الفصل الثالث

ميكروبيولوجيا مياه الشرب

- مقدمة
- تنقية مياه الشرب
- الكشف عن الميكروبات المرضية
- تقدير صلاحية المياه للإستعمال الآدمى
  - الإختبارات الطبيعية والكيميائية
  - المواد الإشعاعية
  - الإختبارات البكتريولوجية
    - احتياطات عند أخذ العينات
    - إختبار التلوث بمياه المجارى
    - طريقة المرشحات الغشائية
    - إختبار تركيز الكولاى
    - عدد البكتريا الكلى بالماء
    - إختبارات أخرى باستخدام كاشفات التلوث الحيوية
- ميكروبات توجد بالمياه وتسبب بعض المتاعب
- حمامات السباحة
- الأمراض المنقولة عن طريق المياه
- المراجع

الفصل الثالث

ميكروبيولوجيا مياه الشرب
Drinking Water Microbiology

مقدمة

تحصل معظم المجتمعات على المياه اللازمة للشرب ، من المياه السطحية ، كمياه الأنهار والبحيرات ، وهى مياه عرضة دائما للتلوث من مخلفات المنازل ، والمزارع ، والمصانع . وتزداد حدة مشاكل التلوث ، بإزدياد عدد السكان ، لزيادة ما ينتج عنهم من مخلفات .

وتسبب المياه الحاملة ، لميكروبات مرضية ، مشاكل صحية خطيرة ، إذ ينتقل عن طريق المياه ، الميكروبات المعوية المرضية Enteric disease microbes ، التى تسبب عدوى للجهاز المعوى ، مثل بكتريا التيفود ، والكوليرا، والدوسنتاريا الباسيليه، والأميبية ، وفيروسات شلل الأطفال ، والإلتهاب الكبدى الوبائى ، وتوجد هذه المسببات المرضية ، فى بول وبراز المرضى وحاملى العدوى ، وتنساب هذه الميكروبات مع مياه المجارى ، فتنتقل إلى مياه الشرب وتلوثها.

لذلك ، فإن معالجة مياه المخلفات ، للقضاء على مابها من ميكروبات مرضية ، وذلك قبل التخلص منها ، بالقائها فى بحر أو نهر ، تعتبر عملية حيوية ، كما وأن تنقية مياه الشرب ، قبل الإستعمال ، تعتبر أيضا من العمليات الضرورية ، لحماية المستهلكين ، مما تحمله المياه من ميكروبات مرضية .

والمصطلحات التالية دارجة الاستعمال ، فى مجال ميكروبيولوجيا مياه الشرب

١- المياه الصالحة للشرب **Potable water**

وهى مياه ، عديمة اللون والطعم والرائحة ، خالية من المواد المعلقة، والمواد الكيميائية ، والمواد المشعة ، والميكروبات المرضية .

٢- مياه غير صالحة للشرب **Non-potable water**

هذه المياه ، عكس المياه السابقة الصالحة للشرب ، تنقص أى شرط من الشروط الخاصة بالمياه الصالحة للشرب ، فقد تحتوى على معلقات، أو كيماويات ، أو مواد مشعة ، أو ميكروبات ضارة بالصحة .

٣- مياه ملوثة **Polluted water**

هذه المياه ملوثة بمواد ضارة ، كالكيماويات والميكروبات المرضية، لذلك فهى غير صالحة للشرب ، لأنها تعرض صحة الإنسان للخطر ، كما تسبب أضرارا كبيرة للحيوان والأحياء المائية ، وتلوث التربة أيضا .

وتتلوث المياه العذبة ، من عدة مصادر ، منها

- الأمطار الحامضية

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

- مخلفات الصرف الصحى (مخلفات المجارى)

وتعتبر هذه المخلفات ، المصدر الأساسى لتلوث مياه الشرب بالميكروبات المعوية المرضية .

- مخلفات النشاط الصناعى للإنسان

وتحمل هذه المخلفات ، الكثير من المعادن الثقيلة ، كالنحاس ، والكروم ، والكادميوم ، والزنك ، والزئبق وغيرها ، وقد تحمل المخلفات الصناعية موادا مشعة .

- المخلفات الزراعية

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

عموما ، فإن مياه المناطق الحارة ، تكون مشجعة لنمو الميكروبات المرضية ، عن مياه المناطق الباردة ، إذ أن برودة المياه تحد من نمو هذه الميكروبات ، كما أن مشكلة التلوث بمخلفات المجارى ، تزداد حدتها فى الدول النامية ، حيث معدل الزيادة السريع فى عدد السكان ، وعجز الموارد المالية عن علاج التلوث الناتج ، وجهل الأفراد بإهمية المحافظة على المياه من التلوث .

تنقية مياه الشرب Water Purification

إذا لم يتيسر الحصول على مصدر ماء ، خالى من التلوث ، فإنه يجب تنقية الماء ، حتى يصبح صالحا للإستهلاك الآدمى ، بإستخدام الخطوات التالية (انظر شكل ٣-١) .

١- وقاية مصدر المياه من التلوث بمياه المجارى

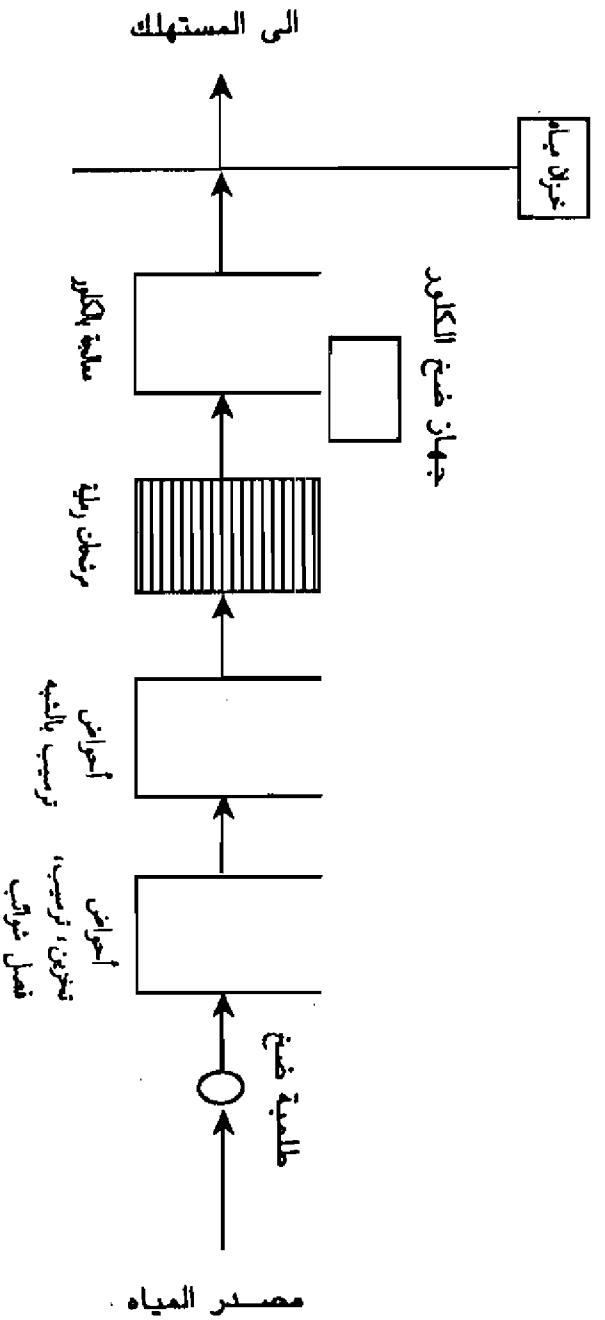
يعتبر تلوث مياه الشرب بمياه المجارى ، أهم وأخطر مصادر التلوث، فهو الطريق الوحيد ، من الناحية العملية ، التى تصل عن طريقها الميكروبات المرضية ، إلى ميـــاه الشرب ، وينتج ذلك من مرور مصادر مياه الشرب بجوار مصدر مجارى ، فترشح مياه المجارى إلى قنوات المياه ، أو ينتج التلوث من صرف مخلفات المجارى ، فى نهر ، أو مصدر لمياه الشرب .

لذلك ، فانه يلزم معالجة مياه المجارى ، والتخلص منها بالطرق الصحية والتى ستذكر بالفصل الرابع. علما ، بأن مياه المجارى بالمدن ، تجمع فى مواسير مغلقة ، بعيدة عن مواسير مياه الشرب ، حتى لاتتسرب اليها ميكروبات مياه المجارى ، ثم يجرى التخلص منها .
وبذلك ، يعتبر ازالة مصدر التلوث ، والوقاية من التلوث بمياه المجارى ، بداية الخطوات التى تتبع فى تنقية مصدر المياه .

٢- الترسيب Sedimentation

بترك المياه ساكنة لمدة من الزمن ، فى خزانات أو أحواض ترسيب ، فانه ، يرسب ما بها من مواد عالقة وميكروبات الى القاع . ولزيادة سرعة الترسيب ، تضاف الشبه (كبريتات الالومونيوم والبوتاسيوم) ، أو أملاح الحديد (كبريتات الحديديك) الى الماء ، لزيادة سرعة تجمع الحبيبات ، وتكوين معلق غروى ، يرسب سريعا ، حاملا معه الاحياء الدقيقة والاجسام المعلقة .

وعملية الترسيب ، تقلل من المحتوى الميكروبى للمياه ، ولكنها لاتعتبر بمفردها كافيـــة لتنقية المياه ، تنقية تامة مما بها من ميكروبات ، ولذلك فهى تعتبر خطوة اولى فى عملية التنقيـــة .



شكل ٣ - ١ : الخطوات الأساسية لتنقية المياه

٣- الترشيـــح Filtration

ويتم ذلك بامرار 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 . وعندما يستمر تشغيل المرشح ، تتكون طبقة جيلاتينية من الميكروبات والمواد العضوية ، تملأ المسافات الموجودة بين حبيبات الرمل الناعم ، فتزيد من كفاءة الترشيح، ولكنها فى نفس الوقت تقلل من سرعته . وعند حدوث ذلك يجب تنظيف المرشح .

يمكن أن يتم الترشيح ، بالطريقة البطيئة أو بالطريقة السريعة ، ففى الطريقة البطيئة ، تلزم مساحات كبيرة نسبيا ، اما فى الطريقة السريعة ، فيكون الترشيح فى عدة وحدات ، حتى يمكن تشغيل بعضها مع تنظيف البعض الآخر، مع اضافة الشبه أو أملاح الحديديك لزيادة سرعة الترسيب ، وتمرر المياه المرشحة ، أما تلقائيا ، أو تحت ضغط .

والترشيح ، لا يعتبر الخطوة النهائية فى عملية التنقية ، لانه لايزيل كل الاحياء الدقيقة الموجودة بالمياه ، بل يتبقى بعضا منها، فالمرشحات الرملية التى تعمـل بطريقـــة صحيحة ، تحجـز حـــوالى ٩٠ - ٩٩٪ من الاحياء الدقيقة ، وتحجز كذلك معظم المواد العالقة ، وهذا يسهل اجراء التنقية النهائية للماء ، للتخلص مما بقى به ، من الاحياء الدقيقة .

٤- التطهير بإضافة الكلور (الكلورة) Chlorination

تعتبر هذه الخطوة غالبا ، آخر عمليات تنقية المياه ، وفيها يضاف الكلور أو مركباته ، إلى المياه لتطهيرها ، وعند إضافة الكلور إلى الماء ، يحدث التفاعل الآتى

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow H\,Cl + HO\,Cl \text{ (Hypochlorous acid)}$$

$$HO\,Cl \longrightarrow H\,Cl + O \quad \text{(Nascent oxygen)}$$

وبذلك ينتج أكسجين نشط حديث التولد ، قادر على قتل الميكروبات الدقيقة ، عن طريق اكسدة محتوياتها ، وهذا بالاضافة ، الى أن للكلور تأثير قاتل ، عن طريق اتحاده المباشر ببروتين الخلية .

وقد يضاف الكلور مع الامونيا ، فيتكون احادى الكلورامين Monochloramine ، الذى يتحلل ببطء ، ويمنع الفقد السريع للكلور، وهو يعتبر من العوامل المبيدة ، الا أنه أبطأ فى التأثير من الاكسجين النشط.

$$NH_4OH + HOCl \longrightarrow 2H_2O + NH_2Cl \quad \text{(Monochloramine)}$$

وقد يستعمل مسحوق قصر الالوان Bleaching powder ، وهو Calcium hypochlorite ، فى صورة محلول أو أقراص ، بدلا من الكلور ، فى تنقية المياه لسهولة استعماله . وهو مع الماء يعطى التفاعل التالى

$$Ca(OCl)_2 + 2H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + 2HOCl$$

$$HOCl \longrightarrow HCl + O$$

وتتوقف كمية الكلور أو مركباته التى تضاف الى الماء ، على عوامل عديدة منها

١- تركيز الكلور ومدة التأثير .

٢- عدد وأنواع الاحياء الدقيقة الموجودة بالماء
فالبكتريا الخضرية ، والسالبة لصبغة جرام ، شديدة الحساسية للكلور ، بينما البكتريا المتجرثمة ، والجراثيم الحره ، والبكتريا الموجبة لصبغة جرام ، والبكتريا الضامدة للأحماض ، والبروتوزوا المتحوصلة ، مقاومة لتركيزات الكلور المستعملة عادة .

٣- كمية المادة العضوية خاصة البروتينية الموجودة بالماء
فالكلور يتحد بالمادة العضوية ، فيقل تركيزه ، وتضعف فاعليته .

٤- درجة الـ pH ، ودرجة الحرارة
فتزيد سرعة تفكك الكلور فى الوسط الحامضى ، وفى الحرارة العالية ، فيقل تأثيره .

وفى أغلب الاحوال ، يستعمل غاز الكلور المضغوط الى سائل لتنقية مياه الشرب ، مع استعمال اجهزة خاصة للإضافة ، لضبط الكمية الداخلة الى الماء .
ولتنقية المياه ، تضاف كمية كافية من الكلور ، تكفى لتنقية المياه ، ويتبقى بعد ٢٠ دقيقة من اضافتـه ، ٠,٢ الى -٢,٠ مجم / لتر (جزء فى المليون) على الاقل ، من الكلور الفعال المتخلف Residual chlorine ، فوجود هذه النسبة ، يدل على ان كمية الكلور المضافة ، كانت كافية لقتل الميكروبات الحساسة ، مع تبقى جزء منه كاحتياط وقائى ، ضـــد احتمالات التلوث الاخرى .

وتزداد النسبة المضافة من الكلور ، اذا زاد عدد الميكروبات بالماء ، او احتوى الماء على مواد عضوية ، أو مواد قابلة للأكسدة ، وأيضا ، حسب الظروف الصحية بالمنطقة .

بعد معالجة المياه بالكلور ، توزع هذه المياه على المستهلكين ، بواسطة مواسير مقفلة ، بعيدة عن مياه المجارى ، حتى لاتتسرب اليها الميكروبات ، وتتلوث مرة أخرى .

٥- اضافة الفلور (الفلورة) Fluoridation

تهتم بعض الدول ، بإضافة الفلور الى ماء الشرب قبل توزيعه على المستهلكين ، لما لذلك ، من تأثير على تقليل نسبة التسويس فى الأسنان Dental caries ، وتآكلها Tooth decay ، خاصة فى الاطفال الصغار ، الذين ما زالت أسنانهم فى مرحلة التكوين

ويضـــاف الفلور ، فى صورة فلـــوريد الصـــوديوم ، أو سيليكو فلوريد الصـــــوديوم أو الامـــــونيوم، ليعطى فلـــور متخلف Residual fluorine ، قدره ١ جزء فى المليون ، وهى نسبة كافية لايقاف التسويس بأسنان الأطفال

وتأثير ايون الفلور ، على منع التسويس غير معروف بالضبط ، وقد يعود الى اتحاده المباشر مع الأسنان نفسها ، أو الى تداخله مع إنزيمات البكتريا المنتجة للاحماض الموجودة بالفم ، وهى المسببة للتسويس ، أو الى عوامل اخرى .

قد تتضمن تنقية المياه ، بعض العمليات الأخرى ، مثل إزالة أملاح معادن الكالسيوم والمغنسيوم ، المسببة لعسر الماء ، بترسيبها بإضافة الجير، وضبط الرقم الايدروجينى ، إذا كانت المياه شديدة الحموضة أو القلوية ، وإزالة الألوان والطعم ، غير المرغوب فيه .

بعض الطرق الاخرى المستعمله فى تنقية المياه

الغلـــــى

غليان الماء لمدة ١٠ دقائق ، يكون كافيا لقتل الميكروبات الممرضة غير المتجرثمة ، والخلايا الخضرية الاخرى ، الموجودة بالماء .

الاشعة فوق البنفسجية

تستعمل هذه الطريقة ، لمعالجة المياه المعبأة فى زجاجات ، لانها لاتعطى لها اى طعم ، وهذه الطريقة مجدية ، فى المياه الخالية من المواد العضوية ، والمحتوية على عدد قليل من الميكروبات .

الكشف عن الميكروبات المرضية (كاشفات التلوث الحيوية) Bio-indicators

الكشف عن الميكروبات المرضية بالماء ، امر بالغ الصعوبة ، اذ ان هذه الميكروبات ، قد توجد بأعداد قليلة ، مما يجعل من الصعب عزلها فى مزارع نقية ، كما انه ليس من السهل تمييزها بالشكل الخارجى ، عن الميكروبات الاخرى غير المرضية ، فاذا ما اريد الكشف عنها ، وتمييزها عن غيرها ، فإن ذلك يتطلب عملا ومجهودا كبيرا ، ووقتا طويلا قد يحدث أثناءه خطر ، وبالرغم من ذلك ، فقد لايتوصل الى نتائج مرضية . لكل هذه الصعوبات ، فانه يلجأ للكشف عن الميكروبات المرضية ، بطريقة غير مباشرة .

ونظرا لان اهم الامراض التى تنتقل عن طريق المياه ، هى التيفود ، والباراتيفود ، والكوليرا ، والدوسنتاريا ، والفيروسات المعوية ، وهى كلها تتسبب عن ميكروبات معوية ، تأتى من المواد البرازية ، لذلك ، فإن وجود مياه مجارى فى مياه الشرب ، يدل على أن هذه المياه خطرة ، اذ قد تحتوى على واحد أو اكثر من الميكروبات المرضية ، السابق الإشارة إليها. ومن المعروف ، أن أمعاء الإنسان ، والحيوانات ذات الدم الحار ، تحتوى على أعداد كبيرة من الميكروبات ، أغلبها من النوع غير الضار ، ومن هذه الميكروبات Escherichia coli ، الذى يوجد بكثرة فى البراز .

وعلى ذلك ، فإن وجود ميكروب E. coli فى ماء الشرب ، يؤخذ كدليل حيوى Bioindicator, Indicator organism ، على تلوث هذه المياه ، بمياه المجارى ، إذ تعتبر هذه الميكروبات كاشفات للتلوث . ويعنى هذا ، أن المياه التى يوجد بها كاشفات التلوث ، مثل E. coli ، يحتمل أن يوجد بها ميكروبات مرضية معوية ، مثل التيفود ، والباراتيفود ، والكوليرا ، والدوسنتاريا ، والفيروسات المعوية ، مثل تلك المسببه لشلل الأطفال .

تنتمى بكتريا E. coli، إلى ما يسمى بمجموعة بكتريا القولون Coliform، وقد تسمى هذه المجموعة أيضا بأسم Colon group, Coli-aerogenes group ، وتتصف ، أفراد هذه المجموعة ، بأنها ، عصوية قصيرة ، سالبه لصبغة جرام ، غير متجرثمة ، متحركة ، اختيارية للهواء ، تحلل سكر اللاكتوز ببيئة بويون اللاكتوز ، وتنتج حامضا وغازا .

والأسباب التى دعت لإختيار E. coli ، كدليل حيوى للكشف عن التلوث، هى أن الكشف عن بكتريا E. coli ، ميسور ، بالإضافة إلى أن هذه البكتريا من السهل تداولها ، فهى غير ممرضة ، ولا تضر القائمين بالعمل ، ومصدرها برازى ، وتوجد دائما بالمياه الملوثه ، مادامت البكتريا المرضية موجودة بها، وتعيش بالمياه لمدة أطول من الميكروبات المرضية ، والمياه السليمة غير الملوثة ، خالية من بكتريا E. coli .

ونظرا لأن بكتريا E. coli مصدرها برازى Fecal ، بينما يوجد افراد أخرى من بكتريا القولون ، مصدرها غير برازى Non-fecal ، وقادرة أيضا على تحليل سكر اللاكتوز ، لحامض وغاز ، مثل بكتريا Enterobacter aerogenes ، التى توجد على النباتات ، والحبوب ، وفى التربة ، ومثل بكتريا Klebsiella التى مصدرها القناة التنفسية ، لذلك ، فإنه بعد الكشف عن مجموعة بكتريا القولون بالمياه، فإنه يجب التمييز بين الميكروبات المحلله لسكر اللاكتوز ، البرازية ، وغير البرازية ، حتى يتسنى الحكم بدقة ، على تلوث مياه الشرب بمياه المجارى ، أما باقى البكتريا المعوية ، مثل Proteus, Salmonella, Shigella، فهى غير محللة لسكر اللاكتوز .

تقدير صلاحية المياه للإستعمال الآدمى

نحكم على صلاحية المياه للإستعمال ، بعد أن نجرى عليها، مجموعة من الإختبارات الطبيعية ، والكيميائية ، والإشعاعية ، والميكروبيولوجية. وتجرى هذه الإختبارات أيضا، بشكل دورى ، لمتابعة الظروف الصحية لمياه الشرب.

ويمكن معرفة الخطوات العملية لإجراء هذه الإختبارات ، بالرجوع الى أحد المراجع المتخصصة ، مثل مرجع

Standard methods for the examination of water and wastewater. 15th Ed., 1980. Published by American Public Health Association, New York.

وفى الصفحات التالية ، سنستعرض بعض النقاط الهامة ، الخاصة بهذه الإختبارات .

الإختبارات الطبيعية والكيميائية

من الإختبارات الطبيعية والكيميائية التى تجرى ، تقدير تركيز أيون الإيدروجين pH ، الإحتياج الاكسجينى الحيوى Biological oxygen demand,(BOD)، الأملاح الكلية الذائبة ، الكلوريدات ، الأمونيا ، النتريت ، النترات ، أملاح الكالسيوم والمغنسيوم التى يدل وجودها على درجة عسر الماء ، كما يكشف عن وجود الرصاص ، النحاس ، الحديد ، المنجنيز ، الزئبق ... وغيرها من المعادن والأملاح ، التى قد توجد بكميات ، تجعل المياه ضارة .

والجدول (٣-١) ، يوضح متوسط نتائج تحاليل عينات من ماء النيل، ومن مياه مجارى حديثة ، من منطقة القاهرة .

جدول ٣-١: متوسط بعض التحاليل الطبيعية والكيميائية ، لعينات مياه مأخوذة من منطقة القاهرة ، عام ١٩٩٠.*

التحليل	مـــاء النيل خـــام	مـــاء مجارى حديثة
تركيز أيون الإيدروجين	٨,٣	٧,٢
الأملاح الكلية الذائبة مجم / لتر	١٢٠	٥٠٠
المتبقى على درجة ١٠٥°م مجم / لتر	٢٠٠	١١٠٠
امونيا حره N مجم / لتر	٠,١٦	٢٦,-
نتروجين عضوى N مجم / لتر	٠,٤	٨,-
نترات N مجم / لتر	صفر	صفر
نسبة ك / ن C / N ratio	١٠	١٤
الاحتياج الاكسجينى الحيوى BOD مجم اكسجين / لتر بعد خمسة أيام	٣	٣٠٠

* Ref.: Annals Agric. Sci., Ain Shams Univ., Cairo, 38(2), 461 - 466, 1993.

وفى المواصفات الأمريكية ، فإن الماء الصالح للشرب ، يجب أن يحتوى من الناحية الكيميائية ، على أجزاء فى المليون ، اقل من

٥٠٠ مواد صلبة كلية ، ٢٥٠ كلوريدات وكبريتات ،
١٢٥ مغنسيوم ، ١٥ زنك ، ١,٥ فلور ،
٠,٣ نحاس ، ٠,٣ حديد ومنجنيز ،
٠,١ رصاص ، ٠,٠٥ زرنيخ وسيلينيوم ،
٠,٠٠١ فينول

وتفيد نتائج الإختبارات الطبيعية والكيميائية للمياه ، فى معرفة تاريخ المياه ، وفى التنبيه إلى خطر محتمل ، كما يحدث فى حالة ملاحظة ارتفاع نسب بعض العناصر عن معدلاتها ، مثل الأمونيا ، والكلوريدات .

وتمتاز الإختبارات الطبيعية والكيميائية ، بسهوة إجرائها ، وسرعة الحصول على نتائج منها ، عكس الحال فى حالة الإختبارات الميكروبيولوجية، الصعبة فى إجرائها ، والتى تظهر نتائجها بعد وقت أطول، ولكنها تفيد فى إعطاء حكم مباشر ، على صلاحية الماء للإستعمال ، وعن حدوث تلوث بمياه المجارى .

ويمكن من نتائج **الإختبارات الكيميائية للمياه ، الاستدلال على مايلى**

- يدل إنخفاض الرقم الإيدروجينى ، على زيادة حموضة المياه ، والحموضة المرتفعة ضارة بالصحة ، وتزداد حموضة المياه فى المناطق الصناعية، نتيجة تلوث المياه من مخلفات المصانع ، أو من الأمطار الحامضية.

وتعمل محطات تنقية المياه ، على توفير مياه للمستهلك ، متعادلة التأثير، أو تميل قليلا للقلوية .

- يدل إرتفاع مقياس الاحتياج الأكسجينى الحيوى للمياه، Biological oxygen demand, (BOD) ، على وجود مواد عضوية ملوثة بالمياه ، بنسبة مرتفعة ، وهذه المواد تناسب وجود الميكروبات المرضية ، وتؤدى إلى بقائها بالماء ، لمدة أطول .

والإحتياج الأكسجينى الحيوى ، مقياس لكمية الأكسجين التى تستهلكها الكائنات الدقيقة ، خلال قيامها بأكسدة المواد العضوية الموجودة بالماء ، وتمثيلها بخلاياها ، حيث يتم فى هذا الإختبار ، تقدير كمية الأكسجين ، التى تمتصها عينة من الماء ، محضنة على درجة ٢٠°م لمدة خمسة أيام .

ويؤخذ هذا المقياس ، كدليل ، للتعبير عن كمية المادة العضوية الموجودة بالمياه ، ويستخدم أيضا لتقدير مدى نجاح النظام المستخدم ، لمعالجة المياه ، أو مخلفات المجارى .

- يدل وجود نسبة مرتفعة من الكلوريدات بالماء (أكثر من ٥٠ مجم / لتر ماء) ، على احتمال وجود مياه مجارى مختلطة بمياه الشرب ، لأن البول يحتوى على نسبة مرتفعة من الكلوريدات .

- يدل وجود نسبة مرتفعة من الأمونيا بالمياه (اكثر من ٠,٥ مجم أمونيا / لتر ماء) ، على حدوث تلوث بمياه المجارى ، لأن البول يحتوى على نسبة مرتفعة من اليوريا ، التى تتحلل بسرعة ، إلى أمونيا ، و CO_2 .

وتتحول الأمونيا عادة ، إلى نتريت ، ثم إلى نترات ، ووجود نسبة عالية من النتريت بالماء (اكثر من ٠,٢ مجم NO_2 / لتر ماء) ، يدل على أن تلوث الماء بمياه المجارى ، تلوثا حديثا ، بينما يدل وجود نسبة مرتفعة من النترات (اكثر من ٥ مجم NO_3 / لتر ماء) ، على أن التلوث قديم .

تتحد الأمينات ، الناتجة من تحلل المخلفات العضوية الملوثة للمياه ، مع النيتريت ، ويتكون نيتروز أمين Nitrosamine ، وهى مادة مسرطنة ، وقد وجدت هذه المادة فى المياه الطبيعية ، بنسب تتراوح بين ٠,١ الى ٢,٧ ميكروجرام / لتر ماء ، غير أن وجودها فى مياه الشرب ، غير مرغوب .

- وجود نسبة مرتفعة من أملاح الكالسيوم والمغنسيوم بالماء ، دليل على عسر الماء ، مما يستلزم معالجته كيماويا ، بالترسيب بإضافة الجير . وتسبب كبريتات المغنسيوم ، مرارة بالماء.

- يدل وجود المعادن الثقيلة بالمياه ، على حدوث تلوث من مخلفات المصانع، مما يستدعى الحذر ، وإتخاذ الإجراء المناسب .

المواد الإشعاعية

قد تختبر مياه الشرب للمواد الإشعاعية ، خاصة مياه المناطق التى يوجد بها نشاط إشعاعى ، من مفاعلات ، أو تفجيرات ، أو تجارب ، أو نفايات ... الخ .

وتعتبر منظمة الصحة العالمية ، أن الحد الأقصى المسموح به ، لوجود مواد ذات نشاط إشعاعى فى لتر من الماء ، هو

- ١,- ميكرو ميكروكورى ، للمواد التى تنبعث منها أشعة ألفا .
- ١٠,- ميكروكورى ، للمواد التى تنبعث منها أشعة بيتا .

الاختبارات البكتريولوجية

احتياطات عند أخذ العينات

يجب أن تكون العينة المأخوذة ، ممثلة تماما لمورد المياه المراد إختباره ، وتؤخذ العينات تحت شروط التعقيم ، مع سرعة إجراء التحليل ، حتى لايحدث تغير فى المحتوى الميكروبى ، وإلا فتحفظ العينات فى ثلاجة من ٥ - ١٠°م ، لمنع حدوث أى تغير بالعينة .

ويراعى عند أخذ عينات المياه

- إذا كانت العينة من ماء حنفيه
تعقم فوهة الحنفية باللهب ، ثم تترك مفتوحة لمدة ٥ دقائق ، قبل أخذ العينة .

- إذا كانت من مياه طلمبات
تترك الطلمبة تعمل لفترة من الزمن ، تكفى للتخلص من المياه المخزنه بالمواسير ، وذلك قبل أخذ العينة .

- إذا كانت من مياه معاملة بالكلور
يوضع فى زجاجات جمع العينات ، ٠,٠٢ جم مسحوق ثيو سلفات الصوديوم لكل لتر ، حيث تتحد هذه المادة مع الكلور المتبقى بالمياه ، فتوقف تأثيره .

- إذا كانت العينة من مياه جارية
توجه فتحة زجاجة جمع العينات ، لتكون عكس التيار .

- اذا كانت العينه من مياه ساكنة
تؤخذ العينات من تحت سطح الماء ، لتجنب التلوث من المخلفات التى على السطح .

وتوجد طرق عديدة ، للحكم على صلاحية المياه للاستعمال والشرب، ولكن اسلم هذه الطرق ، هو اختبار التلوث بمياه المجارى ، بالكشف عن مجموعة بكتريا القولون ، ثم التمييز ، بين المجموعة البرازية ، والمجموعة غير البرازية.

اختبار التلوث بمياه المجارى

أ- الكشف عن بكتريا القولون Coliform

يتم ذلك فى خطوات هى

١- الاختبار الاحتمالى Presumptive test

٢- الاختبار التحقيقى (التأكيدى) Confirmatory test

٣- الاختبار التكميلى Completed test

ويجدر بالذكر ، أن عينات المياه التى تعطى نتيجة ايجابية فى الاختبار الاحتمالى ، لاتعنى ضرورة وجود ميكروبات القولون بها ، فقد يتكون الحامض والغاز لأسباب اخرى ، منها

١- وجود بكتريا لاهوائية محللة لسكر اللاكتوز ، مثل وجود أنواع من الكلوستريديوم ، مع بعض البكتريا الهوائية .

٢- وجود بكتريا متجرثمة ، لها القدرة على تحليل سكر اللاكتوز مع انتاج حامض وغاز ، مثل B. megatherium .

٣- ظاهرة التنشيط (التآزر)* Synergism ، وفيها يحلل احد الميكروبات سكر اللاكتوز ، وينتج حامضا ، ومركباتا وسطية ، بينما يوجد ميكروب آخر يحلل بعض تلك المركبات الوسطية ، وينتج غازا ، مثل وجود ميكروبى Staphylococcus aureus، الذى ينتج الحامض ، و Proteus vulgaris، الذى ينتج الغاز

ويلاحظ أن الغاز لايتكون ، إلا عند وجود الميكروبين معا بالوسط .

---

* ظاهرة التآزر ، هى إحدى صور العلاقات التعاونية ، بين نوعين من الميكروبات ، وتعنى هذه الظاهرة ، قدرة النوعين من الميكروبات ، مع بعضهما ، على القيام بعمل ، أو تفاعل ، لم يكن أيا منهما ، قادر بمفرده ، على القيام به .

وحيث أن ظاهرة التآزر ، غالبا ماتحدث بين ميكروبين ، احدهما موجب ، والاخر سالب لجرام ، فانه يمكن تجنب هذه الظاهرة اثناء الكشف، بإضافة صبغة Triphenyl methane dye بنسبة ١ إلى ١٠٠ الف ، التى توقف نمو الميكروبـــات الموجبة ، دون ان تؤثـر على نمو الميكروبات السالبة ، مثل E. coli .

من الإختبارات الأخرى ، الخاصة بالكشف عن مجموعة بكتريا القولون بالماء ، استخدام الفاج ، مثل Coli - phage ، إذ أنه يوجد دائما فى البراز . وهذه الطريقة ، متخصصة ، سهلة ، وسريعة ، وتظهر نتائجها فى خلال ٢٤ ساعة .

ويمكن الرجوع إلى التفصيلات الخاصة بهذه الإختبارات ، فى المراجع العملية المتخصصة .

ب - التمييز بين أفراد مجموعة بكتريا القولون

للتمييز بين المجموعة البرازية Fecal group ، التى يمثلها E. coli ، وبين المجموعة غير البرازية Non-fecal group ، التى يمثلها Ent. aerogenes ، تجرى مجموعـــة اختبارات تعرف باسم IMViC test ، وهى اختبارات الاندول (I)، احمر الميثيل (M) ، فوجز بروسكور (V) ، سترات الصوديوم (C) .

بالاضافة الى ذلك ، قد يجرى اختبار ايكمان Eijkman ، على بيئة ماكونكى السائلة Mac Conkey broth ، والتحضين لمدة ٢٤ ساعة على درجة ٤٤°م ، والكشف عن تكون حامض وغاز ، وكذلك فحص المستعمرات النامية على بيئـــة Eosin methylene blue (EMB) .

فاذا ثبت بعد هذه الاختبارات ، وجود ميكروب E. coli ، فمعنى ذلك ان الماء المختبر ، لايصلـــح للشـرب ولا للإستعمالات الاخـــرى ، بينما وجـــود Ent. aerogenes يسمح باستعمال هذه المياه للشرب (انظر جدول ٣-٢ أ ، ب).

جدول ٣-٢ : التمييز بين أفراد مجموعة بكتريا القولون

أ . إستخدام إختبارات IMViC وإيكمان

الميكروب	اختبار IMViC				اختبار إيكمان
	الإنـــدول I	أحمـــر الميثيـل M	فـوجـــز بروسكاور V	الستررات C	تكون غاز •
E. coli	+	+	−	−	+
Ent. aerogenes	−	−	+	+	−

ب – صفات المستعمرات النامية على بيئة
Eosin Methylene Blue, EMB

النمو على بيئة EMB	E. coli	Ent. aerogenes
حجم المستعمرة	صغيرة ذات قطر ٢-٣ مم	كبيرة ذات قطر ٤-٦ مم
لـون المستعمرة	غامق ، ولها مركز اسود	احمر ، ولها مركز بنى
لمعان المستعمرة	ذات بريق معدنى	ليس لها بريق معدنى

طريقة المرشحات الغشائية ويرمز لها بالرمز (MF) The membrane filter technique

طريقة المرشحات الغشائيه ، من الطرق المستعملة بكثرة الآن ، فى عد بكتريا القولون فى الماء ، والتمييز بينها .

وفى هذه الطريقة ، يستعمل غشاء خاص من ورق الترشيح Membrane millipore filter ، وهو عادة من مادة خلات السليلوز ، ذو ثقوب قطرها ٠,٤٥ ميكرومتر . يوضع الغشاء فى قمع ترشيح خاص ، وتحت ظروف التعقيم ، يمرر حجم معين من الماء (حوالى ١٠٠ مل) ، خلال الغشاء بمساعدة تفريغ ، وبعد ذلك يرفع الغشاء ، ويوضع على بيئة مناسبة مثل Endo agar ، موضوعة فى طبق بترى ، وتحضن والطبق معدول ، لمنع سقوط الميكروبات من على الغشاء.

تنتشر البيئة خلال الغشاء ، وتتغذى عليها البكتريا الموجودة على الغشاء ، وبذلك تنمو ، وتكون مستعمرات ، يمكن عدها بعد التحضين المناسب . ويتوقف هذا التحضين المناسب ، على الميكروب الموجود ، والبيئة المستعملة ، ففى حالة استخدام بيئة آجار الإندو ، يتم التحضين على درجة ٣٧°م ، لمدة ٤٨ ساعة .

وفى المواصفات الأمريكية ، فإن الماء الصالح للشرب ، يجب أن يحتوى على أقل من ٢ بكتريا كولاى لكل ١٠٠ مل ماء ، فإذا زاد العدد عن ١٠ كولاى لكل ١٠٠ مل ماء ، فإن الماء لايعتبر صالحا للشرب .

بيئة آجار الإنـدو Endo agar

تحتوى بيئة آجار الإنـدو ، على سكر اللاكتوز ، وصبغة الفوكسين القاعدى ، وكبريتيت الصوديوم .

وبعد التحضين سنلاحظ الآتى

- تظهـر الميكروبات غير المحلله لسكر اللاكتوز، كمستعمرات لونها أبيض، لعدم تحلل سكر اللاكتوز .

- تظهر الميكروبات المحللة لسكر اللاكتوز غير البرازية، كمستعمرات لونها أحمر معتـم ، لإتحاد نواتج تحلل اللاكتوز مـع صبغـة الفوكسين ، وتكون المستعمرات بدون بريق معدنى .

- تظهـر الميكروبـات المحللة لسكر اللاكتوز البرازية ، كمستعمرات لونها معتم ، وذات بريق معدنى ، لاتحاد نواتج تحلل سكر اللاكتوز مع الصبغة ، وكبريتيت الصوديوم . وترجع كثافة اللون فى هذه الحالة ، الى ان الأنواع البرازية ، تكون نسبة من الحموضة ، اعلى مما تكونه الأنواع غير البرازية.

ومن مميزات هذه الطريقة ، مايلى

١- إمكانية ترشيح كميـات كبيرة من عينة الماء ، التى تحتوى على عدد قليل من الميكروبات الملوثة ، وبذلك يقل احتمال الخطأ .
٢- التقليل من الادوات المعملية المطلوبـة ، والتقليـل أيضـا مـن الجهـد المطلـوب .
٣- الاختصار فى الوقت اللازم لاجراء الكشف .
٤- تعطى هذه الطريقة اعدادا مباشرة ، بطريقة سريعة .
٥- يمكن بواسطتها اجراء التمييز بسرعة بين الميكروبات .
٦- يمكن الاحتفـاظ بالغشاء بما عليـه من ميكروبـات لمدة طويلة ، فيصبح سجلا ، يمكن الرجـوع اليه وقت اللزوم .

اختبار تركيز الكولاى Coli Titre , CT test

من الطرق الأخرى المستعملة ، للكشف عن E. coli بالمياه، استخدام ما يسمى باختبار تركيز الكولاى البرازية Coli test , Coli titre ويرمز للإختبار بالرمز CT .

وفى هذا الإختبار ، تخفف عينة الماء المطلوب فحصها، ثم يقدر عدد بكتريا E. coli ، الموجود فى أكبر تخفيف من عينة الماء ، باستخدام طريقة الأطباق ، على بيئة آجار الإندو ، أو بيئة بكتريا القولون البرازية .

وتركيز الكولاى CT ، هو أقل كمية من عينة الماء بالملليلتر ، التى يوجد بها ، واحدة على الأقل من بكتريا E. coli .

فإذا كان CT = ١٠٠ ، فمعنى ذلك أن أقل كمية من الماء وجد بها E. coli هى ١٠٠ مل ، بمعنى آخر ، لايوجد E. coli فى ١٠ مـل ، أو فى ١ مل ماء ....

وهذا يعنى أيضا ، بأنه لايوجد E. coli فى التخفيفات العشرية التى أقل من ١٠٠ (الاختبار الذى أجرى) ، بينما يوجد E. coli فى ١٠٠٠ مل ، أو ١٠٠٠٠ مل ... ، أى فى التركيزات العشرية التى أكثر من ١٠٠ .

وعلى هـــذا الأساس ، تعتبر ميـــاه الحنفية جيدة ، إذا زاد رقم CT بها عن ٥٠٠ .

عدد البكتريا الكلى بالماء كدليل على صلاحيته للشرب

تعتبر المقاييس الامريكية ان الماء صالحا للشرب ، اذا احتوى على عـدد كلى من البكتريا ، اقل من ١٠٠ ميكروب/ مل ، مقدرة بطريقة الأطبـاق ، على بيئة الآجار ، المحضن على درجة ٣٧°م لمدة ٢٤ ساعة .

ويختلف العدد الناتج بطبيعة الحال ، باختلاف طريقة اخذ العينة ، وطريقة التقدير ، ونوع البيئة ، ودرجة حرارة التحضين .
وبالنسبة للمياه المعدنية، فيجب أن لايزيد عدد البكتريا الكلى عن ٣٠ / مل.

ولقد وجد ان اختبار العدد الكلى للبكتريا ، للحكم على مدى صلاحية الماء للشرب ، هو طريقة غير صحيحة ، لان المياه قد تحتوى على عدد قليل من الميكروبات ، ولكن من بينها ميكروبات مرضية ، او قد تحتوى على عدد كبير من الميكروبات ، لوجود مواد عضوية ومعدنية بكثرة ، دون ان يكون بها ميكروبات مرضية .

وتفيد هذه الطريقة ، عند إجراء مقارنة بين أعداد الميكروبات ، قبل ، وبعد إجراء معاملة ، من معاملات تنقية المياه .

اختبارات أخرى للحكم على تلوث المياه ، باستخدام كاشفات التلوث الحيوية .

تحتوى المياه الملوثة بمياه المجارى ، بخلاف E. coli ، على بكتريا محللة لسكر اللاكتوز من أجناس Clostridium , Streptococcus ، ومصدرها القناة الهضمية . ووجود هذه الميكروبات بمياه الشرب ، يدل على التلوث بمياه المجارى .

أ- البكتريا المتجرثمة غير الهوائية (welchii) Cl. perfringens

هذه البكتريا عصوية ، متجرثمة ، لاهوائية ، شديدة المقاومة للظروف السيئة ، وتعيش فى الماء لمدة أطول مما تعيشه بكتريا القولون ، وهى توجد فى البراز ولكن بأعداد أقل من E. coli ، وتتراوح أعدادها بين الف إلى مائة الف لكل جرام ، وتوجد أيضا فى التربة.

يدل وجود هذه البكتريا بالماء ، على أن التلوث بمياه المجارى تلوث قديم ، أى مضى عليه فترة تزيد عن ثلاثة أيام ، وقد تصل لعدة أسابيع .

ونظرا لأن هذه البكتريا مقاومة للظروف السيئة ، فيمكن أن يدل وجودها بالمياه أيضا ، على حدوث تلوث من مخلفات صناعية ، لأن الأنواع الأخرى من البكتريا ، لاتستطيع تحمل التأثير السام لتلك المخلفات ، وتموت.

وجدول (٣-٣) ، يوضح نتائج الإختبار ، لكل من E. coli ، Cl. perfringens .

جدول ٣-٢ : بيان بنتائج الإختبار لكل من E. coli و Cl. perfringens

نتيجة الكشف عن		دلالـــــة الإختبار
E.coli	Cl. perfringens	
+	+	المياه ملوثة بالمخلفات
+	-	المياه ملوثة ، والتلوث ليس قديم
-	+	المياه ملوثة ، والتلوث قديم احتمال تلوث بمخلفات صناعية
-	-	دليل اكيد على خلو المياه من التلوث

+ تعبر عن وجود الميكروب

- تعبر عن عدم وجود الميكروب

ب- البكتريا السبحية المعوية Streptococcus sp.

توجد هذه البكتريا بالبراز ، ولكن بنسبة أقل من E. coli ، ويقدر أعدادها بحوالى ١٠٠ الف/ جم . والميكروب كروى ، فى سلاسل ، موجب لجرام ، غير متجرثم ، غير متحرك .

لاتستطيع هذه البكتريا ، الحياة فى الماء إلا لمدة قصيرة ، أقصر من مجموعة بكتريا القولون ، لذلك ، فإن وجود البكتريا السبحية بالماء ، يدل على أن التلوث بمياه المجارى تلوث حديث ، أى حدث منذ أقل من ٢٤ ساعة.

تمتاز مجموعة البكتريا السبحية المعوية، بقدرتها على النمو فى بيئة بها ٦,٥٪ كلوريد صوديوم، وتتحمل حرارة تصل إلى ٦٣°م ، وعند تنميتها يضاف لبيئة النمو أزيد الصوديوم Sodium azide ، لمنع نمو البكتريا الأخرى ، بإرتباطه بالسيتوكروم البكتيرى .

وفى هذا الإختبار نكشف عن St. faecalis ، وهذه مصدرها المخلفات الآدمية ، ونكشف أيضا عن St. faecium ، وهذه مصدرها المخلفات الحيوانية، وتتميز St. faecalis بقدرتها على تحليل السوربيتول ، والنمو فى بيئة السترات ، بينما لاتستطيع ذلك St. faecium .

الكشف عن بكتريا القولون والإستربتوكوكاى

لوحظ فى بعض الحالات ، وجود عينات مياه سالبه لمجموعة الكوليفورم ، وفى نفس الوقت كانت موجبة لإختبار بكتريا السالمونيلا . لذلك ، فإنه ينصح الآن بإجراء إختبار مزدوج ، للكشف عن كل من بكتريا القولون البرازية Fecal coli, FC ، وبكتريا الاستربتوكوكاى البرازية Fecal streptococci, FS ، وهذه توجد مصاحبة للسالمونيلا فى الأمعاء .

ويعتبر هذا الإختبار المزدوج ، أفضل الطرق المباشرة ، للحكم على تلوث المياه بالمخلفات البرازية .

ويستفاد أيضا ، من نتائج هذا الإختبار المزدوج ، فى معرفة ، إذا كان مصدر التلوث بمياه المجارى ، آدمى أم حيوانى . ففى المخلفات الآدمية، نجد أن عدد بكتريا الكولاى ، اكبر بكثير من عدد بكتريا الإستربتوكوكاى، بعكس الحال فى حالة المخلفات الحيوانية .

ومن ذلك نلاحظ

- إذا كانت نسبة الكولاى إلى الاستربتوكوكاى FC / FS ratio ٤ : ١ ، أو اكثر، دل ذلك على أن تلوث المياه ، يأتى أساسا من مخلفات آدمية .

- اذا كانت نسبة الكولاى إلى الاستربتوكوكاى ١ : ١ ، أو أقل ، دل ذلك على أن مصدر التلوث أساسا ، حيوانى ، أو من الدواجن .

- اذا تراوحت النسبة بين ١ و ٤ ، دل ذلك على أن مصدر التلوث خليط ، وإن كانت المخلفات الآدمية ، هى السائدة فى التلوث .

جـ - البكتريا الصامدة للأحماض Acid-fast bacteria

تقاوم البكتريا الصامدة للأحماض ، مثل Mycobacterium phlei ، المطهرات مثل الكلور ، وهى بهذا الخصوص ، أكثر مقاومة من الخمائر وبكتريا القولون والبكتريا العنقودية ، بسبب جدارها الصلب ذو الغلاف الشمعى ، غير المنفذ. وتوجد هذه البكتريا بالمياه الطبيعية ومياه المجارى.

والميكروب عصـــوى ، هـــوائى ، غير متجرثـم ، مـــوجب لجـــرام ، وصامد للاحماض .

ونظرا لاستخدام الكلور فى تطهير مياه الشرب ، فإن الكشف عن بكتريا M. phlei ، يساعد فى الحكم على كفاءة عملية التطهير ، فعدم وجودها بالمياه المعاملة ، دليل مناسب على جودة عملية الكلورة .

ميكروبات أخرى توجد بالمياه وتسبب بعض المتاعب

بالإضافة إلى مجموعة بكتريا القولون ، قد نجد بمياه الشرب بعض الميكروبات الأخرى ، التى تسبب بعض المضايقات ، بما تحدثه من تغير فى اللون ، والطعم ، والرائحة ، أو زيادة فى اللزوجة .

من هذه الميكروبات :

- البكتريا المكونة للزوجة Slime-forming bacteria

كثير من البكتريا ، قادر على انتاج مواد مخاطية لزجة ، كإفرازات خارجية ، أو ككابسول Capsule سميك يحيط بالميكروب . وتتوقف كمية ونوع تلك الإفرازات . على نوع الميكروب ، وعلى ما تحتويه البيئة من مواد عضوية ومعدنية .
وتسبب هذه الميكروبات لزوجة الماء ، وصعوبة فى سريانه ، وتعطيه ملمسا وطعما ، غير مقبولين .

- بكتريا الحديد Iron bacteria

تعتبر بكتريا الحديد ، من أكثر الميكروبات إحداثا للمتاعب بالمياه ، فهى تحول مركبات الحديد الذائبة ، إلى مركبات غير ذائبة (إيدروكسيد حديديك) ، ترسب كغلاف حول الميكروب كما فى بكتريا Sphaerotilus ، أو تفرز هذه المواد خارج الميكروب ، لتكون زوائد مرتبطه بالخلية ، كما فى بكتريا Gallionella .
تتجمع تلك المواد غير الذائبة ، فى مواسير المياه ، فتعيق انسياب المياه وسريانها ، وقد تسبب انسدادها ، بالإضافة إلى أن بكتريا الحديد ، تسبب لزوجة المياه ، وتغيرا فى طعمها ، ولونها.

- بكتريا الكبريت Sulfur bacteria

بعض انواع بكتريا الكبريت مثل Thiobacillus ، قادر على أنتاج حموضة عالية بالوسط ، تصل إلى تركيز ايون ايدروجين ٠,١ ، وذلك نتيجة لأكسدة الكبريت إلى حامض كبريتيك ، وتسيب هذه الحوضة العالية ، تآكلا بمواسير المياه .

كما أن بكتريا Desulfovibrio desulfuricans تختزل الكبريت إلى كبريتور ايدروجين ، مما يكسب المياه طعما وراثحة ، غير مقبولين .

- الطحالب

تتواجد الطحالب فى كل المياه الطبيعية . وعندما تتعرض المياه لضوء الشمس ، تنمو الطحالب وتتكاثر ، مسببة تعكيرا للمياه ، وتغيرا فى اللون والطعم والرائحة . كما تسبب الطحالب ، خاصة الدياتومات ، والطحالب الخضراء ، انسداد الفلاتر المستعملة فى ترشيح المياه وتنقيتها ، وبالإضافة إلى ذلك ، فإن بعض الطحالب تفرز موادا سامة للإنسان والحيوان .

ويمكن منع نمو الطحالب ، بإضافة ٠,٢ كجم كبريتات نحاس لكل مليون جالون ماء ، وهذه الكمية لاتؤثر على جودة المياه .

- الفيروســـات

أغلب الفيروســـات التى توجـــد بمياه الشرب ، فيروسات معوية Entero viruses ، وتصل إلى مياه الشرب عن طريق التلوث بمياه المجارى ، ومن اهم هذه الفيروسات Polio, Coxsackie and Echo - viruses .

كما عزل من مياه الشرب الملوثه ، الفيروسات المسببة للإلتهاب الكبدى الوبائى ، وفيروسات Rotaviruses . وقد عزلت بعض هذه الفيروسات، من مياه النيل ، فى مصر ، لذلك فإن الكشف عن الفيروسات بمياه الشرب ، عمل يجب أن يوضع فى الاعتبار .

- الخمائـــر Yeast

توجد الخمائر بأعداد مرتفعة ، فى مخلفات المجارى الخام والمعامله، وتقل أعدادها ، عند معاملة مياه المخلفات بالكلور .

ووجود الخمائر بمياه الشرب ، يشير إلى إحتمال حدوث تلوث بمياه المجارى ، خصوصا خميرة Candida albicans ، التى توجد فى البراز او البول الآدمى ، وتمتاز بمقاومتها العالية لتأثير الكلور ، حتى عن بكتريا القولون، لسمك جدارها .

حمامات السباحـــة Swimming pools

من المعروف ، أن جلد الانسان الطبيعى ، وفتحات جسده الطبيعية ، تحمل أعدادا من الميكروبات ، تصل إلى ١١٠ - ١١٠ لكل سم٢ من الجلد ، كما يتخلف عن الشخص الواحد فى حمام السباحة ، افرازات عضوية ، تقدر بحوالى ٠,٥ جرام ، مثل تلك الناتجة من الإفرازات ، وخلايا ودهون الجلد، ومواد التجميل ... الخ .

وبذلك ، فقد تسبب مياه حمامات السباحة العامة ، مشاكل صحية ، بما تنقله من ميكروبات معديه ، من شخص مصاب لآخر سليم ، مثل تلك الأمراض الخاصة بالعيون ، والأنف ، والزور ، والجهاز الهضمى ، والأمراض الجلدية .

ومثل تلك الظروف ، تدفعنا للإهتمام المستمر بالنواحى الصحية الخاصة بمياه حمامات السباحة . فعلى الرغم من أن حمامات السباحة ، تملأ عادة من المياه المستعملة فى الشرب ، الا أن تلك المياه يجب أن تطهر أيضا بواسطه الكلور ، بإستعمال التركيز المناسب ، الكافى للقضاء على الميكروبات ، دون أن يسبب تسمما للمستحمين ، أو تهيجا للأعين ، أو الجلد، أو الأغشية المخاطية بالجسم ، مع تنظيف الحمامات المستمر ، وتغيير مياهها كل عدة أيام .

الحكم على صلاحية مياه حمامات السباحة للإستعمال

نظرا لأن ظروف الميكروبات الموجودة بمياه حمامات السباحة ، وأغلبها من الجلد والأنف والزور ... الخ ، تختلف عن ظروف الميكروبات الموجودة بمخلفات المجارى ، التى أغلبها معوية ، فإن الكشف فى مياه الحمامات عن E. coli وحده ، لايكفى للحكم على صلاحية المياه للإستعمال، بل يجب الكشف عن ميكروبات أخرى مثل Staphylococcus aureus . للمساعدة فى الحكم على صلاحية هذه المياه .

وبكتريا S. aureus ، كروية ، فى تجمعات عنقودية ، موجبة لجرام ، موجبة لإختبار الكاتاليز ، غير متجرثمة ، غير متحركة .

لذلك ، تجرى الإختبارات الميكروبيولوجية التالية ، على مياه حمامات السباحة ، للحكم على صلاحيتها للإستعمال الصحى .

١- إجراء العد الكلى للبكتريا بطريقة الأطباق

٢- عد بكتريا القولون البرازية

٣- عد بكتريا S. aureus

ويعد الكشف عن S. aureus ، بجانب الإختبارات الأخرى ، اختبارا مناسبا ، للحكم على صلاحية مياه حمامات السباحة ، للإستعمال الصحى . فالميكروب يوجد دائما على جلد ، وأنف ، وزور ... الإنسان ، ويحدث تلوث المياه من إفرازات هذه الأماكن ، وينتقل هذا الميكروب من الجلد ، إلى الماء، إلى الجلد ، وتحدث العدوى بحمامات السباحة من هذه الدورة ، كما أن

الميكروب أكثر مقاومة للكلور من بكتريا القولون بحوالى من ٥ إلى ٢٠ ضعفا ، واختفائه من الماء المختبر ، دليل على جودة تطهير المياه بالكلور.

وتعتبر مياه حمامات السباحة غير مناسبة ، إذا زاد عدد بكتريا S. aureus بها عن ١٠ / مل ماء . وينصح بعدم استخدام مياه حمامات السباحة ، إذا زاد عدد S. aureus بها عن ٢٠٠ / مل ماء . وفى جميع الحالات، يجب أن لايزيد عدد بكتريا الكولاى فى مياه حمامات السباحة العامه عن ١٠ بكتريا لكل ١٠٠ مل ماء .

الأمراض المنقولة عن طريق المياه Water-borne diseases

أهم الأمراض المنقولة عن طريق مياه الشرب ، هى الأمراض التى تسببها الميكروبات المعوية المرضية ، ومصدر هذه الميكروبات ، هى مخلفات المرضى ، وحاملى الميكروب ، التى تصل إلى المياه عندما تتلوث بمياه المجارى . ومن أمثلة هذه الأمراض ، التيفود ، الباراتيفود ، الكوليرا ، الدوسنتاريا الباسيلية والأميبية ، وفيروسات شلل الأطفال ، والإلتهاب الكبدى الوبائى (راجع الفصل التاسع - خامسا) .

وأساس الوقاية من هذه الأمراض ، هو منع تلوث مياه الشرب بمياه المجارى ، مع تنقية مياه الشرب بمعالجتها بالكلور قبل الاستعمال ، ومعالجة مياه المجارى قبل التخلص منها .

References

Hopkins, E.S. and E.L. Bean (1967). Water purification control. 4th Ed. Williams and Wilkins Co., Baltimore, MD, USA.

Mitchell, R. (ed.) (1972 & 1978). Water pollution microbiology. Vol. 1, 1972, Vol. 2, 1978. Wiley, New York.

National Research Council (1977 - 1983). Drinking water and Health. Vol. 1, 1977, Vols 2 & 3, 1980, Vol. 4, 1982, Vol. 5, 1983. National Academy Press, Washington D.C.

Standard methods for the examination of water and wastewater (1980). 15th Ed. American Public Health Association, New York.