:

S_0: دقت آزمونگر منفرد، mL/min؛

S_t: دقت کل، mL/min؛

X: دقت تعیین‌شده نرخ جریان تراویده دستگاه‌های اسمز معکوس، mL/min.

۸-۸-۲ دقت روش آزمون برای عبور نمک دستگاه‌های نانو فیلتراسیون به‌صورت زیر می‌باشد:

$$S_0 = 0.1669 - 0.015Y \qquad (۱۷)$$

$$S_t = 0.6684 - 0.026Y \qquad (۱۸)$$

که در آن:

S_0: دقت آزمونگر منفرد، عبور نمک برحسب درصد؛

S_t: دقت کل، عبور نمک برحسب درصد؛

Y: میزان عبور نمک تعیین‌شده دستگاه‌های اسمز معکوس، برحسب درصد.

۸-۸-۳ هفت آزمایشگاه هر یک با استفاده از آزمونگر منفرد، آزمون‌هایی را در دو سطح غلظت (۵۰۰ و ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) توسط سه دستگاه مختلف (لوله‌ای، مارپیچی، الیاف توخالی) انجام دادند.

۸-۸-۴ داده‌های دقت و بایاس را نمی‌توان برای این آزمون به دست آورد، زیرا اندازه‌گیری‌های مشخصات عملیاتی مربوط به دستگاه نانوفیلتراسیون به‌صورت پیوسته انجام می‌شوند.

۸-۹ گزارش آزمون

نتایج محاسبات صورت گرفته را در جدولی مطابق جدول ۲ به عنوان نتایج آزمون درج کنید.

جدول ۲- نتایج آزمون تعیین مشخصات عملکرد دستگاه نانوفیلتراسیون

ردیف	پارامتر	واحد	مقادیر
۱	R	درصد	
۲	S_p	درصد	
۳	S_r	درصد	

۹ روش آزمون ج- دستگاه‌های اسمز معکوس آب دریا

۱-۹ هدف و دامنه‌کاربرد

هدف از تدوین این روش، تعیین مشخصات عملیاتی دستگاه‌های اسمز معکوس آب دریا در شرایط استاندارد آزمون می‌باشد.

این روش برای دو نوع دستگاه مارپیچی و الیاف توخالی کاربرد دارد.

۲-۹ اصول روش آزمون

این روش آزمون با محلول کلرید سدیم ۳۰۰۰۰mg/L انجام می‌شود و همچنین با محلول‌های سدیم کلراید اختیاری نیز قابل انجام است.

۳-۹ مواد و/یا واکنشگرها

۱-۳-۹ محلول خوراک سدیم کلراید (۳۰۰۰۰ mg/l)

مقدار کافی از سدیم کلراید (NaCl) را در آب حل کنید تا محلولی به دست آید که در هر لیتر آن ۳۰/۰ گرم سدیم کلراید وجود داشته باشد.

۲-۳-۹ محلول خوراک سدیم کلراید (اختیاری)

از سایر محلول‌های سدیم کلراید، برای مثال ۳۲۸۰۰ mg/L یا ۳۵۰۰۰ mg/L می‌توان استفاده کرد.

۹-۴ روش انجام آزمون

۹-۴-۱ روش راه‌اندازی و بهره‌برداری از دستگاه

۹-۴-۱-۱ درصورتی که دستگاه اسمز معکوس حاوی عوامل شیمیایی ضد رشد میکروبی و/ یا محافظت‌کننده در مقابل سرما و/ یا هردو باشد، آن را مطابق با پیشنهادهای شرکت تأمین‌کننده، بشویید.

۹-۴-۱-۲ در صورت نیاز هرگونه عملیات تکمیلی[1] را بر روی دستگاه اسمز معکوس مطابق پیشنهادهای شرکت تأمین‌کننده انجام دهید.

۹-۴-۱-۳ برای اطمینان از آب‌بند بودن اتصالات، عملیاتی بودن تمامی اجزا و مناسب بودن غلظت و دمای محلول خوراک، بررسی‌ها و کنترل‌های اولیه را انجام دهید. کلید قطع کن فشار پایین قبل از روشن کردن پمپ فشار قوی باید از مدار خارج باشد. برای بررسی چرخش صحیح پمپ فشار قوی، یک لحظه آن را روشن و خاموش کنید.

۹-۴-۱-۴ شیر منبع خوراک، شیر کنترل جریان تغلیظ شده، شیر مسیر کنارگذر پمپ جابجایی مثبت محلول خوراک و یا شیر کنترل پمپ سانتریفیوژ را باز نمایید. ابتدا پمپ تقویت فشار و سپس پمپ فشار قوی را روشن کنید.

۹-۴-۱-۵ فشار محلول خوراک را مطابق مشخصاتی که سازنده غشا ارائه کرده است روی فشار نسبی مناسب تنظیم کنید. درصورت لزوم می‌توان شیر کنارگذر یا شیر تنظیم (با توجه به مشخصات پمپ) و شیر کنترل جریان تغلیظ شده را به‌طور هم‌زمان تنظیم کرد. درصورت نیاز، از فشار مورد توافق کاربر و تأمین‌کننده استفاده کنید.

۹-۴-۱-۶ جریان تغلیظ شده را به‌وسیله شیر کنترل، مطابق میزان بازیافت پیشنهادی تأمین‌کننده تا ٪۲ ± انحراف تنظیم کنید.

۹-۴-۱-۷ فشار محلول خوراک و جریان تغلیظ شده را دوباره بررسی و درصورت لزوم تنظیم کنید تا مقادیر موردنظر جریان و فشار تأمین شود.

1- Post treatments

۹-۴-۱-۸ سامانه خنک‌کننده را در محلول خوراک برای رسیدن به دمای جریان تراویده (۱°C ± ۲۵) بررسی و تنظیم کنید.

۹-۴-۱-۹ بعد از اینکه عملیات بهره‌برداری به پایداری رسید، کلید قطع کن فشار پایین را وارد مدار کنید.

۹-۵ ثبت داده‌ها

۹-۵-۱ میزان جریان‌های تغلیظ شده و تراویده را به‌صورت همزمان به‌وسیله دبی‌سنج‌های کالیبره و/یا با استفاده از یک ظرف مدرج و زمان‌سنج اندازه‌گیری و ثبت کنید.

۹-۵-۲ جریان‌های تغلیظ شده و تراویده را به‌صورت همزمان توسط دبی سنج‌های کالیبره و/یا با استفاده از یک ظرف مدرج و زمان‌سنج اندازه‌گیری و ثبت کنید.

۹-۵-۳ دمای جریان تراویده و هدایت الکتریکی سیال‌های خوراک، تراویده و تغلیظ شده را به‌طور هم‌زمان به‌وسیله یک هدایت‌سنج، اندازه‌گیری و ثبت کنید و یا مقدار کلراید موجود در هر سه جریان را مطابق استاندارد ملی به شماره ۲۳۵۰ اندازه‌گیری کنید.

۹-۵-۴ بعد از راه‌اندازی، اندازه‌گیری‌های فوق را به‌صورت ساعتی تکرار کنید تا نرخ جریان تراویده (اصلاح شده برای دمای ۲۵ درجه سلسیوس) و میزان عبور نمک، در سه قرائت متوالی تا انحراف ۵٪ (به‌صورت نسبی) باهم مطابقت داشته باشند. سازنده‌های صنعتی معمولاً مشخصات عملیاتی را بر اساس یک آزمون ۲۰ تا ۳۰ دقیقه‌ای گزارش می‌کنند.

۹-۵-۵ تمامی داده‌ها باید تحت شرایط تعیین‌شده دما، فشار و بازیافت به دست آیند. درصورت نیاز به تنظیم و تغییر هر یک از این پارامترها، داده‌ها را یک ساعت بعد از انجام تغییرات ثبت کنید.

۹-۶ روش کار متوقف کردن

۹-۶-۱ شیر بای‌پس یا شیر تنظیم را به‌گونه‌ای تنظیم کنید تا فشار را کاهش دهید.

۹-۶-۲ کلیدهای توقف موتور پمپ فشار قوی و موتور پمپ تقویت فشار را فشار دهید.

۹-۶-۳ شیر محلول خوراک (شیر قطع‌کن) را ببندید.

۹-۶-۴ قبل از جدا کردن دستگاه اسمز معکوس و یا انجام عملیات نگهداری بر روی سامانه لوله‌کشی لازم است فشار را به صفر برسانید.

۹-۶-۵ درصورتی که قرار است دستگاه مدتی بدون استفاده بماند، به‌منظور به حداقل رساندن خوردگی با آب معرف درجه سه، آن را شستشو دهید.

۹-۶-۶ شستشوی دستگاه اسمز معکوس را بر اساس توصیه‌های تأمین‌کننده و با توجه به مدت زمان بین اتمام آزمون تا زمان شستشو، کیفیت آب شستشو و فرآیند شستشو انجام دهید.

۹-۶-۷ دقت کنید تا از تر بودن دائمی غشا اطمینان حاصل شود و شستشو و یا آماده‌سازی آنها برای شرایط سرما (مطابق توصیه سازنده) جهت نگهداری دراز مدت (بیش از ۵ روز) انجام گیرد.

۹-۷ محاسبات

۹-۷-۱ دبی جریان محلول خوراک را با استفاده فرمول (۱۹) محاسبه کنید.

$$Q_f = Q_p + Q_c \qquad (۱۹)$$

که در آن:

Q_f: دبی جریان محلول خوراک بر حسب lit/s؛

Q_p: دبی جریان تراویده بر حسب lit/s؛

Q_c: دبی جریان تغلیظ شده بر حسب lit/s است.

۹-۷-۲ دبی جریان تراویده (Q_p) باید با استفاده از ضریب تصحیح ارائه شده توسط تأمین‌کننده برای دمای ۲۵ درجه اصلاح شود و در صورت عدم ارائه این ضریب توسط تأمین‌کننده، از ضریب تصحیح ۳٪ برای هر درجه می‌توان استفاده نمود.

۹-۷-۳ درصد بازیافت را با استفاده از فرمول (۲۰) محاسبه کنید:

$$R = (\frac{Q_p}{Q_c}) \times 100 \qquad (۲۰)$$

۹-۷-۴ میزان عبور نمک را با استفاده از یکی از فرمول‌های (۲۱) یا (۲۲) محاسبه کنید:

$$S_p = (\frac{K_p}{K_f}) \times 100 \qquad (۲۱)$$

$$S_p = (1 - \frac{(\frac{(K_f + K_c)}{2})}{K_f}) \times 100 \qquad (۲۲)$$

که در آن:

S_p: میزان عبور نمک بر حسب درصد؛

K_p: هدایت الکتریکی سیال تراویده بر حسب S، mS یا µS؛

K_f: هدایت الکتریکی محلول خوراک بر حسب S، mS یا µS ؛

K_c: هدایت الکتریکی سیال تغلیظ شده بر حسب S، mS یا µS است.

یادآوری ۳- با استفاده از نسبت‌های هدایت الکتریکی برای محاسبه عبور نمک در مقایسه با نسبت‌های غلظت یون کلراید، نتایج نسبتاً متفاوتی به دست می‌آید. لیکن در گستره غلظتی این روش آزمون، میزان خطای حاصله قابل چشم‌پوشی است.

۹-۷-۵ میزان پس زدن را با استفاده از فرمول (۲۳) محاسبه کنید:

$$S_r = (1 - \frac{K_p}{K_f}) \times 100 \qquad (۲۳)$$

۹-۸ دقت و بایاس

۹-۸-۱ دقت روش آزمون برای نرخ جریان تراویده دستگاه‌های اسمز معکوس به‌صورت زیر می‌باشد:

$$S_0 = 0.017X - 2.750 \qquad (۲۴)$$

$$S_t = 0.068X - 2.000 \qquad (۲۶)$$

که در آن:

S_0: دقت آزمونگر منفرد، mL/min؛

S_t: دقت کل.

X: دبی تعیین‌شده جریان تراویده دستگاه‌های اسمز معکوس، mL/min (محـدوده ۴۹۶ تـا ۵۹۴ mL/min برای الیاف توخالی و ۱۸۳۳ تا ۲۱۹۰ mL/min برای دستگاه‌های مارپیچی)

۹-۸-۲ دقت روش آزمون برای عبور نمک دستگاه‌های اسمز معکوس به‌صورت زیر می‌باشد:

$$S_0 = 0.0208Y + 0.0120 \quad (۲۶)$$

$$S_t = 0.1786Y - 0.0700 \quad (۲۷)$$

که در آن:

S_0: دقت آزمونگر منفرد، عبور نمک برحسب درصد؛

S_t: دقت کل، عبور نمک برحسب درصد؛

Y: عبور نمک تعیین‌شده دستگاه‌های اسمز معکوس، برحسب درصد (محدوده ۰.۷۶ تا ۰.۹۹٪ بـرای الیـاف توخالی و ۳.۴۸ تا ۵.۵۹٪ برای دستگاه‌های مارپیچی).

۹-۸-۳ چهار آزمایشگاه هر یک با استفاده از دو آزمونگر، آزمون‌هایی توسط دو دستگاه مختلف (مارپیچی و الیاف توخالی) انجام دادند.

۹-۸-۴ داده‌های دقت و بایاس را نمی‌توان برای این آزمون به دست آورد، زیرا اندازه‌گیری‌هـای مشخصـات عملیاتی مربوط به دستگاه اسمز معکوس به‌صورت پیوسته انجام می‌شوند.

۹-۹ گزارش آزمون

نتایج محاسبات انجام شده را در جدولی مطابق جدول ۳ به عنوان نتایج آزمون درج کنید.

جدول ۳- نتایج آزمون تعیین مشخصات عملکرد دستگاه اسمز معکوس آب دریا

ردیف	پارامتر	واحد	مقادیر
۱	R	درصد	
۲	S_p	درصد	
۳	S_r	درصد	

۱۰ کلمات کلیدی

غشاها؛ نانوفیلتراسیون؛ مشخصات NF؛ شرایط عملکردی؛ تجهیزات بهره‌برداری؛ اسمز معکوس؛ مشخصات RO