الفصل الرابع

المياه في المنشآت الغذائية

- تمهيد ● استعمالات المياه في مجال الأغذية
- الخواص الطبيعية والكيميائية لمياه الشرب
- معالجة مياه الشرب ● تحلية المياه المالحة ● تطهير المياه ● تلوث المياه ● ترشيد استهلاك المياه في المنشآت الغذائية

تمهيد

يعتبر الماء أهم عنصر للإنسان بعد الأكسجين ، وهو العنصر الغذائي الذي تحتاجه جميع الكائنات الحية، قال الله تعالى في محكم كتابه ﴿**وجعلنا من الماء كل شيء حي**﴾ (الأنبياء: ٣٠). يلزم للإنسان كحد أدنى في المتوسط حجم يتراوح ما بين لترين ولترين ونصف من الماء يومياً للحفاظ على ميزان الماء في الجسم، وبالإضافة لهذه الكمية نحتاج إلى الماء للأغراض المنزلية Domestic use الأخرى. ويبين الجدول رقم (٥) المعدل التقريبي للاستعمالات المختلفة للماء للفرد يومياً.

الجدول رقم (٥). المعدل التقريبي لنصيب الفرد اليومي من المياه للاستعمالات المختلفة.

نوع الاستعمال	٪	لتر
المنزلي	٤٠	٣٠٠
الصناعي	٢٠	١٥٠
التجاري	١٢	١١٥
أخرى عامة	١٥	١١٣
فاقد	١٠	٧٥
المجموع	١٠٠	٧٥٠

ويزيد معدل استهلاك الماء في الصيف عنه في الشتاء بنسبة تتراوح ما بين ٢٠ و ٦٠٪. وتجدر الإشارة إلى أن ما يستخدم من المياه الصالحة للشرب لأغراض الشرب وتحضير الأطعمة لا يتعدى ٢٪.

مصادر المياه في المملكة

المياه السطحية: تنحصر في مياه السيول أثناء موسم الأمطار وماتحتجزه السدود منها ، وهي موسمية ولايعتمد عليها كمصدر منتظم للمياه طول الوقت.

المياة الجوفية: حيث توجد المياه في تكوينات (Aquifers) بباطن الأرض تظهر أحياناً على شكل عيون على سطح الأرض، وكانت مصدراً مهماً للماء في بعض الأماكن مثل الخرج والأفلاج والإحساء، ولكن انحسر معظمها وأصبحت في حكم المياه الجوفية يمكن الوصول إليها أيضاً عن طريق حفر الآبار. وفي المملكة يمكن تمييز نوعين من الطبقات الحاملة للمياه هما:

١ - منطقة صخور القاعدة المركبة في الساحل الغربي وجزء من هضبة نجد، ويطلق عليها منطقة الدرع العربي؛ تغذيها مياه الأمطار التي تخزن في رواسب الأودية وما تحتها من صخور مفككة ومشققة فلاتكون غنية بالمياه الجوفية على مدار العام، كما تتأثر نوعية المياه بها أيضاً بمعدل هطول الأمطار، فلا يمكن الاعتماد عليها لتغذية المنشآت الغذائية الكبيرة بالمياه، وذلك باستثناء القليل من الأودية مثل وادي فاطمة ووادي جيزان.

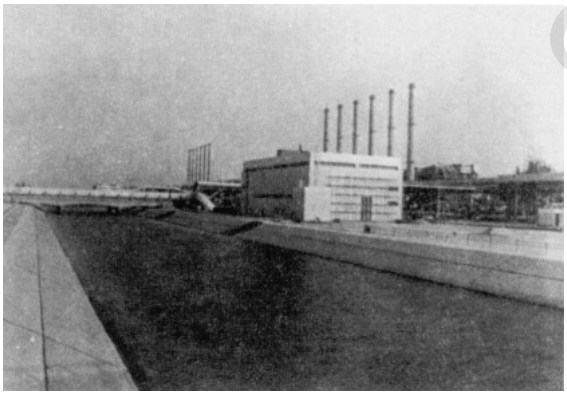
٢ - منطقة الصخور الرسوبية: وهي تكوينات قديمة جداً من الصخور الرسوبية توجد بينها طبقات من الحجر الرملي أو الجيري محملة بكميات من المياه ويصلح بعضها كمصدر وفير لمياه الشرب مثل تكوينات: المنجور والوسيع والبياض والساق وتبوك وأم رضمة.

مياه البحار: نظراً لتوفرها بالساحلين الشرقي والغربي ومع توفر مصادر الطاقة اللازمة لعملية التحلية (بترول وغاز طبيعي) فقد أصبح إنتاج المياه المحلاة يفي بنحو ٧٠٪ من استهلاك مياه الشرب بالمملكة، يتم إنتاجها في ٢٥ محطة موزعة على الساحلين الشرقي والغربي. وينتج عن عملية التحلية ماء يكاد يكون خالياً تماماً من الأملاح من ماء البحر الذي يحتوي على نحو ٣,٥ - ٤٪ أملاح (جدول رقم٦).

الجدول رقم (٦). تركيب أملاح مياه البحر

الملح	النسبة المئوية (٪)
كلوريد الصوديوم (ملح الطعام)	٧٧,٥
كلوريد المغنسيوم	١١,٠
كبريتات المغنسيوم	٤,٥
كبريتات الكالسيوم	٣,٥
كبريتات البوتاسيوم	٢,٥
كربونات كالسيوم ومغنسيوم	٠,٣
بروميد المغنسيوم	٠,٢
أملاح أخرى	٠,٥

وتُجرى عملية التحلية بالتبخير والتكثيف (شكل رقم ٢٠) أو بالتناضح العكسي Reverse osmosis، ثم يعاد خلط الماء الناتج بنسبة من مياه الآبار ليفي بمواصفات مياه الشرب (الملحق رقم ١). ونلاحظ أن عملية التحلية مكلفة جداً، حيث يلزم التخلص من أملاح مياه البحار التي تعتبر مرتفعة نسبياً بالإضافة لتأثيرها على معدات التحلية، حيث تساعد على تآكلها، إلا أن التقنية الحديثة قللت من معظم الصعوبات، كما أن إنتاج الكهرباء بالاستفادة من الطاقة المستخدمة لتسخين الماء ساهم في خفض التكلفة، فأصبحت معظم محطات التحلية مزدوجة الغرض.



الشكل رقم (٢٠). إحدى محطات تحلية المياه المنتشرة في المملكة العربية السعودية.

أولاً: استعمالات المياه في مجال الأغذية

يستعمل الماء في مجال الأغذية في عدة صور على النحو التالي:
١- لأغراض الشرب.
٢- كجزء من مكونات الأغذية المصنعة وفي عمليات الاسترجاع (Rehydration).
٣- غسيل المحاصيل الغذائية.
٤- لغسيل المنشآت والمعدات الغذائية.
٥- لري المحاصيل التي تستعمل بدورها كغذاء للإنسان.
٦- للتبريد كما هو الحال في مصانع التعليب.
٧- وسط لنقل الحرارة Heat transfer.
٨- مصدر للبخار الذي يستخدم بدوره في عدة مجالات غذائية.
٩- في إدارة التوربينات (طاقة ميكانيكية).

المياه المستخدمة في المنشآت الغذائية

قد تصل المياه للمنشأة الغذائية من شبكة مياه الشرب أو تحصل المنشأة عليها مباشرة من مصادر المياه الطبيعية الجوفية (الآبار والعيون) أو السطحية (كالبحيرات والأنهار ومياه السيول المجمعة بالسدود) أو مياه البحار المحلاة.

وتستخدم المياه في المنشآت الغذائية في أغراض مختلفة، لذا يجب الاهتمام بخواص الماء حسب كل حالة، كما يلي:

١- التنظيف والغسيل

ويختلف ذلك من تنظيف أسطح المبنى كالحوائط والأرضيات إلى غسيل الأدوات والمعدات إلى غسيل المواد الخام من أغذية وخامات إلى غسيل للمنتج النهائي في بعض الأحيان. ومن الناحية الميكروبية لايعني اختلاف طبيعة عملية التنظيف التهاون في صفات الماء المستخدم، ولكن من الناحية الكيميائية يمكن أن يستخدم ماء به نسبة مقبولة من الأملاح في تنظيف الأرضيات مثلاً بعكس المستخدم في غسيل المنتج الغذائي النهائي الذي يجب أن يكون مطابقاً في جميع صفاته لمواصفات مياة الشرب (انظر الملحق رقم ١).

٢- التبريد والتسخين

يستخدم الماء في المبادلات الحرارية كوسط تبريد أو تسخين، وكذلك في الأحواض والصهاريج مزدوجة الجدران والحضّانات لحفظ درجة الحرارة. ورغم وجود فاصل بين الماء والمادة الغذائية، إلا أنه يجب الاحتياط من وجود تآكل أو تشقق في هذا الفاصل وخاصة عند نقاط الاتصال، حيث تستخدم حلقات من مواد لينة (مطاط وغيره) ولذلك فمن الأفضل أن تضاف للماء مادة ملونة صعبة الامتزاج بالمادة الغذائية، فيسهل التعرف عليها عند تسرب الماء من خلال أسطح المبادل الحراري. كما يلزم التأكيد على أهمية خلو الماء من أملاح العسر، خاصة عند تسخينه، لأن ترسب أملاح العسر بالتسخين على أسطح المبادلات يؤدي إلى التقليل من كفاءة التوصيل الحراري لهذه الأسطح. وذلك بالإضافة إلى أهمية نقاوة الماء المستخدم من الناحية الميكروبيولوجية، وبخاصة المستخدم كوسط تبريد، وبوجه خاص عند استخدامه في تبريد المعلبات بعد معاملة التعقيم.

٣- توليد البخار

وفي هذه الحالة يلزم التركيز على نقاوة الماء من ناحية خواصه الطبيعية والكيميائية؛ لأن وجود أملاح عسر بالماء أو ارتفاع حموضته يؤدي إلى تأثر معدن الغلايات؛ فيسبب تآكلها وتلفها، وقد يؤدي الأمر - مع الإهمال - إلى حوادث خطرة. لذلك فمن الضروري استخدام إحدى طرق إزالة أيونات الماء Water deionization قبل استخدامه في الغلاية مع تعديل الأس الهيدروجيني إلى ٨,٥.

٤- الخلط بالمادة الغذائية

فيصبح الماء أحد مكونات المنتج النهائي مثل إنتاج العصائر من مركزاتها والمشروبات الغازية، وإنتاج الحليب المعاد تركيبه والحليب المسترجع من حليب جاف، ويجب استخدام ماء الشرب بأنقى درجاته في مثل هذه الأغراض.

ثانياً: الخواص الطبيعية والكيميائية لمياه الشرب

١ - الخواص الطبيعية

(أ) اللون Color

الماء النقي عادة لا لون له، إلا أنه عندما يوجد بكميات كبيرة يظهر باللون الأخضر المزرق الباهت Pale green blue tint. وقد يتغير لون الماء نتيجة لوجود بعض الأملاح المعدنية مثل بعض مركبات الحديد والمغنسيوم أو المركبات العضوية، وقد يعود اللون في الماء إلى وجود أصباغ أو مواد كيميائية وصلت للماء نتيجة للتلوث ، وقد يرجع السبب إلى بكتريا أو كائنات حية أخرى. وللّون أثر نفسي على المستهلكين أكثر من التأثير الصحي في غالب الأحيان ، وإن كان اللون يعطي أحيانا دلالة على تلوث المياه.

يقاس اللون بعدة طرق مثل استعمال المطياف الضوئي Spectrophotometer، ومقياس اللون Colorimeter، وقد يقاس بطريقة حسية تعتمد على حساسية النظر باستعمال Tintometer. يعبر عن اللون بوحدات هازن Hazen أو وحدات مقياس الكوبالت البلاتيني.

تشترط المواصفات القياسية السعودية ألا تزيد وحدات اللون على ٥٠ وحدة بالنسبة لمياه الشرب غير المعبأة ، و يجب ألا تزيد على ١٥ وحدة للمعبأة، والحد الأمثل خمس وحدات.

(ب) الرائحةOdor

يكون الماء النقي أيضا عديم الرائحة ، ولكن يمكن أن تتغير رائحته تحت ظروف معينة بسبب مايلي:

- تحلل مواد عضوية نباتية أو حيوانية وما يصاحب ذلك من غازات.
- أملاح معينة كالكلوريدات.
- وجود الكلور بنسبة عالية.
- وجود مواد عضوية وميكروبات.
- ملوثات أخرى.

والمعروف أنه لايوجد مقياس للرائحة في الماء، ولاتوجد حدود للرائحة

معبراً عنها بوحدات، كما هو الحال في معظم الخواص الأخرى. ويعتمد تقييم الرائحة على مايعرف بعتبة الرائحة Threshold odor ، ويطلق على الاختبار اختبار عتبة الرائحة Threshold odor test وتعرف بأنها عدد مرات التخفيف اللازمة لتخفيف كمية من الماء بماء نقي قبل أن تختفي الرائحة، ويمكن حسابها بالطريقة التالية:

$$\text{عتبة الرائحة} = \frac{\text{حجم الماء المستخدم للتخفيف + حجم العينة}}{\text{حجم العينة}}$$

(جـ) الطعم Taste

يعتبر الماء النقي عديم الطعم، ولكنه يتعرض لمختلف الملوثات من التربة ومن الهواء ومن الإنسان والحيوان وغيرها من مختلف مصادر التلوث، هذه المواد قد تؤثر على طعمه. ويختلف مقدار التغير في الطعم تبعاً لنوع الملوثات ومقدارها. كما أن طعم الماء عادة مايتأثر بالمصدر، فإذا كان المصدر يحتوي على مواد قلوية مثلاً فإن ذلك سيؤثر على طعم الماء، حيث سيظهر الطعم القابض. وعلى العكس من ذلك فالمواد الحامضية يمكن أن تؤدي إلى إكساب الماء طعماً حامضياً. . . وهكذا. وتجدر الإشارة إلى أن العوامل التي تؤثر على الرائحة تؤثر أيضا على الطعم عادة. يمكن الحكم على طعم الماء بالتذوق عند ٣٠-٤٠م، ويجب الاحتراس خشية أن يكون الماء غير صالح من الناحية الميكروبيولوجية. وتقدر عتبة الطعم بطريقة مشابهة لطريقة الرائحة. ووفقاً لهذه الطريقة فإن عينة الماء المختبرة يجب ألا تتعدى عتبة التذوق فيها خمس وحدات ، وهذا يعني أنه عند تخفيف العينة تحت الاختبار خمس مرات يجب ألا يظهر الطعم الغريب.

(د) العكارة في الماء Turbidity

يمتاز الماء النقي بكونه صافياً وشفافاً (رائقاً)، ولكن عندما توجد به مواد صلبة عالقة Suspended solids وهي التي لايكفي الفارق بين كثافتها وكثافة الماء لترسبها في القاع بسهولة، ولا لأن تطفو على السطح، هذه المواد تعمل على جعل الماء عكرا (Turbid or Cloudy)، ومن هذه المواد:

- مواد عضوية غروية.
- حبيبات الطمي والطين والعناصر المعدنية بالطين Clay minerals.
- الميكروبات.

تعتمد فكرة طريقة قياس عكارة الماء على أن وجود مثل هذه المواد المسببة للعكارة تعمل على تشتيت الضوء عندما يسلط على أنبوبة بها عينة ماء، ومن ثم فإن جزءاً من الضوء ينفذ خلال الأنبوبة فيقاس ذلك الجزء النافذ من الضوء.

ويعرف الجهاز الذي يقيس العكارة بمقياس العكارة Turbidimeter وتقدر العكارة بوحدات هيزن أو جاكسون، يكون الماء رائقاً أمام العين عندما تكون عكارته خمس وحدات هيزن أو أقل من ذلك؛ وطبقاً للمواصفات السعودية فإنه يجب ألا تزيد العكارة على ٢٥ وحدة جاكسون، بالنسبة للمياه المعبأة فإنه يجب ألا تزيد العكارة على ١٥ وحدة والحد الأمثل للعكارة خمس وحدات.

٢ - الخواص الكيميائية

(أ) الأس الهيدروجيني pH للماء

هو اللوغاريثم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين بالماء ؛ وتوصف المياه بأنها قلوية (Alkaline) عندما يكون الأس الهيدروجيني لها أكثر من٧، أما إذا قل عن ٧ فيعتبر الماء حمضياً. وطبقاً للمواصفات القياسية السعودية فإن الأس الهيدروجيني الأمثل للماء يتراوح بين ٧ و٨,٥ ويجب ألا يزيد على ٩,٢ ولايقل عن ٦,٥. وطبقاً للمواصفات الدولية (WHO) لمياه الشرب فإن الأس الهيدروجيني لمياه الشرب يجب أن يكون في حدود ٧- ٨,٥.

(ب) قلوية الماء Alkalinity

تعود القلوية غالباً إلى وجود بيكربونات وكربونات وهيدروكسيدات كل من: الكالسيوم والمغنسيوم والبوتاسيوم والصوديوم، ونظراً لانتشار هذه المركبات فإن المياه في أغلب مصادرها الطبيعية تعتبر قلوية؛ وتعتبر البيكربونات، ولاسيما بيكربونات الكالسيوم، أكثر شيوعاً في المياه الجوفية، لذلك يعبر عن قلوية الماء بتركيز كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ بالملليجرام/ لتر أو جزء بالمليون.

من الجدير بالذكر أن بيكربونات الكالسيوم والمغنسيوم والمسؤولة عن معظم حالات القلوية تعتبر هي المسؤولة عن العسر المؤقت Temporary hardness لذا فإنه

عندما تتساوى القلوية والعسر حينئذ يكون العسر كله مؤقتاً، ويطلق عليه عسر الكربونات Carbonate hardness، أما عندما يزيد العسر الكلي على القلوية يكون الفرق عبارة عن العسر الدائم Permanent hardness أو العسر غير الكربوناتي. وفي حالة ما يكون العسر الكلي أقل من القلوية، يكون الفرق عبارة عن قلوية سببتها أملاح الصوديوم والبوتاسيوم الذائبة التي تزيد من القلوية، ولكنها لاتسبب العسر.

(جـ) الحموضة Acidity

تنشأ الحموضة في الماء بواسطة ثاني أكسيد الكربون الذائب في الماء ، كما أن المواد العضوية المتحللة قد تتسبب في رفع الحموضة. وبالنسبة للمياه السطحية فإن المركبات الكبريتية مثل SO_2 وأكاسيد النيتروجين التي توجد في الجو يمكن أن تذوب في ماء المطر وتسقط مع قطراته لينتج عن ذلك ما يعرف بالمطر الحمضي Acid rain بسبب تكون حمض الكبريتيك وأحماض النيتروجين. ومن جهة أخرى فإن الكبريتات عندما توجد في التربة يمكن أن تؤدي إلى رفع حموضة الماء عندما تصل إليه ، كما أن بعض المعاملات الكيميائية للماء كإضافة مادة كبريتات الألومنيوم (الشب) للترويق تؤدي إلى رفع حموضة الماء.

عندما يقل الأس الهيدروجيني للماء عن ٤ يكون طعمه حمضياً، وفي هذه الحالة يجب معادلة الحموضة بمادة قلوية كالجير المطفأ $Ca(OH)_2$ والطباشير $CaCO_3$. كما يجب ملاحظة أن زيادة الحموضة تؤدي إلى تآكل المعادن؛ ولذا فإن أنابيب نقل المياة يمكن أن تكون عرضة للتآكل بالمياة الحمضية، كما يمكن أن تكون ضارة إذا وجد من ضمن تركيب معدن الأنابيب عنصر سام كالرصاص، حيث تعمل الحموضة على تذويبه في الماء. والحموضة الزائدة يمكن أن تضر بالأسنان أيضاً.

(د) المواد الصلبة الذائبة Dissolved solids

يستعمل المصطلح TDS (المواد الصلبة الذائبة الكلية Total dissolved solids) عادة للرمز إلى مجموع تركيز المعادن الذائبة في الماء، ولهذا فإن TDS تشمل ما يلي:

البيكربونات والكربونات والكلوريدات والكبريتات والفوسفات والنترات لكل من عناصر الكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم وقليل من الحديد والمنجنيز. ولا تشمل الغازات والغرويات والمواد الراسبة.

- **طرق تقدير المواد الذائبة**

١- التوصيل النوعي Specific conductivity.
٢- بالترشيح لاستبعاد المواد العالقة ثم التبخير (للتجفيف) ووزن المتبقي.
٣- التحليل الانفرادي لمكونات المواد الذائبة وتجميعها.
٤- الوزن النوعي.

- **تصنيف المياه تبعاً لمحتواها من المواد الصلبة الذائبة**

بالرغم من أهمية هذه الخاصية لتصنيف المياه، إلا أنه من المهم تحديد تركيز كل من العناصر المختلفة عندما يراد تحديد جودة المياه.

وتصنف المياه المالحة Saline waters طبقاً لما وضعته هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية على النحو الموضح بالجدول رقم (٧).

الجدول رقم (٧). تصنيف المياه حسب تركيز المواد الصلبة الذائبة بها.

المواد الصلبة الذائبة ملجم/لتر (جزء/ مليون)	تصنيف الماء
١٠٠٠-٣٠٠٠	مالح قليلاً
٣٠٠٠-١٠٠٠٠	متوسط الملوحة
١٠٠٠٠-٣٥٠٠٠	مالح
أكثر من ٣٥٠٠٠	مالح جداً

وفيما يلي يعرض الجدول رقم (٨) بعض الأمثلة على المياه وملوحتها:

الجدول رقم (٨). بعض الأمثلة على أنواع المياه وملوحتها.

نوع المياه	الملوحة ملجم/لتر (جزء بالمليون)
الماء المقطر	صفر
المطر والجليد	١٠
الأنهار	٢٠٠-٥٠٠
الآبار الارتوازية العميقة	٨٠٠-٣٠٠٠
البحار	٣٥٠٠٠-٤٠٠٠٠ (الخليج)
آبار الملح	١٢٥٠٠٠
البحر الميت	٢٥٠٠٠٠(لذا سمي الميت لعدم مناسبة مياهه لحياة معظم الكائنات الحية).

وتؤثر الأملاح المعدنية الذائبة على طعم الماء ، وتتأثر درجة استساغته بمحتواه من المواد الصلبة الذائبة كما هو موضح بالجدول رقم (٩).

الجدول رقم (٩). تأثير محتوى الماء من المواد الصلبة الذائبة على درجة استساغته.

درجة الاستساغة	المواد الصلبة الذائبة (ملجم/لتر)
ممتاز	أقل من ٣٠٠
جيد	٣٠٠-٦٠٠
لابأس به	٦٠٠-٩٠٠
ردىء	٩٠٠- ١٢٠٠
غير مقبول	أكثر من ١٢٠٠

وبالنسبة لمياه الشرب فإن المواصفات الدولية تتطلب ألا يزيد محتواها على ١٠٠٠ جزء بالمليون من المواد الصلبة الكلية الذائبة. وطبقاً للمواصفات القياسية السعودية فإنه يجب ألا تزيد المواد الصلبة الذائبة الكلية بمياه الشرب على ١٥٠٠ جزء بالمليون، والحد الأمثل ٥٠٠ جزء بالمليون.

ـ عُسْر المياه Water hardness

عند إضافة الصابون لبعض أنواع المياه لاتتكون الرغوة المعتادة، كما أن بعض المياه تعمل على تقليل كفاءة المنظفات، وبعض المياه تؤدي إلى تكون رواسب في قاع الغلايات - وهذه هي بعض المظاهر السلبية لما يعرف بعسر المياه (Water hardness) .

يصنف العسر إلى نوعين:

عسر مؤقت Temporary hardness: وهو العسر المتسبب عن وجود بيكربونات الكالسيوم والمغنسيوم ، هذه الأملاح تعتبر ذائبة في الماء البارد، ولكنها تترسب بالتسخين على شكل كربونات، ينتج عنها مايعرف بالقشور الكلسية، كما في المعادلة التالية:

$$Ca(HCO_3)_2 \xrightarrow{H} CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

ولذا يطلق عليها عسر الكربونات Carbonate hardness؛ كما يمكن ترسيبها بالتفاعل مع قلوي (كالصودا الكاوية) حسب المعادلة التالية:

$$Ca(HCO_3)_2 + 2NaOH \longrightarrow CaCO_3 + 2Na_2CO_3 + 2\,H_2O$$

وكربونات الصوديوم (صودا الغسيل) المتكونة يمكن أن تعمل على التخلص من العسر الدائم كما سيأتي ذكره.

عسر دائم Permanent hardness: أو العسر غير الكربوناتي. وهو العسر المتسبب عن وجود كبريتات وكلوريدات أو نترات الكالسيوم والمغنسيوم، وكذا المنجنيز والحديد. هذه الأملاح تتفاعل مع مواد التنظيف وتقلل من كفاءة التنظيف ولايمكن التخلص منها بالحرارة، و يمكن التخلص منها بالتفاعل مع صودا الغسيل Na_2CO_3 كما يلي:

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3 + Na_2SO_4$$

كما يمكن إضافة فوسفات الصوديوم الثلاثية Trisodium phosphate (TSP) والبوراكس، اللتين تعملان على تكوين فوسفات وبورات الكالسيوم والمغنسيوم غير الذائبة والتي لاتتعارض مع عمل مواد التنظيف.

من الطرق العملية المستخدمة لإزالة العسر طريقة التبادل الأيوني، حيث تستخدم مبادلات أيونية Ion exchangers تستبدل فيها العناصر المسببة للعسر بأخرى كالصوديوم.

تصنيف المياه حسب درجة العسر: يتم تقدير الأملاح المسببة للعسر على أساس محتوى الماء من كربونات كالسيوم. وتصنف المياه على هذا الأساس جدول رقم (١٠) حسب مواصفات منظمة الصحة العالمية (WHO) كما يلي:

الجدول رقم (١٠). تصنيف المياه حسب محتواها من كربونات الكالسيوم.

تركيز كربونات الكالسيوم (جزء بالمليون)	نوع الماء
صفر- ٦٠	ماء يسر
٦٠- ١٢٠ ماء	متوسط العسر
١٦٠- ١٨٠	ماء عسر
أكثر من ١٨٠	ماء عسر جداً

تأثير وجود العسر بالماء: بالرغم من أنه ليس للعسر تأثير صحي على الإنسان على وجه الأصح، إلا أن أملاح العسر لها بعض التأثيرات السلبية الأخرى ، ومن ذلك:

١ - تتسبب في إبطاء فعالية الصابون ومواد التنظيف الأخرى.

٢ - ينتج عنها رواسب في الأغذية والأواني والأنابيب والسخانات والغلايات تؤدي إلى:

(أ) التقليل من كفاءة التسخين.

(ب) انسداد الأنابيب.

(جـ) قد تؤدي إلى انفجار الغلايات البخارية Steam boilers .

علاقة الكالسيوم والمغنسيوم بصحة الإنسان: هناك دراسات متضاربة حول دور الكالسيوم وكذلك المغنسيوم؛ فتشير بعض التقاريرإلى أن غياب الكالسيوم من الماء (كما هو الحال في الماء اليسر Soft) يؤدي إلى الإصابة بالكساح وتسوس الأسنان، بينما تشير تقارير أخرى إلى أن وجود أملاح الكالسيوم والمغنسيوم في الماء العَسِر له علاقة بالإصابة بأمراض داء المفاصل (النقرس Gout) والروماتزم وحصوات الكلى والمثانة Urinary calculi . . . إلخ. وهناك دراسات أخرى تربط بين أملاح الصوديوم (مثل كلوريد الصوديوم) وأمراض القلب والأوعية الدموية Cardiovascular diseases، هذه الأملاح تحل محل أملاح الكالسيوم والمغنسيوم في الماء العَسِر أثناء إزالة العُسْر بالتبادل الأيوني.

ومن الأرجح أنَه لاتوجد علاقة مباشرة بين محتوى الماء من الكالسيوم ومانسب إليه، نظراً لقلة الكمية عادة مقارنة بما يصل لجسم الإنسان عن طريق

الغذاء. ثم إنه ليس بالضرورة أن يستفاد من كل الكالسيوم الموجود بالطعام والشراب «not bio available» لعوامل خارجة عن نطاق هذا المقرر.

ثالثاً: معالجة مياة الشرب

لكي يكون الماء صالحاً للاستهلاك الآدمي يجب أن تتوافر فيه الخواص التالية:

١- أن يكون خالياً من الميكروبات الممرضة التي تشكل خطورة على الصحة العامة.

٢- أن يخلو من أية مواد أخرى ضارة بالصحة، من معادن ثقيلة أو مواد كيميائية عضوية أو مواد مشعة . . . إلخ.

٣- أن تكون خواصه الحسية -من لون وطعم ورائحة- مقبولة.

٤-أن يخلو من العكارة ، أي أن يكون رائقاً.

تكون معظم المياه في الطبيعة غير صالحة للشرب الآدمي مباشرة دون معالجة أي أنها في الغالب لاتفي بالمتطلبات السابقة.

وتختلف مياه الشرب بالنسبة للخطوات التي يجب أن يمر بها الماء قبل أن يصبح صالحاً للشرب. ومرجع هذا الاختلاف يمكن إيجازه فيما يلي:

١- مصدر الماء ؛ أي فيما إذا كان نهراً أو مياه جوفية أو البحر.

٢- محتوى الماء من المعادن المختلفة.

٣- محتوى الماء من الكائنات الحية.

٤- خواص المصدر الطبيعية من لون وطعم ورائحة.

٥- الاستعمال؛ أي للشرب أو للطبخ أو للتصنيع الغذائي أو لأغراض أخرى.

يمكن تصنيف المعالجة حسب الغرض منها كما يلي:

١- معالجة بغرض تحسين خواص الماء الحسية Organoleptic من لون وطعم ورائحة.

٢- معالجة بغرض التخلص من بعض المواد الضارة من مواد كيميائية وبكتريا وفيروسات وطفيليات. . . إلخ.

٣- معالجة بهدف جعل الماء صالحاً لغرض معين.

وعموما يمكن القول إن المعالجة تتم كالتالي:

١- تصفية الشوائب الطافية (Rough screening) ، من حشائش وطحالب وغير ذلك. وتعتبر هذه الخطوة مهمة في حالة المياه السطحية كالأنهار وكذا مياه البحر. وتستخدم لهذا الغرض قضبان حديدية طويلة متوازية أو مصاف Screens.

٢- التهوية Aeration: وتهدف إلى إزالة المواد الطيارة التي تؤثر على الرائحة والطعم ، وذلك بدفع كمية من الهواء خلال الماء.

٣- الترسيب Sedimentation: يتم الترسيب في حوض كبير يطلق عليه حوض الترسيب Sedimentation tank حيث يترك الماء مدة من الزمن لترسيب الحبيبات التي يسمح وزنها النوعي بذلك ، ولكن هذه الطريقة غير عملية بالنسبة للمدن الكبيرة حيث يحتاج الأمر إلى عدد كبير من الخزانات.

٤- الترويق Coagulation: بتجميع المواد العالقة بحيث يصبح حجمها كبيراً قابلاً للترسيب، وذلك بإضافة أملاح الحديد والألومنيوم.

٥- الترسيب بعد إضافة مادة الترويق للمواد القابلة للترسيب ، ويتم في حوض الترسيب.

٦- الترشيح: باستخدام المرشحات الرملية.

٧- الترشيح خلال فحم نشط Activated charcoal، والذي يمتص أية مواد ذائبة تؤثر على اللون أو الطعم أو الرائحة.

٨- الكلورة Chlorination بهدف التطهير، وقد تستخدم طرق أخرى للتعقيم.

١ - التهوية Aeration

وهي العملية التي يتم بها تعريض الماء للهواء بهدف التقليل من تركيز المواد الطيارة.

المواد التي يتم التخلص منها بالتهوية

١- مواد لها طعم ورائحة مثل: كبريتيد الهيدروجين H_2S وبعض المركبات العضوية الطيارة.

٢- بعض المواد التي لها تأثير تآكلي Corrossive كثاني أكسيد الكربون CO_2 وكبريتيد الهيدروجين.

٣- مواد تتعارض أو تتفاعل مع الكيماويات المستعملة لمعالجة الماء. وهذه تشمل ثاني أكسيد الكربون بالنسبة لإزالة العسارة Softening وإزالة الحديد وكبريتيد الهيدروجين قبل الكلورة.

٤- بعض الغازات كالميثان.

المواد التي يمكن إضافتها أثناء التهوية

١- غازات الهواء الجوي وبالذات الأكسجين الذي يعتبر فعالاً في تحسين الطعم والرائحة وفي أكسدة الحديد والمنجنيز وكبريتيد الهيدروجين وبدرجة أقل المواد العضوية.

٢- قد يلزم إضافة غاز ثاني أكسيد الكربون بغرض التقليل من قلوية الماء.

٣- إذا كان الهدف الرئيسي من التهوية هو تخفيف تركيز ثاني أكسيد الكربون فإنه قد يستعاض حينئذ بالجير Lime أو أملاح الصودا (كربونات الصوديوم Soda ash).

ولكن بقي أن نعرف أن التهوية ليست فعالة جداً في إزالة الطعوم والروائح الغريبة؛ لأنه ليست كل المواد المسؤولة عن الروائح الغريبة قابلة للتطاير.

طرق إجراء التهوية

تتم التهوية عادة بطريقتين:

١- **طريقة الشلالات Water falls**: حيث يتم تعريض غشاء رقيق من الماء للهواء.

٢- **طريقة الهواء المنتشر Diffused air type**: وحيث يتم إدخال الهواء إلى الماء من مواسير مثقبة في قاع حوض التهوية فيتصاعد الهواء على شكل فقاعات Bubbles.

ونظراً لأن أجهزة التهوية من النوع الأول معرضة لنمو البكتريا وتكوين طبقة لزجة Slime وكذا الطحالب Algae ولاسيما عندما تكون خارجية، لهذا فإنه يجب أن تعامل بالكلور وكبريتات النحاس $CuSO_4$.

٢ - الترويق Coagulation

تطوّر الإنسان في تعامله مع ماء الشرب على مر العصور. فلقد كان الإنسان قديماً يشرب الماء كما هو، ثم وجد بعد اختراعه للأواني أنه عند ترك الماء مدة من الزمن يصبح أكثر نقاءً، وتعلّم أنه يمكن استبعاد بعض الشوائب من الماء بالترشيح البسيط، وفي مصر القديمة اكتشف أن إضافة الشب Alum, $Al_2(SO_4)_3$ يسرع بعملية الترسيب والترشيح، ومازال استخدامه شائعاً. وفي العصر الحديث اكتشف العديد من المواد التي تستعمل لهذا الغرض ، ومنها أملاح الحديد التي يتزايد استعمالها وخاصة مخلوط كلوريد وكبريتات الحديديك (Chlorinated copperas) والذي يحضر قبل الإضافة مباشرة بكلورة كبريتات الحديدوز(Copperas)؛ ولكن كبريتات الألومنيوم Sulfate of alumina (الشب Alum) تستعمل أكثر من غيرها لهذا الغرض ، والتي تكوّن عند إضافتها إلى الماء هيدروكسيد الألومنيوم غير الذائب في الماء والذي يكون مادة متجمعة (Hydroxide floc) تعمل على احتجاز الغرويات المعلقة في الماء وترسيبها. والمعادلة التالية توضح تفاعل الشب مع الماء:

$$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \longrightarrow 2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4$$

يعتبر الترويق المتبوع بالترشيح أكثر الطرق استعمالاً لإزالة المواد المسببة للعكارة. وهذه المواد تتكون من أملاح الطين، والأحياء الدقيقة ومواد عضوية أخرى. هذه المواد تتدرج في الحجم من كبيرة قابلة للترسيب إلى صغيرة تبقى معلقة مدة طويلة قبل أن ترسب.

كيفية عمل مواد الترويق Coagulants

غالباً ما تكون المواد المسببة للعكارة مواد غروية عالقة، هذه المواد تبقى متباعدة عن بعضها بفعل قوى تعمل على إبعاد جسيماتها عن بعضها. وتعمل مواد الترويق على إضعاف هذه القوى، ومن ثم تتكون رواسب كبيرة الحجم Voluminous flocculant من أكاسيد الألومنيوم والحديد المائية. تعمل هذه الرواسب على تجميع الغرويات، ويتم حينئذ استبعاد الرواسب بالترسيب والترشيح. وتعمل مادة الترويق على تحقيق هدفين هما:

١- تعمل على معادلة الشحنة على الجسيمات الغروية المشحونة؛ مما ينتج عنه تجمع هذه الجسيمات المتنافرة لتصل إلى حجم قابل للترسيب.

٢- ينتج عنها تجمعات Flocs شديدة الادمصاص Highly adsorbant للمواد الدقيقة العالقة، ولها القدرة على إزالتها معها عند ترسيبها أو ترشيحها.

مراحل الترويق

يتم الترويق على مرحلتين هما:

١- الخلط الخاطف Rapid or flash mixing: حيث يتم توزيع مادة الترويق بانتظام وبسرعة خلال كتلة الماء، وتجرى هذه العملية عادة في حوض صغير قبل حوض الترويق.

٢- التجميع (الدمج) Flocculation للعوالق الدقيقة: ويتم ميكانيكيا بتحفيز المواد العالقة لتكوين تجمعات قابلة للترسيب، وهذه العملية تحدث في حوض يعرف بحوض التجميع.

٣ - الترسيب Sedimentation

يتم في هذه العملية فصل المواد القابلة للترسب بفعل الجاذبية الأرضية، والمادة المترسبة يمكن أن تكون طبيعية مثل الغرِيَن Silt أو المواد المتجمعة نتيجة إضافة مادة الشب. وتجرى في حوض يعرَف بحوض الترسيب (Sedimentation or Settling basin).

ميكانيكية الفصل

وهي عملية بسيطة جداً، تعتمد على أن جسيمات المواد العالقة بالماء ذات الوزن النوعي الأعلى من الماء ستستقر في القاع، وعلى هذا الأساس وجد المصريون القدماء أن الماء يصبح رائقاً بعد تركه فترة في أحواض الترسيب.

ويمكن التعبير عن سرعة ترسيب الجسيمات العالقة بالماء، بالمعادلة التالية:

$$n^2 = 4g\,(p_s - p)^d \div 3C_D\,p$$

حيث:

معدل الترسيب	n = Velocity of settling
ثابت الجاذبية	g = Gravity constant
كثافة الجزئيات	p_s = Density of the particle
كثافة الماء	p = Density of the water
قطر الجسيم	d = Diameter of the particle
معامل إعاقة الترسب	C_D = Drag coefficient

وتكون معظم أحواض الترسيب مستطيلة الشكل، إلا أنه توجد أحـواض دائرية من الخرسانة أو من الصلب. ويكون قاع حوض الترسيب مائلاً لتسهيل إزالة المواد المترسبة، ويتراوح عمقه ما بين ٨ و١٦قدماً.

ولكن عندما تكون هذه الجسيمات خفيفة وفترة التخزين ليست كافية لترسيبها، يمكن تعجيل هذه العملية بإضافة مادة ترويق كالشب بمعدل ١٠- ٢٠ جم/م٣ قبل أن يدخل الماء حوض الترسيب، ويسحب الماء الرائق من الحوض بعد مدة تتراوح ما بين أربع وست ساعات.

فوائد الترسيب: يسهل عملية الترشيح ويمنع انسداد Clogging المسام في المرشحات.

٤ - الترشيح Filtration

يقصد بالترشيح مرور سائل خلال وسط مسامي لإزالة المواد العالقة بذلك السائل، أما بالنسبة للماء فيقصد به إزالة الـغِرِيَن والطين والغرويات والطحالب والميكروبات منه .

تستخدم المرشحات الرملية، والتي ثبت نجاحها على مر العصور ، ويستخدم منها نوعان هما:

(أ) مرشحات الرمل البطيئة

يتراوح عمق هذه المرشحات عادة ما بين تسع وعشر أقدام، توزع كـمـا يلي:

- من قدم إلى قدمين تُشْغَل بالحصى وبنظام التصريف.

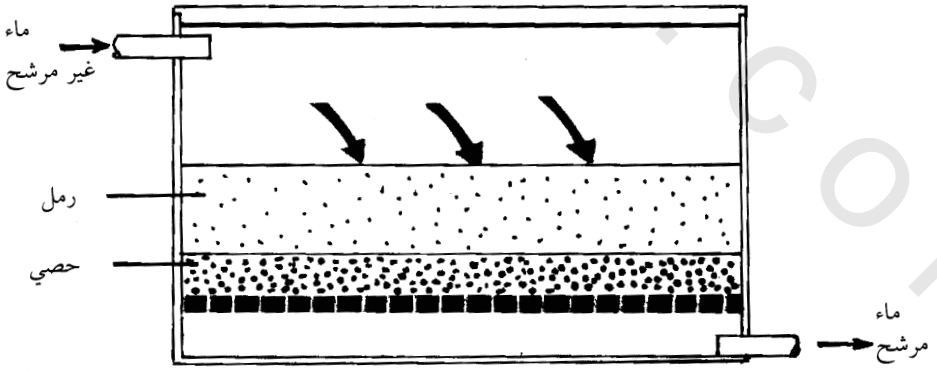
- من قدمين إلى ثلاث أقدام تشغل بالرمل.
- من أربع إلى خمس أقدام تشغل بالماء.

و يمرر الماء من أعلى إلى أسفل بمعدل يختلف حسب حالة الماء الخام وحسب حالة المرشح. وكقاعدة عامة يجب ألا يزيد على جالونين/ قدم^{٢}/ساعة، وتتم عملية الفصل في هذه المرشحات بفعل الطبقة الهلامية التي تغلف حبيبات الرمل والتي تنشأ بفعل البكتريا.

(ب) مرشحات الرمل السريعة

بما أن المرشحات السابقة تشغل حيزاً كبيراً ومكلفة بالمقارنة بكفاءتها ، لذا استعيض عنها في كثير من الأماكن بالمرشحات الرملية السريعة Rapid sand filters (الشكل رقم ٢١) . وهى إما أن تكون بنظام مفتوح Opened, gravity filter، وتعمل بتأثير الجاذبية الأرضية، ويكون سريان الماء من أعلى إلى أسفل، وتكون طبقة الرمل محمولة على طبقة الحصى الذي يتجمع الماء تحته ليتم تصريفه إلى خزان الماء المرشح، حيث تسمح بترشيح من ٦٠- ١٥٠ جالون/قدم^{٢}/ ساعة، ولكن المعدل الطبيعى ١٠٠ جالون/قدم^{٢}/ ساعة؛ أو تكون بنظام مغلق مضغوط Closed, pressure filter حيث يستخدم الضغط للإسراع في عملية الترشيح.

وللتنظيف يتم ضخ الماء من أسفل إلى أعلى، أي عكس اتجاه الماء أثناء الترشيح Back wash.



الشكل رقم (٢١). رسم تخطيطي لمقطع في مرشح رملي.

٥ - معالجة الطحالب

الطحالب الخضراء ، والخضراء المزرقة Blue-green algae يمكن أن تسبب مشكلة في الخزانات أو البرك المفتوحة. ويعتبر الكلور غير فعال بالجرعات المستخدمة عادة، لذا تضاف كبريتات النحاس $CuSO_4$ بمعدل ٠,٥ - ١ ملجم/لتر. ويمكن استخدام الكلور بتركيز ١- ٢ ملجم/لتر لنفس الغرض، ولكنه أقل فعالية من كبريتات النحاس.

٦ - الفَلْوَرة Fluoridation

يعتبر عنصر الفلور سامـاً للإنسان والحيوان عندما يوجد في الطعام أو الشراب بتراكيز مرتفعة، ولكن وجد أن هذا العنصر عندما يوجد في مياة الشرب بتراكيز مناسبة (في حدود جزء واحد بالمليون) في مرحلة تكوُّن الأسنان الدائمة فإنه يؤدي إلى زيادة صلابتها ومقاومتها للتسوس Dental caries حيث يتفاعل مع طبقة المينا في الأسنان مما يزيد من صلابتها ، ولكن زيادة الفلور (أكثر من جزءين بالمليون) تؤدي إلى تغير في لون الأسنان وتؤدى إلى هشاشيتها، وللفلور نفس التأثير أيضاً على العظام. وفي المملكة العربية السعودية تدرس فكرة تدعيم مياه الشرب بعنصر الفلور ولاسيما للمياه المحلاة من البحرلانخفاض نسبة الفلور بها.

رابعاً: تحلية المياه المالحة Water Desalination

تعريف المياه المالحة

هي المياه التي تزيد فيها نسبة الملوحة والمواد الصلبة الذائبة الكلية Total dissolved solids (TDS) على المعدل الموصى به لمياه الشرب، أي أكثر من ١٠٠٠ جزء بالمليون عادة.

تنقسم المياه المالحة إلى قسمين:

١- **مياه البحر**: وهي مياه تزيد فيها الملوحة على ٣٥٠٠٠ جزء بالمليون (ppm) منها ٧٠٪ ملح طعام.

٢- **المياه مرتفعة العناصر المعدنية Highly mineralized (مياه ملحية Brackish)**: وتحتوي على تراكيز عالية من الصوديوم والكالسيوم والمغنسيوم

والكبريتات والكلوريدات والبيكربونات بنسبة تتراوح ما بين ١٠٠٠ و١٥٠٠٠ جزء بالمليون.

الغرض من إجراء عملية التحلية

نظراً لأن ما يقرب من نحو ٩٩,٦٪ من المياه الموجودة في كوكب الأرض تكون على شكل مياه مالحة ومياه متجمدة، أي أن المياه العذبة تشكل فقط ٠,٤٪ وليست كلها في حالة صالحة للشرب، لذلك تفيد التحلية بما يلي:

١- إمكانية الاستفادة من مياه البحر.

٢- تحسين صفات المياه الأخرى بإضافة ماء التحلية إليها، كما هو الحال بالنسبة لمياه بعض الآبار العميقة.

طرق إزالة الملوحة

تتم إزالة الملوحة بطريقتين:

١- إزالة الملح من الماء المالح

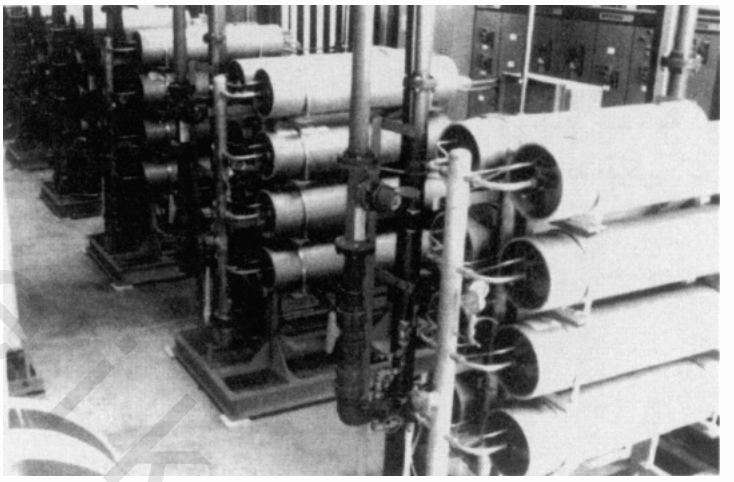
٢- نزع الماء من الماء المالح

بالنسبة لنزع الماء يتم ذلك بالتقطير أو التجميد أو التناضح العكسي أو الاستخلاص. وبالنسبة لإزالة الملح يتم ذلك بالتبادل الأيوني، وقد يتم ترسيب الأملاح باستخدام زيولات الفضة، حيث تُجرى على نطاق ضيق للاستخدام في حالة الطوارىء.

نظم التحلية

١- **التقطير Distillation**: حيث يتم تبخير الماء، ومن ثم تكثيفه Condensation. يوجد العديد من النظم المستخدمة للتقطير ومن أكثرها استخداماً: التقطير الوميضي متعدد المراحل Multi stage flash distillation: وهي الطريقة الشائعة وتتضمن تسخين ماء البحر وضخه إلى غلايات ذات ضغط منخفض ليتبخر الماء لحظياً ثم تكثيف الماء الناتج وتجميعه.

٢- **التناضح العكسي Reverse osmosis**: وتستخدم لهذا الغرض أغشية خاصة تسمح بمرور الماء النقي دون الأملاح، ويتم ضخ الماء إلى هذه الأغشية تحت ضغط لزيادة كفاءتها (الشكل رقم ٢٢).



الشكل رقم (٢٢). وحدات التناضح العكسي بإحدى محطات تحلية المياه المالحة المنتشرة بالمملكة العربية السعودية.

٣- التبادل الأيوني Ion exchange.

٤- الدَّيلَسَة الكهربائية (المَيْز الغشائي) Electrodialysis.

٥- التجميد Freezing: وتعتمد هذه الطريقة على الفرق في نقطة تجمد الماء النقي والماء المالح، حيث يتم خفض درجة حرارة الماء إلى مادون الصفر المئوي لتشكيل بلورات الثلج التي يتم فصلها من الماء المالح، ثم تغسل للتخلص من بقايا الملح وتصهر لتتحول إلى ماء نقي.

خامساً: تطهير المياه

يقصد بتطهير الماء Disinfection القضاء على البكتريا الممرضة الموجودة في الماء أو تقليل عدد الميكروبات به إلى الحد الذي لايسبب أي ضرر للمستهلك، وبهذا فإن التطهير ليس مرادفا للتعقيم Sterilization الذي يعني القضاء على جميع أشكال الحياة وهذا نادراً ما يحدث لصعوبة تنفيذه من الناحية العملية ولاسيما على نطاق كبير كإمدادات المياه للمدن. ونظراً لشيوع استعمال الكلور في التطهير فقد يطلق على هذه الخطوة الكلوَرَة Chlorination.

الطرق المستعملة لتطهير المياه

١ - طرق طبيعية:

(أ) الترشيح Filtration باستخدام مختلف الأوساط المسامية للترشيح.

(ب) التسخين Heating، من أنجح الطرق المستعملة لإبادة الميكروبات وتستعمل على نطاق منزلي.

(جـ) التشعيع Irradiation ، باستخدام الأشعة فوق البنفسجية.

٢ - طرق كيميائية:

(أ) باستخدام الكلور (الكلورة).

(ب) باستخدام اليود.

(جـ) باستخدام الأوزون.

(د) باستخدام مركبات الفضة.

وفيما يلي نبذة عن بعض الطرق المستعملة للتطهير:

١ - الطرق الطبيعية

(أ) الترشيح

يتم تمرير الماء على أوساط مسامية لها القدرة على احتجاز المواد العالقة في الماء، وإذا كانت ذات كفاءة عالية (عندما تكون مسامها في حدود ٥ , ٠ ميكرون) يمكن أن تحتجز البكتريا، أما الفيروسات فإن معظم المرشحات المستعملة ليست لها القدرة على احتجازها.

(ب) التسخين

تعتبر الحرارة العالية أفضل وسيلة للقضاء على الميكروبات بما فيها الفيروسات، ويمكن تعقيم الماء بغليه مدة ٢٠ دقيقة. ولكن عملياً يصعب تحقيق ذلك على نطاق مصادر مياة الشرب في المدن أو المنشآت الضخمة.

من مميزات استخدام الحرارة كطريقة لتعقيم المياه ما يلي:

١- فعالة في القضاء على جميع أنواع الميكروبات - أي ليست متخصصة ضد نوع معين.

٢- لاتترك أثراً على خواص الماء الحسية.
٣- ليس لها أضرار صحية.
٤- يمكن تحقيقها دون الحاجة لأجهزة معقدة.
ومن عيوبها:
١- يصعب تطبيقها على نطاق واسع.
٢- ينتهي تأثيرها بعد تبريد الماء، أي لايستمر تأثيرها في الشبكة.

(جـ) استخدام الأشعة

تستعمل الأشعة في عملية تعقيم المياه على نطاق ضيق. ويستعمل على وجه الخصوص نطاق الأشعة فوق البنفسجية Ultra Violet Radiation (UV) ولاسيما عند الطول الموجي٢٥٤ نانومتراً. يتم التطهير بالأشعة بتعريض غشاء رقيق من الماء لمصباح يطلق هذه الأشعة، ويراعى أن يكون سُمك غشاء الماء ١٢ ملم على الأكثر.

وفيما يلي مميزات وعيوب هذه الطريقة (الجدول رقم ١١):

الجدول رقم (١١). مميزات وعيوب استخدام الأشعة فوق البنفسجية في تطهير الماء.

المميـــــــــزات	العيـــــــــوب
١- لايتم إدخال أية مواد غريبة للماء ولايحدث أي تغير في خواص الماء (طعم ورائحة).	١- الجراثيم البكتيرية والفيروسات والخلايا المتحوصلة تعتبر أقل تأثراً من الخلايا الخضرية.
٢- المواد التي تؤثر على فعالية الطرق الأخرى لاتؤثر على هذه الطريقة.	٢- ينتهي تأثير الأشعة بانتهاء العملية (أي ليس لها تأثير متبقى، كالكلور).
٣- تحدث الإبادة في زمن قصير.	٣- مكلفة من حيث المعدات المطلوبة والصيانة اللازمة.
٤- زيادة الجرعة ليس لها سلبيات.	٤- ليس من السهل اختبار كفاءتها كالطرق الأخرى.

٢ - استعمال المواد الكيميائية

سنتحدث عن الكلور والأوزون، ولكن قبل ذلك نذكر الشروط العامة اللازم توافرها في أية مادة لتستخدم كمطهر للماء.

الشروط الواجب توافرها في المطهر:

١- أن تكون له القدرة على القضاء على الميكروبات الموجودة في الماء وفي الوقت المتاح وعند درجة الحرارة الفعلية للماء.

٢- أن يكون متيسراً وبتكلفة مناسبة في صورة سهلة التداول وغير خطرة.

٣- أن يكون من السهل إضافته للماء وبالجرعة الكافية.

٤- أن يكون قادراً على تحقيق الهدف دون أن يترك آثاراً سلبية في الماء أو أن يحدث تغيراً غير مرغوب فيه.

٥- أن يتصف بالثبات، أي أن يبقى بتركيزه وبفعاليته فوق الحد الأدنى اللازم للإبادة الميكروبية.

٦- أن يكون من السهل تقدير تركيزه.

٧- ألا يتفاعل مع مكونات الماء الأخرى.

(أ) الكلور Chlorine

تعتبر إضافة الكلور للماء أكثر الطرق شيوعاً لتعقيم مياة الشرب، بل يمكن القول إن جميع بلدان العالم بدون استثناء تستخدم الكلور لتعقيم مياة الشرب في المدن والقرى. وهناك عدد قليل جداً من المدن الصغيرة التي تستخدم طرقاً أخرى للتعقيم غير إضافة الكلور.

خصائص الكلور

١ - غاز الكلور لونه أصفر مخضر وله رائحة نفاذة.

٢ - عندما يوجد في الجو بتراكيز عالية يسبب تلفاً للرئتين، وقد يؤدي إلى الوفاة.

٣ - أثقل من الهواء بمرتين ونصف، ومن ثم فإن غاز الكلور المتسرب يتجمع في الأسفل (قريباً من الأرض).

٤- عند pH يساوى ٤ يوجد جميع الكلور على هيئة حامض الهيبوكلور

الفعال في الإبادة وبعـد pH = ٧ تزيد الهيبوكلورات $^{-}(OCl)$ إلى أن يصبح كـل الكلور على هذه الهيئة غير الفعالة في الإبادة الميكروبية عند pH = ١٠، كما سيرد لاحقاً.

٥- يعتبر الكلور مادة مسببة للتآكل Corrosive .

٦- يمكن تحويل غاز الكلور إلى سائل عند ٣,٥ ضغط جوي - حـيـث يتحول إلى سائل زيتي ذي لون كهرماني Amber .

٧- عند تبخره يتحول ستة أحجام (سائل) إلى ٥٠٠ حجم (غاز) مما يعني أنه خطر في هذه الحالة.

٨- يسوَّق الكلور السائل في أسطوانات مضغوطة تتراوح سعتها ما بين ٣٠ و ٨٠٠ كيلوجرام.

٩- رخيص الثمن وسهل الاستعمال نسبياً.

١٠- تقدير تركيزه من السهولة بمكان، وتوجد طرق سريعة لقياس تركيزه في موقع العمل.

١١- فعال ضد معظم الميكروبات، وتراكيزه العالية فعالة ضد الجراثيم.

١٢- تأثيره يبقى داخل الشبكة إلى حين الوصول إلى خزان المستهلك ، وهذه من الخواص المهمة التي تميز الكلور عن سائر المواد الأخرى المستخدمة في التطهير.

بعض الصور التي يستخدم عليها الكلور

١- غاز الكلور.

٢- الهيبوكلوريت - ويستخدم منها هيبوكلوريت الصوديوم Na-hypochlorite وهيبوكلوريت الكالسيوم Ca-hypochlorite.

٣- كلورين الجيـر Chlorine of lime - مسحوق التبييض (أو مسـحـوق الغسيل) Bleaching powder .

٤- كلورامين تي Chloramine T.

٥- ثاني أكسيد الكلور ClO_2.

ويلاحظ أن الهيبوكلورات تتفكك في الأوساط الحامضية؛ ولذا فانها تستخدم في حالة غير نقية وبحيث تحتوي على قلوي لتثبيتها.

بعض الاحتياطات التي يجب مراعاتها عند استعمال الكلور:

١ - يجب تداول الأسطوانات بعناية.

٢ - أن تُبعد عن الحرارة المرتفعة (فتحفظ عند درجة حرارة تتراوح ما بين ١٦ و ٢٠°م).

٣ - يجب أن تزود أماكن تداوله بنظام تهوية Ventilation جيد.

٤ - العمالة يجب أن تكون مدربة.

٥ - يجب استعمال أقنعة واقية.

٦ - يجب توفير أقنعة تنفس أكسجيني للحاجة عند الطوارىء.

ميكانيكية عمل الكلور

هناك عدة اقتراحات لتفسير عمل الكلور في الإبادة الميكروبية منها:

١- يتفاعل الكلور مع الماء لتكوين حمض الهيبوكلوروز Hypochlorous acid (HOCl) والذي يتفكك منتجاً أكسجيناً حديث التولد، والذي يعمل بدوره كمؤكسد قوي للمادة العضوية في خلايا البكتريا، ولكن يبدو أن هذه النظرية غير صحيحة.

٢- الكلور الحر يهاجم مباشرة بعض النقاط الحساسة في جدار الخلية الميكروبية وهذا يتمشى مع كون الكلور الحر مادة مؤكسدة قوية.

٣- يتم تخثر البروتوبلازم بواسطة الكلور.

٤- يتم تثبيط الإنزيمات المهمة في الخلية بواسطة الكلور.

٥- المادة الفعالة في الإبادة الميكروبية هو حمض الهيبوكلوروز وهذا يتمشى مع كون فعالية الكلور تتأثر بالأس الهيدروجيني.

وفيما يلي المعادلات الكيميائية الخاصة بتكون الحمض وتفككه:

عندما يضاف الكلور للماء يتفاعل كما يلي:

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow HCl + HOCl$$

وعندما يزيد الأس الهيدروجيني على ٤ يتحلل حمض الهيبوكلوروز HOCl كما يلي:

$$HOCl \longrightarrow H^+ + OCl^-$$

وعندما يزيد الأس الهيدروجيني من ٥,٦ إلى ٨ ينخفض تركيز الحمض من ٩٠٪ إلى ٢٠٪.

متى تتم الكَلْوَرة؟

يمكن أن تتم قبل معالجة الماء ويطلق عليها معالجة أولية Pre-chlorination، وقد تتم بعد المعالجة Post-chlorination، وقد تتم في الشبكة، وحينئذ يطلق عليها إعادة كلورة Rechlorination، وقد يضاف الكلور بتراكيز مرتفعة جداً في بعض حالات الطوارىء، وتدعى العملية Super chlorination ثم يتم التخلص من الكمية الزائدة بواسطة ثاني أكسيد الكبريت أو باستخدام ثيوكبريتات الصوديوم.

وظائف الكلور الأخرى

بالإضافة إلى كونه وسيلة تعقيم (الوظيفة الرئيسية) فإنه:

١ - يعمل كعامل مؤكسد Oxidizing agent يعمل على إزالة الحديد والمنجنيز من الماء.

٢ - يعمل على أكسدة المواد العضوية المسؤولة عن الطعم والرائحة واللون في الماء وتحويلها إلى مواد ليس لها تأثير إلا أن ذلك يجب أن يتم بعناية وإلا انقلب إلى العكس.

٣ - يعمل على الحد من نمو الطحالب.

العوامل التي تؤثر على فعالية الكلور

١- نوع وأعداد الميكروبات المراد القضاء عليها: تكون فعالية الكلور ضد الفيروسات مثل فيروس التهاب الكبد الوبائي "Hepatitis "A وكذا بعض الطفيليات مثل الأميبا المسببة للزحار الأميبي أقل من فعاليته ضد البكتريا.

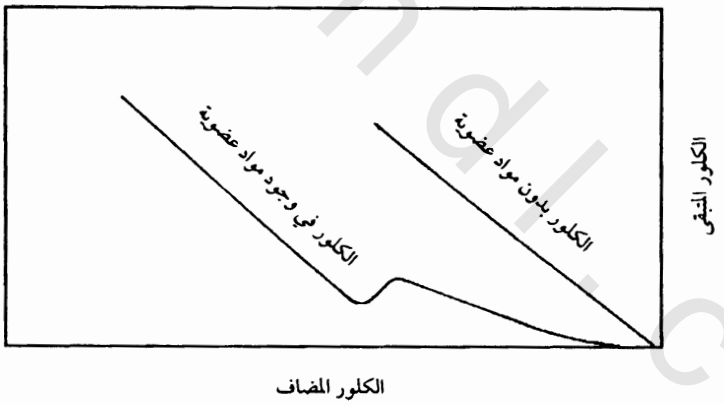
٢- تركيز الكلور: فالمعروف أن هناك حداً أدنى من التركيز الذي يلزم للإبادة وهو نحو ٠,٢ جزء بالمليون وتزيد الفعالية بزيادة المطهر إلى أن تصل إلى حد لايصبح للزيادة أي أثر.

٣- زمن الملامسة (Contact time): فكلما طالت فترة الملامسة كلما كانت فعاليته أكثر وتختلف الميكروبات بالنسبة للزمن اللازم للإبادة، وبالنسبة للكلور يلزم نحو نصف ساعة لضمان إتمام عملية التعقيم.

٤- درجة الحرارة: تزيد الفعالية بزيادة درجة الحرارة إلى أن تزيد على حد معين فيصبح الكلور غير ثابت.

٥- الحموضة: فكلما انخفض الأس الهيدروجيني (pH) كلما زادت فعاليته.

٦- وجود المواد العضوية: عند إضافة الكلور يستهلك جزء منه في أكسدة المواد العضوية والأمونيا وغيرها، وهو مايعبر عنه بالطلب على الكلور Chlorine demand (الشكل رقم ٢٣)، والكلور المتبقى Residual chlorine هو الفعال في عملية التعقيم، وبذا يكون الطلب على الكلور عبارة عن الفرق في التركيز بين الكلور المضاف والكلور المتبقى.



الشكل رقم (٢٣). يوضح تأثير وجود المواد العضوية على الكلورالمتيسر

هناك اتجاه حديث نحو التخفيف من استعمال الكلور Cl_2 أو الاستعاضة عنه بثاني أكسيد الكلور ClO_2 والأوزون في بعض الأحيان، نظراً لأن استعمال الكلور في المياه التي تحتوي على مواد عضوية يؤدي إلى التفاعل معها، مما يقلل من فعاليته، كما أن المركبات الناتجة وهي مركبات عضوية هالوجينية Halogenated

organic matter مثل مركب تراي هالوميثين Trihalomethane (THM) وجد أن لها أضرارا بالغة بالصحة العامة حيث إنها مواد مسببة للسرطان Carcinogens.

(ب) الأوزون Ozone

وهو شكل من الحالات التي يوجد عليها الأكسجين Allotropic form of Oxygen يوجد في الطبقات العليا من الغلاف الجوي المحيط بالأرض، حيث يتكون من الأكسجين بفعل الأشعة فوق البنفسجية (UV).

وهو غاز سام للإنسان ومادة مؤكسدة قوية، وبهذا يعتبر مادة فعالة في الإبادة الميكروبية، له رائحة نفاذة يمكن الاحساس بها حتى ولو كان موجوداً بتراكيز متدنية. عندما يكون سائلاً يكون ذا لون أزرق. يتأثر تركيبه إلى حد كبير بدرجة الحرارة ويتحلل عند درجات الحرارة الاعتيادية. قليل الذوبان في الماء ويتحلل في الماء بسرعة. ويوضح الجدول رقم (١٢) مميزاته وعيوبه كمادة تعقيم للماء.

يمكن إنتاج الأوزون صناعياً بتعريض الهواء الجاف أو الأكسجين لشحنة كهربائية قوية أو للأشعة فوق البنفسجية، ويسمى الجهاز المستخدم مولد الأوزون Ozonator.

الجدول رقم (١٢). مميزات وعيوب الأوزون كمادة تعقيم للماء

المميـــــــزات	العيـــــــوب
١- نظرا لأنه مؤكسد قوي فإنه يعمل على إزالة الروائح والطعوم الغريبة.	١- ليس له أثر متبقٍ كالكلور ، فلا يبقى له أي تأثير في الشبكة ، ولذا يناسب المياة المعبأة فقط.
٢- يعمل على أكسدة المواد العضوية.	٢- مكلف (١٠-١٥ مرة ضعف تكلفة الكلور).
٣- فعاليته تكون عند مدى واسع من الأس الهيدروجيني.	٣- أقل مرونة من الكلور من حيث الاستعمال.
٤- فعله سريع جداً ضد الميكروبات.	٤- طرق التقدير ليست كما ينبغي.
٥- ليس هناك من خطورة عند زيادة الجرعة.	٥- تداوله صعب ولذا يفضل إنتاجه في نفس المكان الذي سيستخدم فيه.

سادساً: تلوث الماء

نظراً لأهمية المياه في المنشآت الغذائية وتعدّد استخداماتها فإنها تصبح عند تلوثها من أخطر العوامل تأثيراً على صحة الإنسان من جهة وعلى جودة المنتج الغذائي من جهة أخرى. لذلك كله يلزم توجيه العناية الفائقة بالمياه المستخدمة في المنشأة الغذائية بغض النظر عن نوع استخدامها ابتداء من الغسيل وحتى إضافتها للمنتج لتصبح أحد مكونات المادة الغذائية. وتبدأ العناية باختيار مصدر الماء، وتلافي التلوث بأنواعه، ومعالجة الماء وتطهيره مما قد يكون به من ملوثات قبل استخدامه.

يعرف التلوث Pollution بأنه وجود مواد غريبة غير مرغوبة. والمياه بصفة عامة تحتوي على ملوثات بنسب متفاوتة، فلا يوجد ماء نقي ١٠٠٪ إلا في المختبرات، أما في الطبيعة فإن المياة تتفاوت فيما بينها بالنسبة للملوثات حسب البيئة المحيطة.

ويمكن تصنيف الماء حسب درجة تلوثه إلى مايلي:

١ - ماء صالح للشرب (ماء نقي) Potable Water: هو الماء الخالي من أية مواد كيميائية أو بيولوجية ضارة بالإنسان، وهو خالٍ من أية روائح وطعوم وألوان غريبة.

٢ - ماء ملوث Contaminated Water: هذا الصنف يمكن أن يكون كل من طعمه ورائحته ولونه مقبولاً ولكنه يحتوي على بعض المواد الضارة بصحة الإنسان.

٣ - ماء آسن: هذا الماء له مظهر غير مقبول وكذلك لونه وطعمه ورائحته كما هو الحال بالنسبة للمياه الراكدة والمستنقعات.

أنواع الملوثات

١ - الملوثات الكيميائية

يعتقد أن هناك مايربو على ٥٠٠,٠٠٠ مادة كيميائية يمكن أن تجد طريقها للماء، ويتسبب الإنسان في إيصال الكثير منها إلى الماء.

وفيما يلي بعض مجاميعها:

(أ) المعادن الثقيلة Heavy metals

ويقصد بها الرصاص والزرنيخ والكادميوم والزئبق. وتأتي أهمية هذه المعادن في كونها سامة للإنسان والحيوان وبعضها يتراكم في جسم الإنسان مثل الرصاص ولها آثار صحية سيئة على الإنسان حيث إن بعضها يؤثر على الجهاز العصبي المركزي والجهاز التناسلي والكلى. . . إلخ.

(ب) المواد المشعة Radioactive materials

وتأتي من جراء استخدام الأسلحة النووية ولاسيما أثناء التفجيرات النووية بهدف الاختبار، أو من مخلفات الوقود النووي في محطات إنتاج الطاقة، أو من مخلفات المواد المشعة المستخدمة لأغراض طبية في التشخيص والعلاج، أو في المختبرات. . . إلخ. ومن ذلك معدن الاسترونشيوم المشع ^{90}St الذي قد يوجد في المياه. هذا المعدن قد يصل للعظام ويحل محل الكالسيوم ويبقى فترة طويلة حيث إن نصف العمر Half life له ٢٨ سنة مما قد ينشأ عنه سرطان الدم Leukemia.

(جـ) مبيدات الآفات Pesticides

وهي مواد كيميائية استخدمها الإنسان للحد من الآفات التي تنافسه على غذائه، وتشمل:

- مبيدات حشرية Insecticides
- مبيدات بكتيرية Bactericides
- مبيدات فطرية Fungicides
- مبيدات العناكب Acarocides
- مبيدات الحشائش Herbicides

ومن الأمثلة على المبيدات الحشرية مجموعة الهيدروكربونات المكلورة Chlorinated hydrocarbons ومنها الـ DDT والديلدرين والكلوردين والهبتاكلور والألدرين. ومن عيوبها أنها تقاوم التحلل بفعل الكائنات الحية Biodegradation والعوامل الأخرى، لذا فإنها تبقى فترة طويلة في البيئة بعد استعمالها، ومن ثم فإن المياه ولاسيما السطحية منها تكون عرضة للتلوث بها.

ومن مبيدات الحشائش الخطيرة ٢، ٤ دي (2,4 D) و ٢، ٤، ٥ تي (2,4,5 T) وهذه المبيدات المعروفة تجارياً بـ Agent orange أستخدمت أثناء حرب فيتنام١٩٦٢-

١٩٦٩م للقضاء على الحشائش وإسقاط أوراق الأشجارالتي يختبىء فيها الفيتكونج، وقد تسببت في ولادة أطفال مشوهين Deformed babies ويعود السبب إلى أن هذه المبيدات تكون في الغالب ملوثة بمواد الدايوكسين Dioxane شديدة السمية للإنسان.

(د) النترات والنتريتات

توجد النترات بصورة طبيعية في المياه، ولقد زادت نسبتها في معظم مصادر المياة مع التوسع في استخدام المخصبات النيتروجينية Nitrogenous fertilizers نتيجة تلوث مصادر المياه الطبيعية بمياه الصرف، كما توجد النترات في الطبيعة. ففي كثير من الحالات تبين وجود مياه آبار مرتفعة النترات مع العلم بأنها بعيدة عن مصادر التلوث. والنترات ليست مشكلة بحد ذاتها وإنما المشكلة مرتبطة بالنتريتات (NO_2) التي تنتج عند اختزال النترات (NO_3) بواسطة البكتريا. وعندما توجد النتريتات بنسبة كبيرة تسبب مايعرف بالزرقة في الأطفال Cyanosis أو الميتاهيموجلوبينيميا Metahaemoglobinaemia وتحدث هذه الحالة خاصة بين الأطفال حديثي الولادة، وعندما يستخدم ماء ملوث بالنترات لاسترجاع الحليب الجاف تتحول النترات إلى نتريتات تتحد مع الهيموجلوبين (صبغة الدم) بدلاً من الأكسجين. هذه الحالة تحدث للأطفال الرضع نظراً لأن العصير المَعَدي لديهم قليل الحموضة (الأس الهيدروجيني أعلى من ٤) ومن ثم فإن البكتريا المختزلة للنترات مثل بكتريا القولون تعمل على اختزالها إلى نتريتات (NO_2) فتحدث الحالة التي تعرف بالرضيع الأزرق Blue baby. وتوصي منظمة الصحة العالمية أن لايتعدى تركيز النترات في الماء ٤٥ جزءاً/مليون.

(هـ) المركبات العضوية Organic materials الأخرى

وتشمل مركبات عديدة تستخدم لأغراض منزلية وصناعية وزراعية ومن ذلك:

- مواد التنظيف والتطهير.
- الدهانات.
- المذيبات.
- مواد كيميائية أخرى عديدة تستخدم لأغراض صناعية.

تجد هذه المواد طريقها لمياة الشرب نتيجة للتلوث بمياه الصرف الصحي غير المعالجة أو المعالجة لدرجة لاتكفي، وبالمخلفات الصناعية.

٢ - التلوث البيولوجي للماء

تتلوث المياه في الطبيعة بالأحياء الدقيقة المنتشرة بكل مكان بالبيئة تقريباً. ومن أهم مصادر التلوث بها التربة والهواء والحيوان والحشرات والإنسان والنبات. تتعدد أنواع الملوثات الميكروبية حسب مصادرها وتختلف التشكيلة الميكروبية تبعاً لذلك، وتعتبر مخلفات الإنسان من أخطر تلك المصادر لما تنقله من مسببات للأمراض التي من أخطرها وأكثرها انتقالاً بالماء الكوليرا والنزلات المعوية والتيفوئيد وشلل الأطفال والتهاب الكبد الوبائي والدوسنتاريا.

وتشمل الأحياء الدقيقة التي قد تتلوث بها المياه مايلي:

(أ) الفيروسات

تنقل المياة الملوثة كثيراً منها. وتكمن خطورتها في أن وحدة فيروسية واحدة يمكنها إحداث العدوى المرضية. ويستوطن العديد منها الأمعاء وهي توجد بكثرة في مياه الصرف الصحي، وقد عزل بعضها من مياه الشرب النقية أيضاً، ومنها:

- مجموعة الفيروسات المعوية Enteric viruses المسببة للنزلات المعوية.
- فيروس الشلل *Polio virus*.
- فيروس التهاب الكبد الوبائي (النوع أ Infectious hepatitis virus (type A.

(ب) البكتريا

يسبب بعضها أمراضاً للإنسان، وفيما يلي بعض أنواع البكتريا التي تعتبر أكثر ارتباطاً في انتقالها بالمياه الملوثة:

- فيبريو كوليرا *Vibrio cholerae*.
- السالمونيلا *Salmonella* وبالذات مسبب التيفوئيد.
- الشيجيلا *Shigella*.

(جـ) الطفيليات

تعيش متطفلة على الكائنات الحية، ويسبب بعضها أمراضاً للإنسان، ومن أكثرها انتشاراً وخاصة عن طريق الماء الملوث مايلي:

- طفيل الدوسنتاريا الأميبية *Entamoeba histolytica*.
- طفيل الجارديا *Giardia lamblia*.

الإجراءات العامة اللازمة للحد من تلوث المياه بالميكروبات

١ - الحد من تلوث مصادر المياه

سيتم التركيز على الآبار الجوفية والعيون؛ نظراً لأنها المصادر التقليدية لمياه الشرب في المملكة.

(أ) اختيار الموقع المناسب للبئر: ويراعى في ذلك ما يلي:

- أن يكون بعيداً عن مصادر التلوث كالبيارات.
- ألا يكون المكان منخفضاً، للحد من انحدار المياه الملوثة تجاه المصدر ولتلافي تلوث المصدر من مياه السيول.
- يراعى أن يكون بعيداً عن النشاط السكاني، ويجب مراعاة التوسع السكاني في المستقبل.

(ب) تنفيذ الآبار بطريقة فنية جيدة : ويشمل ذلك إحكام تركيب بطانة البئر Casing وإحكام سد الفوهة لمنع دخول الهواء إلى داخل البئر.

(جـ) ردم البئر المهجورة بطريقة تمنع تلوث تكوين الماء الجوفي.

(د) بالنسبة للعيون يجب ألا تستعمل للاستحمام والغسيل وللتخلص من الفضلات.

(هـ) معالجة المياه على أسس علمية سليمة.

(و) تحديث شبكة المياه كلما دعت الحاجة لذلك.

(ز) مراعاة الاشتراطات الصحية الخاصة بشبكة المياه.

(ح) فى حالة استخدام المرشحات المنزلية أن تراعى الاشتراطات الخاصة بها.

(ط) العناية بالخزانات - سيأتي الحديث عنها.

٢ - الحد من تلوث المياه بعد المعالجة

لإبقاء المياه بعيدة عن التلوث أثناء التوزيع والتخزين داخل المنازل يجب مراعاة ما يلي:

(أ) التأكد من كفاءة المعالجة

وذلك لنضمن أن المياه قد عولجت بطريقة تكفي للقضاء على الميكروبات المرضية. ويمكن التأكد من ذلك باختبار كفاءة تطهير الماء، ويختلف ذلك حسب الطريقة المستخدمة للتطهير.

(ب) الحد من التلوث الخلطي Cross contamination

ويحدث هذا النوع من التلوث نتيجة وجود فتحات في مواسير الشبكة وحيث يحدث شفط يؤدي إلى سحب المياه الملوثة المحيطة بالشبكة Back-flow siphonage وتزداد المشكلة سوءاً عندما تكون هناك مياه صرف صحي سائبة، وللحد من ذلك يتم اتباع ما يلي:

١- تنفيذ شبكة الصرف الصحي بطريقة فنية جيدة يراعى فيها تقليل فرص تلوث مياه الشرب.

٢- إبعاد شبكة مياه الصرف الصحي عن شبكة مياه الشرب بقدر الإمكان ويفضل أن توضع أنابيب مياه الشرب داخل جراب من المواسير البلاستيكية في حالة مايكون هناك احتمال حدوث تلوث خلطي.

٣- إبقاء ضغط المياه في الأنابيب موجباً بقدر المستطاع.

٤- عند استعمال الخطوط الرئيسية Mains لإطفاء الحرائق يجب التأكد من أن السَّحب لايزيد على الحد المسموح به.

٥- استخدام أجهزة ووسائل تمنع حدوث الضغط السالب Mechanical back flow كاستخدام صمامات Vacuum relief valves للتعويض عن الشفط الناتج عن سحب المياه.

٦- إبقاء تركيز الكلور المتبقي فوق ٠,٢ جزء بالمليون إلى وصول المياه للتوصيلات داخل المنشأة الغذائية أو المنازل لضمان إبقاء المياه معقمة.

٧- في حالة حدوث كسر في الشبكة يجب عزل ذلك الجزء عن بقية الشبكة.

٨- تجديد الأجزاء القديمة من الشبكة كلما لزم الأمر.

(جـ) التأكد من نظافة الشبكة عند بداية استعمالها

عند بداية استعمال أنابيب الشبكة يوصى بما يلي:

١- التأكد من نظافة الأنابيب من الداخل.

٢- تطهر الأنابيب بمسحها من الداخل.

٣- يجب إحكام توصيل الأنابيب لمنع تسرب المياه إلى داخلها أو خارجها.

٤- تغسل الأنابيب الرئيسية في الشبكة بتيار مائي سريع.

٥- تعامل الأنابيب بالكلور بمعدل ٥٠-١٠٠ جزء بالمليون على أن يكون

معدل سريان الماء بطيئاً لمدة ثلاث ساعات على ألا يتناقص تركيز الكلور في الشبكة عن خمسة أجزاء بالمليون.

ويجب أن يجرى ذلك أيضاً في حالة حدوث تلوث الشبكة كما هو الحال في حالة حدوث عطب بالشبكة وفي حالة الصيانة الدورية.

وتجدر الإشارة إلى أنه يمكن استعمال غاز الكلور أو هيبوكلورات الكالسيوم (٧٠٪) أو «مبيض الغسيل Household liquid bleach».

(د) متابعة تنظيف أنابيب الشبكة بعد الاستعمال الطويل

على إثر الاستعمال المتكرر على المدى الطويل تتراكم رواسب العناصر المعدنية Mineral deposits داخل الأنابيب لدرجة تحد من معدل سريان الماء داخلها، هذه الرواسب في الغالب عبارة عن كربونات الكالسيوم $CaCO_3$. لإذابة هذه الرواسب تستخدم الأحماض، ويستعمل عادة تحضيرات تجارية لحمض النيتريك أو حمض الهيدروكلوريك، ويستعمل معها مواد مانعة للتآكل Corrosion inhibitors وقد تستعمل كاسحات ميكانيكية Scraping devices.

(هـ) التأكد من نظافة الخزانات

هناك نوعان من الخزانات، هما:

الخزانات المفتوحة: وهذه الخزانات لاتستعمل عادة لحفظ ماء الشرب، وهي عرضة للتلوث من الغبار والحشرات والحيوانات والطيور وعرضة لنمو الطحالب. تستعمل عادة في محطات المعالجة ويضاف للماء كبريتات النحاس $CuSO_4$ للحد من نمو الطحالب فيها.

الخزانات المغلقة: وهذه الخزانات يجب أن تزود بغطاء محكم الغلق، ويجب أن تتوافر فيها المتطلبات التالية لحفظ المياه من التلوث:

١- أن يتم اختيار موقع الخزان بعيداً عن مصادر التلوث كالبيارات.

٢- ألا يكون الموقع منخفضاً لتلافي التلوث من مياه السيول ومياه الغسيل.

٣- أن يكون السقف والحيطان والأرضية ملساء وغير منفذة للرطوبة.

٤- أن يزود بفتحة تكون فوهتها مرتفعة عن سطح الأرض وتكون مغطاة بغطاء محكم للحد من التلوث.

٥- أن يزود بماسورة تهوية، ويراعى أن تكون مصممة بحيث تسمح بالتهوية ولاتسمح بدخول أشياء غريبة.

٦- أن تزود الأرضية بحفرة للتنظيف مجهزة بماسورة تصريف ويعمل الانحدار نحوها.

٧- أن ينظف الخزان ويطهر مابين الحين والآخر.

سابعاً: ترشيد استهلاك المياه في المنشآت الغذائية

يقصد بترشيد استهلاك المياه، استخدام الماء عند اللزوم فقط مع عدم إهداره، وهو أمر مطلوب حتى مع وجود الماء بوفرة ويسر «لا تسرف في الماء ولو كنت على نهر جار» ويصبح الترشيد ضرورة حتمية حيث يشق الحصول على ماء الشرب، كما هو الحال في المملكة العربية السعودية ومعظم المناطق العربية الأخرى. وتأتي أهمية ترشيد استهلاك المياه في المنشآت الغذائية من الكميات الهائلة التي تستعمل بها، ويوضح جدول رقم (١٣) أمثلة لتلك الكميات في بعض المنشآت الغذائية المختلفة وبعض الصناعات الأخرى (للمقارنة):

الجدول رقم (١٣). الاحتياج المائي لبعض أنواع الصناعات

الصناعة	الماء اللازم (كجم ماء/كجم منتج)
الخبيز	٣
الزبدة	١١
الجبن	٢٠
تعليب الفواكه	٢٠
الغسيل	٣٠
السكر	١٠
تعليب الخضار	١٠
الزجاج	٧٠
الورق	١٦٠
الفولاذ	٤٥
الألياف الصناعية	٢٠٠

فيجب أن يكون العاملون بالمنشآت الغذائية على وعي تام بالفرق بين ضرورة استخدام الماء والإسراف فيه. فغسيل اليدين ضروري كلما تطلب الأمر ، لكن فتح الصنبور بأقصى درجة ولفترة أطول من اللازم، ثم عدم إحكام قفله بعد الانتهاء كلها أمور يجب منعها، وذلك بتوعية العاملين بأهمية الماء النظيف من جهة وصعوبة الحصول على الماء من جهة أخرى، بعد ذلك يتم تدريبهم على أفضل طريقة لإتمام التنظيف مع عدم إهدار الماء، وعند توفر الإمكانات يفضل استخدام الصنابير التي تعمل آلياً. وينطبق ذلك أيضاً على استخدام خراطيم المياة في التنظيف وخاصة في مصانع الألبان، فيجب ترشيد استخدامها بعدم ترك الماء ينساب منها بدون حاجة إليه مع ضرورة منع استخدامها كبديل للدعك بالفرشاة لإزالة الفضلات الملتصقة بالأسطح والأرضيات والجدران، مع تزويد الخراطيم بصمامات قفل ذاتي. وعند استعمال الماء في غسيل المواد الخام (كالخضار والفاكهة) والأدوات (كأدوات تجهيز وتقديم الطعام) فإن استخدام أحواض النقع متبوعة بالرشاشات يفيد جداً في توفير الماء المستخدم (مع إعادة استخدام ماء النقع بعد إزالة الشوائب منه). وعند استعمال الماء في تنظيف خطوط الإنتاج والمعدات الكبيرة، فيجب تطبيق نظام الدورات المغلقة للحد من إهدار الماء؛ ولكي ندرك أهمية ذلك يكفي أن نعرف أن الماء المستخدم في مصانع الألبان وتعبئة اللحوم (كمثال) يُستهلك نحو ٧٠٪ منه في التنظيف.

وتزداد أهمية التحكم في استعمال الماء عندما يكون ماء ساخناً (أو بخاراً) أو ماء مبرداً، حيث يهدر مع الماء أيضاً طاقة التسخين أو التبريد المستخدمة، مع تأثير إهدار الماء الساخن في رفع حرارة الجو داخل المنشأة، وتزيد المشكلة سوءاً عند إهدار البخار، مما يرفع رطوبة الجو أيضاً وما يصحب ذلك من مضايقة للعاملين من جهة ومساعدة نمو الميكروبات وبخاصة الأعفان على الأسطح من جهة أخرى. وعند استخدام الماء كوسط للتسخين (كالسلق) أو للتبريد (بعد التعقيم) فيجب أن يعاد استخدامه (فى دورة مغلقة) مع الاحتياط للمحافظة على نقاوته ميكروبياً حتى لايصبح مصدرا للتلوث. وفي بعض الحالات الخاصة يمكن استبدال ماء الشرب بماء البحر عند توفره، كما في حالة تبريد ونقل وتنظيف الأسماك والمأكولات البحرية، وذلك بعد التأكد من خلوه من الملوثات.

ولا يقتصر الأمر على عمليات التجهيز والتصنيع وما يتعلق بها، ولكن يجب أن يشمل الترشيد المرافق والخدمات الملحقة بالمنشأة مثل أماكن النظافة الشخصية والاستحمام، وحيث يلزم للفرد من الماء يوميا بها مايزيد على ٤٥ لتراً، بالإضافة إلى ما يزيد على ٥٠ لتراً أخرى للتخلص من الفضلات، ويفيد استخدام الصنابير ذاتية الغلق والمراحيض ثنائية الدورة بمعدل تصريف ١,٥ جالون للتخلص من الفضلات السائلة و ٢,٥ جالون للصلبة. وعند توفر خدمة غسل ملابس العمل بالمنشأة فيجب ألا تبدأ دورة الغسيل إلا بكامل حمل غسالة الملابس. وإذا وجدت حديقة ملحقة بالمنشأة فيجب انتقاء النباتات التي لاتحتاج الماء بوفرة مع عدم ريها بطريقة تهدر المياه كالرشاشات في الجو الحار، وأن لايتم الري في وسط النهار، حيث تكون الحرارة مرتفعة تؤدي إلى تبخر معظم الماء.

obeikandl.com