الفصل الثامن
الأسموزية في المحاليل

مقدمة

- الإسموزية هى إنتشار المواد (المذيب) خلال غشاء شبه منفذ نتيجة لإختلاف الضغط الإنتشارى لهذه المادة (المذيب) على جانبى الغشاء. وتحدث الإسموزية حينما يكون هناك محلولين فيهما المذيب مشترك وضغط الإنتشار للمذيب فى كلا الجانبين والمحلولين منفصلين عن بعضهما بواسطة غشاء شبه منفذ .فمثلاً عند ملأ غشاء شبه منفذ (على شكل كيس) بمحلول ملحى أو سكرى ثم ربط هذا الكيس ووضعه فى ماء نقى يلاحظ بعد فترة إمتلاء هذا الكيس ويحدث هذا الإنتفاخ ضغطاً على جدار الكيس من الداخل. وهذا الضغط ينشأ نتيجة لدخول الماء إلى المحلول عن طريق الإسموزية. وفى هذه الحالة يجب مراعاة أن غشاء الكيس لابد وأن يكون شبه منفذ أى يكون منفذاً للماء دون المادة المذابة.

أنواع الأغشية

- تنقسم الأغشية تبعاً لخاصية النفاذية إلى ثلاثة أنواع، وهي:

1- أغشية منفذة

- وهي تلك الأغشية التي تسمح لكل من المذيب والمذاب بالنفاذ خلالها، مثل: ورق الترشيح.

2- أغشية غير منفذة

- وهي تلك الأغشية التي لا تسمح لأى من المذاب والمذيب بالنفاذ، مثل: الزجاج.

3- أغشية شبه منفذة

- وهي تلك الأغشية التي تسمح للمذيب فقط دون المذاب بالنفاذ خلالها.

- إذا ما وضعنا محلولاً في قمع ثيسيل المغطى بغشاء شبه منفذ ووضع القمع فى كأس به ماء فإننا نلاحظ إرتفاع عمود الماء فى ساق القمع ويثبت الإرتفاع بعد فترة عند حد معين (أى يرتفع عن العلامة أ ب). والإرتفاع عمود المحلول من

أ ب (ثقل عمود المحلول) يساوى مقدار الضغط اللازم وضعة على جدران الغشاء الداخلى لمعادلة قوة دخول الماء إلى داخل القمع. وهذه القوة تساوى الضغط الإسموزى للمحلول .ويعرف الضغط الإسموزى بأنه "يساوى كمية قيمة أعلى ضغط ناتج عن ثقل عمود المحلول ويلزم إستمرار حدوث الإسموزية خلال غشاء شبه منفذ .فسيولوجيا النبات -

طرق تقدير الضغط الأسموزي للمحاليل

1- الطريقة المانومترية

- وفيها يقاس الضغط الإسموزى بقياس إرتفاع عمود السائل فى جهاز الأزموميتر Osmometer وذلك بمعلومية محلول إسموزى أخر معروف اسموزيته.

2- طريقة قياس الإنخفاض فى نقطة التجمد وتسمى Cryoscopy

- وفى هذه الطريقة يقاس مقدار الإنخفاض فى نقطة تجمد المحاليل (المراد قياس ضغوطها الإسموزية) عن نقطة تجمد الماء. وهذا الإنخفاض يسمى depression point Freezing .

- وبإعتبار المحاليل المتساوية التركيز بالمولال ذات ضغوط إسموزية متساوية وأن المحلول المولال لأى مادة غير اليكتروليتية ذو ضغط إسموزى يساوى ٢٢.٤ ض ج على درجة الصفر المئوى ومثل هذا المحلول يحدث إنخفاضاً فى نقطة التجمد قدرها ١.٨٦ م، وفي ضوء ذلك، فإن:

الضغط الأسموزي للمحلول المراد قياسه (ض) = 22.4 /

- مقدار الأنخفاض في نقطة التجمد التي يحدثها هذا المحلول(Δ)/ 1.86

أي أن:

$$\Delta / 1.86 = \text{ض} / 22.4$$

أي أن:

$$\Delta \times 22.4 = 1.86 \times \text{ض}$$

$$\text{ض} = 1.86 / (\Delta \times 22.4)$$

- وبمعرفة قيمة Δ (معمليا)، يمكن حساب قيمة الضغط الإسموزى لأى محلول بالضغط الجوي.

- ومن أحسن الأغشية شبه المنفذه غشاء حديد وسيانور البوتاسيوم وكبريتات النحاس فى إناء مسامى حيث يترسب الغشاء داخل مسام الإناء مكتسباً بذلك صلابة ودعامة الإناء المسامى.

العوامل التي تؤثر علي الضغط الأسموزي للمحاليل

1- التركيز

- تتوقف قيمة الضغط الإسموزى على عدد دقائق المادة المذابة بالنسبة لعدد جزيئات المذيب. وعلى ذلك فإن الضغط الإسموزى للمحاليل الغروية (الجيلاتين) تكون قليلة جداً حيث الدقائق تكون كبيرة وعددها قليل (الوزن الثابت) وبالعكس فى حالة المحاليل الإليكتروليتية (المتأينة) مثل كلوريد الصوديوم حيث يصبح عدد الدقائق أكبر من عدد الجزيئات نتيجة لحدوث التأين وذلك عند تساوى التركيز فى الحالتين. أما فى المحاليل غير المتأينة مثل محلول السكروز فإن قيمة الضغط الإسموزى لمحلول منها فى نفس درجة التركيز يقع وسطاً بين الحالتين السابقتين. ولما كان الوزن الجزيئى لأى مادة يحتوى على عدد ثابت من الجزيئات (رقم أفوجادرو = 02.6×10^{23} جزئ) فإن إذابة هذه الجزيئات فى لتر من الماء لتعطى محلول مولال فإنه فى هذه المحاليل يكون عدد دقائق المادة المذابة ثابت وكذلك عدد دقائق المذيب ثابت (لتر من الماء فى جميع الحالات) وعلى ذلك تكون الضغوط الإسموزية للمحاليل المتساوية التركيز بالمولال متساوية (طالما كانت هذه المحاليل حقيقية وغير متأنية).

- ولذلك يعتبر التركيز بالمولال هو المقياس الصحيح للتركيز فى حالة الإسموزية وليس المولار لأن الأخير عبارة عن الوزن الجزيء بينما يكون عدد جزيئات الماء مختلفة وتتوقف على نوع المادة المذابة (أى تكون أقل كثيراً أو قليلاً من اللتر حسب نوع المادة) وعلى ذلك لا يكون الضغط الإسموزى واحد للمحاليل المتساوية التركيز بالمولار. وأى محلول غير اليكتروليتى ذو تركيز يساوى مولال ذو ضغط إسموزى يساوى 4.22 ض ج على درجة الصفر المئوى (قانون فانت هوف) وهذا بالنسبة للمحاليل التى لا تحتوى على ماء تأدرت وهذا الرقم (4.22) مشتق من قانون بويل حيث أن الوزن الجزيئى لأى غاز يشغل حجم قدرة 4.22 لتر على درجة الصفر المئوى وضغط جوى يساوى الوحدة .فإذا ضغط هذا الغاز ليشغل حجماً قدرة لتر واحد فإنه يصبح ذو ضغط يساوى 4.22 ض ج على درجة الصفر المئوى. وبما أن المحاليل المولال تحتوى على الوزن الجزيئى للمادة فى حجم لتر من المذيب إذاً ينطبق عليها نفس القانون.

2 ـ مادة التأدرت

ـ وماء التأدرت هو كمية الماء المرتبط حول جزيئات المادة الذائبة مثل السكروز وهى قد تكون كثيرة أو قليلة حسب نوع المادة ومثل هذا الماء لا يحتسب ماء حر. وعلى ذلك تبدو محاليل هذه المواد كما لو كانت تركيزاً عما يساويه تركيزها الظاهرى بالمولال وبالتالى يكون ضغطها الإسموزى أعلى وعلى سبيل المثال فإن الضغط الإسموزى لمحلول مولال من السكروز = 8.24 بدلاً من 4.22 على درجة الصفر المئوى وهذه القيمة تصل إلى 27 ض ج على درجة°25 م.

3 ـ درجة الحرارة

ـ يرتفع الضغط الإسموزى بإرتفاع درجة الحرارة المطلقة (قانون جاى لوساك).

أهمية الماء للنبات (دور الماء فى النبات)

ـ يمكن النظر إلى أهمية الماء بالنسبة للنبات من خلال أثرة البيئى role Ecological أو أثره الفسيولوجى role Physiological . وتظهر أهمية الماء من الناحية البيئية فى توزيع النباتات على سطح الأرض الذى يتأثر بالماء الميسر أكثر من أى عامل أخر منفرد. حيث توجد الغابات الإستوائية ثم المراعى ثم نصف الصحراوية فالصحراوية تبعاً لمعدل سقوط الأمطار وتوزيعها على مدار السنة. وعلاوة على ذلك يظهر جزء من أثر الحرارة من خلال تأثيرها على العلاقات المائية نتيجة لتأثير البخر والنتح وسرعة التفاعلات الكيماوية .تظهر الأهمية الفسيولوجية للماء جلياً فى جميع العمليات الحيوية تقريباً حيث تتأثر هذه العمليات جميعها بطريق مباشر أو غير مباشر بإمداد الماء. فمثلاً تعتمد إستطالة الخلية على وجود حد أدنى من حالة الإمتلاء وتقل إستطالة السوق والأوراق بمقدار كبير بنقص الماء ويمكن إيجاز أثر نقص الماء بصفة عامة فى أنه يؤدى إلى الذبول توقف الإستطالة غلق الثغور. ونقص الماء الأرضى، علاوة على تداخل ذلك مع العديد من عمليات التحول الغذائى. ويؤدى إستمرار نقص الماء إلى تغير طبيعة البرتوبلازم وموت معظم الكائنات.

أهمية الماء الفسيولوجية للنبات

- أنه مكون رئيسى للبروتوبلازم وهو الوسط الرئيسى الذى ينتشر به باقى مكونات البروتوبلازم
- يدخل الماء فى عملية البناء الضوئى كمادة أساسية o .يدخل فى عمليات التحلل المائى الإنزيمى للمواد النشوية ، الدهنية ، البروتينية .فسيولوجيا النبات ـ

- عامل مهم فى حفظ إمتلاء الخلايا وبذلك تحتفظ بشكلها المميز o .هو الوسط المهم للتفاعلات الإنزيمية بالخلية
- الماء هو الوسط الذى تذاب فيه الأملاح الممتصة التى تستخدم فى عملية البناء الضوئى
- يتم الترابط بين أنسجة النبات المختلفة عن طريق الماء لأن البرتوبلازم وجدر الخلايا السليلوزية تكون متشربة بالماء ويؤدى إلى إتصال باشر بين جميع أجزاء النبات

خصائص الماء

1- **إرتفاع الحرارة النوعية:** والسبب يرجع إلى ترتيب ذرات الهيدروجين والأكسجين فى جزيئات الماء بحيث يكون لها القابلية على إمتصاص الحرارة دون أن ترتفع درجة الحرارة كثيراً

2- **إرتفاع درجة حرارة التبخير:** فمثلاً وجد أن جرام واحد من الماء يحتاج إلى 540 سعر حرارى ليتحول إلى بخار عند 100° م. هذا الرقم 540 سعر) يعتبر رقماً عالياً إذا ما قيس بالمواد الأخرى. وكذلك وجد أن جرام الماء يحتاج إلى 80 سعر ليتحول من الجليد (الصلب) إلى الماء (السائل) وهى أيضاً عالية عند مقارنتها بالمواد الأخرى.

3- **موصل جيد للحرارة** إذا ما قورن بغيره من السوائل والأجسام الصلبة غير المعدنية.

4- **الماء شفاف يسمح بمرور الضوء المرئى** إلى أعماق كبيرة وبذلك يمكن للطحالب أن تقوم بالبناء الضوئى.

5- **إرتفاع التوتر السطحى للماء** نتيجة لإرتفاع قوة التماسك بين الجزيئات مما يؤدى إلى سهولة إرتفاع الماء فى أوعية الخشب للجذر والساق فى النبات.

6- **يتمدد الماء** ويزيد فى الحجم بحوالى 10 %عند التجمد.

7- **يعتبر الماء قليل التأين** وبذلك يمتاز بأنه يصبح مذيباً جيداً للمواد العضوية غير الإلكتروليتية بتكوين روابط هيدروجينية.

8- **يعتبر الماء مذيبا جيدا** أيضاً للإلكتروليتات (حيث يتأين جزئيا) حيث يتجاذب فى شحنات جزيء الماء.

9- **الماء يدمص جيدا على أسطح السليلوز والطين الغروى** والبروتين وغيرها، وذلك بسبب الطبيعة القطبية لجزيئات الماء.

تفسير الصفات الفريدة للماء

- لقد وضعت نظريات عديد تناولت شكل وتركيب جزئ الماء وسوف نتطرق إلى بعضها فيما يلى:

العالم راؤولت (Raolt):

أفترض أن الماء يتكون من مجموعات من 4 جزيئات.

العالم فيرنون

(Vernon): أفترض أنه فوق 4°م يكون تجمع الجزيئات على صورة $(H2O)_2$ وعند أقل 4°م يكون تجمع الجزيئات على صورة $(H_2O)_4$

العالم رونتجن (Rontgen):

أفترض أن الماء السائل عبارة عن محلول مشبع من الثلج فى صورة أخرى من الماء وأعتبر أن الثلج مركب أقل كثافة من الماء وينقص الحجم بإنصهار الثلج. ويزداد حجم الماء برفع درجة الحرارة وبذلك أستطاع تفسير ظهور أقصى كثافة للماء عند 4°م كنتيجة لتجمعها.

العالم سوزرلات

(Sutherlat): أقترح أن يكون بخار الماء عبارة عن H_2O هيدرول Hydrol فى حين يكون الماء الثلجى النقى $(H_2O)_3$ Trihydrol. أما السائل فيكون خليطاً من $(H_2O)_2$ و $(H_2O)_3$ بنسب تتوقف على درجة الحرارة. وأستنتج من ذلك أن الحرارة الكامنة لإنصهار الثلج وهى فى الغالب حرارة ناتجة عن إنحلال ثلاثى الهيدرول Trihydrol إلى ثنائى الهيدرول Dithydrol .

$$\underset{\text{ثلج (Trihydrol)}}{(H_2O)_3} \xrightleftharpoons[\text{تبريد}]{\text{حرارة}} \underset{\text{سائل Dithydrol (Water)}}{(H_2O)_2} + \text{ice}$$

$$\underset{\text{(بخار الماء) Monohydrol}}{H_2O} \xrightleftharpoons[\text{الهيدروجينية}]{\text{حرارة لتكسير الروابط}} \underset{\text{سائل Dithydrol (Water)}}{(H_2O)_2}$$

- وكذلك فحرارة التبخير تتضمن حرارة إنحلال ثنائى وثلاثى الهيدرول إلى أحادى الهيدرول المكون لبخار الماء بمعنى أن حرارة النوعية للماء تتضمن حرارة الإنحلال.

العالم أرمسترونج (Armstrong):
أقترح وجود المشابهات لجزئ الماء وبتركيبات مختلفة هى الهيدرونات Hydronesفتكون الصور لجزيئات الماء النشطة على صورة هيدرون HOH أو هيدرونول HOH H2O وبذلك تشارك الجزيئات فى التفاعلات الكيماوية. أما فى الجزيئات غير النشطة فتكون نتيجة إتحاد الجزيئات مع بعضها وبذلك تصبح مغلقة فى صورة حلقة.

العالم جويا Guya
أفترض أن إتحاد الجزيئات يتم فى الماء السائل والبخار، وقام بحساب معامل الإتحاد تحت الظروف المختلفة ووجد أنه عند 80 م يكون المعامل 9.1 وعند 100م يكون المعامل 86.1 وعند 1.82 يكون م° nH2O H120

العالم سثلانت Suthlant
- حيث أوضح أن حرارة الإنصهار 8.1 سعر كبير وحرارة التبخير 5 سعر كبير وبذلك يكون المجموع 8.6 سعر كبير ليتحول من ثلج إلى بخار أو العكس وهو اللازم لتحويل الهيدروبون إلى الحالة الصلبة

العالم وركر Warker
- أعتقد أن الثلج عبارة عن ثلاثى الهيدرون Trihydrone ، وأن البخار أحادى الهيدرون Monohydeone، فى حين يكون الماء السائل عبارة عن ثنائى الهيدرون Dihydrone مع بعض ثلاثى الهيدرون قرب نقطة التجمد وقليل من أحادى الهيدرون قرب نقطة الغليان.

- بعد ذلك توالت الأبحاث الحديثة التى أوضحت أن جزئ الماء يأخذ شكل رباعى إلا أن ذلك لا يوضح زيادة الجزيء غير العادى. وتلى ذلك إقتراح تكون سلاسل قطبية وعلاوة على ذلك قد تتكون حلقة سداسية مغلقة. وبناء على ذلك عند إنصهار الثلج يحدث تفكك للسلاسل وتكسير للحلقات، مما يسبب حدوث نقص فى الحجم وبالتالى زيادة كثافة السائل.

- ومن جهة أخرى فإن زيادة الضغط الجزيئى ورفع الحرارة تحدث أتساع فى المراكز التى يتم عندها التجاذب وبذلك يصبح الماء أقل حجما عند 4° م نتيجة لتداخل كل هذه العوامل.

- وبالرغم من أن جزئ الماء البسيط عبارة عن H_2O إلا أنه توجد ثلاث نظائر للهيدروجين وكذلك ثلاث 1 نظائر للأكسوجين وهى , O_{16} , H_3 , H_2 , H O_{17}, O_{18}.

- وبذلك يختلف الوزن الجزيئى للماء من 18 - 24 تبعاً لهذه النظائر إلا أنه فى الواقع تكون O_{17} 2 & H_3 نادراً جداً. ولوحظ أن H يوجد بتركيز حوالى 200 جزء فى المليون فى الماء العادى. فى حين يكون معظم H_1 17 & الماء فى صورة 3H . O الماء الثقيل $H_{18}O_3$ H نادراً $H_{17}O_3$ 3H سائد 17 H_{10} 1H وبناء على ذلك يرجع تفصيل جزيئات الماء إلى أفتراض أن جزيئات الماء ترتبط مع بعضها بروابط هيدروجينية وتعتمد الخواص الطبيعية مثل نقطة الغليان - حرارة التبخير - اللزوجة - الجذب السطحى - على قوة الربط بين الجزيئات، ويمتاز الماء بزيادة قوة الربط بين الجزيئات نتيجة لقوة الجذب الناتجة عن الروابط الهيدروجينية بين ذرات الهيدروجين وذرات الأكسوجين فى الجزيء المجاور .ويتم ربط جزيئات الماء فى شكل شبكى كما فى حالة الثلج وبذلك تقل كثافة الثلج عن الماء العادى وعند ذوبان الثلج تتكسر حوالى 15 %من الروابط الهيدروجينية ويحتمل خروج حوالى 8 %من الجزيئات من الشكل الشبكى ويؤدى ذلك إلى تفكك جزئى نتيجة زيادة الكثافة عن4 م. وبزيادة درجة الحرارة عن 4 م يزداد الحجم نتيجة زيادة طاقة الجزيئات .كما يلاحظ أن قوة التوتر السطحى واللزوجة للماء عالية جداً وذلك لوجود الروابط الهيدروجينية فيمكن 2 للماء أن يبلل الزجاج ، الطمى ، السليلوز وغيرها من المواد التى بها ذرات O على السطح والتى يمكنها تكوين روابط هيدروجينية مع ذرات الهيدروجين فى الماء. فى حين لا يمكن للماء أن يبلل الشموع وغيرها من الهيدروكربونات حيث لا تتمكن من تكوين مثل هذه الروابط .كما يعزى إرتفاع نقطة الغليان إلى وجود الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء حيث يتم كسر رابطة هيدروجينية لكل جزئ ماء يتبخر.

تحلية المياه بعملية التناضح العكسي

- التناضح أو الإسموزية Osmosis هو الإسم الذي يطلق على عملية انتقال المذيب عبر غشاء شبه مسامي إلى المذاب، وهو في المعنى كلمة مشتقة من الإغريق OSMOS والتي تعني النبض.

- تستخدم تقنية التناضح العكسي في تحلية مياه البحر والمياه قليلة الملوحة وكذلك في تحلية مياه الصرف الصحي المعالج ثنائيا أو ثلاثيا، حيث يمكن تقليل ملوحة

هذه المياه وتخليصها من معظم أنواع البكتيريا والفيروسات والمواد الضارة الأخرى، كما تستخدم هذه التقنية في الصناعات الغذائية ومنتجات الألبان وتركيز عصير الفواكه وغيره.

مفهوم التناضح العكسي

- تعتمد طريقة التناضح العكسي على الخاصية الاسموزية، حيث تستخدم الضغوط المسلطة على أسطح الأغشية للتغلب على الضغط الأسموزي الطبيعي للماء، فإذا وضع غشاء شبه نفاذ بين محلولين متساويين في التركيز تحت درجة حرارة وضغط متساويين لا يحدث أي مرور للمياه عبر الغشاء نتيجة تساوي الجهد الكيميائي على جانبيه.

- وإذا ما أضيف ملح قابل للذوبان لأحد المحلولين ينخفض الضغط ويحدث تدفق أسموزي للماء من الجانب الأقل ملوحة إلى الجانب الأكثر ملوحة حتى يعود الجهد الكيميائي الى حالة التوازن السابقة.

- ويحدث هذا التوازن عندما يصبح فرق الضغط في حجم السائل الأكثر ملوحة مساويا للضغط الاسموزي، وهي خاصية من خواص السوائل ليس لها علاقة بالغشاء. وعند توجيه ضغط مساو للضغط الأسموزي على سطح المحلول الملحي يتم التوصل أيضا إلى حالة التوازن ويتوقف سريان المياه من خلال الغشاء.

- وإذا رفع الضغط إلى أكثر من ذلك، فإن الجهد الكيميائي للسائل سيرتفع ويسبب تدفقا عكسيا للماء من المحلول الملحي باتجاه المحلول الأقل ملوحة؛ وهو ما يعرف بالتناصح العكسي.

- فاعلية طريقة التناضح العكسي في التخلص من الاملاح ممتازة تصل الى اكثر من 99% وكذلك فان أغشية التناضح العكسي لها قدرة على التخلص من البكتيريا والجراثيم والعناصر الضارة الموجودة في المياه.

- وتقوم طرق تحلية المياه بالأغشية بتقنية التناضح العكسي على استخدام الخواص الطبيعية لأنواع مختلفة من الاغشية المصنعة بعضها من بوليمرات شبه منفذة تسمح بمرور الماء فقط دون ايونات الاملاح الذائبة تحت تأثير ضغط هيدروليكي .

- ومن الناحية التطبيقية يتم ضخ مياه التغذية في وعاء مغلق حيث يضغط على الغشاء، وعندما يمر جزء من الماء عبر الغشاء تزداد محتويات الماء المتبقي من الملح. وفي نفس الوقت فإن جزءا من مياه التغذية يتم التخلص منه دون أن يمر عبر الغشاء. وبدون هذا التخلص فإن الازدياد المطرد لملوحة مياه التغذية يتسبب في مشاكل كثيرة، مثل زيادة الملوحة والترسبات وزيادة الضغط الأسموزي عبر

الأغشية. وتتراوح كمية المياه المتخلص منها بهذه الطريقة ما بين 20 إلى 70% من التغذية اعتمادا على كمية الأملاحالموجودة فيها.

- تعتمد تقنية التناضح العكسي على أربعة مراحل أساسية من المعالجات، وهي:
  * مرحلة المعالجة الأولية.
  * مرحلة الضغط (مضخة ذات ضغط عال).
  * مرحلة الفصل بواسطة الأغشية (مجمع أغشية).
  * معالجة نهائية (مرحلة التثبيت).

أولا: مرحلة المعالجة الأولية

- يتم خلال هذه المرحلة (العملية) تنظيم مياه التغذية لتكون أكثر انسجاما مع الشروط الأساسية لعمل الأغشية، حيث يتم تنقية مياه التغذية من العوالق الصلبة من خلال الفلاتر الرملية ووحدات الخراطيش الميكرونية، ويتم خلالها أيضا ضبط الرقم الهيدروجيني، وإضافة مواد كيميائية خاصة، مثل: (كالسيوم سولفايت) التي تمنع حدوث تكلسات في العمليات اللاحقة.

- والمعالجة الأولية مهمة لأن مياه التغذية يجب أن تمر عبر ممرات ضيقة أثناء العملية، كذلك يجب إزالة العوالق ومنع ترسب الكائنات الحية ونموها على الأغشية .وتشمل المعالجة الكيمائية التصفية وإضافة حامض أو مواد كيميائية أخرى لمنع الترسيب.

ثانيا: مرحلة الضغط

- يتم خلال هذه العملية أو المرحلة رفع الضغط على المياه المعالجة أوليا إلى المستوى المناسب لنوع الأغشية ونسبة الأملاح المنحلة في المياه المطلوب معالجتها

- والمضخة ذات الضغط العالي تعمل على رفع الضغط الهيدروليكي لمياه التغذية الى الحد الكافي للتغلب على الضغط الاسموزي الطبيعي وبزيادة تكفي لانتاج الكمية المطلوبة من المياه العذبة ، وبالتالي توفر هذه المضخة الضغط اللازم لعبور الماء من خلال الأغشية وحجز الأملاح، وتتناسب الضغوط المطلوبة تناسبا طرديا مع درجة ملوحة مياه التغذية. حيث تتراوح ما بين (17 إلى 27 بارا 400 – 250 رطل على البوصة المربعة).

- في حالة المياه قليلة الملوحة التي تتراوح ملوحتها بين 2000 – 10000 جزء في المليون، بينما تتراوح الضغوط المطلوبة بين 45 إلى 80 بارا (800 – 1180

رطل عل البوصة المربعة) لمياه البحار المالحة مثل مياه الخليج العربي والتي تصل فيها الملوحة الى 45000 جزء في المليون.

ثالثا: مرحلة الفصل بواسطة الأغشية

- تقوم الأغشية في هذه المرحلة بالسماح للمياه العذبة أو النقية بالمرور خلال الثقوب الميكروية للغشاء، بينما تمنع الأملاح الذائبة من المرور، حيث يتم تحويلها الى خط الصرف ذو التركيز الملحي العالي، بينما تتمكن نسبة قليلة من الأملاح من عبور الأغشية والسبب في ذلك يعود الى عدم كمال الأغشية النسيجية.

- ويتكون مجمع الأغشية من وعاء ضغط وغشاء يسمح بضغط الماء عليه كما يتحمل الغشاء فارق الضغط فيه. والأغشية نصف المنفذه قابلة للتكسر وتختلف في مقدرتها على مرور الماء العذب وحجز الأملاح. وليس هناك غشاء محكم إحكاما كاملا في طرد الأملاح، ولذلك توجد بعض الأملاح في المياه المنتجة.

- تعمل هذه الأغشية على إزالة أكثر من 75 % من الأملاح إضافة الى معظم أنواع العضويات، الدقائق virus ، والكثير من الملوثات الكيميائية، وتتراوح قياسات المسامات في الأنواع المختلفة من الأغشية بين (10 انغستروم – 100 ميكرون).

- وتصنع أغشية التناضح العكسي من أنماط مختلفة، وهناك أربعة أنواع من نظم أغشية المعروفة، وهي الأغشية المسطحة والأغشية الأنبوبية والأغشية الشعرية المجوفة والأغشية الحلزونية. ولكل من هذه الأغشية مقدرة معينة على إنتاج المياه العذبة وإمرار الأملاح واحتجازها.

- وهناك أثنان ناجحان تجاريا، وهما اللوح الحلزوني والألياف (الشعيرات الدقيقة المجوفة).

- ويستخدم هذين النوعين لتحلية كل من مياه الآبار ومياه البحر على الرغم من اختلاف تكوين الغشاء الإنشائي ووعاء الضغط اعتمادا على المصنع وملوحة الماء المراد تحليته.

رابعا: مرحلة التثبيت (مابعد المعالجة)

- يتم في هذه المرحلة ضبط حموضة المياه العذبة الناتجة من خلال عملية الضبط الكيميائية للرقم الهيدروجيني للمياه PH Adjustment برفعها من حوالي الرقم 5 إلى 7.5 ويتم خلال هذه المرحلة أيضا إضافة الكلور للحفاظ على المياه معقمة

من الدقائق الحية والبكتيريا التي قد تصلها خلال فترات التخزين والضخ عبر الشبكة.

- وتهدف المرحلة النهائية هذه للمحافظة على خصائص الماء واعداده للتوزيع ، وربما شملت هذه المعالجة إزالة الغازات مثل سلفايد الهايدروجين وتعديل درجة القلوية.

المراحل الأساسية التي تمر بها عملية المعالجة بالتناضح العكسي

- وتتميز طرق التحلية بالأغشية عموما بانخفاض الطاقة المستخدمة مقارنة بطرق التحلية الحرارية وذلك نظرا لعدم الحاجة الى احداث تغيير في الحالة الطبيعية للماء من حيث التحول من الحالة السائلة الى الحالة البخارية وبالعكس.

- وهناك تطوران ساعدا على تخفيض تكلفة تشغيل محطات التناضح العكسي أثناء العقد الماضي هما: تطوير الغشاء الذي يمكن تشغيله بكفاءة عند ضغوط منخفضة، وعملية استخدام وسائل استرجاع الطاقة. وتستخدم الأغشية ذات الضغط المنخفض في تحلية مياه الآبار على نطاق واسع.

- وتتصل وسائل استرجاع الطاقة بالتدفق المركز لدى خروجه من وعاء الضغط . ويفقد الماء أثناء تدفقه المركز من 1 إلى 4 بارات (15 – 60 رطل على البوصة المربعة) من الضغط الخارج من مضخة الضغط العالي، ووسائل استرجاع الطاقة هذه ميكانيكية، وتتكون عموما من توربينات أو مضخات من النوع الذي بوسعه تحويل فارق الضغط إلى طاقة محركة.

- أحرزت تحلية مياه البحر باستخدام تقنية التناضح العكسي قبولا مطردا كطريقة اقتصادية معتمدة، وكأفضل نظام مكمل وبديل لتقنيات التحلية الحرارية (التبخير الوميضي متعدد المراحل والتبخير متعدد المؤثرات) وذلك بسبب:

1- تدني استهلاك الطاقة بالمقارنة مع اغلب نظم التقطير، وذلك نظرا لعدم وجود تغيير في الصورة الفيزيائية للماء. أما متطلبات طريقة التناصح العكسي من الطاقة، فهي تتراوح بين 8 – 6 كيلووات ساعة/ الف جالون من الماء العذب المنتج من مياه قليلة الملوحة. وتتراوح هذه النسبة في حالة تحلية مياه البحر بين 40 – 35كيلووات ساعة/ الف جالون من الماء العذب، ويمكن خفض مقدار الطاقة المستهلكة بتركيب جهاز لاسترجاع الطاقة المهدورة في ماء تدفق المحلول

الملحي المركز الناتج عن التحلية، والذي يتراوح ضغطه ما بين 750 – 950 رطلا على البوصة المربعة.

- ويبلغ استهلاك طريقة التحلية بالتناضح العكسي من الطاقة ثلث إلى نصف ما هو عليه في حالة التقطير الوميضي متعدد المراحل، وفضلا عن ذلك فان التناصح العكسي يحتاج الى ثلث ما يحتاجه التقطير الوميضي من مياه التغذية لإنتاج نفس الكمية من الماء العذب. وبالطبع ينعكس ذلك على الطاقة اللازمة لتشغيل المضخات وحجمها وتصميم مآخذ المياه.

2- تدني المساحة التي يشغلها بالمقارنة بنظم التحلية الأخرى.

3- انخفاض معدل حدوث الترسبات والتآكل فيه بالمقارنة بنظم التحلية الأخرى.

4- مدة انجاز مشاريع التناضح العكسي اقل مما هي الحال عليه بالنسبة لوحدات التقطير.

5- قلة تكلفة معظم مكونات النظام لكونها بلاستيكية الصنع.

6- سهولة تجميع وتشغيل وصيانة النظام وذلك لتكونه من وحدات قائمة بذاتها.

شرح عملية فصل الماء العذب بالتناضح العكسي

- إذا وضعنا محلول ماء ملحي في جانب لغشاء شبه نفاذ والجانب الآخر ماء عذب، فمن المعروف طبيعيا أن ينتقل (ينفذ الماء العذب) الأقل تركيزا (إلى المحلول الملحي) الأكثر تركيزا. وذلك لأحداث التوازن أو التعادل في علمية التركيز, وهذه تعرف بعملية التناضح (osmosis process). ويستمر نفاذ الماء العذب في هذا الاتجاه وعليه يرتفع عمود المحلول الملحي لأعلى نتيجة زيادة كمية الماء بالمحلول باستمرار حتي نفاذ الماء العذب.

- بارتفاع عمود الماء يرتفع الضغط بجانب المحلول الملحي وتزداد لذلك مقاومة نفاذ ومرور الماء العذب حتى يصل ارتفاع الضغط إلى قيمة تمنع من نفاذ الماء العذب تماما. وعند هذا الضغط يحدث التوازن ويسمى هذا الضغط اسموزي (osmotic pressure).

- وقد اكتشف العلماء أنه يمكن عكس هذه العملية، أي أنه إذا أثرنا على المحلول الملحي بضغط أعلى من الضغط الأسموزي سينتقل الماء العذب من المحلول الملحي الأكثر تركيزاً (في الأتجاه العكسي وينفذ إلى جهة الماء لعذب) الأقل

تركيز. وتعرف هذه العملية بعملية التناضح العكسي والتي يمكن بها الحصول الماء العذب من الماء المالح.

- ومن ثم، فعملية التناضح العكسي (reverse osmosis)هي عملية فصل الماء العذب عن محلول ملحي من خلال غشاء نفاذ ذلك بضغط المحلول الملحي يضغط أعلى من الضغط الأسموزي. ولا يحتاج الأمر إلى تسخين أو تغير في الشكل بل يلزم أن يوضع المحلول الملحي) الماء المالح (تحت ضغط أعلى من الغضط الأسموزي (osmotic pressure) وتعتمد قيمة الضغط الأسموزي على عوامل عدة، منها: تركيز الملوحة للماء المالح (total dissolved solids =TDS) وعلى نوعية الأملاح الذائبة وعلى درجة الحرارة.

- ويتراوح الضغط الأسموزي لعنصر كلوريد الصوديوم والذي يمثل 60 % في الماء المالح بين 1.1– 1 رطل/البوصة المربعة (أي حوالي 0.07 بار) لكل مائة جزء في المليون من الملح الذائب (أو واحد بار لكل 1430 جزء في المليون)، فمثلا لماء بئر ملوحته 5000 جزء في المليون فإن الضغط الأسموزي له يساوي تقريبا 3.4 بار ولماء بحر ملوحته 32000 جزء في المليون فإن الضغط الأسموزي له حوالي 22 بارإلا أنه يجب ملاحظة أن الضغط الحقيقي اللازم لعملية التناضح العكسي عادة يكون أكبر كثيرا من هذه الأرقام وذلك لإضافة الضغوط اللازمة للآتي: الفقد في الضغط اللازم لسريان ماء التغذية خلال مجمع الأغشية والأنابيب والصمامات وغيرها، الزيادة في ملوحة الماء مروره بالأغشية نتيجة استخلاص الماء العذب منه، الضغط الاستاتيكي لرفع الماء لخزانات الماء المنتج، أو خزانات ماء الطرد، احتمالات الانسداد لرفع الماء لخزانات الماء المنتج، أو خزانات ماء الطرد إحتمالات الإنسداد الجزئي للأغشية مع الزمن نتيجة ترسب العوالق والأملاح والمكونات العضوية ..إلخمن الناحية التطبيقية يتم ضخ مياه التغذية المالحة (saline feed water) في وعاء ضغط مغلق حيث يضغط الماء المالح ويدفع خلال مجموعة من الأغشية، وعندما يمر جزء من الماء العذب عبر الغشاء تزداد ملوحة الماء المالح المتبقي، (brine)وعليه فإن جزءا ص من مياه التغذية الأكثر ملوحة يتم التخلص منه. وبدون هذا التخلص فإن الازدياد المطرد لملوحة مياه التغذية سوف يتسبب في مشاكل كثير مثل زيادة الترسبات وزيادة الضغط عبر الأغشية(لزيادة الضغط الأسموزي مع زيادة الملوحة). وتتراوح كمية المياه التخلص منها بهذه الطريقة مابين 20 إلى 70 % من مياه التغذية اعتماداً على كمية الاملاح الموجودة في مياه التغذية ويسمى هذا المحلول بالمطرود(rject) أما الماء العذب والذي نفذ من الأغشية فيكون الماء

المنتج (permeate or water product) وتحتاج هذه التقنية لعمليات معالجة أوليه دقيقة لماء التغذية (لإزالة المواد العالقة من الطمي أو الرمال وغيرها) وكذلك إزالة وقتل وفصل الأحياء المائية الدقيقة) كالفطريات والبكتيريا والطحالب (وذلك للمحافظة على وحدة التحلية من انسداد وتلف الأغشية . كما يحتاج الماء المنتج إلى معالجة نهائية لضبط خواصه بما يناسب الخواص المطلوبة حسب الاستخدام)سواء ماء شرب. أو مياه للغلايات البخارية . أو للاستخدام الصناعي والغذائي والطبي (وعليه فمحطة التحلية تتكون من ثلاثة نظم أساسية الأولى للمعالجة الابتدائية. والثانية لفصل الماء العذب) بمجمع الأغشية (والثالثة للمعالجة النهائية

كيفية عمل الأغشية

- الأغشية عبارة عن مواد طبيعية أو صناعية شبه نفاذة (semi permeable) (أي تسمح بمرورالماء فقط دون الأملاح. وتتكون أغشية التناصح العكسي من مواد خاصة، مثل: اسيتات السليلوز أو البولي أميد. إما على شكل شعيرات (خيوط) مجوفة، مثل: خيوط شعر الرأس تقريبا ملفوفة على شكل حرف U أو على شكل ألواح حلزونية ملفوفة (spiral wounded sheets) .

- وتعمل الأغشية بما يسمى بنظرية السريان بالامتصاص الانتقائي بالخاصة الشعرية (أي أن طبيعة الغشاء بامتصاص الماء فقط (ورفض امتصاص الأملاح). وتعتمد قدرة الغشاء على فصل الأملاح على قطر المسام من 1 إلى 15انجستروم وهي أقل كثيرا من المرشحات الدقيقة (micro filteration) والتي تمنع الأحياء الدقيقة بالمرشح.

المقارنة بين أغشية التناضح العكسي

- تعتبر الأغشية قلب نظام أغشية التناضح العكسي، وهي تتكون من مواد رقيقة بسمك حوالي 0.04 إلى 0.1 ميكرون ومثبته بمواد مساميه ليصل سماكها إلى حوالي 0.01 مم.

- وهي تختلف في قدرتها على مرور الماء العذب وطرد الأملاح. والأغشية لها القدرة على منع مرور من 90 إلى % 99من المواد غير العضوية وحوالي 100 % من المواد العضوية (كالبكتيريا والفيروسات)، وغيرها (كالسيلكا).
- ويمر الماء العذب من خلال الفراغات بين الهيكل الجزئيي لمادة الغشاء عن طريق الانتشار (DIFFUSION) وتستخدم مواد، مثل: أسيتات السليلوز ومركباتها والبوليمد كأساس للأغشية التجارية

اسيتات السليلوز

1- معدل مرتفع لمرور الماء العذب لوحة المساحات
2- تستخدم في الأغشية الملفوفة حلزونيا والشعيرات الدقيقة المجوفة وغيرها
3- عمرها اقل من البوليميد
4- تقاوم وجود الكلورين الزائد حتى اقل جزء في المليون
5- مستقر حتى رقم هيدروجيني بين 3.5 – 6.5
6- حساس لهجوم البكتيريا
7- حساس لإمكانية انهياره مع ارتفاع درجة الحرارة وعدم انضباط الرقم الهيدروجيني
8- نسبيا أرخص سعرا

البوليميد

1- معدل أقل لمرور الماء العذب لوحة المساحات
2- تستخدم في الأغشية الملفوفة حلزونيا والشعيرات الدقيقة المجوفة وغيرها
3- عمرها أطول من السليلوز
4- حساس لوجود الكلورين
5- مستقر حتى رقم هيدروجيني بين 3– 11
6- يقاوم البكتيريا
7- يقاوم الانهيار مع ارتفاع درجة الحرارة وعدم انضباط الرقم الهيدروجيني
8- نسبيا أعلى سعرا

ما الذي تزيله أنظمة التناضح العكسي من الماء؟

- الأملاح والمعادن الذائبة، مثل: النترات وبعض الكبريتات.
- الكالسيوم والمغنيسيوم.
- البوتاسيوم.
- الطعم والرائحة.
- العديد من المواد العضوية.
- معظم الكائنات الحية الدقيقة.

مشاكل وايجابيات نظام التناضح العكسي

- للتذكير نقول إن لكل نظام هناك إيجابيات وسلبيات ولا يوجد نظام مثالي في العالم. وسوف نذكر بعض النقاط الهامة والتي توضح إيجابيات وسلبيات التناضح العكسي، وهي:

1- نظام التناضح العكسي يُعالج فقط نسبة صغيرة من المياه التي تمر خلاله بينما نسبة من المياه الضائعة ناتجة عن استعمال هذا النظام.

2- أغشية التناضح العكسي من الممكن أن يحدث لها عطل أو تسريب. لكن وهذا الغشاء قابل لتبديل أو التنشيط كل ستة أشهر على حسب نسبة تلوث الماء بالشوارد.

3- إذا كان تركيز بعض المواد عالياً في الماء، فقد لا يكون نظام التناضح العكسي أفضل خيار.

4- نظام المعالجة بواسطة التناضح العكسي ليس أفضل خيار لإزالة البكتيريا بشكل عام والبكتيريا المسببة للأمراض، لأن الغشاء يمكن أن يتلف ويسمح بدخول البكتيريا للماء.

5- يتم وضع عدة مراحل معالجة بدائية قبل دخول الماء على قسم RO وهذه المراحل ضرورية جدا حتى نحصل على عمر طويل للغشاء وتكون تلك المراحل البدائية غالبا وحدات معالجة بالكربون الفعال. ونستطيع وضع وحدات معالجة بالرزينات لتخفيف الضغط على الغشاء والحصول على مردود وعمر اطول له

6- يوفر الطاقة الكهربائية، لأنه يعمل على محرك ضاغط بمكون 12 فولت فقط عوضا عن السخانات في جهاز التقطير.

أسئلة عامة متنوعة

- تكلم عن أنواع الأغشية المستخدمة طبقا لخاصية النفاذية؟
- أذكرطرق تقدير الضغط الأسموزي للمحاليل ؟
- أشرح الطريقة المانومترية لتقدير الضغط الأسموزي لمحلول؟
- أشرح طريقة قياس الإنخفاض فى نقطة التجمد لتقدير الضغط الأسموزي لمحلول؟
- أذكر العوامل التي تؤثر علي الضغط الأسموزي للمحاليل؟
- تكلم عن أهمية الماء للنبات (دور الماء فى النبات)؟
- ناقش أهمية الماء الفسيولوجية للنبات ؟
- تكلم بالتفصيل عن خصائص الماء ؟
- وضح كيف يمكن تفسير الصفات الفريدة للماء ؟