

## مصادر تلوث المياه وطرق تنقيتها

لقد حبانا الله سبحانه وتعالى نعمة كبيرة، فلا يستطيع أي كائن حي أن يعيش بدونها «الماء». ومصادر المياه اللازمة للشرب في المجتمعات المختلفة تكون من المياه السطحية، كمياه الأنهار والبحيرات، وهي مياه دائماً ما تكون عرضة للتلوث من مخلفات المنازل، والمزارع، والمصانع، وتزداد حدة مشاكل التلوث بزيادة عدد السكان، لزيادة ما ينتج عنهم من مخلفات. وهناك المياه الجوفية والتي قد تتلوث في بعض الأحيان عند زيادة منسوب مياه الصرف الصحي (المجاري) حتى تتشبع في الأرض وتصل إلى هذه المياه الجوفية.

وتسبب المياه الحاملة لميكروبات مرضية مشاكل صحية خطيرة، إذ ينتقل عن طريق المياه، الميكروبات المعوية المرضية **Enteric Disease Microbes**، التي تسبب عدوى للجهاز المعوي، مثل بكتريا التيفود، والكوليرا، والدوسنتاريا الباسيلية، والأميبية، وفيروسات شلل الأطفال، والالتهاب الكبدى الوبائي، وتوجد هذه المسببات المرضية، في بول وبراز المرضى وحاملي العدوى، وتنساب هذه الميكروبات مع مياه المجاري، فتنقل إلى مياه الشرب وتلوثها.

وهناك أنواع مختلفة من البكتريا التي إذا تواجدت في الماء تسبب انتشار الأمراض ومنها بكتريا **Escherichia coli** والتي تسبب الأمراض المعوية حيث يعاني المريض من الأم في البطن والإسهال وأحياناً القيء. هناك أيضاً بكتريا **Salmonella** والتي تسبب مرض التيفود وتكون الحمى مصاحبة لهذا المرض .

كما أن هناك بعض الأوبئة التي تنتشر بسبب هذه المياه الملوثة مثل مرض الكوليرا والذي يسببه بكتريا **Vibrio cholera** والتي تسبب إسهالاً شديداً للمصاب يصاحبه الجفاف والذي يتسبب أحياناً بالفشل الكلوي ثم الوفاة خاصة بين الأطفال و كبار السن أو المرضى الذين يعانون من نقص في كفاءة الجهاز المناعي. لذلك، فإن معالجة مياه المخلفات للقضاء على ما بها من ميكروبات مرضية تعتبر عملية حيوية خاصة قبل التخلص منها، بإلقائها في بحر أو نهر، كما وأن تنقية مياه الشرب، قبل الاستعمال تعتبر أيضاً من العمليات الضرورية لحماية المجتمع، مما تحمله المياه من ميكروبات مرضية.

أهم المصطلحات في ميكروبيولوجيا المياه:

1. المياه الصالحة للشرب **Water (Drinkable) or Suitable for Human Consumption Potable** وهي مياه، عديمة اللون والطعم والرائحة، خالية من المواد المعلقة، والمواد الكيميائية، والمواد المشعة، والميكروبات المرضية.

2. مياه غير صالحة للشرب **Suitable for Human Consumption Non-Potable Water or Not** هذه المياه، عكس المياه السابقة الصالحة للشرب، ينقصها أي شرط من الشروط الخاصة بالمياه الصالحة للشرب، فقد تحتوي على معلقات، أو كيماويات، أو مواد مشعة، أو ميكروبات ضارة بالصحة.

3. مياه الصرف الصحي (المجاري) **Sewage Water** المياه الملوثة بمخلفات المنازل، والمزارع، والمصانع. وتسمى مخلفات الصرف الصحي وهي شديدة الخطورة لما بها من ميكروبات مسببة لأخطر الأمراض

وتتلوث المياه العذبة من عدة مصادر، منها:

الأمطار الحامضية:

وينتج المطر الحمضي من تلوث الجو بغازات المصانع، حيث تتفاعل أكاسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين الموجودة بأدخنة المصانع مع بخار الماء الموجود بالجو أو بالسحب فيتكون حامضي الكبريتيك والنتريك، ويصبح المطر حامضياً.

مخلفات الصرف الصحي (مخلفات المجاري):

وتعتبر هذه المخلفات المصدر الأساسي لتلوث مياه الشرب بالميكروبات المعوية المرضية.

مخلفات النشاط الصناعي للإنسان:

وتحمل هذه المخلفات الكثير من المعادن الثقيلة، كالنحاس، والكروم، والكاديوم، والزنك، والزنبيق وغيرها، وقد تحمل المخلفات الصناعية مواد مشعة.

المخلفات الزراعية:

تحمل هذه المخلفات متبقيات المخصبات الزراعية ومبيدات الآفات، التي قد تصل مع مياه الري والصرف، إلى موارد المياه العذبة.

تنقية مياه الشرب **Drinking Water Purification**

إذا لم يتيسر الحصول على مصدر ماء، خالٍ من التلوث، فإنه يجب تنقية الماء، حتى يصبح صالحاً للاستهلاك الآدمي، باستخدام الخطوات التالية :

## مصادر تلوث المياه وطرق تنقيتها

وقاية مصدر المياه من التلوث بمياه المجاري:

يعتبر تلوث مياه الشرب بمياه المجاري، أهم وأخطر مصادر التلوث، فهو الطريق الوحيد من الناحية العلمية التي تصل عن طريقها الميكروبات المرضية إلى مياه الشرب، وينتج ذلك من مرور مصادر مياه الشرب بجوار مصدر مجاري، فترشح مياه المجاري إلى قنوات المياه، أو ينتج التلوث من صرف مخلفات المجاري، في نهر، أو مصدر لمياه الشرب. لذلك، فإنه يلزم معالجة مياه المجاري والتخلص منها بالطرق الصحية علماً بأن مياه المجاري بالمدن تجمع في مواسير مغلقة، بعيدة عن مواسير مياه الشرب، حتى لا تتسرب إليها ميكروبات مياه المجاري، ثم يجري التخلص منها.

تنقية مياه الشرب

## الترشيح Filtration

وفيها يتم ترشيح المياه قبل دخولها في عمليات التنقية بحيث يتم في هذه المرحلة ترشيح المياه من المخلفات الورقية والخشبية أو أي مخلفات كبيرة الحجم.

## الترسيب Sedimentation

تتم هذه العملية بترك المياه ساكنة لمدة من الزمن، في خزانات وأحواض ترسيب، فإنه يرسب ما بها من مواد عالقة وميكروبات إلى القاع.

## التجميع (التخثر) Coagulation

لزيادة سرعة الترسيب، تضاف الشبة (كبريتات الألومونيوم والبوتاسيوم)، أو أملاح الحديد (كبريتات الحديد) إلى الماء، لزيادة سرعة تجمع الحبيبات، وتكوين معلق غروي، يرسب سريعاً، حاملاً معه الأحياء الدقيقة والأجسام المعلقة.

## الترشيح الرملي Sand Filtration

ويتم ذلك بإمرار الماء على طبقات متعاقبة، من الحجارة والحصى والرمل الخشن والناعم، وبذلك تحجز هذه الطبقات - خاصة طبقة الرمل الناعم - معظم المواد العالقة ومعظم الميكروبات من المرور.

## 5. التطهير بإضافة الكلور (الكلورة) Chlorination

تعتبر هذه الخطوة غالباً آخر عمليات تنقية المياه، وفيها يضاف الكلور أو مركباته، إلى المياه لتطهيرها، وعند إضافة الكلور إلى الماء. ينتج أكسجين نشط حديث التولد، قادر على قتل الميكروبات الدقيقة، عن طريق أكسدة محتوياتها، وهذا بالإضافة إلى أن للكلور تأثيراً قاتلاً، عن طريق اتحاده المباشر ببروتين الخلية.

وتتوقف كمية الكلور أو مركباته التي تضاف إلى الماء، على عوامل عديدة منها:

1. تركيز الكلور ومدة التأثير.
  2. عدد وأنواع الأحياء الدقيقة الموجودة بالماء، فالبكتريا الخضرية، والسالبة لصبغة جرام، شديدة الحساسية للكلور، بينما البكتريا المتجرثمة، والجراثيم الحرة، والبكتريا الموجبة لصبغة جرام، والبكتريا الصامدة للأحماض، والبروتوزوا المتحوصلة، مقاومة لتركيزات الكلور المستعملة عادة.
  3. كمية المادة العضوية خاصة البروتينية الموجودة بالماء، فالكلور يتحد بالمادة العضوية، فيقل تركيزه، وتضعف فاعليته.
  4. درجة الـ pH، ودرجة الحرارة، فتزيد سرعة تفكك الكلور في الوسط الحامضي، وفي الحرارة العالية فيقل تأثيره.
  5. إضافة الفلور (الفلورة) Fluoridation
- تهتم بعض الدول، بإضافة الفلور إلى ماء الشرب قبل توزيعه على المستهلكين، لما لذلك، من تأثير على تقليل نسبة التسوس في الأسنان Dental caries وتآكلها Tooth decay، خاصة في الأطفال الصغار، الذين مازالت أسنانهم في مرحلة التكوين.
- ويضاف الفلور، في صورة فلوريد الصوديوم، أو سيليكو فلوريد الصوديوم أو الأمونيوم، ليعطي فلور متخلف Residual fluorine، قدرة 1 جزء في المليون، وهي نسبة كافية لإيقاف التسوس بأسنان الأطفال.
- قد تتضمن تنقية المياه بعض العمليات الأخرى، مثل إزالة أملاح معادن الكالسيوم والمغنسيوم المسببة لعسر الماء، بترسيبها بإضافة الجير، وضبط الرقم الهيدروجيني، إذا كانت المياه شديدة الحموضة أو القلوية، وإزالة الألوان والطعم، غير المرغوب فيه.
- بعض الطرق الأخرى المستعملة في تنقية المياه:

الغلي:

غليان الماء لمدة 10 دقائق، يكون كافياً لقتل الميكروبات الممرضة غير المتجرثمة، والخلايا الخضرية الأخرى، الموجودة بالماء.

## مصادر تلوث المياه وطرق تنقيتها

الأشعة فوق البنفسجية:

تستعمل هذه الطريقة، لمعالجة المياه المعبأة في زجاجات، لأنها لا تعطي لها أي طعم، وهذه الطريقة مجدية، في المياه الخالية من المواد العضوية، والمحتوية على عدد قليل من الميكروبات كالمياه الجوفية.

## الكشف عن الميكروبات المرضية (كاشفات التلوث الحيوية) Bio-Indicators

الكشف عن الميكروبات المرضية بالماء، أمر بالغ الصعوبة، إذ أن هذه الميكروبات قد توجد بأعداد قليلة، مما يجعل من الصعب عزلها في مزارع نقية كما أنه ليس من السهل تمييزها بالشكل الخارجي، عن الميكروبات الأخرى غير المرضية، فإذا ما أريد الكشف عنها وتمييزها عن غيرها، فإن ذلك يتطلب عملاً ومجهوداً كبيراً، ووقتاً طويلاً قد يحدث أثناءه خطر، وبالرغم من ذلك، فقد لا نتوصل إلى نتائج مرضية، لكل هذه الصعوبات، فإننا نلجأ للكشف عن الميكروبات المرضية، بطريقة غير مباشرة.

ونظراً لأن أهم الأمراض التي تنتقل عن طريق المياه، هي التيفود، والباراتيْفود، والكوليرا، والدوسنتاريا، والفيروسات المعوية، وهي كلها تتسبب عن ميكروبات معوية، تأتي من المواد البرازية، لذلك فإن وجود مياه مجار في مياه الشرب، يدل على أن هذه المياه خطيرة، إذ قد تحتوي على واحد أو أكثر من الميكروبات المرضية، السابق الإشارة إليها، ومن المعروف، أن أمعاء الإنسان، والحيوانات ذات الدم الحار، تحتوي على أعداد كبيرة من الميكروبات، أغلبها من النوع غير الضار، ومن هذه الميكروبات *Escherichia coli*، الذي يوجد بكثرة في البراز.

وعلى ذلك، فإن وجود ميكروب *E. coli* في ماء الشرب، يؤخذ كدليل حيوي **Bioindicator or Indicator organism**

، على تلوث هذه المياه، بمياه المجاري، إذ تعتبر هذه الميكروبات كاشفات للتلوث، ويعني هذا، أن المياه التي يوجد بها كاشفات التلوث، مثل *E. coli*، يحتمل أن يوجد بها ميكروبات مرضية معوية مثل تلك المسببة لأمراض التيفود، والباراتيْفود، والكوليرا، والدوسنتاريا، والفيروسات المعوية وتلك المسببة لشلل الأطفال. تنتمي بكتريا *E. coli* إلى ما يسمى بمجموعة بكتريا القولون **Coliform**، وقد تسمى هذه المجموعة أيضاً باسم **Colon group** وتتصف أفراد هذه المجموعة، بأنها، عصوية قصيرة، سالبة لصبغة جرام، غير متجترمة، متحركة، اختيارية للهواء، تحلل سكر اللاكتوز ببينة اللاكتوز السائلة، وتنتج حامضاً وغازاً.

والأسباب التي دعت لاختيار *E. coli*، كدليل حيوي للكشف عن التلوث، هي أن الكشف عن بكتريا *E. coli*، ميسور، بالإضافة إلى أن هذه البكتريا من السهل تداولها، فهي غير ممرضة، ولا تضر القائمين بالعمل، ومصدرها برازي، وتوجد دائماً بالمياه الملوثة، مادامت البكتريا المرضية موجودة بها، وتعيش بالمياه لمدة أطول من الميكروبات المرضية والمياه السليمة غير الملوثة، خالية من بكتريا *E. coli*.

تقدير صلاحية المياه للاستعمال الآدمي:

نحكم على صلاحية المياه للاستعمال، بعد أن نجري عليها مجموعة من الاختبارات الطبيعية، والكيميائية، والإشعاعية، والميكروبيولوجية، وتجري هذه الاختبارات أيضاً بشكل دوري، لمتابعة الظروف الصحية لمياه الشرب.

حمامات السباحة **Swimming Pools**

من المعروف أن جلد الإنسان الطبيعي، وفتحات جسده الطبيعية، تحمل أعداداً من الميكروبات، تصل إلى 610 - 910 لكل سم 2 من الجلد، كما يتخلف عن الشخص الواحد في حمام السباحة، إفرازات عضوية، تقدر بحوالي 0.5 جرام، مثل تلك الناتجة من الإفرازات، وخلايا دهون الجلد، ومواد التجميل... الخ.

وبذلك، فقد تسبب مياه حمامات السباحة العامة، مشاكل صحية، بما تنقله من ميكروبات معدية، من شخص مصاب لشخص سليم، مثل تلك الأمراض الخاصة بالعيون، والأنف، والزور، والجهاز الهضمي، والأمراض الجلدية. ومثل تلك الظروف، تدفعنا للاهتمام المستمر بالنواحي الصحية الخاصة بمياه حمامات السباحة. فعلى الرغم من أن حمامات السباحة، تملأ عادة من المياه المستعملة للشرب، إلا أن تلك المياه يجب أن تظهر أيضاً بواسطة الكلور، باستعمال التركيز المناسب، الكافي للقضاء على الميكروبات، دون أن يسبب تسمماً للمستحمين، أو تهيجاً للأعين، أو الجلد، أو الأغشية المخاطية بالجسم، مع تنظيف الحمامات المستمر، وتغيير مياهها كل عدة أيام

المرجع:

إعداد / د.سعاد عبدالله

أستاذ مساعد ميكروبيولوجي - وحدة العلوم العامة - كلية التمريض