

1-1. مقدمه ای بر نمک زدایی:

روش نمک زدایی آب مدت مدیدی است که توسط کشورهای مختلف در سراسر جهان برای تولید یا افزایش ذخایر آب آشامیدنی مورد بهره برداری قرار گرفته است.

همانطور که می دانیم روش نمک زدایی یک فرایند طبیعی و همیشگی است و بخش اساسی چرخه آب است. باران به روی زمین ریزش می کند و پس از آن به سوی دریا حرکت می کند و در مسیر حرکت مواد معدنی و مواد دیگر را در خود حل می کند و به همین دلیل بسیار شور شده است، هنگامی که آب به اقیانوسهای جهان می رسد و یا در نقاط پست دیگر جمع می شود، بخشی از آب با انرژی خورشید تبخیر می شود که این تبخیر، نمک را بر جای می گذارد و بخارهای موجود مجدداً به صورت باران به زمین بر می گردد و این چرخه ادامه دارد و آب شور در اقیانوس ها باقی می ماند.

آغاز این پدیده (نمک زدایی) به قرن چهارم قبل از میلاد مسیح، زمانی که سربازان یونانی عمل تبخیر را برای تقطیر آب دریا به کار می بردند بر می گردد.

در گذشته مردم سعی می کردند که آب شور را طوری عمل بیاورند که برای آشامیدن و کشاورزی قابل استفاده باشد. از کل آبهای کره زمین، 94 درصد آن آبهای شور اقیانوسها و دریاها هستند و تنها 6 درصد آن آب خالص است که از این میزان آب خالص هم 27 درصد آن به صورت کوه یخ است و تنها 73 درصد آن آبهای زیر زمینی قابل استفاده می باشد.

با آنکه آب شور برای صید ماهی و حمل و نقل کشتی بسیار حائز اهمیت است ولی برای مصارف انسانی و کشاورزی بسیار شور است، که روش های نمک زدایی باعث افزایش منابع آبی قابل مصرف برای مردم جهان شده اند، امروزه تکنولوژی نمک زدایی با بیش از 50 سال تجربه روش های متعددی را برای این صنعت در جهان به وجود آورده است.

شهرها، دهکده ها و کارخانجات صنعتی اکنون در بسیاری از مناطق خشک و کم آب جهان جایی که نزدیک آب دریا یا آب شور می باشد. توسعه یافته اند و با روش های نمک زدایی، آب مورد نیاز خود را تامین می نمایند. این فرایند در بخش هایی از آسیای شرقی، شمال آفریقا و بعضی از جزایر کاریبین جایی که کمبود آب خالص است بسیار قابل توجه است.

امروزه آزمایشگاههای تقطیر در سراسر جهان ظرفیت تولید بیش از 6 بیلیون گالون آب را در روز دارا هستند. اوج پیشرفت در زمینه نمک زدایی در سال 1940 در طول جنگ جهانی دوم، هنگامی که بسیاری از نظامیان در مناطق خشک برای سیراب کردن سربازانشان به آب نیاز داشتند بود. به همین دلیل پس از جنگ این موضوع بسیار مورد اهمیت قرار گرفت و در بسیاری از کشورها این روش ادامه پیدا کرد. دولت آمریکا پس از تولید و تاسیس مرکز آب شور¹ (OSW) در اوایل سال 1960 و سازمانهای اداره تکنولوژی و تحقیق آب² (OWRT) فعالیت های

¹ - Office of saline water

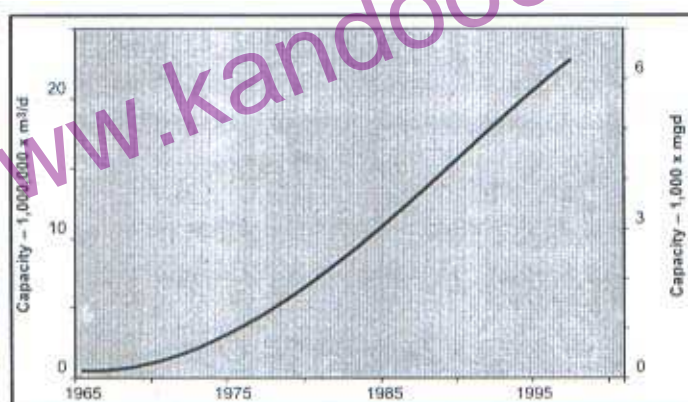
² - Office of water Research and Technology.

گسترده ای را در این زمینه صورت داده است. حدود 30 سال است که دولت آمریکا به طور فعال تحقیق و توسعه خود را در زمینه نمک زدایی انجام داده و حدود 300 میلیون دلار در این رابطه خرج کرده است که این پول بیشتر برای تحقیقات اساسی و توسعه تکنولوژی های مختلف مصرف شده است.

در اواسط سال 1960 واحدهای تجاری در حدود 2 میلیون گالن در هر روز در آمریکا تولید آب خالص می کردند که این واحدهای صنعتی به صورت رانش- گرما به طور عمده برای نمک زدایی آب دریا به کار می رفتند، ولی در سال 1970، مراحل غشایی تجاری مثل الکترودیالیز (ED) و اسمز معکوس (RO) در همه جا کار می رفت.

در ابتدا، مراحل تقطیر برای نمک زدایی آب شور و آب دریا به کار می رفت ولی این روش هم گران بود و هم در خواسته های نمک زدایی برای اهداف شهری را محدود می کرد. هنگامی که ED معرفی شد، نمک زدایی آب شور را از لحاظ اقتصادی نسبت به تقطیر مقرون به صرفه تر کرد و بسیاری از درخواستها به آن متکی شد و در آمریکا از آن استقبال زیادی شد و از آن به عنوان وسیله ای برای تهیه آب شهری استفاده می گردید.

در سال 1980 تکنولوژی نمک زدایی پیشرفت بیشتری کرد و تکنولوژی تقطیر از تجربیات قبلی واحدهای صنعتی استفاده کرده و روش های جدیدی را ارائه کرده است و در سال 1990 بود که روش های جدیدی برای نمک زدایی در نقاط مختلف براساس موفقیت تجاریشان توسعه یافت.



نمودار ظرفیت کل تغییرات نمک زدایی

1-1-1. پذیرش جهانی:

رشد و توسعه ممتد نمک زدایی بعد از سالها از طریق تعدادی از فهرست های موجود در IDA¹ نشان داده شده است. یکی از این فهرست ها در سال 1998 توسط کالائوس وانگینک² نوشته شده است که این فهرست نشان می دهد که کل ظرفیت واحدهای صنعتی نمک زدایی حدود 22/7 میلیون m^3/d بوده و حدود 70 درصد بیشتر از گزارش سال 1990 می باشد که این رشد ناگهانی را شامل می شود. تجهیزات نمک زدایی اکنون در بیش از 100 کشور جهان به کار می رود.

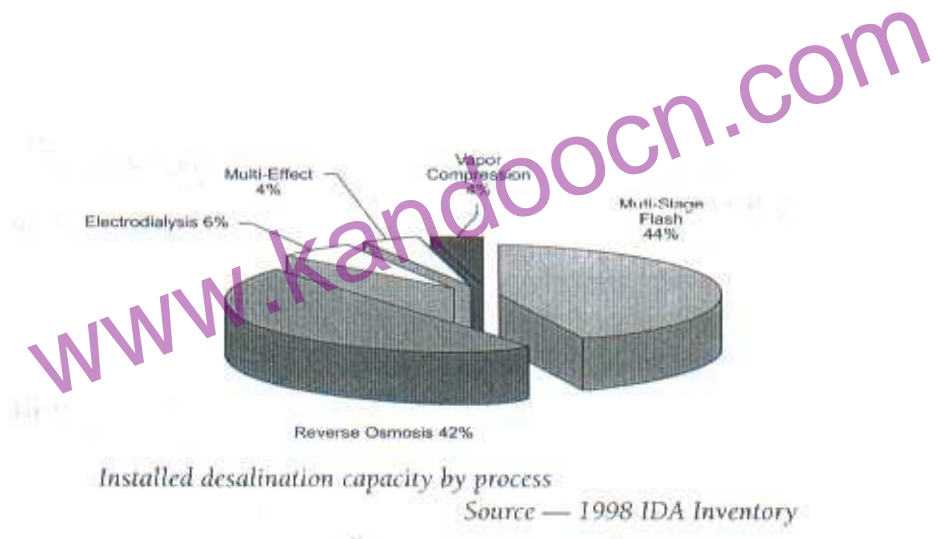
¹ - International Desalination Association

² - Klaus Wangnick

طبق فهرست موجود، 10 کشور حدود 75 درصد کل ظرفیت موجود را تشکیل می دهند، بیش از نصف این ظرفیت نمک زدایی برای آسیای شرقی و شمال آفریقا به کار می رود.

عربستان سعودی اولین رتبه از کل ظرفیت (حدود 24 درصد ظرفیت جهان) دارا می باشد که بیشتر آن از واحدهای نمک زدایی از آب دریا می باشند. ایالت متحده آمریکا (U.S.A) رتبه دوم در کل ظرفیت، در حدود 16 درصد ظرفیت جهان را دارا می باشد. بیشتر ظرفیت در ایالت متحده شامل واحدهای صنعتی است که روش اسمز معکوس (RO) برای عمل آوری آب شور به کار می رود.

فهرستها نشان می دهد که ظرفیت کل جهان بیشتر از تقطیر سریع چند مرحله ای و روشهای اسمز معکوس می باشد. این دو روش حدود 86 درصد کل ظرفیت را تشکیل می دهند، باقیمانده 13 درصد است که روش های متراکم کردن بخار، ED و تاثیر چندگانه تقطیر را تشکیل می دهد. در حالی که روش های فرعی حدود کمتر از یک درصد را تشکیل می دهد. براساس این آمار، روش های گرمایی و غشایی تقریباً یکسان هستند.



ظرفیت تقطیر به روش های مختلف

2-1-1. نمک زدایی چیست؟

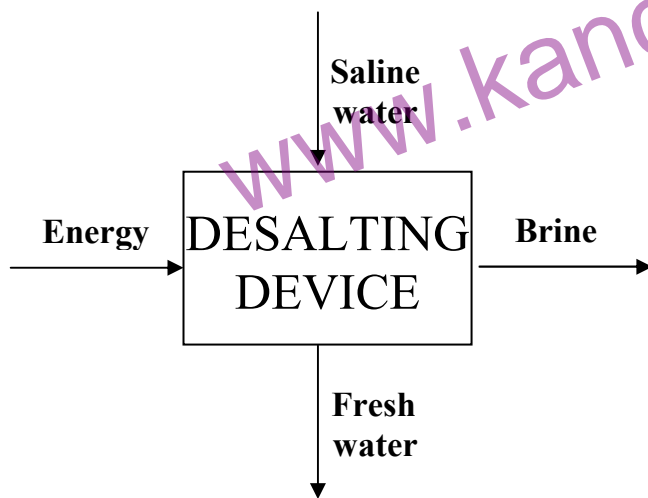
نمک زدایی فرآیندی است برای خارج کردن نمک و مواد معدنی محلول دیگر،

همچنین ضایعات دیگری مثل فلزات غیر قابل حل، رادیونوکلیدها، مواد آلی و

باکتریایی که ممکن است توسط برخی روش های نمک زدایی جدا شوند.

به علاوه فرایند نمک زدایی برای بهبود کیفیت آب سنگین (غلظت بالای منیزیم و

کلسیم) نیز کاربرد دارد.



اساساً روش نمک زدایی آب را به دو حالت جدا می کنند. یکی با غلظت پایین نمک های حل شده (آب خالص) و دیگری باقیمانده نمک های حل شده (آب شور و غلیظ) که این روش برای عمل نیازمند انرژی است و می تواند روشهای متفاوتی برای جداسازی به کار رود.

1-2. انواع روشهای نمک زدایی:

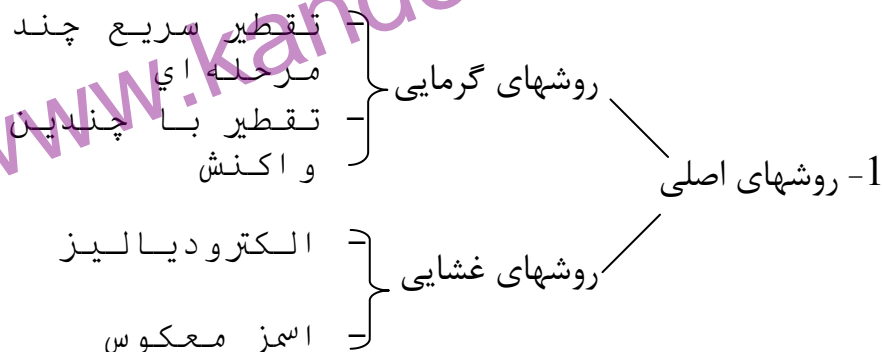
اصولاً روش های نمک زدایی به دو دسته تقسیم می شوند: یکی روش های اصلی و دیگری روش های فرعی. روش های اصلی نیز خود به دو دسته روش های گرمایی و روش های غشایی تقسیم می شوند.

روش گرمایی شامل: تقطیر سریع چند مرحله ای، تقطیر با چندین واکنش و تراکم بخار می باشد.

روش های غشایی: الکترودیالیز و اسمز معکوس می باشد.

روش های فرعی هم به سه دسته: فریز کردن (سرد کردن)، تقطیر غشایی و رطوبت خورشیدی تقسیم می شوند.

روش های تجاری قابل دسترسی نمک زدایی:



1-2-1. روشهای گرمایی¹:

حدود نصف آب مقطر جهان با حرارت دادن به آب دریا و تهیه آب خالص به دست می آید. این روش تقطیر به تقلید از همان چرخه طبیعی آب عمل می کند. به این ترتیب که آب شور تحت حرارت قرار می گیرد، بخار آب از آن متصاعد می شود و بعد بخار آب جمع شده و به صورت آب مقطر تهیه می شود. در واحدهای صنعتی و آزمایشگاهی، برای تهیه میزان ماکزیمم آب خالص، آب در حد نقطه جوش حرارت می بیند. برای انجام این کار از لحاظ اقتصادی در واحد صنعتی نمک زدایی، فشار به کار رفته آب جوش برای کنترل نقطه جوش، متعادل می شود. به خاطر اینکه

¹ - Thermal

فشار جوی روی آب در سطح دریا پایین است، مثلاً بخار که از سطح دریا به ارتفاعات بالاتر می رود می تواند در بالای Mt به جوش بیاید. آب در ارتفاع 6200 متر (200، 300 فوت) در حدود 16°C ($60/8^{\circ}\text{F}$) بیشتر از سطح دریا به جوش می آید. این کاهش نقطه جوش در سطح دریا در روش تقطیر به دو دلیل مهم است. 1- می توان چندین بار جوشش آب داشت و 2- می توان کنترل جرم کرد. برای جوشیدن آب به دو حالت مهم نیاز است: 1- حرارت مناسب مربوط به فشار محیطی و 2- انرژی کافی برای تبخیر. وقتی آب در حد نقطه جوش حرارت می بیند و سپس حرارت دادن قطع می شود، آب برای جوشش مجدد به مدت زمان خیلی کوتاهی نیاز دارد.

جوشش آب هم با اضافه کردن گرمای بیشتر و هم با کاهش فشار محیطی بالای آب مجدداً ایجاد می شود. اگر فشار محیطی کاهش یافت، حرارت آب از نقطه جوش بالاتر رفته است (به خاطر کاهش فشار)، سریع بخار آب از آن متصاعد می شود. اگر بخار بیشتری از آب ایجاد شود و بعد با همان میزان گرما به صورت آب خالص جمع آوری شود، بسیار بهتر و موثرتر خواهد بود.

برای کاهش میزان انرژی مورد نیاز برای تبخیر، در روش نمک زدایی تقطیر معمولاً چندین جوشش را در لوله های متوالی، که هر کدام در فشار و نقطه جوش پایین تری به جوش می آید را انجام می دهند. معمولاً 8 تن آب مقطر از 1 تن بخار تهیه می شود. این روش کاهش فشار محیطی که نقطه جوش را افزایش می دهد کم کم کمتر می شود. در کنار چندین جوشش، عامل مهم دیگر کنترل درجه حرارت

است. با وجودی که بیشتر مواد در آب گرمتر زودتر حل می شوند، موادی کم هستند که در آب سرد حل می شوند. نمک اسید کربونیک و سولفات هایی کم در آب دریا یافت می شوند که یکی از مهمترین این مواد سولفات کلسیم است (CaSO_4) وقتی درجه حرارت آب دریا به 115°C (203°F) می رسد، حل می شود. این مواد جرم سختی را تشکیل می دهند که سطح لوله را می پوشاند. این جرم مشکلات گرمایی و مکانیکی را به بار می آورد و اگر این جرم ها تشکیل شد، کندن آن خیلی مشکل است. یک راه برای جلوگیری از تشکیل این جرم کنترل میزان غلظت آب دریا و کنترل حرارت بالا در حین کار است. راه دیگر، اضافه کردن مواد شیمیایی به آب دریا است که از ته نشینی جرم جلوگیری می کند و درجه حرارت را به 110°C می رساند. این دو روش باعث شده اند که تقطیرهای موفقیت آمیزی در سراسر جهان انجام بگیرد. روشی که ظرفیت بیشتری در نمک زدایی از آب دریا دارد، روش تقطیر سریع چند مرحله ای است که معمولاً به روش MSF شناخته شده است.

1-2-2. تقطیر سریع چند مرحله ای (MSF)¹

در روش MSF، آب دریا در لوله ای به نام گرما دهنده آب شور، حرارت می بیند. این عمل معمولاً بامتراکم کردن بخار روی یک سری لوله هایی که آب دریا درون آنهاست، انجام می گیرد. بعد آب دریایی که حرارت دیده درون لوله دیگری جاری

¹ - Multi- stage Flash Distillation

می شود، جایی که فشار محیطی پایین تر است و آب فوراً به جوش می آید. ورود سریع آب داغ به حفره باعث می شود که آب به سرعت به جوش آید، که اغلب با سرعت و به حالت انفجار به بخار تبدیل می شود. معمولاً فقط درصد کمی از این آب به بخار تبدیل می شود و این بستگی به فشار موجود در این مرحله دارد، چون وقتی آب سرد شد جوشش آب هم قطع می شود. طرح تقطیر آب در لوله که با فشار پایین عمل آمده، روشی جدید نیست و حدود یک قرن است که به کار می رود. در سال 1950، یک واحد آزمایشگاهی MSF که یک سری از مراحل را در فشار جوی پایین انجام می داد، خیلی سریع توسعه یافت. در این واحد آزمایشگاهی، مواد معدنی آب از یک مرحله به مرحله دیگر عبور می کند و بدون بالا بردن درجه حرارت به سرعت به جوش می آید. معمولاً، یک واحد آزمایشگاهی MSF می تواند 15 تا 25 مرحله داشته باشد. با اضافه کردن مراحل، مساحت سطح هم افزایش می یابد به علاوه هزینه هم افزایش می یابد. بخار آب با سرعت روی لوله های مبادله کننده گرما که از هر مرحله می گذرد، با عمل متراکم کردن به آب خالص تبدیل می شود. لوله ها با وارد کردن مواد معدنی آب به گرما دهنده آب شور، سرد می شوند. در عوض مواد معدنی آب، گرم می شوند به طوری که میزان انرژی مورد نیاز در گرما دهنده آب شور برای بالا بردن درجه حرارت آب دریا، کاهش می یابد. واحدهای صنعتی تقطیر سریع چند مرحله ای از سال 1950 ساخته شده اند. این واحدها معمولاً در ظرفیت های 4000 تا $5700 \text{ m}^3/\text{d}$ (1 تا 15 mgd) ساخته شده اند. واحدهای صنعتی MSF معمولاً بعد از گرما دهنده

آب شور 90 تا 110°C ($194 - 230^{\circ}\text{F}$) بالای درجه حرارت آب شور، عمل می کنند. یکی از عواملی که در کارایی روش گرمایی واحد صنعتی موثر است، تفاوت بین درجه حرارت گرما دهنده خروجی و درجه حرارت آخرین مرحله، یعنی سردترین بخش واحد صنعتی می باشد. عملکرد یک واحد صنعتی در درجه حرارت بالاتر از 110°C (230°F) کارایی را افزایش می دهد، ولی نیروهای پتانسیل برای تشکیل جرم های مضر را هم افزایش می دهد، ضمن اینکه باعث تخریب بیشتر سطح فلز می شود.

بیشترین پیشرفتی که در طول 10 سال گذشته در این زمینه ایجاد شده، افزایش اعتبار این عملیات است، این اعتبار از توسعه کنترل جرم، توجه و بررسی روزانه به عملیات و ساخت مواد نشأت می گیرد. به علاوه، افزایش در اندازه واحد اصلی، باعث شده که در میزان هزینه سرمایه هم صرفه جویی شود. بسیاری از کشورهای عربی مثل عربستان سعودی، امارات متحده عربی و کویت برای تهیه آب مورد نیاز قابل مصرف مناطق شهریشان، روش MSF را به کار می برد.

عربستان سعودی، کویت، عمان و کشورهای مجاور آنها، تجهیزات تحقیقاتی مهمی برای نمک زدایی آب و برای تضمین عملیات و اعتبار واحدهای صنعتی شان، به کار می برند.

شک 2 (یک صفحه land)

www.kandooch.com

www.kandooch.com

www.kandooch.com

www.kandooch.com

1-2-3. روش تقطیر با چندین واکنش: (MED)¹

این روش تقطیر که به روش (MED) هم شناخته شده برای تقطیر صنعتی در مدت زمان طولانی کاربرد دارد. روش های سنتی که در این روش به کار می رفت: تبخیر آب شیرین از نیشکر برای تهیه شکر بود و به همین ترتیب تهیه نمک از آب شور. بعضی از واحدهای صنعتی قدیمی تقطیر، روش MED را به کار می بردند. ولی واحدهای صنعتی MSF بخاطر مقاومت بیشتر در مقابل جرم ها، جایگزین این

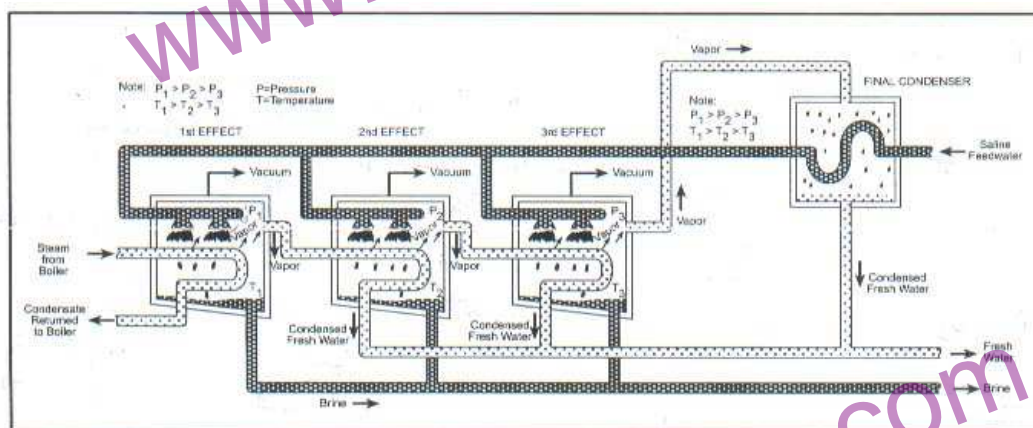
روش شدند. هرچند، در آغاز سال 1980، طرفداران روش MED افزایش یافتند و تعداد زیادی از طرح های جدید براساس، حرارت کمتر، تخریب کمتر فلز و ایجاد جرم کمتر ساخته شد. همانند روش MSF، روش MED هم در یک سری لوله صورت می گیرد و هر دو مراحل تراکم و تبخیر را در فشار محیط پایین در واکنش های مختلف دارند. این امر باعث می شود که املاح معدنی آب دریا بدون نیاز به حرارت اضافی بعد از اولین واکنش، به نقطه جوش برسند. معمولاً این طرح شامل یک لوله، مبادله کننده گرما و وسایلی برای انتقال مایعات مختلف بین واکنش ها می باشد. طرح های متعددی برای سطوح مبادله کننده گرما مثل لوله های عمودی که آب شور در آن جاری است و لوله های افقی به کار رفته است. چندین روش اضافه کردن املاح معدنی به سیستم وجود دارد. اضافه کردن املاح معدنی آب به بخش های مساوی برای واکنش های مختلف، خیلی معمول است. املاح معدنی آب

¹ - Multiple- Effect Distillation

یا پخش می شود یا در روی سطح دستگاه بخار پخش می شود. سطوح در اولین واکنش با بخار از توربین های بخار واحدهای صنعتی یا از یک دستگاه جوش حرارت می بینند. سپس بخار روی سطح لوله سردتر متراکم میشود. این بخارهای متراکم شده برای استفاده مجدد دوباره به دستگاه جوش بر می گردند. تمامی واکنش های دیگر با بخار تولید شده در هر واکنش حرارت می بینند. بخار تولید شده در آخرین واکنش در محل مبادله کننده گرما که آخرین متراکم کننده نام دارد، با وارد شدن آب دریا سرد شده و متراکم می شود. فقط بخشی از آب دریای به کار رفته در سطوح انتقال گرما تبخیر می شود. املاح باقیمانده، آب در هر واکنش غلیظ شده آب شور نامیده می شود که اغلب به حوضچه شور واکنش بعدی، جایی که بعضی از آنها به بخار تبدیل می شوند، چاری می شود. این بخار هم بخشی از مراحل حرارت است. همه بخارهای متراکم درون منبع آب خالص تهیه شده است.

در روش MED، فشار محیط در تاثیرات مختلف با سیستم خلاء حفظ می شود. کارایی روش گرمایی در MED بسته به تعداد واکنش هاست که ممکن است از 8 تا 16 واکنش باشد. واحدهای صنعتی MED معمولاً در واحدهای 2000 تا $20000 \text{ m}^3/\text{d}$ (0/5 تا 5 mgd) ساخته می شوند. واحدهای صنعتی جدید با درجه حرارت بالا برای این کار ساخته شده اند. (حدود 158°f) که جرم درون دستگاه را کم می کند. همچنین گرمای اضافی سطوح انتقال که به اندازه فیزیکی واحد صنعتی اضافه می شود را افزایش می دهد. در هندوستان، کاریبین، جزایر

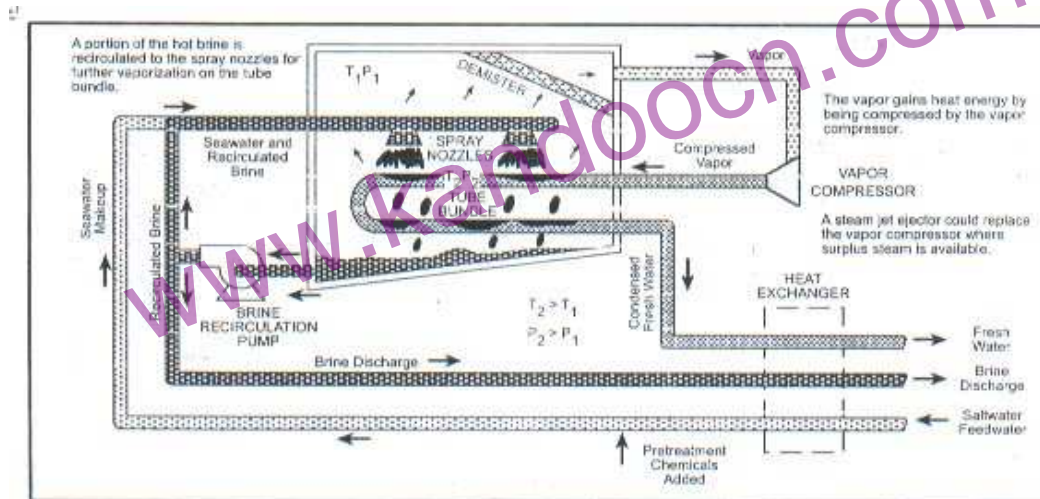
کاناری و امارات عربی بیشتر از کشورهای دیگر روش MED را در واحدهای صنعتی خود به کار می برند. با وجودی که ظرفیت واحدهای به کار رفته روشهای MED نسبت به ظرفیت کل جهان هنوز کم است، روز به روز تعداد آنها اضافه می شود. واحدهای صنعتی MED حرارت بالا و چند واکنش را در مراحل مختلف باید داشته باشند و در مواردی که هزینه های انرژی بالاست به کار می رود. در مواردی که هزینه های پایین بخار در دسترس است، هزینه های سرمایه MED به طور خالص کاهش می یابد. در کاربردهای دیگر MED، معمولاً یک چرخه تراکم گرمایی بخار به سیستم اضافه می شود. این مورد میزان واکنش ها و سطح مورد نیاز برای همان ظرفیت را کاهش می دهد.



نمودار واحد صنعتی تقطیر با چندین واکنش در لوله های افقی

1-2-1. تقطیر تراکم بخار (VC):
روش تقطیر تراکم بخار (VC) معمولاً در ترکیب با روش های دیگر به کار می رود. (مثل ترکیب آن به روش MED که توضیح داده شده) و کاربرد این روش به تنهایی برای نمک زدایی میزان کمی از آب دریا است. حررات برای تبخیر آب بیشتر از تراکم بخار به دست می آید. نه از حررات مستقیم حاصل از بخار آب جوش. واحدهای آزمایشگاهی که این روش را به کار می برند هم طوری طراحی شده اند که با کاهش فشار نقطه جوش، حرارتشان هم پایین می آید و این مزیتی برای این روش به شمار می آید. سیستم خارج کننده بخار (تراکم گرمایی بخار) و دستگاه های فشار مکانیکی معمولاً از طریق برق یا سوخت دیزل به کار می افتند. واحدهای VC به شکل های مختلفی برای توسعه مبادله حررات به بخار آب دریا، ساخته شده اند.

¹ - Vapor compression Distillation



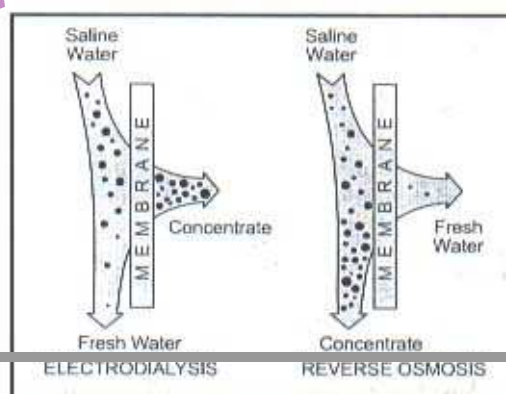
نمودار دستگاه تراکم حرارتی بخار

این طرح روش ساده ای که یک دستگاه فشار مکانیکی برای تولید گرما به بخار به کار برده را شرح می دهد. همه بخار با دستگاه فشار مکانیکی از آخرین مرحله واکنش بعد از تراکم، (جایی که به طرف سرد سطح انتقال گرما است) متراکم می شود) رانده می شود و آب دریا هم پاشیده می شود، و یا در غیر این صورت روی آن طرف سطح انتقال گرما، جایی که آب به جوش می آید و کمی تبخیر می شود پاشیده می شود. برای اینکه دستگاه های فشار کم هزینه ای به کار ببریم، افزایش فشار محدود می شود، و بنابراین بیشتر واحدهای صنعتی کوچکتر فقط یک مرحله دارند. در واحدهای صنعتی بزرگتر و جدیدتر، چندین مرحله بها کار می رود. دستگاه های مکانیکی VC با صافی های کم در ظرفیت های بالای $3000 \text{ m}^3/\text{d}$ (0/8mgd) ساخته می شوند. آنها مصرف انرژی حدود 7 تا $12 \text{ kwh}/\text{m}^3$ دارند (26 تا $45 \text{ kwh}/100 \text{ gal}$).

تحریک بخار، بخشی از بخار آب را از لوله خارج می کند. در بخش خارج کننده بخار، بخار خارج شده برای رسیدن به اولین واکنش، به اندازه لازم تحت فشار و گرما قرار می گیرد. واحدهای صنعتی تراکم بخار حرارتی معمولاً در 500 تا 20000، 11 ساخته می شوند. دستگاه های VC غالباً برای مناطق صنعتی و پر رفت و آمد آب خالص در دسترس نیست، به کار می روند. سادگی کار و اعتبار این دستگاه ها باعث شده که این دستگاه ها بخصوص برای مناطقی خاص، دستگاه های جالب و پر طرفداری به شمار روند.

1-2-5. روش غشایی

در واقع، غشاها نقش بسیار مهمی در جدا کردن نمک ایفا می کنند که شامل روش های دیالیزی و اسمزی می باشند و این روش ها در بدن انسان هم انجام می شوند. غشاها برای دو روش الکترودیالیز (ED)¹ و اسمز معکوس (RO)² به کار می آیند. هر کدام از این دو روش توانایی تشخیص و جداسازی نمک از آب را دارند. ED یک روش الکتریکی است و نیروی پتانسیل الکتریکی را برای جدا کردن نمک از غشاء به کار می برد که در نتیجه آب خالص باقی می ماند. RO روشی با نیروی فشار است، که این فشار برای جدا کردن نمک از آب است به این صورت که آب خالص از غشاء عبور می کند و نمک باقی می ماند. دانشمندان از حدوداً یک قرن پیش هر دو روش را کشف کردند، ولی اعمال تجاری برای نمک زدایی آب در



¹ - Electro Dialysis

² - Reverse Osmosis

مصارف آب شهری از 30 تا 40 سال گذشته، آغاز شده است.

روش اسمز معکوس و الکترودیالیز

1-2-6. الکترودیالیز (ED)

ED در اوایل سال 1960، یعنی حدود 10 سال قبل از روش RO، به طور تجاری رونق یافت. روش ED، نه تنها روشی با هزینه مناسب برای نمک زدایی آب است، بلکه طرفداران زیادی برای تهیه آب نوشیدنی و مصارف شهری در همه نقاط جهان دارد. ED، به اصول زیر بستگی دارد:

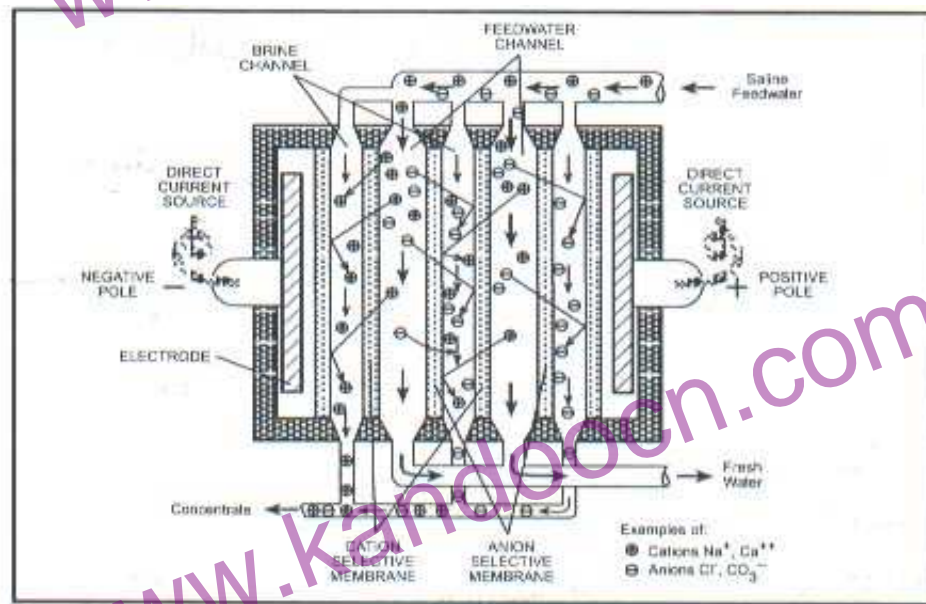
◆ بیشتر نمک های محلول در آب یونی هستند، یعنی بار مثبت (کاتیون) یا بار منفی (آنیون) داشته باشند.

◆ این یون ها رو به الکترودهایی با بار الکتریکی مخالف می روند.

◆ غشاء ها برای عبور انتخابی آنیون ها و کاتیون ها ساخته می شوند.

مواد تشکیل دهنده یونی حلال، در محلول آب شور مثل کلرید (-) سدیم (+)، کلسیم (++) و کربنات (-) در آب منتشر می شوند، و بار الکتریکی شان خنثی می شود. وقتی الکترودها به یک جریان مستقیم الکتریسیته مثل باتری متصل می شوند و در ظرف آب شور قرار می گیرند. جریان الکتریسیته از آب عبور می کند و یونها به سمت الکترودهای بار مخالف خودشان حرکت می کنند. برای پدیده نمک

زدایی آب، غشاهایی که اجازه عبور به آنیون ها و یا کاتیون ها را می دهند بین یک جفت الکتروود قرار می گیرند. این غشاها به صورت یک در میان، قرار می گیرند، یعنی ابتدا یک غشاء انتخابی آنیونی و بعد یک غشاء انتخابی کاتیونی قرار می گیرد. فضایی که آب در آن جاری است بین غشاها می باشد. فضایی که کانالی ایجاد می کند شامل املاح و آب است و در فضای بعدی آب شور جاری است چون الکتروودها بار الکتریکی دارند. آب شور از فضای بین غشاء ها به سمت الکتروودها می روند. بارهای مثبت (مثل سدیم و کلسیم) در آب جذب قطب منفی می شوند و از درون غشاء از الکتروود مثبت منحرف می شوند. این باعث می شود که آب رقیق تر شود. آنیون ها از غشاء انتخابی آنیون عبور می کنند ولی نمی توانند از غشاء انتخابی کاتیون ها عبور کنند چون مانع ورود آنها می شوند و آنیون ها را در آب شور باقی می گذارند. به همین صورت، بارهای منفی (مثل کلرید و کربنات) تحت تاثیر الکتروود منفی در جهت مخالف از غشاء انتخابی کاتیون عبور می کنند و به کانال غلیظ طرف دیگر می روند. در اینجا، کاتیون ها (بارهای مثبت) باقی می مانند چون غشاء بعدی غشاء انتخابی آنیون است از حرکت بیشتر به طرف الکتروودها جلوگیری می کند. به این ترتیب، محلول های غلیظ و رقیق در فضاهای بین غشاها قرار می گیرند. این فضاها که با دو غشاء (آنیونی و کاتیونی) بسته می شوند، سلول نامیده می شوند. هر جفت سلول شامل دو سلول است، یک سلول که یون ها از آن حرکت می کنند (سلول رقیق برای آب حاصل) و دیگری که یون ها در آن هستند (سلول غلیظ برای آب شور).



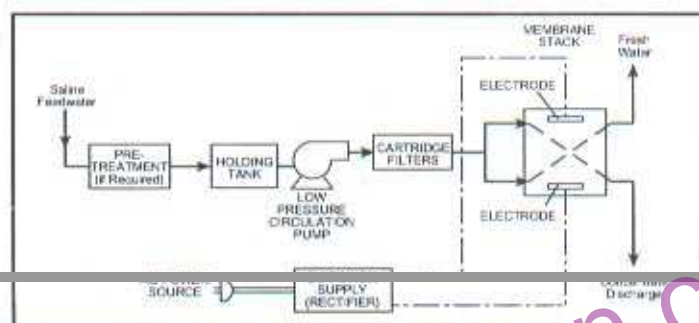
حرکت یونها در روش الکترودیالیز

دستگاه ED شامل صدها جفت سلول که هر کدام با الکترودهایی در خارج بسته شده‌اند، می باشد که به مجموع غشاها شناخته شده اند. املاح آب در مسیرهای موازی از همه سلول ها عبور می کنند و یک جریان ممتد آب مقطر و آب شور غلیظ بین غشاءها ایجاد می کنند. بسته به طرح این سیستم، ممکن است مواد شیمیایی خاصی به این جریان آب در مجموع غشاءها، برای جلوگیری از ایجاد جرم، اضافه شوند.

یک دستگاه ED با این اجزاء اصلی ساخته می شود:

- ◆ انجام اعمال قبل از عملیات
- ◆ مجموع غشاءها
- ◆ پمپ کم فشار برگشت آب
- ◆ یک منبع قوی برای جریان الکتریکی (یکسوساز)
- ◆ انجام اعمال بعد از عملیات

قبل از شروع عملیات تقطیر، باید موادی که در آب تصفیه نشده وجود دارند و برای غشاها مضر هستند یا باعث مسدود شدن کانال ها در سلول ها می شود، خارج شوند یعنی قبل از شروع عملیات آب باید تحت بررسی قرار گیرد. املاح آب از



طریق مجموع غشاء ها با پمپ کم فشار برای غلبه به مقاومت آب برگردانده می شوند. یک منبع یکسوساز برای انتقال جریان متناوب به جریان الکتریسیته مستقیم به الکترودهای خارج از مجموع غشاء ها، به کار می رود. اعمال بعد از عملیات شامل تثبیت کردن و آماده کردن آن برای توزیع است. این اعمال بعد از عملیات شامل خارج کردن گازهایی مثل سولفید هیدروژن و حفظ تعادل PH آب است.

اجزای یک واحد آزمایشگاهی الکترودیالیز

در اوایل سال 1970، یک شرکت آمریکایی به طور تجاری روش بازگشت الکترودیالیز (EDR)¹ را آغاز کرد. یک دستگاه EDR روی همان اصول روش ED عمل می کند، با این تفاوت که تعداد کانال های آب غلیظ و آب رقیق با هم برابرند. در فاصله چند ساعت، تمایل قطبی الکترودها برعکس می شود، و در یک زمان جریان می یابند. به طوری که کانال آب شور، کانال آب خالص می شود. نتیجه این است که یون ها با عبور از غشاء ها به جهت مخالف جذب می شوند. سریعاً بازگشت میل قطبی و جریان الکتریسیته دنبال می شود. تا زمانی که آب با کیفیت خوب به دست آید، آب تهیه شده جاری می شود. این جاری شدن آب 1 تا 2 دقیقه طول می کشد و سپس تهیه آب خالص دوباره آغاز می شود. این روش بازگشت، در شکستن و تجزیه جرم ها و مواد ته نشین شده در سلول ها، قبل از اینکه آنها ساخته شوند و مشکل ساز شوند، بسیار مفید است.

¹ - electrodialysis reversal

روش ED دارای مشخصاتی است که این روش را برای بسیاری از کاربردها مناسب ساخته، این مشخصات عبارتند از:

- ◆ قابلیت تولید بالای محصول (آب مقطر بیشتر و آب شور کمتر)
- ◆ کاربرد نسبی انرژی به نمک های جدا شده
- ◆ توانایی عمل آوری آب املاح دار با درصد بالایی از جامدهای معلق بیش از

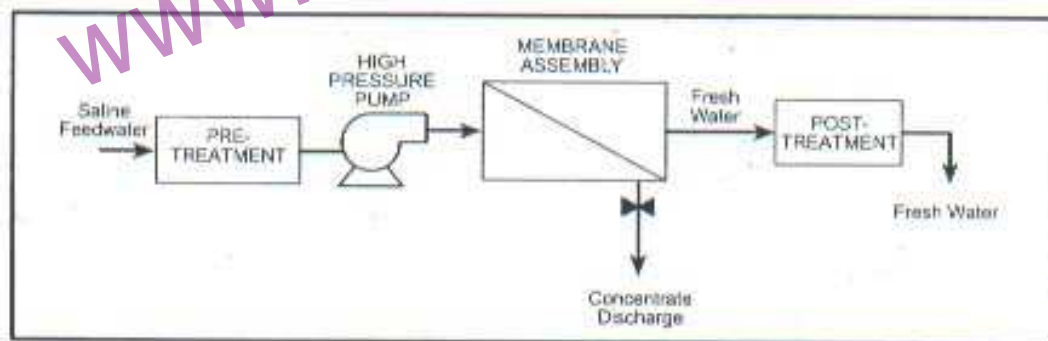
روش RO.

- ◆ غیر قابل تاثیر با مواد غیر یونی مثل سیلیکا
 - ◆ کاربرد کم مواد شیمیایی برای اعمال قبل از عملیات
- دستگاه های ED برای تقطیر آب شور به کار می روند و بیشترین انرژی مورد نیاز را از جریان مستقیم الکتریسیته، برای جدا سازی مواد یونی به کار می برند.

1-2-7. اسمز معکوس (RO)

در مقایسه با تقطیر و الکترودیالیز، RO نسبتاً روش جدیدتری است و به صورت تجاری در اوایل سال 1970 به طور موفقیت آمیز شروع شد. RO روش جداسازی غشایی است که آب خالص از یک محلول آب شور تحت فشار، خارج می شود. هیچ تغییر حرارتی برای این جداسازی نیاز نیست. بیشترین انرژی مورد نیاز برای نمک زدایی برای تحت فشار قرار دادن املاح آب است. در عمل املاح آب شور به لوله بسته جایی که قبل از غشاء تحت فشار قرار می گیرند، پمپاژ می شوند. همانطور که بخشی از آب از غشا عبور می کند، به غیر از نمک املاح باقی مانده آب هم افزایش می یابند. در همان لحظه، بخشی از املاح آب

بدون عبور از غشاء تخلیه می شود. بدون کنترل این تخلیه، املاح تحت فشار آب، برای افزایش غلظت نمک ادامه می یابند، که مشکلاتی مثل ته نشین شدن نمک های محلول اشباع شده و افزایش فشار اسمزی که از غشاء عبور می کند را ایجاد می نماید. میزان املاح آب تخلیه شده به بیرون در جریان آب شور بین 20 تا 70 درصد جریان املاح است، البته بستگی به میزان نمک املاح آب، فشار و نوع غشاء نیز دارد.



اجرای اصلی یک طرح صنعتی اسمز معکوس

یک سیستم RO براساس اجزاء زیر ساخته می شود:

◆ انجام اعمال قبل از عملیات

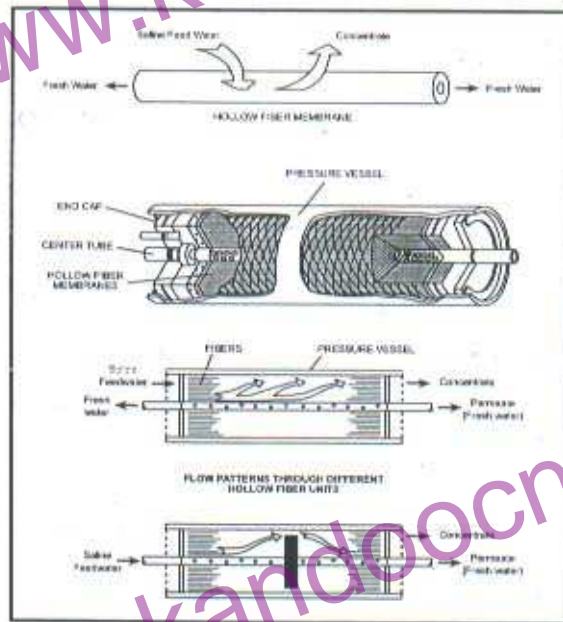
◆ پمپ فشار بالا

◆ اجزای غشاء

◆ انجام اعمال بعد از عملیات

اعمال بعد از عملیات در روش RO بسیار اهمیت دارد. چون سطح غشاء باید تمیز باشد. بنابراین، جامدهای معلق باید خارج شده و آب طوری عمل بیاید که در سطح غشاء نه نمک ته نشین شود و نه میکرب ها رشد کنند. معمولا، اعمال بعد از عملیات شامل تصفیه خوب و اضافه کردن اسید یا مواد شیمیایی دیگر برای جلوگیری از رشد میکرب ها و ته نشینی است. پمپ فشار بالا فشار مورد نیاز برای ایجاد قابلیت عبور آب از غشاء را ایجاد می نماید و دافع نمک است. این فشار بین 15 تا 25 بار (225 تا 375Psi) برای آب شور و از 54 تا 80 بار (800 تا 1180Psi) برای آب دریا است اجزا غشاء شامل یک لوله فشار و غشایی که بد املاح آب اجازه عبور داده، می باشد. که در نتیجه بعد از عبور املاح از غشاء، مواد درون غشاء برخلاف غشاء تحت فشار قرار می گیرند. غشاء باید توانایی مقاومت در برابر فشاریکه بر آن وارد می شود را داشته باشد. غشاهای نیمه تراوا در توانایی شان برای عبور آب خالص و دفع نمک، با بقیه غشاها فرق دارند. هیچ غشایی در توانایی اش برای دفع نمک به عنوان نوع برتر شناخته نشده، بنابراین میزان خیلی کمی نمک از غشاء عبور می کند و در آب تهیه شده یافت می شود. غشاهای RO، به

اشکال مختلفی ساخته شده اند. دو تا از بهترین و موفق ترین نوع این غشاء ها، غشاء بافت پولکی و غشاء مارپیچی است.



اجرا غشاء بافت پولکی

ترکیب این غشاها برای نمک زدایی آب شور و آب دریا به کار می روند. اعمال بعد از عملیات شامل تثبیت کردن آب و آماده کردن آن برای توزیع است. اعمال بعد از عملیات شامل خارج کردن گازهایی مثل سولفید هیدروژن و متعادل کردن PH آب است. دو عامل باعث کاهش هزینه های روش RO در طول دهه اخیر شده اند: توسعه غشاء هایی که کارایی بهتری دارند و کاربرد وسایل بازیابی (جبران) انرژی. غشاهای جدید که به کار می روند قابلیت عبور آب بیشتر، قابلیت دفع بالاتر نمک، قیمت پایین تر و دوام بیشتری دارند. اکنون کاربرد وسایل بازیابی انرژی که به

جریان غلیظ آب متصل می شوند، معمول است. فشار لوله که حدود 1 تا 4 بار (15 تا 60 psi) است کمتر از فشار به کار رفته در پمپ فشار بالاست. این وسایل بازیابی انرژی، مکانیکی هستند، و معمولاً شامل مبادله کنندگان فشار، توربین ها، یا پمپ های بعضی دستگاه ها که به فشار چرخش یا انواع دیگر انرژی که بتواند برای کاهش نیازهای انرژی در کل مراحل به کار رود تبدیل شده است. این موارد تاثیر خاصی در کاهش هزینه اعمال واحدهای صنعتی بزرگ دارد. انرژی به کار رفته برای آب شور در روش RO (با بازیابی انرژی) $3 \text{ kwh} / \text{m}^3$ ($\text{kwh} / 1000 \text{ gal}$) (11/4) گزارش شده است.

مسئله مهم دیگر در سطح غشاء RO کاربرد غشاهایی به نام نانوفیلتریشن (NF)¹ است که منفذهای زیادی برای عبور جامدهای حلال دارد. این مرحله برای صاف کردن و تصفیه آب با خارج کردن یون های محلول (مثل Ca^{2+} و Mg^{+2}) به کار می رود. دفع مواد توسط غشاء های یون های تک والانسی مثل Cl^- در غشاء NF کمتر از غشاء های RO است. این غشاها حتی برای املاح آب خالص هم به کار می روند، چون ممکن است هنوز شامل جامد های محلول در آب باشد که باعث سخت شدن آب شود. غشاء های NF در صنعت تصفیه آب تغییرات مهمی ایجاد کرده اند، و روش تصفیه آب را که بر پایه مواد شیمیایی بوده به روشی

¹ - Nano filtration

براساس غشاء‌ها تغییر داده اند. تصفیه آب شور با روش NF و روش RO، در کاهش هزینه های تقطیر بسیار موثر بوده است.

از 10 سال گذشته روش RO، به طور جدی دنبال شد و تا به حال پیشرفت هایی در کارایی بهتر غشاء ها، بازیابی انرژی، تولید انرژی، دوام غشاء و کنترل اعمال، به دست آمده است و هزینه تقطیر هم با روش RO خیلی پایین آمده است.

روش های دیگر

روش های دیگری هم برای تقطیر آب شور به کار رفته است. این روشها، به اندازه روش های ED و RO موفقیت تجاری کسب نکرده اند. ولی ممکن است تحت شرایط خاص یا با توسعه بیشتر، موفقیت کسب کنند.

1-2-8. روش فریز کردن (سرد کردن)¹

در سال های 1950 تا 1960 فعالیت های زیادی برای توسعه روش تقطیر فریز (سرد کردن) انجام شده است. در روش فریز کردن، نمک های محلول به طور طبیعی در اثر تشکیل بلوهای اولیه یخ، خارج می شوند. تشکیل بلور در آب سرد تحت موقیعت های کنترل شده می تواند باعث تقطیر آب شور شود. قبل از اینکه کل حجم آب یخ بزند، معمولا در زیر آب شستشو انجام می شود. این کار برای

¹ - Freezing

شسته شدن و جدا شدن نمک در آب باقیمانده، انجام می شود. بعد یخ ذوب می شود و آب خالص تهیه می شود. به طور تئوری، فریز کردن دارای مزایایی می باشد. این مزایا شامل انرژی مورد نیاز کمتر برای مراحل کار، تخریب کمتر و کاهش مشکلاتی از قبیل پیدایش جرم و یا ته نشینی است. معایب این روش جایجایی یخ و مخلوط آبی است که به طور مکانیکی برای حرکت ترکیب شده اند. روش های مختلفی وجود دارند که روش فریز کردن را برای تقطیر آب به کار می برند و بیش از 50 سال است که تعداد محدودی واحد آزمایشگاهی و صنعتی با این روش ساخته شده و کار می کنند. با این حال این روش، به عنوان روش موفق تجاری برای تهیه آب خالص در مصارف شهری شناخته نشده است.

تقطیر غشایی¹:

روش تقطیر غشایی در سال 1980 به طور تجاری آغاز شد، ولی باید گفت که هیچ موفقیت چشمگیر تجاری نداشته، همانطور که از نام این روش پیداست، این روش هم شامل روش های غشایی است و هم مراحل تقطیر را دارا می باشد.

در این روش، آب شور حرارت می بیند تا زمانی که بخار از آن بالا بیاید، و بعد این بخار آب از یک غشاء عبور می کند، (غشایی که بتواند فقط بخار آب را از خود عبور دهد نه آب مایع را) بعد از اینکه بخار آب از غشاء عبور کرد، روی سطح

¹ - Membrane Distillation

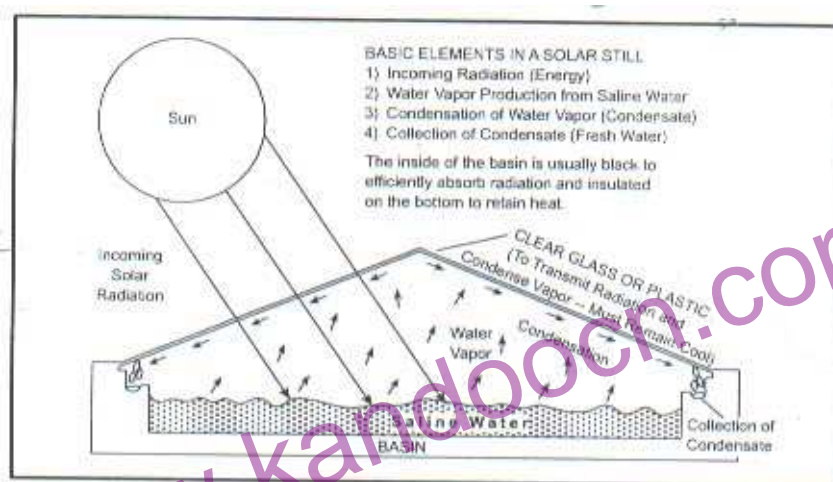
سردتری متراکم شده و آب خالص تهیه می شود. در حالت مایع، آب خالص نمی تواند به غشاء برگردد، چون این همان آب خالص و بازده آزمایش است. از مزایای مهم تقطیر غشایی سادگی کار آن است، هرچند، شباهتی با روش های MED، MSF دارد. ولی در درجه حرارت پایین، میزان زیادی آب باید مصرف شود، که در کل انرژی، تاثیر می گذارد.

1-2-10. رطوبت خورشیدی¹

کاربرد انرژی خورشید برای تقطیر آب شور بررسی شده و بعضی مواقع به کار می رود. در طول جنگ جهانی دوم، فعالیتهای قابل توجهی در ساخت دستگاه های تقطیر کوچک انجام شد. این فعالیت ها بعد از جنگ جهانی هم با وسایل مختلفی که ساخته شده و آزمایش شده، ادامه یافت. این وسایل بخشی از چرخه هیدرولوژیک در طبیعت را تقلید می کنند. به طوری که اشعه های داغ خورشید به آب شور برخورد می کند و بخار آب از آن متصاعد می شود. (رطوبت زایی). بعد بخار آب روی سطح سردی متراکم شده و آب مقطر تهیه می شود. نمونه ای از این نوع روش دستگاه تقطیر خورشیدی خانه سبز می باشد، که آب شور در حوضچه هایی در معرض نور خورشید قرار می گیرد و سپس بخار آب روی شیشه هایی که روی حوضچه ها را پوشانده می نشیند و آب مقطر تهیه می شود.

¹ - Solar Humidification

انواع بهتر دستگاههای خورشیدی با کارایی بهتر ساخته شده اند، ولی همه آنها یک مشکلی دارند و آن هم این است که نمی توان با استفاده از این روش آب خالص به میزان زیاد تهیه کرد.



نمودار یک دستگاه تقطیر خورشیدی

معایب این روش:

♦ کم بودن سطح جمع آوری آب در این روش.

♦ هزینه سرمایه بالا

♦ تخریب سریع وسایلی که با هوا در تماسند

سطح جمع آوری آب در دستگاه های خورشیدی به این صورت است که یک متر مربع برای تولید 4 لیتر آب در هر روز (10 فیت مربع گالون) نیاز می باشد. بنابراین برای $4000 \text{ m}^3/\text{d}$ ، مساحتی حدود 100 هکتار نیاز دارد. این روش مساحت خیلی زیادی می خواهد و اگر محل مورد نظر نزدیک شهر، جایی که زمین

کم و گران است باشد، مشکل ساز می شود. ساخت خود دستگاه ها گران است، گرچه ممکن است انرژی گرمایی در دسترس و بدون هزینه باشد، ولی انرژی اضافی برای پمپ آب نیاز می باشد. به علاوه برای جلوگیری از جرمی که بعد از خشک شدن حوض در آن ایجاد می شود و تعمیر شیشه ها، باید با دقت کامل از دستگاه مواظبت کرد. کاربرد این نوع دستگاه های رطوبت خورشیدی برای تقطیر آب شور به مقیاس کم برای خانواده ها با دهکده های کوچک، مناطقی که انرژی خورشید فراوان، هزینه زمین کم و جریان الکتریسیته نباشد، بهتر است. یک دستگاه تقطیر خوب ساخته شده می تواند خیلی محکم باشد و موفقیت دستگاه های تقطیر به مدت 20 سال یا بیشتر گزارش شده است. نکته مهم دیگر داشتن کاربرانی است که در تهیه، ساخت، عمل و تعمیر این دستگاه ها ماهر باشند. نصب یک دستگاه تقطیر خورشیدی و بعد گذاشتن آن به حال خود برای دیگران با شکست مواجه می شود. تلاشهای زیادی محققان مختلف برای افزایش کارایی دستگاه های تقطیر با تغییر طرح و کاربرد مواد اضافی و غیره انجام داده اند. در بسیاری از موارد، این تغییرات، تولید آب را افزایش می دهند. نکته مهمی که این دستگاه ها را از لحاظ اقتصادی تهدید می کند، افزایش قیمت زمین است. از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه تر است که به جای این دستگاه، دستگاه VC یا RO را جایگزین آن کرد. چون این روش ها بیشتر فضا اشغال می کنند نه زمین.

www.kandoo.cn.com

فصل چهارم

آزمونهای کنترل کیفی سرمهای درمانی

www.kandoo.cn.com

1-2. تصفیه (دیافیلتریشن):

روشی موثر و سریع برای نمک زدایی یا تغییر بافر نمونه های بیولوژیکی

دیافیلتریشن روشی است که غشاهای فراپالایش (پالایش از لا به لای صافی ای که قادر به گذراندن ذرات بسیار و ریز میکروسکوپی باشد) را برای تغییر، جابجایی یا کم کردن غلظت نمک یا مواد حل شده در محلول که شامل پروتئین ها، پپتیدها، نوکلئیک اسید و مولکولهای دیگر می باشد، مورد استفاده قرار می دهد. که در این حال با انتخاب صافی های غشاء نفوذپذیر (تراوا) برای جداسازی اجزا محلول بسته به اندازه مولکول به کار می رود. یک غشا فراپالایش مولکول هایی را که بزرگتر از منافذ غشا هستند را در خود نگه می دارد، در حالی که مولکولهای کوچکتر مثل

www.kandoo.cn.com

نمک و مواد محلول در آب که قابلیت نفوذپذیری 100٪ دارند، به راحتی از غشا عبور می دهد. در اینجا ما مفاهیم مربوط به غلظت پروتئینی و دیافیلتریشن را شرح داده و روش های مختلف اجرای دیافیلتریشن و تاثیر آنها روی مراحل زمان، حجم، ثبات و بازیافت را مقایسه می کنیم.

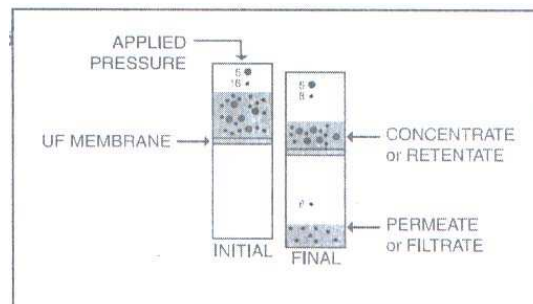
غلظت:

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

مواد محلول از طریق غشایی که به عنوان تغلیظ یا ابقا (حفظ کردن) شناخته شده در محلول حفظ می شود. مواد محلول از درون غشایی می گذرند که صافی یا تراوش نامیده می شود. یک غشاء، براساس خصوصیت دفعش برای نمونه ای که غلیظ می شود، انتخاب می شود. طبق یک قاعده کلی، وزن مولکول برای غشاء (MWCO) باید $1/3rd$ تا $1/6th$ وزن، مولکولی باشد که از غشا عبور نمی کند. این یک ابقا کامل است. هر چند MWCO به آن نمونه (محلول) نزدیک تر باشد، تشکیل ضایعات کوچک هم در طول مراحل غلظت بیشتر می شود. میزان جریان غشا (میزان جریان صافی در هر واحد غشا) به اندازه منفذ ارتباط دارد. هر چه اندازه منفذ ها کوچکتر باشد، میزان سرعت جریان غشاء برای همان فشار به کار رفته، کمتر می شود. بنابراین وقتی غشایی برای غلظت/تصفیه انتخاب می شود باید به



عامل زمان در مقابل بازیافت توجه داشت. در بسیاری از کاربردهای بیولوژیکی، عامل بازیابی مهمتر از عامل زمان است. مرحله زمان همیشه می تواند با افزایش میزان سطح غشا به کار برده، کاهش یابد. شکل 1 نمونه یک محلول غلیظ را نشان می دهد.

غلظت نمونه با تصفیه (دیفیلتریشن)

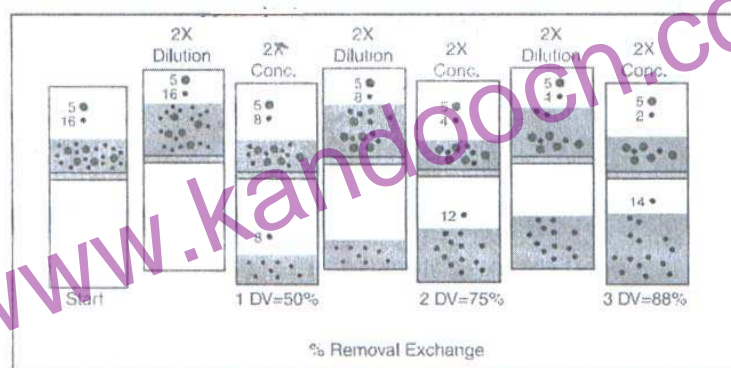
در این نمونه غشا تصفیه‌ای مناسبی قرار داده شده که مولکول های بزرگ را در خودنگه می دارد. فشار تا زمانی وارد می شود که نصف حجم محلول از غشا عبور کند. مولکولهای بزرگ در نصف حجم اصلی (محلول غلیظ) باقی می مانند که در این بخش نصف مولکول های نمک هم قرار دارند. تصفیه، نصف دیگر مولکول های نمک را در بر می گیرد و شامل هیچکدام از مولکولهای بزرگ نمی شود. بنابراین، مولکول های بزرگ به عنوان مایع غلیظ می شوند و نمک خارج می شود. مولکول های نمک به تناسب حجم در غلظت، ثابت می ماند پس قدرت یونی محلول غلیظ شده نسبتاً ثابت باقی می ماند. قدرت یونی محلول غلیظ می تواند با «شستن» نمک باقیمانده کاهش یابد. این مرحله تصفیه نامیده می شود. مرحله رقیق سازی هم بسیار مهم است که بعد از مرحله غلظت، انجام می شود. در حالی که صافی خارج می شود، آب هم اضافه می شود اگر محلول شستشو، به جای آب، بافر دیگری باشد، نمک بافر جدید در نمک اولیه موجود در نمونه، جابجا خواهد شد.

2-1-1. تصفیه ناپیوسته - رقیق سازی مداوم (پی در پی):

در این روش ابتدا نمونه را با آب یا بافر دیگر، به حجم از پیش تعیین شده، رقیق می کنند. سپس نمونه رقیق شده با فراپالایش، غلیظ شده و به حجم اصلی اش بر می گردد. این مرحله آن قدر تکرار می شود تا زمانی که نمک، مواد حلال در محلول یا مولکول های کوچکتر خارج شوند. با هر مرحله رقیق سازی مداوم،

مولکول های کوچک بیشتری خارج می شوند. همان طور که در شکل 2 نشان داده شده این نمونه معمولاً با یک حجم مشخصی از بافر رقیق می شود (IDV). در صورتی که مخزن به اندازه کل حجم جا داشته باشد متناوباً چندین حجم می تواند به یکباره اضافه شود، رقیق سازی کم کم چسبندگی را کم می کند که این عامل ممکن است میزان جریان صافی را افزایش دهد.

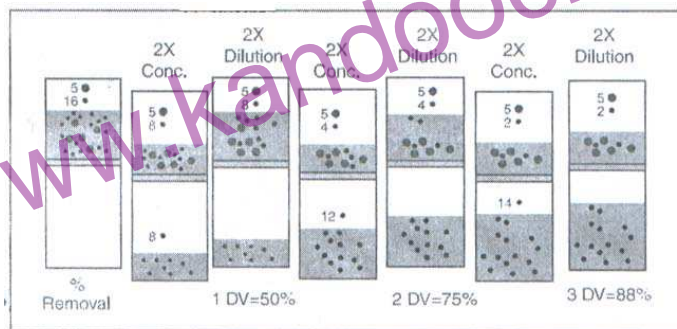
تصفیه ناپیوسته- رقیق سازی مداوم



2-1-2. تصفیه ناپیوسته - کاهش حجم:

در این روش ابتدا نمونه با یک حجم از پیش تعیین شده غلیظ می شود و سپس محلول رقیق شده با آب یا بافر دیگری به حجم اصلی اش بر می گردد. این عمل آنقدر تکرار می شود تا نمک، مواد حلال در محلول و مولکول های ریز خارج شوند. با هر مرحله غلیظ سازی و رقیق سازی مولکول های ریز بیشتری خارج می شوند.

رقیق سازی ناپیوسته (منقطع) با کاهش حجم



بعد از اینکه آخرین محلول بافر برای تکمیل مرحله رقیق سازی اضافه شد، نمونه ممکن است قبل از تجزیه یا مرحله بعدی تصفیه غلیظ شود. آخرین محلول به دست آمده بعد از تصفیه با هر روشی (کاهش حجم ناپیوسته 2X یا رقیق سازی مداوم) به اندازه همان حجم و غلظت شروع رقیق سازی است. غلظت نمک به طور مساوی در هر دو نمونه کاهش می یابد. هرچند حجم تصفیه بافر که با روش کاهش حجم به کار می رود نصف آن حجمی است که در رقیق سازی مداوم به کار می رود. این به خاطر، غلظت اولیه‌ای است که حجم را تا نصف کاهش می دهد. حجم تصفیه برابر با حجمی است که رقیق سازی انجام می گیرد بنابراین، نصف حجم نیاز می باشد. با این مورد به نظر می رسد که غلیظ سازی قبل از رقیق سازی با هر دو روش (تصفیه ناپیوسته یا تصفیه با حجم ثابت) باید حجم تصفیه بافر مورد نیاز را کاهش داده و زمان را هم حفظ کند. (هدر ندهد) در بیشتر موارد این حالت اتفاق می افتد. عاملی که ما آن را محاسبه نکردیم، سرعت جریان صافی است، که برابر با مرحله زمان است. همان طور که محلول تولید شده غلیظ میشود چسبندگی

افزایش یافته و سرعت جریان صافی هم کاهش می یابد. سرعت جریان صافی عکس سرعت غلظت است.

که در اینجا: $J = K \ln(C_G / C_B)$

$C_G =$ غلظت لایه ژله ای

$J =$ میزان سرعت جریان صافی

$C_B =$ غلظت بقاء (جریان)

$K =$ مقدار ثابت

(حجم)

همان طور که غلظت محلول تولید شده (C_B) چند درصد افزایش می باید. و وابسته به خصوصیات مولکول های خاصی است که نمونه را می سازند، کل معادله هم تغییر می کند. بنابراین با وجودی که ممکن است برای رقیق سازی یک نمونه غلیظ، حجم کمتری در مقایسه با نمونه کم غلظت به کار می رود. ولی از لحاظ زمانی زمان بیشتری طول می کشد. برای سادگی کار نمونه های بالا، شیوه جریان صافی مثل غلیظ کننده سانتریفوژ به کار می رود.

تصفیه:

روش های مرسوم که برای خارج کردن نمک یا تغییر بافر به کار می آیند، مثل دیالیز غشاء و کروماتوگرافی ژل تراوا می تواند موثر باشد. ولی محدودیت هایی دارد. روش های دیالیز تا چندین روز طول می کشد، حجم زیادی آب را برای تعادل نیاز دارد و به خاطر تهیه مخزن های دیالیز با دست، کاری ریسکی است.

کروماتوگرافی ژل تراوا که ناشی از رقیق سازی نمونه است، اغلب برای برگشت غلظت به حالت قبلی نیاز به یک مرحله تصفیه اضافی دارد. که اضافه کردن این مرحله به مراحل دیگر هم ریسک است، چون ممکن است در نمونه ضایعات یا آلودگی ایجاد کند. با عمل رقیق سازی می توان خارج کردن نمک یا مواد محلول دیگر را همچون تغییر بافر، سریع و آسان انجام داد مزیت مهم دیگر رقیق سازی این است که نمونه روی همان سیستم غلیظ می شود، و ریسک ضایعات و آلودگی نمونه را کم می کند.

چندین روش برای انجام رقیق سازی وجود دارند، در حالی که نتیجه کار ممکن است یکی باشد ولی زمان و حجم مورد نیاز برای تکمیل مرحله ممکن است به طور قابل توجهی تغییر کند. تشخیص تفاوت روش های به کار رفته زمانی که یکی بعد از دیگری به کار می روند، حائز اهمیت است.

2-1-3. تصفیه پیوسته:

روش تصفیه (که به تصفیه حجم ثابت هم معروف است) شامل شستشوی نمک های بافر اصلی (یا انواع مولکول های کم وزن تر) در نمونه ابقا که با اضافه کردن آب یا بافر جدید به محلول ابقاء که با همان میزان صافی تولید شده است می باشد. در نتیجه، حجم محلول ابقاء و غلظت تولید شده در طول مراحل تصفیه تغییر نمی کند. اگر آب برای تصفیه به کار رود، نمک ها شسته شده و قدرت رسانایی کاهش می یابد. اگر یک محلول بافر برای رقیق سازی به کار رود، غلظت نمک محلول بافر جدید به طور معکوس در تناسب افزایش می یابد. میزان نمک خارج شده، متناسب

با حجم محلول ابقاء به حجم تصفیه تولید شده مربوط می شود. حجم تصفیه تولید شده معمولا به حجم تصفیه معروف است. حجم تصفیه (DV)، همان حجم محلول ابقاء در زمان شروع تصفیه است. برای تصفیه پیوسته، مایع به همان میزانی که محلول تصفیه تولید شده، اضافه می شود. وقتی حجم محلول تصفیه شده به اندازه حجم محلول ابقاء باشد، مرحله 1DV به دست می آید. با استفاده از روش تصفیه پیوسته، بیش از 99/5٪ از 100٪ محلول نفوذ پذیر می تواند با شستشو از بین 6 حجم محلول ابقاء خارج شود.

Diafiltration Volume	Permeability 100% Rejection Coefficient= 0	Permeability 75% Rejection Coefficient= 0.25
1	63%	53%
2	86%	77%
3	95%	89%
4	98.2%	95%
5	99.3%	97.6%
6	99.7%	98.9%
7	99.8%	99.4%
8		99.7%
9		99.9%

جدول 1: تصفیه پیوسته (حجم ثابت)

مولکولهایی که بزرگتر از نمک ها و مواد حلال در محلول هستند ولی هنوز از منافذ غشاء کوچکتر هستند هم می توانند شسته شده و خارج شوند. قابلیت نفوذ پذیری این مولکول ها ممکن است کمتر از 100٪ باشد. در چنین مواردی مایع بیشتر یعنی DV بیشتری برای شستشوی کامل مولکول های قابل نفوذ از غشاء به کار می رود. معمولاً هر چه مولکول بزرگتر باشد، قابلیت نفوذپذیری کمتر و حجم شستشوی مورد نیاز بیشتر می شود. قابلیت نفوذپذیری یک مولکول از طریق یک غشاء خاص می تواند با سنجش غلظت مولکول در تصفیه در مقایسه با غلظت آن در محلول ابقاء تحت موقعیت های خاص، مشخص می شود.

$$100 * \frac{\text{غلظت محلول تصفیه}}{\text{غلظت محلول ابقاء}} = \text{نفوذپذیری } \%$$

نفوذپذیری اغلب به عنوان «ضریب دفع» غشاء هم تعریف می شود. که همان توانایی غشاء برای برگرداندن یا دفع یک مولکول می باشد.

$$\text{ضریب دفع} = 1 - \left(\frac{\text{Conc ابقاء}}{\text{Conc تصفیه}} \right) \rightarrow \text{ضریب دفع} = \frac{\text{غلظت ابقاء}}{\text{غلظت تصفیه}}$$

ضریب دفع 1: برابر 0٪ نفوذپذیری است.
ضریب دفع 0: برابر 100٪ نفوذپذیری است.

نفوذپذیری با عواملی مثل فشار تراغشایی (TPM) میزان جریان عرضی، غلظت محلول ابقاء، PH، قدرت یونی و تشکیل لایه ژله ای (غلظت پلاریزاسیون (قطبش))

تأثیر می پذیرد. بنابراین، قابلیت نفوذ پذیری ممکن است در طول مرحله تغییر کند. جدول 1 روابط بین نفوذپذیری را از طریق یک غشا و تعداد حجم های مورد نیاز تصفیه برای خارج کردن ذره های نفوذپذیر نشان می دهد. همان طور که قبلاً ذکر شد، حجم بیشتری از محلول بافر برای خارج کردن مولکولی که نسبتاً حفظ می شود نیاز می باشد. برای خارج کردن $99/9\%$ یک مولکول وقتی نفوذپذیری 75% است به غشائی که 9DV می باشد. نیاز داریم، در حالی که وقتی 100% نفوذپذیری ذره ها (اجزا) را داریم فقط VDV نیاز می باشد.

2-2. تصفیه پیوسته یا ناپیوسته کدام روش باید به کار رود؟

وقتی تصمیم می گیرید که کدام روش باید به کار رود و در کدام بخش از مرحله عمل تصفیه باید اجرا شود، باید این عوامل را در نظر بگیرید:

(1) حجم اولیه نمونه، غلظت و چسبندگی

(2) غلظت مورد نیاز آخرین نمونه

(3) پایداری نمونه در غلظت های مختلف

(4) حجم بافر مورد نیاز برای تصفیه

(5) کل زمان مرحله

(6) اندازه مخزن موجود

(7) مسائل اقتصادی

انتخاب روش براساس چندین معیار به کار می رود. مقیاس بسیار مهم است. کاری که ما در مقیاس آزمایشگاهی انجام می دهیم ممکن است در مقیاس مراحل خیلی فرق داشته باشد. بخصوص اگر مرحله به طور خودکار، عمل کند. در مقیاس آزمایشگاهی تصفیه ناپیوسته اغلب برای سادگی به کار می رود. تصفیه پیوسته نیاز به فشار یا وسیله ای برای اضافه کردن محلول تصفیه به میزان ثابت دارد. اگر ما این وسیله را حذف کنیم و فقط به مراحل توجه کنیم، می توانیم تفاوتها را مقایسه کنیم. قدرت یونی، ترکیب بافر و غلظت متعادل کننده می تواند بر پایداری نمونه تاثیر بگذارد. تصفیه ممکن است نمک یا مولکول های متعادل شده را خارج کند که ناشی از تراکم و تقلیب پروتئین باشد. مرحله غلیظ کردن و رقیق سازی محلول

پروتئین هم می تواند روی برهم کنش مولکول ها تاثیر بگذارد که آن هم ناشی از تراکم و تقلیب و ته نشینی متوالی و تولید ضایعات است. لازم است که تاثیر غلظت را روی محلول تولید شده ارزیابی کنیم و این کار برای این است که تصمیم به نسبت تاثیرات غلظت، عمل تصفیه کجا انجام می گیرد. روش تصفیه پیوسته مزیتی نسبت به تصفیه ناپیوسته دارد، به این دلیل که غلظت محلول ابقاء ثابت می ماند. اغلب دیده می شود که هرچه مرحله آرامتر انجام شود ثابت بودن (پایداری) محلول تولید شده هم بیشتر می شود.

Diafiltration Volumes	2x Volume Reduction		Continuos Diafiltration (Constant Volum)	
	100% Permeable	75% Permeable	100% Permeable	75% Permeable
	0% Retention	0% Retention	0% Retention	25% R
1	50%	41%	63%	53%
2	75%	65%	96%	77%
3	88%	79%	95%	89%
4	94%	88%	98.2%	95%
5	96.9%	93%	99.3%	97.6%
6	98.4%	95.6%	99.7%	98.9%
7	99.2%	97.4%	99.9%	99.4%
8	99.6%	99.0%		99.7%

9	99.8%	99.4%	99.9%
10	99.9%		

کاهش نمک از نمونه با استفاده از دو روش کاهش حجم و تصفیه حجم ثابت

3-2. چه موقع عمل تصفیه را انجام دهیم - قبل یا بعد از غلیظ کردن:

اخيراً مشاهده شده که غلیظ کردن یک نمونه ابتدا می تواند به طور قابل توجهی حجم محلول تصفیه مورد نیاز را کاهش دهد. همچنین مشاهده شده که روش تصفیه پیوسته با رقیق سازی ممتد (مداوم) حجم کمتری نسبت به روش تصفیه ناپیوسته می گیرد. بنابراین، اگر ابتدا نمونه در حد آخرین غلظت مورد نیاز غلیظ شود و سپس روش تصفیه پیوسته انجام شود، نتایج قابل قبول تری به دست می آید. هرچند، علاوه بر یک غلظت خاص میزان سرعت جریان تصفیه هم ممکن است، کاهش یابد. ممکن است، رقیق سازی نمونه غلیظ شده در صورتی که نمونه ابتدا برای کاهش غلظت رقیق شود، بیشتر طول بکشد. در این حالت حتی تصفیه پیوسته نمونه رقیق شده نیاز به حجم تصفیه بیشتری دارد و کل زمان مرحله با توجه به میزان جریان صافی سریعتر، کمتر می شود.

حجم * میزان جریان تصفیه = مرحله زمان

به طور کلی، مناسب ترین غلظت محلول ابقاء برای تصفیه پیوسته به صورت معادله

زیر است:

$$\ln(C_G / C_R) = 1 \text{ یا } C_R = C_G / e = 0.37 C_G$$

در این معادله:

C_G = غلظت لایه ژل

C_R = غلظت محلول ابقاء

بالاترین غلظت محلول ابقاء جایی که تصفیه باید انجام شود = (مناسبترین)

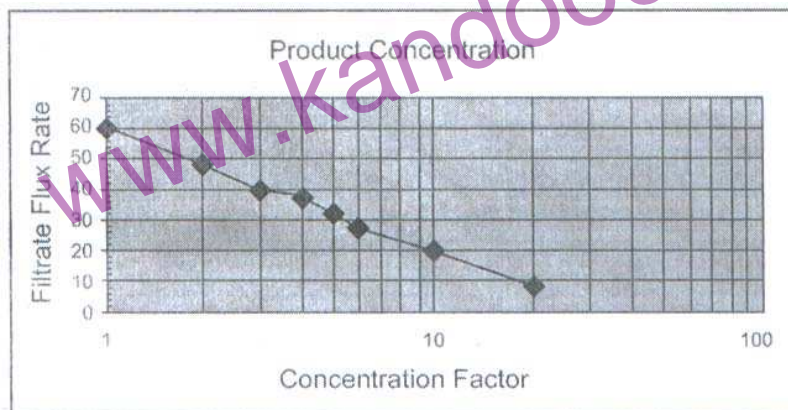
CR

میزان C_G برای یک نمونه می تواند با استفاده از غلظت یک نمونه روی غشا و ثبت اطلاعات نمودار برای میزان جریان صافی در برابر غلظت (یا عامل غلظت) از آزمایشات تشخیص داده شود بعد منحنی برای میزان جریان صافی = "0" می تواند پیش بینی شود. مقدار C_G برای این محلول تولید شده بدون توجه به شروع میزان جریان صافی یا غلظت، یکسان است.

در این نمونه (شکل 4) مقدار C_G عامل غلظت است. که حدوداً $33x$ است. بنابراین بهترین غلظت برای انجام عمل تصفیه $0/37C_G = 12/2x$ می باشد. اگر شروع غلظت محلول تولید شده 5mg/ml است، پس تصفیه باید زمانی انجام گیرد که غلظت به 61mg/ml برسد، عمل تصفیه باید بعد از غلظت انجام شود.

مگر اینکه لازم شود یک مولکول خاص را قبل از غلیظ کردن، خارج کنیم.

تشخیص مقدار C_G برای محلول تولید شده



محلول حاصل تصفیه شده ممکن است تصفیه پیوسته یا ناپیوسته را مشخص کند. سلول های متحرک و شیوه های سانتریفوژ به خاطر طرز عملشان، بهترین و مناسب ترین عوامل روش تصفیه ناپیوسته به شمار می رود. شیوه های جریان مماس برای هر دو روش مفید و مناسب هستند و برای آنها مزیتی محسوب می

شوند

2-4. خلاصه

روش تصفیه، روشی سریع و موثر برای نمک زدایی یا تغییرات بافر محلول است. این روش به دو صورت پیوسته و ناپیوسته می تواند انجام شود. معمولا روش تصفیه پیوسته برای رسیدن به همان درجه کاهش نمک، نسبت به روش تصفیه ناپیوسته با رقیق سازی مداوم، حجم کمتری می گیرد و انجام آن آسانتر است. روش تصفیه پیوسته به عنوان روشی ملایم و آرام روی مولکول های شیمیایی فعال است. غلیظ کردن نمونه قبل از تصفیه معمولا حجم تصفیه مورد نیاز را کاهش می دهد و زمان را حفظ می کند. هرچند اگر چسبندگی نمونه خیلی زیاد باشد، میزان جریان تصفیه کاهش یابد و زمان می تواند به طور قابل توجهی افزایش یابد. تشخیص C_G برای نمونه می تواند جوابگوی این سوال باشد که در چه غلظتی

تصفیه باید انجام شود؟

حجم اولیه از چند میلی لیتر تا هزاران لیتر می تواند با استفاده از روش تصفیه جریان مماس پال (TFF) تولید شود. سیستم های جریان مماس پال به راحتی اجازه اضافه شدن غشا را می دهند. ضمن اینکه قابلیت انعطافی خاصی ایجاد می کند و زمان را هم کاهش می دهد. این نوع سیستم ها و روش ها همچون قابلیت انعطاف، قابلیت مقیاسی را هم برای کار با هر حجم نمونه ای ایجاد می کنند. غشاهای انتخابی پلی اتر سولفن (PES) OMEGA پال با منافذ بسیار نزدیک و سرعت جریان بالا در سریعترین زمان و موثرترین تجزیه، کار تصفیه را انجام می دهند.

www.kandoo.cn

فصل دوم

مروری بر تحقیقات گذشته

www.kandoo.cn

www.kandoo.cn

www.kandoo.cn

3-1. مقدمه:

در اوایل سرمهای درمانی که توسط پادزهر اسب تهیه می شد به صورت خام به مصرف می رسید. بدین ترتیب که پس از تزریق دزهای معینی از زهر به بدن حیوان و اندازه گیری میزان پادزهر تولید شده، عمل خون گیری از اسب انجام می گرفت.

سپس خونهای گرفته شده در استوانه های شیشه ای که داخل سرپوش فلزی آنها وزنه سربی آویزان شده بود، قرار می گرفت.

چند ساعت پس از خونگیری وزنه سربی به آرامی رها می گردید و خونابه به تدریج در مدت یک تا دو روز جدا می شد و این وزنه با فشار روی لخته مقدار بیشتری سرم را جدا می کرد، سپس سرم شفاف و عاری از گویچه ها را به کمک سیفون خارج کرده و با افزودن مقداری فنل محلول در اتر، سرم را برای چند ماه تا یک سال در سردخانه رها می کردند. در این مدت مقدار زیادی آلبومین و پروتئین های غیر اختصاصی رسوب می کرد و پس از حذف رسوبات، سرم شفاف را پس از تعیین عیار به حجم های حدودی 500 تا 1000 واحد بین المللی تقسیم نموده و پس از تأیید با آزمایش های لازم سترونی و بی ضرری و حسن اثر، محصول نهایی آماده عرضه و مصرف پزشکی می گردید.

چنین سرمی طبعاً دارای آلبومین ها و پروتئین های غیر اختصاصی سرم اسب بود و ناگزیر بدن بیمار پس از تزریق نسبت به تمامی پروتئین های موجود در سرم

اسب حساس می شد و استفاده از سرم اسبی برای بار دوم معمولاً با عوارض و آلرژی توأم بود. از این رو در دهه های قبل از جنگ جهانی دوم مسئله تصفیه سرم و تخلیص آن بسیار مورد توجه بود. روش های متعددی برای تصفیه سرم به کار گرفته شده بود که در زیر به پاره ای از آن ها به طور اختصار اشاره می شود.

در سال 1903 در انگلستان ایمری^۱ مسئله تصفیه سرم با آنزیم ها را مطرح کرد ولی از کار او استقبال زیادی نشد. چرا که به ازای از بین رفتن پروتئین های غیر اختصاصی پاره ای از پروتئین های اختصاصی هم از بین میرفت. در سال های 1936-1939 پارفنتجف^۲ دانشمند لهستانی بررسی های جالبی در ضمیمه تصفیه سرم به کمک پپسین و سولفاتها در آمریکا به ثبت رساند.

در سال 1954 در انگلستان ککویک^۳ و همکاران آنها از اثر به عنوان رسوب دهنده پروتئین ها استفاده نمودند.

بنزهاف^۴ نیز روشی را ارائه کرد که با دناتوراسیون حرارتی و Salting out کار تصفیه صورت می گرفت.

سیستم سولفات سدیم هاوو^۵ که با افزایش تدریجی غلظت سولفات سدیم در پلاسما بود نیز یکی از روش های تصفیه بود.

^۱ - Imray

^۲ - Parfentjev

^۳ - Kekwik

^۴ - Ban zhaf

^۵ - Howe

سیستم سولفات آمونیوم وودورث^۱ هم تا قبل از سیستم تصفیه با اتانل سرد یکی از کارآمدترین روش های تصفیه سرم درمانی بود. بعدها کوهن روش اتانل سرد را ابداع کرد که جامع ترین روش در آمریکا بود، در این روش با تغییر غلظت الکل اتیلیک در سرما پروتئین های پلاسما به پنج جزء اصلی تقسیم می شدند. مزیت استفاده از این روش این بود که به آسانی می توانستند موقع (خشک کردن گلوبولینها با تبخیر آزاد کرده و برطرف شوند) و عیب این روش هم این بود که تمامی این مراحل باید در سرما انجام شود. و عده ای از پروتئین های پلاسما پس از تماس دائم با الکل خاصیت ابتدایی خود را از دست می دهند و بی ثمر می شوند.

^۱ - wadawotr

3-2. تصفیه و تخلیص سرمهای درمانی:

از میان تکنیک های متعدد تصفیه و و تخلیص پروتئین ها، روش های رسوبی متداولترین و با سابقه ترین روش های جداسازی پروتئین های پلاسما محسوب می شوند که در مقیاس وسیع جهت تولید فرآورده های بیولوژیک مانند سرم های درمانی کاربرد داشته اند.

در جداسازی پروتئین های پلاسما با تکنیک های رسوبی میزان حلالیت دارای اهمیت می باشد که به خصوصیات حلال و سایر اجزا مخلوط پلاسما مربوط است. مهمترین عوامل موثر بر حلالیت پروتئین ها عبارتند از: PH ، قدرت یونی، دما و ثابت دی الکتریک

3-2-1. رسوب دادن با تغییر PH:

یکی از ساده ترین روش های جداسازی پروتئین ها به طریقه تنظیم PH محلول در نقطه ایزوالکتریک^۱ پروتئین مورد نظر برای ایجاد رسوب می باشد. ولی از این روش برای خارج کردن پروتئین های نامطلوب از مخلوط استفاده می شود. و برای رسوب دادن پروتئین های مورد نیاز به دلیل احتمال دناتوره شدن آنها کاربرد ندارد.

3-2-2. رسوب دادن توسط کاهش قدرت یونی:

^۱ - نقطه ایزوالکتریک (IP) ، PH معینی است که در آن پروتئین یا اسید آمینه دارای بار مثبت و منفی برابر می باشد.

برخی از پروتئین ها را می توان با کاهش قدرت یونی رسوب داد ولی از آنجا که برای این کار باید به محلول پروتئین ها آب اضافه شود، لذا با کاهش غلظت پروتئین های محلول، افزایش حلالیت آنها دور از انتظار نیست. از این رو این روش اغلب در مراحل پایانی خالص سازی، که غلظت پروتئین ها در محلول به قدر کافی افزایش یافته، استفاده می شود.

3-2-3. رسوب دادن با افزایش قدرت یونی:

پدیده Salting out شالوده تعدادی از تکنیک های مهم جداسازی و تخلیص پروتئین هاست که با ایجاد غلظت بالایی از نمک خنثی در محلول پروتئینی و رسوب دادن بخشی از پروتئین ها موجب تفکیک و خالص سازی و تغلیظ آنها می گردد و از رایج ترین روش های جداسازی به طریقه رسوبگیری به شمار می رود. مطالعه پدیده Salting out پروتئین های سرم به کمک آنالیز و سانتریفوژ نشاندهنده تاثیر پیچیده نمک روی پروتئین ها است.

مشخص شده است که بین حلالیت نمک و تاثیر آن در رسوب پروتئین ها رابطه مستقیم وجود دارد. این ایده مبنای نظریه دبای^۱ در توجیه پدیده مذکور می باشد که به بیان ساده می گوید:

یون های نمک اکثر ملکول های قطبی محیط (حلال) را به طرف خود جذب کرده و اطراف مولکول های پروتئین از آنها خالی می گردد و متعاقباً بدنبال برخورد های

^۱ - Debye

تصادفی مولکول های پروتئین با یکدیگر تجمع مولکولی ایجاد و رسوب تشکیل می شود.

هرگاه نمک به محیط اضافه شود مولکول های حلال قطبی از اطراف پروتئین به طرف یون های نمک جذب می شود و مولکول های پروتئین به طور تصادفی در مجاورت یکدیگر قرار می گیرند، در حالی که لایه آب به شکل موثر وجود ندارد تا مانع جذب آنها به یکدیگر شود، در نتیجه تجمع یافته و تشکیل رسوب می دهند.

پروتئین های بزرگتر که سطح بیشتری دارند (مولکول هایی با گروههای غیر قطبی) با مقادیر نمک کمتری رسوب می کنند و مولکول های کوچکتر که گروههای غیر قطبی کمتری دارند در غلظت های زیادتر نمک رسوب می نمایند.

به دنبال بررسی های کمی پدیده Salting out رابطه ای خطی بین لگاریتم حلالیت یک پروتئین معین و قدرت یونی محلول در قالب معادله خط بیان می گردد:

$$\log S = \beta' - K_s (\mu)$$

در رابطه فوق:

β' = عرض از مبدا

S = حلالیت پروتئین

K'_s = شیب خط یا Salting out

μ = قدرت یونی محلول

constant

K'_s برای یک پروتئین و نمک معین، مستقل از دما و PH است ولی β' به طور

مشخص، تحت تاثیر هر دو عامل یاد شده قرار دارد.

در روش های مبتنی بر Salting out معمولاً جداسازی یک پروتئین معین به صورت رسوب در PH نزدیک نقطه ایزوالکتریک آن پروتئین بیشترین بازده را دارد. همچنین ممکن است در غلظت بالای نمک پروتئین ها در بیش از یک PH حداقل حلالیت را نشان دهند که می تواند به دلیل تشکیل نمک های نامحلول پروتئین در آن PH خاص باشد.

میزان تاثیر نمک در پدیده مورد بحث به طبیعت آنیون و کاتیون ، حاصل از تفکیک یونی نمک خصوصاً به آنیون آن مربوط می شود. موثرترین آنیون ها، آنیون های چند ظرفیتی و موثرترین کاتیونها، انواع یک ظرفیتی آنها می باشند. میزان کارایی آنیون ها و کاتیون ها به صورت زیر است:



نمک های خنثی که در این تکنیک ها مصرف می شود باید حتی المقدور خالص بوده و از حلالیت بالایی برخوردار باشند، به هنگام حل شدن تغییر قابل ملاحظه ای در PH و دمای محلول ایجاد نکنند و ارزان باشند. نکته آخر اینکه چگالی محلول پس از افزودن نمک به نحوی تغییر نیابد که سانتریفیوژ را با مشکل مواجه نماید. از میان انواع نمک هایی که مصرف آنها متداول است سولفات آمونیوم $((NH_4)_2SO_4)$ به دلیل ارزانی و حلالیت مناسب بیش از سایر نمک ها به کار گرفته شده است.

چگالی محلول اشباع آن در حدود 1/23 است که ممکن است در عمل پس از اضافه کردن به محلول پروتئینی چگالی آن را افزایش دهد و سانتریفیوژ را با مشکل مواجه نماید و همچنین اندکی محلول را اسیدی می کند که در صورت لزوم می توان از بافر مناسب استفاده کرد.

غلظت سولفات آمونیوم معمولاً به صورت درصد اشباع (درصد $\frac{V}{V}$ محلول اشباع سولفات آمونیوم) بیان می شود. مقدار نمک سولفات آمونیوم لازم برای دست یابی به دذئی اشباع مطلوب در یک لیتر محلول و در دمای 20°C به صورت معادله زیر محاسبه می شود.

$$g = \frac{533(S_2 - S_1)}{100 - 0.3(S_2)}$$

در معادله فوق:

g : مقدار نمک خشک سولفات آمونیوم بر حسب گرم

S_1 : غلظت اولیه سولفات آمونیوم (غلظت فعلی)

S_2 : غلظت ثانویه سولفات آمونیوم (غلظت مطلوبی که باید ایجاد شود) می باشد.

لازم به ذکر است که هر دو غلظت S_1 , S_2 درصد حجمی - حجمی سولفات آمونیوم اشباع هستند. تکنیک های Salting out در مقایسه با سایر روش های جداسازی رسوبی پروتئین ها فاقد حساسیت دست و پا گیر بوده و از مزیت سادگی نسبی برخوردار است، به علاوه پروتئین های به دست آمده با این روش ها معمولاً

دنا توره نمى شوندا و فعاليت بيولوژيك خود را حفظ مى كنند و بدليل حضور نمك نسبت به پروتئوليز و آلودگى باكتريايى مقاوم بوده و پايدارى مناسبى دارند. به منظور نمك زدائى رسوبات پروتئينى حاصل مى توان آنها را در آب حل كرد. سپس اولترا فيلتراسيون نموده و يا به كمك دياليز در آب، نمك رسوبات را حذف كرد كه به صورت مفصل اين روش توضيح داده مى شود.

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

3-3. خواص سولفات آمونیوم:

انحلال پذیری سولفات آمونیوم از $0-30^{\circ}\text{C}$ تغییر پذیر است.

سولفات آمونیوم $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ به صورت طبیعی در دهانه آتشفشان های فعال یافت می شود.

در آب به صورت محلول است و در الکل و استون غیر قابل حل می باشد.

نقطه ذوب آن 230°C می باشد و در اثر گرما در سیستم باز، ترکیبات آن شروع به متلاشی شدن در دمای 100°C می نمایند.

آمونیوم بی سولفات هم به فرمول $(\text{NH}_4\text{HSO}_4)$ وجود دارد که نقطه ذوب 146.9°C را داراست.

Property	Ammonium Sulfate
Colour	Colourless
Physical state (25°C , 1atm)	Rhombic Crystals
Formula	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
Relative molecular Mass	132.14
Melting point ($^{\circ}\text{C}$)	230
Density	1.769 (50°C)
Solubility in water (gr/Lit)	754 (20°C)

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

روش تصفیه و تخلیص سرم های درمانی در موسسه رازی مبتنی بر هضم نسبی آنزیماتیک و دناتوراسیون حرارتی پروتئین های پلاسما و Salting out با سولفات آمونیوم می باشد.

این فرایند در هفت مرحله به شکل زیر انجام می شود که تا مرحله ششم عمل تصفیه یکسان می باشد و فقط در مرحله آخر است که دستگاه دیالیز ساخته شده را می توان جایگزین روش سنتی دیالیز کرد و در وقت و آب صرفه جویی چشمگیری کرد.

1- هضم پپتیکی:

در این مرحله ابتدا پلاسمای آنتی توکسین (ضد سم) سه مرتبه با سرم فیزیولوژی (محلول 8/5 گرم کلورسدیم در یک لیتر آب) رقیق می شود. دمای محلول در 30°C و PH آن با اسید کلریدریک نرمال در حدود 3/2 تنظیم می گردد و آنزیم پپسین به $(\frac{W}{V}) 0/5\%$ (نسبت به حجم پلاسما) اضافه می شود. هضم نسبی آنزیماتیک در شرایط فوق به مدت 30 دقیقه صورت می گیرد.

2- دناتوراسیون حرارتی و رسوب پروتئین های نامطلوب:

بلافاصله پس از خاتمه مدت هضم با سود نرمال PH مخلوط در 4/2 تنظیم می گردد و سولفات آمونیوم به نسبت $\frac{W}{V} 14\%$ اضافه می گردد و در ضمن هم زدن حرارت داده می شود. به طوری که ظرف مدت 10 دقیقه دمای مخلوط $55-56^{\circ}\text{C}$

گردد. سپس مقدار 1 میلی لیتر تولوئن^۱ به ازای هر لیتر حجم مخلوط اضافه می شود. هم زدن مخلوط به آرامی در دمای $55-56^{\circ}\text{C}$ به مدت 60 دقیقه ادامه می یابد. پس از این مدت مخلوط به کمک صافی پارچه ای تصفیه می گردد.

3- اولین رسوب پروتئین های ضد سم:

PH محلول به دست آمده از مرحله دوم با سود نرمال در $7/2$ تنظیم می شود و به نسبت $\frac{W}{V} 18\%$ سولفات آمونیوم افزوده می شود و به مدت 15 دقیقه به هم زده شده و سپس افزوده می شود و به مدت 15 دقیقه به هم زده شده و سپس رسوبات تشکیل شده با صافی پارچه ای جدا می شود.

4- دیالیز اول:

رسوبات مرحله سوم در کیسه های سلفون به مدت 48 ساعت در دمای 4°C در برابر آب جاری دیالیز می شود

5- رنگ گیری:

به ازای هر 1000 میلی لیتر محلول دیالیز، 5 گرم فنل و 400 میلی لیتر ژل هیدروکسید آلومینیوم مخلوط می شود و به محلول حاصل دیالیز اضافه می شود. مخلوط حاصل ضمن هم زدن به مدت 60 دقیقه و در دمای 50°C حرارت داده می شود. پس از این مدت مخلوط با صافی پارچه ای تصفیه و محلول صاف شده نگهداری می شود.

^۱ - افزودن تولوئن برای حذف ذرات چربی هنگام جدا کردن رسوبات انجام می شود.

6- دومین رسوب پروتئین های ضد سم:

به محلول صاف شده مرحله قبل به نسبت $\frac{V}{V} 55\%$ محلول سولفات آمونیوم اشباع اضافه میشود و به مدت 15 دقیقه همزده و سپس با کاغذ صافی واتمن شماره 50 تصفیه می شود. رسوبات حاصل پس از پرس شدن جمع آوری می گردد. حجم لازم برای ایجاد غلظت $\frac{V}{V} 55\%$ از محلول سولفات آمونیوم اشباع به کمک رابطه

زیر:

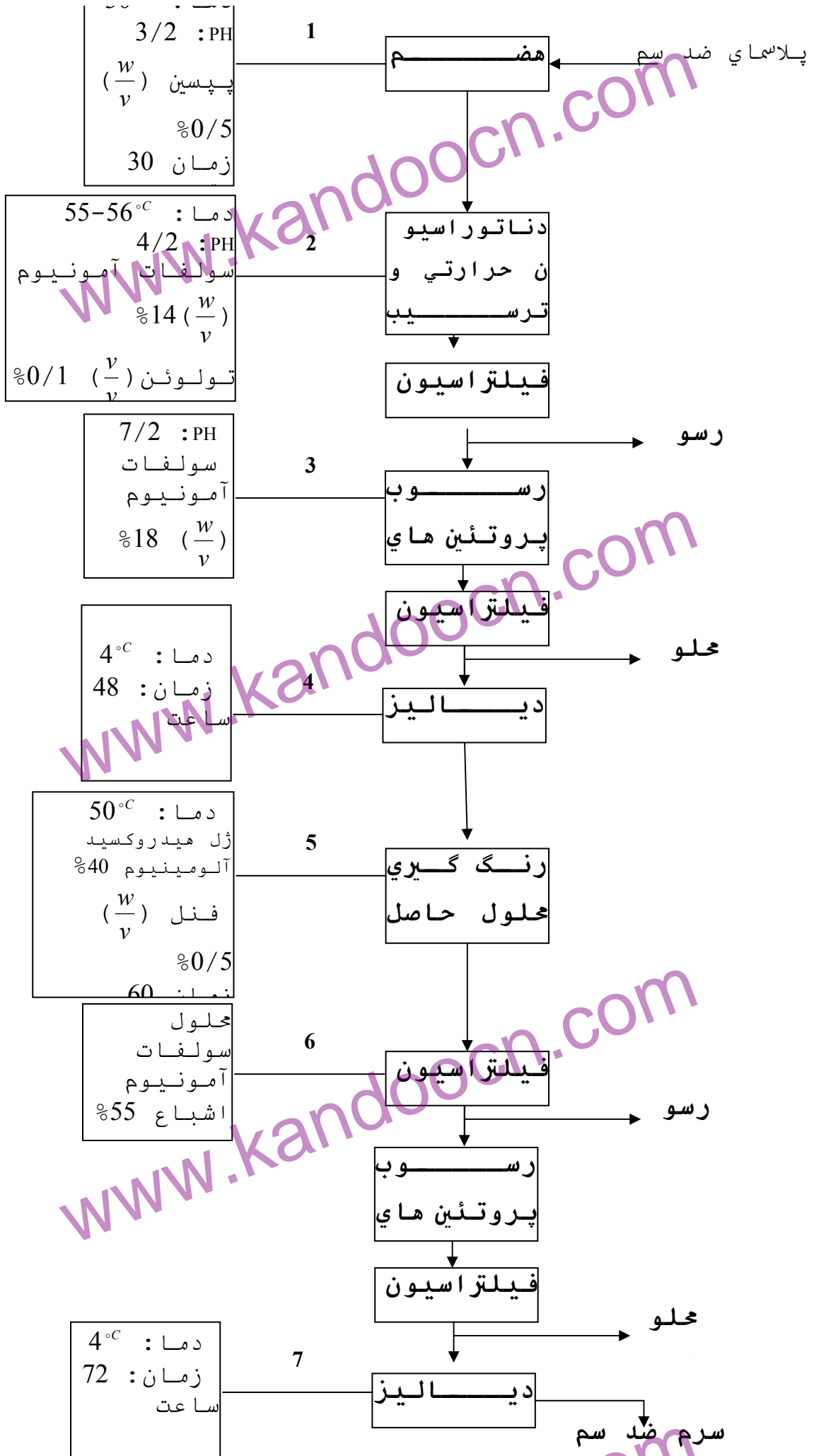
$$X = \frac{V \times 55}{100 - 55}$$

که در آن X حجم مورد نظر از محلول سولفات آمونیوم اشباع و V حجم محلول های حاصل از مرحله قبل است.

7- دیالیز نهایی:

رسوبات مرحله ششم در کیسه سلوفان در دمای 4°C در برابر آب جاری به مدت حداقل 72 ساعت دیالیز می شود و در پایان این مرحله 0/15 فنل به عنوان محافظ میکروبی به محلول اضافه می گردد.

روش تصفیه و تخلیص سرم در
موسسه رازی



5-1. یون زدایی توسط دستگاه:

در روش پیشنهادی که دیالیز توسط دستگاه می باشد پس از مرحله ششم به جای قرار دادن رسوبات در کیسه های سلفونی که به اصطلاح کیسه دیالیز نامیده می شود و گذاشتن آنها در آب جاری برای مدت حداقل 3 روز و بعد قرار گرفتن برای مدت حداقل 2 روز در محلول آب فنول (برای ضد عفونی شدن و نگهداری از سرم برای زمانهای طولانی در سردخانه) می توان از دستگاه دیالیز استفاده کرد که همین کار را در زمانی حدود 3 تا 4 ساعت انجام می دهد و به جای مصرف چیزی در حدود 2000 تا 4000 لیتر آب دیونیزه می توان با حدود 60 تا 80 لیتر آب دیونیزه عمل دیالیز را انجام داد. نحوه عمل دستگاه دیالیز در زیر شرح داده شده است:

اجزاء دستگاه یون زدا: (جهت دیالیز نمونه ها به روش آزمایشگاهی)

1- یک ظرف شیشه ای بزرگ (بومبون) به گنجایش 10 لیتر (جهت ریختن آب دیونیزه)

2- یک ظرف شیشه ای کوچکتر (ارلن) به گنجایش 5 لیتر (جهت ریختن محلول سرم)

3- صافی دیالیز

4- دو عدد پمپ الکتریکی

5- شیرهای خروجی محلول و آب

www.kandooch.com

www.kandooch.com

www.kandooch.com

www.kandooch.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandooch.com

www.kandooch.com

www.kandooch.com

www.kandooch.com

نحوه کار دستگاه بدین صورت است که نمونه سرمی را که از مرحله ششم به دست آمده است و به صورت جامد می باشد را با حداقل آب دیونیزه مخلوط کرده که محلول کاملاً شفاف به دست آید و به صورت مایع درون ارلن که در دستگاه می باشد ریختیم ارلن دارای یک خروجی و یک ورودی می باشد که یکی در پایین جهت خروج محلول توسط پمپ به درون دستگاه صافی دیالیز و دیگری در بالا جهت ورود مجدد محلول دیالیز شده به درون ارلن.

درون ظرف شیشه ای بزرگتر (بومبون) آب دیونیزه ریختیم و این ظرف هم دارای یک خروجی و یک ورودی است که خروجی پایینی جهت خروج آب توسط پمپ به درون دستگاه صافی است و ورودی بالایی جهت بازگشت مجدد آب به درون ظرف می باشد.

نحوه عمل دستگاه بدین صورت است که جریان سرم از درون لایه های فیبری (فیلترها) عبور کرده و جریان آب هم از غشاء خارج حرکت می نماید که فیلتر مربوطه اجازه عبور ذرات بسیار ریز را تنها می دهد و نمک و املاح خارجی شده و به درون آب می روند و ذرات بزرگتر مثل پروتئین ها از غشاء مربوطه عبور نمی کنند و با این روش پس از چندین بار تعویض آب می توان محلول سرم را از وجود املاح و نمک ها عاری کرد.

حال به عنوان مثال یکی از نمونه ها که دیالیز روی آن صورت گرفته است به طور کلی بیان می نمایم.

5-2. نمونه سرم ضد عقرب گزیدگی:

در بخش تصفیه دو نمونه کاملاً یکسان و مشابه را وزن کرده و یکی را به صورت سنتی درون کیسه های دیالیز قرار دادیم و دیگری جهت تصفیه بوسیله دستگاه یون زدا مورد استفاده قرار دادیم.

قبل از انجام آزمایش دستگاه را کاملاً شستیم. بدین صورت که نخست درون ظرف محتوی آب دیونیزه قدری اسید ریختیم و دستگاه را روشن نمودیم تا جریان اسید از درون صافی دیالیز هم عبور نماید، سپس قدری سود درون ظرف آب دیونیزه ریختیم و مجدداً دستگاه را روشن نموده تا جریان قلیایی هم درون دستگاه جریان پیدا نماید که بدین صورت صورت اسید باقیمانده در ظرف خنثی می شود. پس از این کار دستگاه را با آب دیونیزه پر کردیم و چند دقیقه گذاشتیم تا کار کند و کاملاً از اسید و باز محیط عاری شود (دستگاه را 2 تا 3 بار با آب دیونیزه می شویم) پس از این کارها نمونه سرمی را که به صورت جامد است، با قدری آب دیونیزه مخلوط کرده و هم زدیم تا به صورت محلول تبدیل شود و پس از تبدیل شدن آن به محلول هدایت آن را با دستگاه هدایت سنج خواندیم. سپس نمونه سرم را که به صورت محلول بود درون ظرف محلول که در دستگاه قرار دارد ریخته و درون ظرف که گنجایش 10 لیتر را دارد، 10 lit آب دیونیزه ریختیم و بعد دستگاه را روشن کرده (هر دو پمپ را روشن می نماییم) و جریان آب و محلول از درون صافی دیالیز عبور داده و از طریق تبادل یون ها عمل دیالیز آغاز می شود. در

مرحله اول برای مدت 20 دقیقه دستگاه را گذاشتیم تا کار کند و سپس از طریق شیر خروجی آب دیونیزه قدری آب دیونیزه بر می داریم و هدایت آب را اندازه می گیریم که برابر با 1125 میکرو زیمنس (μS) بود. که نشان می دهد آب دیونیزه از املاح نمک اشباع شده است و تبادل یون به خوبی انجام شده است و نیاز به تعویض آب دیونیزه داریم که در این حال دستگاه را خاموش کرده و شیر خروجی آب دیونیزه را باز کرده و آب دیونیزه را عوض کردیم.

پس از خارج کردن آب و اضافه کردن آب جدید دستگاه را مجدداً روشن کرده و برای مدت 20 دقیقه دیگر گذاشتیم تا کار کند و سپس هدایت آب را اندازه گرفتیم. مجدداً آب را تعویض کرده و آب جدید می گذاریم و برای مدت 20 دقیقه دیگر گذاشتیم تا دستگاه کار کند. و پس از آن مجدداً هدایت آب را اندازه گرفتیم. در این مرحله هدایت محلول را اندازه می گیریم که نسبت به قبل بسیار کمتر شده است. مجدداً آب را تعویض کرده و آب جدید و تازه در دستگاه ریخته و دستگاه برای مدت 20 دقیقه دیگر هم کار می کند. در این مرحله چون تغییر کمتری داشتیم آب جدید را که قرار دادیم دستگاه را برای مدت 20 دقیقه می گذاریم تا کار کند و در این حال پس از 20 دقیقه هدایت آب و محلول را اندازه گرفتیم.

در مرحله بعد هم پس از تعویض آب دستگاه را برای مدت 20 دقیقه می گذاریم تا کار کند و هدایت بسیار پایین آمده و نزدیک به هدایت آب مقطر است. در مرحله بعدی هم پس از تعویض آب دستگاه را برای مدت 20 دقیقه دیگر گذاشتیم تا کار کند که در این حالت هدایت آب برابر با ($10 \mu S$) و هدایت محلول

برابر با ($27 \mu s$) می باشد که در این حال به دلیل نزدیک شدن بسیار زیاد هدایت آب به هدایت آب دیونیزه و احتمال کافی بودن عمل دیالیز ما تست کلرور باریم را برای محلولمان انجام دادیم تا در صورت شفاف بودن از عدم حضور سولفات آمونیوم اطمینان حاصل نماییم که پس از انجام دادن این تست محلول کاملاً شفاف شد که نشان می دهد $BaSO_4$ در محیط نیست یا بسیار کم است و در حد استاندارد می باشد.

پس از این کار عمل فنول زنی و نمک زنی را آغاز کردیم که در این حال تمامی آب دیونیزه موجود در ظرف را خالی کرده و به جای آن محلولی که به صورت زیر آمده می شود را درون ظرف محتوی آب دیونیزه ریختیم.

فنول $\frac{1}{5}$ و سرم فیزیولوژی ($\frac{8}{1000}$ کلرور سدیم) را مخلوط و به میزان 10lit درست کردیم و درون ظرف محتوی آب دیونیزه ریختیم و دستگاه را برای مدت 45 دقیقه روشن نمودیم. که در این حال توسط انتقال یونی عمل مبادله صورت می گیرد و عمل فنول زنی هم در مدت کوتاهی انجام می پذیرد. که این کار برای جلوگیری از خراب شدن سرم می باشد.

پس از این کار و خاموش کردن دستگاه نمونه محلول سرم را که آماده است برداشتیم و حجم آن را اندازه گیری کردیم و آن را توسط واحد بسته بندی و استریل ابتدا استریل کرده و سپس بسته بندی نمودیم و بعد نمونه ای را هم که از

بخش تصفیه سرم به صورت مشابه توزین شده و علامت گذاری شده تحویل گرفته و در شرایط یکسان آزمون های لازم را برای آنها انجام می دهیم.

همانطور که مشاهده می شود در مرحله اول دیالیز چیزی حدود به 40٪ نمکها از سرم خارج شدند. در مرحله دوم نزدیک به 20٪ از کل نمک ها خارج شدند در مرحله سوم دیالیز چیزی حدود به 15٪ و در مرحله چهارم نزدیک به 12٪ از کل نمک ها خارج شدند. در مرحله پنجم و ششم و هفتم هم به ترتیب 7٪، 4٪، 2٪ در کل نمک ها از محلول خارج گردیدند.

همانطور که مشاهده می گردد کل مدت زمان دیالیز چیزی در حدود 4 ساعت به طول انجامید و حدوداً نزدیک به 80 لیتر آب هم مصرف شد که در مقایسه با 5 روزی که در نمونه مشابه مصرف 3500 لیتر آب دیونیزه بسیار کمتر و مقرون به صرفه تر است.

www.kandoo.cn.com

فصل

سیر تحولی تصفیه و تخلیص سرمهای درمانی

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

6-1. پارامترهای آماری:

1- میانگین داده های آماری از فرمول روبرو محاسبه می شود.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

X_i = نماینده هر یک از مقادیر موجود است.

N = تعداد اندازه گیری ها است.

2- انحراف استاندارد:

انحراف استاندارد که به عنوان معیار دقت به کار می رود به صورت زیر محاسبه می شود.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

3- واریانس:

واریانس به تعریف ساده، یعنی مربع انحراف استاندارد که به صورت زیر میباشد.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}$$

4- خطای استاندارد:

انحراف استاندارد هر میانگین خطای استاندارد نام دارد و آن را با علامت

$$\sigma_m = \sigma / \sqrt{N}$$

σ : انحراف استاندارد

N : تعداد نمونه ها

روابط و آزمون های دیگر:

آزمون "t"

$$t = \frac{N_1 - M_2}{\sqrt{S_P^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

$$S_p^2 = \frac{(S.D_1)^2(n_1 - 1) + (s.P_3)^2(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$sf = n_1 + n_2 - 2$$

www.kandooch.com

www.kandooch.com

www.kandooch.com

www.kandooch.com

2-6. مدت زمان:

زمانهای به دست آمده در آزمایشات توسط دستگاه دیالیز و تصفیه توسط روش سنتی موسسه به صورت زیر می باشد که 5 نمونه مورد بررسی قرار گرفت.

دستگاه		موسسه	
1.	3 hr	1.	120 hr
2.	3 hr	2.	120 hr
3.	6 hr	3.	144 hr
4.	4 hr	4.	120 hr
5.	5 hr	5.	96 hr

Breakdown Table of Descriptive Statistics (Nouh Seresht 82.9.sta)
N=10 (No missing data in dep. var. list)

کد	زمان (ساعت) میانگین	زمان (ساعت) تعداد	زمان (ساعت) انحراف معیار	زمان (ساعت) ولایتین	زمان (ساعت) خطای استاندارد	زمان (ساعت) حداکثر	زمان (ساعت) حداکثر
دستگاه	۴/۲۰	۵	۱/۳۰	۱/۷۰	۰/۵۸	۳/۰۰	۶/۰۰
موسسه	۱۲۰/۰۰	۵	۱۶/۹۷	۲۸۸/۰۰	۷/۵۶	۹۶/۰۰	۱۴۴/۰۰
کل گروه ها	۶۲/۱۰	۱۰	۶۲/۰۸	۳۸۵۳/۶۶	۹/۶۳	۳/۰۰	۱۴۴/۰۰

همانطور که در صفحه قبل مشاهده گردید میانگین زمانهای به دست آمده توسط دستگاه یون زدای طراحی شده، چیزی برابر با $4/20$ ساعت می باشد. که با انحراف معیاری در حدود $1/30$ قابل قبول می باشد، در حالی که میانگین زمانی به دست آمده توسط روش سنتی کیسه دیالیز در موارد مشابه چیزی در حدود 120 ساعت می باشد. که با انحراف معیاری در حدود $16/97$ قابل قبول است.

تعداد نمونه ها همانطور که مشاهده می شود 5 عدد برای هر دو نمونه می باشد و میزان واریانس هم برای روش دستگاهی برابر با $1/70$ است، در حالی که برای روش سنتی کیسه دیالیز برابر با 288 است. خطای استاندارد همه برای روش دستگاهی برابر با $0/58$ است. در حالی که برای روش سنتی کیسه دیالیز برابر با $7/59$ می باشد.

همین طور که مشاهده می شود حداقل زمان برای روش دستگاهی 3 ساعت و برای روش سنتی کیسه دیالیز برابر با 96 ساعت است.

و در نهایت حداکثر زمان هم برای روش دستگاهی برابر با 6 ساعت است و برای روش سنتی کیسه دیالیز برابر با 144 ساعت است.

در کل با توجه به نتایج و داده های زمانی مشاهده می گردد که روش دستگاهی روشی بسیار سریعتر و کوتاهتر برای دیالیز کردن نمونه های سرم می باشد.

3-6. میزان مصرف آب:

میزان مصرف آب هم در آزمایشهای صورت گرفته توسط دستگاه و همچنین توسط موسسه به صورت زیر می باشد که 5 نمونه مورد بررسی قرار گرفت.

دستگاه		موسسه	
1.	70 lit	1.	2500 lit
2.	60 lit	2.	1500 lit
3.	110 lit	3.	1800 lit
4.	80 lit	4.	2000 lit
5.	80 lit	5.	1800 lit

کد	میزان مصرف آب (لیتر)	میزان مصرف آب (لیتر)	میزان مصرف آب (لیتر)	میزان مصرف آب (لیتر)	میزان مصرف آب (لیتر)	میزان مصرف آب (لیتر)	میزان مصرف آب (لیتر)
	Means	N	Std.Dev.	Variance	Std.Err.	Minimum	Maximum
دستگاه	۸۰/۰۰	۵	۱۸/۷۱	۳۵۰/۰۰	۸/۳۷	۶۰/۰۰	۱۱۰/۰۰
موسسه	۱۹۲۰/۰۰	۵	۳۷۰/۱۴	۱۳۷۰۰۰/۰۰	۱۶۵/۵۳	۱۵۰۰/۰۰	۲۵۰۰/۰۰
All Grps	۱۰۰۰/۰۰	۱۰	۱۰۰۰/۷۴	۱۰۰۱۴۸۸/۸۹	۳۱۶/۴۶	۶۰/۰۰	۲۵۰۰/۰۰

همانطور که مشاهده می شود میانگین مصرف آب دیونیزه توسط دستگاه یون زدای طراحی شده چیزی در حدود 80 لیتر می باشد که با انحراف معیاری در حدود 18/71 قابل قبول است در حالی که این میانگین برای روش سنتی کیسه دیالیز در حدود مصرف 1920 لیتر آب دیونیزه است که با انحراف معیاری در حدود 370/14 قابل قبول می باشد.

همانطور که در این جدول هم مشاهده می شود تعداد نمونه ها 5 عدد است. میزان واریانس هم برای روش دستگاهی برابر با 350 است در حالی که برای روش سنتی کیسه دیالیز برابر با 13700 می باشد.

میزان خطای استاندارد هم در روش دستگاهی برابر 8/37 است در حالی که در روش سنتی کیسه دیالیز این خطا برابر با 53 می باشد.

میزان خطای استاندارد هم در روش دستگاهی برابر با 8/37 است در حالی که در روش سنتی کیسه دیالیز این خطا برابر با 165/53 می باشد.

همانطور که می بینیم حداقل مصرف آب برای روش دستگاهی در حدود 60 لیتر است ولی برای روش سنتی این مصرف به حدود 1500 لیتر می رسد.

حداکثر مصرف آب برای روش دستگاهی برابر با 110 لیتر می باشد در حالی که در روش سنتی کیسه دیالیز به حدود 2500 لیتر می رسد.

با توجه به نتایج به دست آمده مشاهده می شود که روش دستگاهی روشی بسیار اقتصادی تر از نظر مصرف آب دیونیزه است و صرفه جویی های مهمی را در صورت به کار بردن این روش می توان به دست آورد.

4-6. وزن خشک: 1^{cc}

وزن خشک را در مورد هر دو نمونه دستگاهی و موسه اندازه گرفتیم که نتیجه به صورت زیر می باشد (وزن خشک در 1^{cc})

دستگاه		موسسه	
1.	0.073 gr	1.	0.18 gr
2.	0.093 gr	2.	0.17 gr
3.	0.056 gr	3.	0.186 gr
4.	0.066 gr	4.	0.136 gr
5.	0.057 gr	5.	0.163 gr

کد	وزن خشک: اوسه بی	وزن خشک: اوسه بی	وزن خشک: اوسه بی	وزن خشک: اوسه بی	وزن خشک: اوسه بی	وزن خشک: اوسه بی	وزن خشک: اوسه بی
	Means	N	Std.Dev.	Variance	Std.Err.	Minimum	Maximum
دستگاه	۰/۰۷	۵	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۹
موسسه	۰/۱۷	۵	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۱۴	۰/۱۸
All Grps	۰/۱۲	۱۰	۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۱۸

همانگونه که در جدول صفحه قبل مشاهده گردید میزان میانگین وزن خشک به دست آمده در یک سی سی برای نمونه دستگاهی برابر 0/07 گرم می باشد در حالی که این میزان برای روش سنتی کیسه دیالیز در حدود 0/17 گرم یم باشد که در هر دو مورد میزان انحراف معیار در حدود 0/02 است.

تعداد نمونه ها هم که در هر دو مورد 5 عدد است و میزان واریانس هم برای هر دو نمونه برابر با 0 می باشد.

خطای استاندارد هم برای هر دو نمونه دستگاهی و سنتی کیسه دیالیز برای 0/01 می باشد.

میزان حداقل وزن خشک برای نمونه دستگاهی برابر با 0/6 گرم و برابر با نمونه سنتی کیسه دیالیز برابر با 0/14 گرم می باشد.

میزان حداکثر وزن خشک هم برای نمونه دستگاهی برابر با 0/09 گرم و برای نمونه سنتی کیسه دیالیز برابر با 0/18 گرم می باشد.

با توجه به نتایج به دست آمده همانطور که مشاهده می شود میزان داده ها بسیار به هم نزدیک است و میزان خطاها و انحراف معیار و واریانسها هم برای هر دو نمونه یکی است که نشان می دهد روش دستگاهی در میزان وزن خشک فرآورده که همان میزان پروتئین ها است تغییری صورت نداده است و نتایج یکی است و اختلاف اندک حاصل هم مربوط به خارج شدن بعضی از پروتئین های غیر ضروری می باشد که این ادعا هم با انجام آزمون پوتنسی که نشان دهنده سالم بودن سرم برای تزریق است اثبات می شود.

5-6. وزن خشک: در کل محلول

میزان وزن خشک را در کل محلول برای نمونه دیالیز شده توسط دستگاه و نمونه موسسه اندازه گیری کرده و نتایج به صورت زیر است.

دستگاه		موسسه	
1.	125.56 gr	1.	126 gr
2.	54.57 gr	2.	59.5 gr
3.	74.04 gr	3.	74.4 gr
4.	99.9 gr	4.	95.2 gr
5.	94.05 gr	5.	105.95 gr

Breakdown Table of Descriptive Statistics (Nouh Seresht 82.9.sta)
N=10 (No missing data in dep. var. list)

کد	وزن خشک در کل	وزن خشک در کل	وزن خشک در کل	وزن خشک در کل	وزن خشک در کل	وزن خشک در کل	وزن خشک در کل
	Means	N	Std.Dev	Variance	Std.Err	Minimum	Maximum
دستگاه	۸۴/۶۸	۵	۳۲/۳۳	۱۰۴۵/۲۰	۱۴/۴۶	۴۷/۰۴	۱۲۵/۵۶
موسسه	۹۲/۲۱	۵	۲۶/۱۱	۶۸۱/۶۶	۱۱/۶۸	۵۹/۵۰	۱۲۶/۰۰
All Grps	۸۸/۴۵	۱۰	۲۷/۹۹	۷۸۳/۲۲	۸/۱۵	۴۷/۰۴	۱۲۶/۰۰

همانطور که در جدول صفحه قبل مشاهده می شود میانگین وزن خشک به دست آمده در کل محلول برای نمونه دستگاهی برابر با 84/68 گرم و برای نمونه ای که توسط کیسه دیالیز صورت گرفته است برابر با 92/21 گرم می باشد که انحراف معیار برای نمونه دستگاهی برابر با 32/33 و برای روش سنتی کیسه دیالیز برابر با 26/11 می باشد.

تعداد نمونه ها در هر دو مورد برابر با 5 نمونه می باشد.

میزان واریانس هم برای روش دستگاهی برابر با 1045/20 می باشد و برای روش سنتی کیسه دیالیز برابر با 681/66 می باشد.

خطای استاندارد هم برای نمونه دستگاهی برابر با 14/46 و برای روش سنتی کیسه دیالیز برابر با 11/68 می باشد.

میزان حداقل وزن خشک برای روش دستگاهی برابر با 47/04 گرم است در حالی که برای روش سنتی کیسه دیالیز برابر با 59/50 گرم است.

میزان حداکثر وزن خشک در روش دستگاهی برابر با 125/56 گرم است و در روش سنتی کیسه دیالیز هم برابر با 126 گرم می باشد.

با توجه به نتایج به دست آمده و نزدیکی داده ها مشخص می گردد که روش دستگاهی میزان خشک تقریباً یکسانی با روش سنتی کیسه دیالیز دارد و نتایج به دست آمده نشان می دهد که باز هم می توان از دستگاه یون زدا برای خارج کردن نمکها استفاده کرد.

6-6. میزان پروتئین به روش کجدال:

میزان پروتئین را هم در هر دو نمونه دستگاه و موسسه اندازه گیری کردیم و نتایج حاصله به صورت زیر می باشد.

دستگاه		موسسه	
1.	$50 \frac{mg}{ml}$	1.	$91.25 \frac{mg}{ml}$
2.	$82.81 \frac{mg}{ml}$	2.	$184.37 \frac{mg}{ml}$
3.	$59.37 \frac{mg}{ml}$	3.	$121.87 \frac{mg}{ml}$
4.	$93.75 \frac{mg}{ml}$	4.	$164.84 \frac{mg}{ml}$
5.	$106.25 \frac{mg}{ml}$	5.	$168.75 \frac{mg}{ml}$

کد	میزان پروتئین کجدال	میزان پروتئین کجدال	میزان پروتئین کجدال	میزان پروتئین کجدال	میزان پروتئین کجدال	میزان پروتئین کجدال	میزان پروتئین کجدال
	Means	N	Std.Dev.	Variance	Std.Err.	Minimum	Maximum
دستگاه	۷۸/۴۴	۵	۲۳/۴۵	۵۴۹/۸۵	۱۰/۴۹	۵۰/۰۰	۱۰۶/۲۵
موسسه	۱۴۶/۲۲	۵	۴۷/۴۸	۱۴۸۱/۰۹	۱۷/۲۱	۹۱/۲۵	۱۸۴/۳۷
All Grps	۱۱۲/۳۳	۱۰	۴۶/۶۸	۲۱۷۸/۷۸	۱۴/۷۶	۵۰/۰۰	۱۸۴/۳۷

همانگونه که مشاهده می شود، نتایج میزان پروتئین به روش کجلدال در صفحه قبل در جدول دیده می شود که بر این اساس میانگین میزان پروتئین به روش دستگاهی برابر با $78/44 \text{ mg/ml}$ می باشد و در روش سنتی کیسه دیالیز $146/22 \text{ mg/ml}$ می باشد که این میانگین با انحراف معیاری در حدود $23/45$ برای روش دستگاهی و $38/48$ برای روش سنتی کیسه دیالیز می باشد.

تعداد نمونه ها برابر با 5 عدد برای هر دو روش می باشد.

میزان واریانس هم برای روش دستگاهی برابر با $549/85$ می باشد که برای روش سنتی کیسه دیالیز برابر با $1481/09$ می باشد.

خطای استاندارد هم برای روش دستگاهی برابر با $10/49$ است که برای روش سنتی کیسه دیالیز برابر با $17/21$ می باشد.

میزان حداقل پروتئین در روش دستگاهی برابر با 50 mg/ml است در حالی که برای روش سنتی کیسه دیالیز برابر با $91/25 \text{ mg/ml}$ است.

میزان حداکثر پروتئین هم در روش دستگاهی برابر با $106/25 \text{ mg/ml}$ است در حالی که در روش سنتی کیسه دیالیز این میزان برابر با $184/37 \text{ mg/ml}$ است.

با توجه به نتایج به دست آمده و کاهش میزان پروتئین در روش دستگاهی به این نتیجه می رسیم که این کاهش پروتئین همان پروتئین های اضافی می باشد در نتیجه دیالیز از نمونه سرم خارج شده است و برای اثبات این ادعا که این پروتئین ها همان پروتئین های اضافی است آزمون پوتنسی صورت گرفت که سالم بودن سرم را نشان می دهد و ثابت می شود که پروتئین های اضافی خارج شده است.

7-6. میزان پروتئین به روش بیوره:

میزان پروتئین به روش بیوره را هم در پنج نمونه اندازه گیری کرده و نتایج حاصله به صورت زیر می باشد.

دستگاه		موسسه	
1.	91.94 $\frac{mg}{ml}$	1.	125.35 $\frac{mg}{ml}$
2.	88.02 $\frac{mg}{ml}$	2.	104.34 $\frac{mg}{ml}$
3.	44.11 $\frac{mg}{ml}$	3.	20.39 $\frac{mg}{ml}$
4.	62.60 $\frac{mg}{ml}$	4.	90.00 $\frac{mg}{ml}$
5.	26.28 $\frac{mg}{ml}$	5.	136.58 $\frac{mg}{ml}$

Breakdown Table of Descriptive Statistics (Nouh Seresht 82.9.sta)
N=10 (No missing data in dep. var. list)

گروه	میزان پروتئین: بیوره	میزان پروتئین: بیوره	میزان پروتئین: بیوره	میزان پروتئین: بیوره	میزان پروتئین: بیوره	میزان پروتئین: بیوره	میزان پروتئین: بیوره
	Means	N	Std.Dev.	Variance	Std.Err.	Minimum	Maximum
دستگاه	۷۵/۷۹	۵	۲۱/۵۶	۴۶۴/۹۸	۹/۴۴	۴۲/۱۱	۹۲/۲۸
موسسه	۱۰۷/۳۳	۵	۲۳/۵۳	۵۵۳/۸۳	۱۱/۵۲	۸۰/۳۹	۱۳۶/۵۸
All Grps	۹۱/۵۶	۱۰	۲۷/۰۰	۷۳۹/۱۶	۸/۵۴	۴۲/۱۱	۱۳۶/۵۸

همانطور که در جدول صفحه قبل مشاهده می گردد، میزان میانگین پروتئین ها به روش بیوره در روش دستگاہی برابر با $75/79 \text{ mg/ml}$ می باشد که در روش سنتی کیسه دیالیز برابر با $107/33 \text{ mg/ml}$ می باشد. انحراف معیار هم در روش دستگاہی $21/56$ و در روش سنتی کیسه دیالیز $23/53$ می باشد.

تعداد نمونه هم در هر دو روش برابر با 5 نمونه است.

میزان واریانس هم در روش دستگاہی برابر با $464/98$ است که در روش سنتی کیسه دیالیز برابر با $553/93$ می باشد.

خطای استاندارد هم در روش دستگاہی برابر با $9/64$ و در روش سنتی کیسه دیالیز برابر با $10/52$ می باشد.

میزان حداقل پروتئین هم در روش دستگاہی برابر با $44/11 \text{ mg/ml}$ است که در روش سنتی کیسه دیالیز برابر با $80/39 \text{ mg/ml}$ است.

میزان حداکثر پروتئین به روش بیوره هم در روش دستگاہی برابر با $92/28 \text{ mg/ml}$ است. که در روش سنتی کیسه دیالیز این میزان برابر با $136/58$ است.

با توجه به نتایج به دست آمده در این آزمون هم مشاهده می شود که کمبود میزان پروتئین در روش دستگاہی هم مربوط به خارج شدن پروتئین های اضافی می باشد، که بهتر بودن این روش را ثابت می نماید.

www.kandooch.com

Variable	T-tests: Grouping:										
	Group 1: دستگاه					Group 2: موسسه					
	Mean	Mean	t-value	df	p	Valid N	Valid N	Std. Dev.	F. dev.	F-ratio	P-Var
	دستگاه	موسسه				دستگاه	موسسه	دستگاه	موسسه		
زمان (ساعت)	20	100	21	8	00	5	5	30	97	41	00
	4	120	-15		0			1	16	169	0/
مبران مصرف آب	100	100	10	8	00	5	5	71	14	43	00
(لیتر)	80	1920	-11		0			18	370	391	0/
وزن خشک:	07	0/17	9/17	8	00	5	5	02	0/02	44	73
1سی سی	0		-		0			0		1	0/

www.kandooch.com

وزن خشک در کل	68/	21/	40/0	8	70/	5	5	33/	11/	53/	69
	84	92			0			32	26	1	0/
میزان پروتئین:	44/	22/	36/3	8	01/	5	5	45/	48/	26/	36
کجدال	78	146	-		0			23	38	2	0/
میزان پروتئین:	79/	33/	21/2	8	06/	5	5	56/	53/	19/	87
بیوره	75	107	-		0			21	23	1	0/

نتایج آزمون به منظور مقایسه میانگین در هر متغیر

با توجه به نتایج به دست آمده و مقایسه دو روش دستگاهی و سنتی با کیسه دیالیز می توان به این نتیجه مهم رسید که روش دستگاهی با توجه به داده های آماری روشی بسیار بهتر و کوتاهتر از لحاظ زمانی و همچنین از نظر مصرف آب، با مصرفی کمتر از نظر اقتصادی مقرون به صرفه تر است که از لحاظ زمانی زمان به دست آمده توسط دستگاه چیزی در حدود 96 درصد از لحاظ زمانی کوتاهتر است.

از لحاظ مصرف آب هم روش دستگاهی چیزی در حدود 95 درصد مصرف کمتری آب را دارا می باشد.

با توجه به نتایج موجود در جدول 1 میزان t محاسبه شده هم برابر با 15/21 می باشد که با توجه به درجه آزادی برابر با 8 در سطح اطمینان 99% ($P < 0.01$) معنی دار بوده است.

لذا فرض صفر آماری مبنی بر عدم تفاوت زمان محاسبه شده در هر دو وضعیت در این مسطح اطمینان رد و فرض مقابل پذیرفته می شود، یعنی عملکرد موسسه مثلاً از نظر زمانی بیشتر از دستگاه بوده است.

این تفاسیر برای همه متغیرهای دیگر نیز به همین گونه تعمیم داده می شود. سایر متغیرها مانند وزن خشک و پروتئین به روش بیوره و کجدال هم کاملاً در هر دو روش سنتی و دستگاهی نتایج یکسانی را دارا هستند.