الفصل الحادي عشر

ميكروبيولوجيا مياه الشرب، المياه المعبأة والمياه الغازية
Drinking Water, Bottled Water and Carbonated Soft Drinks Microbiology

الماء H_2O عنصر ضروري له وظائف حيوية مهمة ومتعددة في جسم الإنسان كما أنه ضروري لإتمام جميع التفاعلات الكيميائية في الجسم، ويشكل نسبة كبيرة من تركيب الخلايا الحية. ويحصل الإنسان علي احتياجاته من الماء إما من المياه السطحية Surface Water والتي تشمل مياه الأنهار والبحيرات والجداول...الخ أو من المياه الجوفية Ground Water والمتمثلة بشكل أساس بمياه الآبار. وعادة تكون المياه السطحية عرضة للتلوث بجميع أنواعه، في حين أن المياه الجوفية اقل عرضة للتلوث. ويُعرف تلوث المياه بأنه أي تغيير يطرأ على الخواص الفيزيائية او الكيميائية او الميكروبيولوجية للمياه إلى درجـــة تحد من صلاحياتها للاستعمال المقصود. وأي كان مصدر المياه فلابد من تنقيتها قبل استخدامها للشرب أو التصنيع أو أي أغراض أخرى، حيث قد تحتوي المياه الخام على بعض الشوائب والملوثات مما يتطلب إجراء عمليات التنقية للمياه Water purification والتي تشمل المراحل التالية:

1 – إزالة المواد العالقة وذلك من خلال عملية الترسيب Sedimentation التي تؤدي إلى إزالة المواد العالقة كبيرة الحجم بفعل وزنها في أحواض ترسيب أما المواد العالقة الصغيرة جداً كالطين فيتم ترسيبها بعد إضافة مواد كيميائية مخثرة (كبريتات الألومنيوم) مما يؤدي إلى تجمعها على هيئة جسيمات أكبر حجماً يمكن ترسيبها بسهولة. ثم تتم عملية الترشيح Filtration التي يتم من خلالها امرار الماء خلال وسط مسامي مثل الرمل لإزالة ما تبقى من المواد العالقة التي لم تزال في أحواض الترسيب.

2 – إزالة المواد الذائبة المتمثلة في الغازات مثل H_2S و CO_2، وكذلك إزالة المواد العضوية المتطايرة وإزالة الحديد والمنجنيز وذلك بعملية التهوية Aeration (عن طريق ابراج تهوية او ضخ الهواء في المياه). وكذلك إزالة عسرة المياه التي تكون فيها نسبة الأملاح المعدنية (مثل Ca^{+2} و Mg^{+2} بالإضافة إلى بعض الأملاح الذائبة كالبيكربونات والكبريتات) عالية من خلال الترسيب الكيميائي Chemical precipitation بإضافة هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ أو كربونات الصوديوم Na_2CO_3، أو من خلال التبادل الأيوني بمبادلات تحتجز تلك الأملاح المعدنية. وهناك أيضاً عمليات تعمل أيضاً على إزالة المواد

الذائبة مثل الإدمصاص Adsorption باستخدام الكربون المُنشط Activated carbon الذي يعمل على إزالة المواد العضوية الذائبة التي تؤثر على لون ورائحة وطعم الماء، وكذلك عملية التناضح العكسي Reverse Osmosis التي تستخدم أساسا لإزالة الأملاح المعدنية كما تسهم في إزالة الفيروسات والبكتيريا وبعض المواد العضوية الذائبة.

3 – تعقيم المياه: لكي تصبح المياه صالحة لأغراض الشرب والاستعمالات المنزلية ولاستخدامها في الصناعات الغذائية فلابد من إبادة الأحياء المجهرية الممرضة المحتمل تواجدها فيها، وتنقسم طرق التعقيم إلى كيميائية يتم فيها استخدام مواد كيميائية كالكلور (أو أحد مركباته) والأوزون، وفيزيائية تتمثل في استخدام الحرارة أو الأشعة فوق البنفسجية.

أن الهدف من عمليات التنقية هو جعل المياه صالحة للاستخدام، وهنا ينبغي التأكد من كفاءة عمليات التنقية تلك من خلال اجراء الفحوصات الكيميائية والميكروبيولوجية للتحقق من صلاحيتها للاستخدام. وعلى الرغم من أن تقدير أعداد الأحياء المجهرية يُعد أحد الاختبارات التي تُجرى لمعرفة كفاءة عمليات تنقية المياه إلا أنه لا يمكن الحكم على صلاحية المياه الخام من الناحية الميكروبيولوجية من خلال فقط تقدير أعداد الأحياء المجهرية فيها، فكما عرفنا أن المياه السطحية تكون عرضة للتلوث بعكس المياه الجوفية التي تكون اقل عرضة للتلوث وبالتالي فقلة أعداد الأحياء المجهرية لا يعكس صلاحية تلك المياه للاستهلاك فقد تكون في هذه الأعداد القليلة بعض الأحياء المجهرية الممرضة التي تسبب خطر على الصحة العامة. وبالتالي لكي نقول أن الماء صالح للاستهلاك (من الناحية الميكروبيولوجية) فلابد من التأكد من خلوه من تلك الأحياء المجهرية الممرضة، ولذلك فقد اشترطت منظمة الصحة العالمية WHO عام 1958م خلو مياه الشرب منها، حيث أن المياه تُشكل أحد أهم الوسائط لنقل الأحياء المجهرية الممرضة للإنسان. لكن الكشف أو التحري عن هذه الأحياء المجهرية الممرضة للإنسان لا يُعد من الفحوصات الروتينية التي تُجرى لمياه الشرب وذلك لتنوعها الكبير كما أنها قد تتواجد بأعداد قليلة جداً لذلك يتطلب التحري عنها بدقة استخدام كميات كبيرة من المياه تصل لعدة لترات، كما أنه ليس من السهولة عزلها وتشخيصها فذلك يتطلب استخدام مجموعة كبيرة من الأوساط الزرعية الاختيارية والتفريقية ثم عدد من الاختبارات الكيميوحيوية والسريولوجية (المصلية).

وحيث أن أغلب الأحياء المجهرية الممرضة التي تصل إلى المياه (كبكتيريا التيفويد والكوليرا والطفيليات المعوية والفيروسات المعوية وغيرها) يكون مصدرها تلوث هذه المياه بمخلفات برازية أو باختلاطها مع مياه الصرف الصحي...الخ، فإنه يمكن استخدام بعض أنواع البكتيريا المعوية (التي تتواجد في الأمعاء) كبكتيريا دالّة Indicator Bacteria على التلوث البرازي للمياه (وكذلك الحال بالنسبة للأغذية).

أن وجود هذه البكتيريا الدالّة Indicator Bacteria كدلائل حيوية Bio-indicators في الأغذية أو المياه له معنى واحد هو احتواها على الأحياء المجهرية الممرضة الأتية من مخلفات الأشخاص والحيوانات الحاملين لتلك المسببات المرضية المعوية. كما أن أعداد البكتيريا الدالّة (أو يمكن تسميتها ببكتيريا الدليل Indicator Bacteria) عند وجودها في أي عينة مفحوصة تكون بأعداد تفوق أعداد الأحياء المجهرية الممرضة بكثير مما يُسهل الكشف عنها معملياً، كما تتميز هذه الدلائل الحيوية بقدرتها على البقاء في الأغذية أو المياه لفترات زمنية أطول من الأحياء المجهرية الممرضة.

وتُلخص أهم الشروط والمميزات التي تتمتع بها بكتيريا الدليل Indicator Bacteria بالآتي:

1 – بكتيريا الدليل يجب أن تكون مناسبة لتحليل جميع أنواع المياه (مياه الصنبور، مياه النهر، المياه الجوفية، مياه السدود، مياه المسابح، مياه البحار، مياه الصرف وغيرها).

2 – بكتيريا الدليل يجب أن تتواجد كلما تواجدت الممرضات المعوية.

3 – بكتيريا الدليل يجب أن تبقى في المياه لفترات أطول من أي مسبب مرضي معوي شديد القدرة على الاحتمال.

4 – بكتيريا الدليل يجب أن لا تتكاثر في الماء الملوث (لا تعطي قيّم أعلى من قيمها الحقيقية).

5 – فحوصات وطرق الكشف عن بكتيريا الدليل يجب أن تكون سهلة الإداء.

6 – الاجراءات المتبعة للكشف عن بكتيريا الدليل يجب أن تكون شديدة الخُصُوصِيّة لها، بمعنى أخر يجب أن لا تعطي نتائج إيجابية مع أي بكتيريا أخرى، إضافة إلى أن تلك الاجراءات تكون عالية الحساسية للكشف عن مستويات منخفضة من بكتيريا الدليل.

7 – بكتيريا الدليل يجب أن لا تكون ممرضة.

8 – مستوى بكتيريا الدليل في الماء الملوث يجب أن يكون له علاقة مباشرة بدرجة التلوث البرازي.

9 – مدى استجابة بكتيريا الدليل لعمليات تنقية المياه ينبغي أن تكون مماثلة لاستجابة المسببات المرضية المعوية.

وتتوفر هذه الشروط والمميزات في مجموعة من الدلائل الحيوية Bio-indicators (أو ما اتفقنا على تسميتها ببكتيريا الدليل Indicator Bacteria) وهي:

أولاً - مجموعة بكتيريا القولون Coliform Bacteria:

وقد عرفنا سابقاً أنها بكتيريا سالبة لتصبيغ جرام، سالبة الإنزيم الاوكسيديز، عصوية غير متجرثمة يمكن أن تنمو هوائياً على بيئة أجار تحتوي على أملاح الصفراء، تخمر اللاكتوز خلال 48 ساعة عند 37°م مع إنتاج الحامض والغاز، ومن أهم أجناسها *Escherichia*، *Enterobacter*، *Citrobacter* وغيرها.

ان سهولة تنمية بكتيريا القولون وتفريقها جعلها تستعمل كدلائل على الشروط الصحية والتلوث البرازي للأغذية والمياه، وهي تُقسم إلى: بكتيريا القولون البرازية Fecal Coliform ويكون مصدرها التلوث عن طريق مياه المجاري أو براز الإنسان والحيوان وتتمثل في بكتيريا *Escherichia coli* والتي يعد وجودها كما ذكرنا سابقاً دلالة على تلوث من مصدر برازي Fecal sours، وبكتيريا القولون غير البرازية وهي إلى جانب تواجدها في الأمعاء يمكن أن تتواجد في التربة وأسطح النباتات....الخ ومن أهم أمثلتها بكتيريا *Enterobacter aerogenes*. وكما عرفنا سابقاً يمكن تقدير أعداد بكتيريا القولون الكلية Total Coliform، وبكتيريا القولون البرازية Fecal Coliform إما بطريقة العدد الاكثر احتمالاً Most Probable Number (MPN) أو بطريقة المرشحات الغشائية Membrane Filtration (MF).

ثانياً - <u>المكورات المعوية البرازية Fecal Enterococci (Fecal Streptococci)</u>:

أن عبارة Fecal Streptococci هي مصطلَح يستخدم لوصف مجموعة من البكتيريا الكروية السبحية التي يكون مصدرها الأمعاء، وقد عرفنا سابقاً (في الباب الثاني من هذا الكتاب) أنها كانت تتبع الجنس *Streptococcus* أما حالياً فتصنف ضمن جنس *Enterococcus* و من أهم أنواعه *E. faecalis* و *E. faecium* و *E. avium* و *E. durans* وغيرها. وعلى الرغم من ذلك فلايزال مصطلَح البكتيريا الكروية السبحية البرازية Fecal Streptococci يستعمل في كثير من الكتب وفي بعض المواصفات القياسية ولذلك جاء ذكره هنا.

وتتميز المكورات المعوية *Enterococci* بتحملها لدرجات الحرارة المرتفعة (فهي تنمو ضمن مدى واسع من درجات الحرارة يمتد بين 5-8°م ولغاية 48-50°م) ومقاومتها لنسب عالية من الملح تصل إلى 5- 6 % أو أكثر كما تتميز مقاومتها للأوساط القاعدية المرتفعة والتي تصل لغاية pH 9.6، كل ذلك جعل منها (إلى جانب بكتيريا القولون Coliform) أحد الدلائل الحيوية المهمة على الشروط الصحية والتلوث البرازي للأغذية والمياه.

إن أهم ما يميز المكورات المعوية البرازية (وعلى الأخص *E. faecium*) هو أنها تتواجد في المخلفات الحيوانية بأعداد أكبر من بكتيريا *Escherichia coli*، بعكس المخلفات البشرية التي تكون فيها أعداد *E. coli* أكبر من المكورات المعوية. ولذلك يتم إجراء فحص مزدوج لكلا بكتيريا الدليل لمعرفة مصدر التلوث البرازي هل هو ناتج عن المخلفات البشرية أو المخلفات الحيوانية أو كونه ناتج عن خليط منهما، ومن ثم اتخاذ الإجراءات المناسبة حيال معالجة هذا التلوث والحد منه. وعند إجراء فحص مزدوج لكلا بكتيريا الدليل يمكن ملاحظة الآتي:

1 – إذا كانت النسبة بين بكتيريا *E. coli* : المكورات المعوية البرازية أكبر من 4 دل ذلك دلالة أكيدة على أن التلوث مصدره المخلفات البشرية.

2 – إذا كانت النسبة بين بكتيريا *E. coli* : المكورات المعوية البرازية أقل من 0,7 دل ذلك على أن التلوث مصدره المخلفات الحيوانية أو مخلفات الدواجن.

3 – إذا تراوحت نسبة بكتيريا *E. coli* : المكورات المعوية البرازية بين 2 – 4 دل ذلك على أن التلوث خليط من المخلفات البشرية والمخلفات الحيوانية مع سيادة المخلفات البشرية.

4 – إذا كانت نسبة بكتيريا *E. coli* : المكورات المعوية البرازية بين 1 – 2 فإنه يصعب تفسير النتائج ولذلك يُقترح بأخذ عينة جديدة للتحليل تكون من أقرب مكان لمصدر التلوث.

ويمكن تقدير أعداد المكورات المعوية البرازية Fecal Enterococci بطريقة MPN باستخدام بيئة KF *Streptococcus* Broth أو Azide Dextrose Broth وتحضن على درجة حرارة 35°م لمدة 46 - 48 ساعة وبعد فحص الأنابيب المتسلسلة التي أعطت نتيجة إيجابية يتم تحديد قيمة MPN المقابلة لها مباشرة في جدول العدد الأكثر احتمالاً MPN.

كما يُمكن تقدير أعداد المكورات المعوية البرازية بطريقة المرشحات الغشائية باستخدام بيئة m-*Enterococcus* agar وذلك بترشيح عينة لا يقل حجمها عن 100 مليلتر بإمرارها خلال غشاء الترشيح المعقم الذي قطر مسامه 0,45 ميكروميتر ثم ينقل هذا الغشاء ويوضع فوق قرص الامتصاص المشبع بـ 2 مليلتر من بيئة m-*Enterococcus* agar ويحضن عند درجة حرارة 35°م لمدة 44 ساعة ثم تُعد المستعمرات التي تظهر بلون أحمر، كَسْتَنَائِيّ، أو وردي. ثم يُعاد زرع المستعمرات النامية على الوسط التأكيدي Bile Esculin Azide Agar وتحضن عند درجة حرارة 44°م لمدة ساعتان بعدها يُلاحظ شكل المستعمرات ولونها وقدرتها على تحليل الإسْكولين، حيث تظهر مستعمرات المكورات المعوية البرازية Fecal Enterococci بلون قَمْحِيٌّ إلى أسود في الوسط المحيط بها دلالة على تحليل الإسْكولين.

ثالثاً - بكتيريا *Clostridium perfringens* ومجموعة بكتيريا الكلوستريديا المختزلة للكبريت Sulfate Reducing Clostridia:

توجد بكتيريا *Clostridium perfringens* أيضاً في أمعاء الإنسان والحيوان ولكن بأعداد أقل من بكتيريا القولون، وهي تسبب التعفن وانتفاخ الجثث بعد الوفاة، إذ تنتقل من الأمعاء إلى جميع الأنسجة الداخلية مسببة حالات التعفن والانتفاخ هذه. ويوجد من هذه البكتيريا أنواع مرضية وأخرى غير مرضية والأنواع المرضية من هذه البكتيريا تسبب أمراض متعددة عند الإنسان والحيوان. وعلى الرغم من مخالفة ذلك لأحد الشروط المهمة التي تُميز بها بكتيريا الدليل والمتمثل في أن بكتيريا الدليل يجب أن لا تكون ممرضة، إلا أن *C. perfringens* تتميز بميزة مهمة كونها مقاومة للظروف السيئة وبالتالي فإن وجودها في المياه دلالة على تلوث هذه المياه بالمخلفات الصناعية التي تحوي عدد من المركبات ذات التأثير السمي على مجاميع بكتيريا الدليل الأخرى. وهذه البكتيريا تعيش في المياه مدة أطول مما يمكن أن تعيشه بكتيريا الدليل الأخرى وعلى الأخص بكتيريا القولون، وبالتالي فإن وجودها بمفردها في المياه يكون دليل على أن التلوث البرازي قديم ومضى عليه فترة من الزمن تزيد عن ثلاثة أيام وقد تصل إلى بضعة أسابيع.

أما بكتيريا الكلوستريديا المختزلة للكبريت Sulfate Reducing Clostridia فليست من أنواع بكتيريا الدليل النموذجية، حيث أنها تصنف ضمن مجموعة البكتيريا ذاتية التغذية كيميائياً وهي عبارة عن مجموعة من البكتيريا لاهوائية إجبارياً ولها القدرة على اختزال الكبريت إلى حامض الكبريتيك، لكنها تتواجد في البيئات المختلفة كالتربة والطمي ومياه الصرف الصحي حيث تتواجد كميات كبيرة من الكبريت. ولهذه المجموعة البكتيرية تأثير على الأنابيب الناقلة للمياه حيث تتسبب في إحداث الصدأ وإكساب مياه شبكة التوزيع طعماً ورائحة غير مرغوب فيهما، كما يمكن أن ينتج عن تكوينها لمركب كبريتيد الهيدروجين مشاكل صحية كبيرة، وبالتالي فإن الكشف عن تواجدها في عينات مياه الشرب والمياه المعبأة يُعد من الفحوصات المهمة لتحديد الجودة الميكروبيولوجية لتلك العينات.

ويتم تنمية بكتيريا الكلوستريديا المختزلة للكبريت Sulfate Reducing Clostridia باستخدام بيئة Sulfite Agar أو بيئة Modified Starkey's أو بيئة API RP-38 وجميع هذه الأوساط الغذائية تحتوي على مصدر للكربون وأملاح غير عضوية وعامل مختزل، وحيث أن الأوساط الغذائية الصلبة لس لها القدرة على تحديد عدد البكتيريا المتواجدة بدقة فإنه ينصح باستعمال الأوساط الغذائية السائلة لهذا الغرض. ومن أهم أنواع هذه المجموعة من البكتيريا *Desulfotomaculum nigrificans*.

رابعاً - بكتيريا *Pseudomonas aeruginosa*:

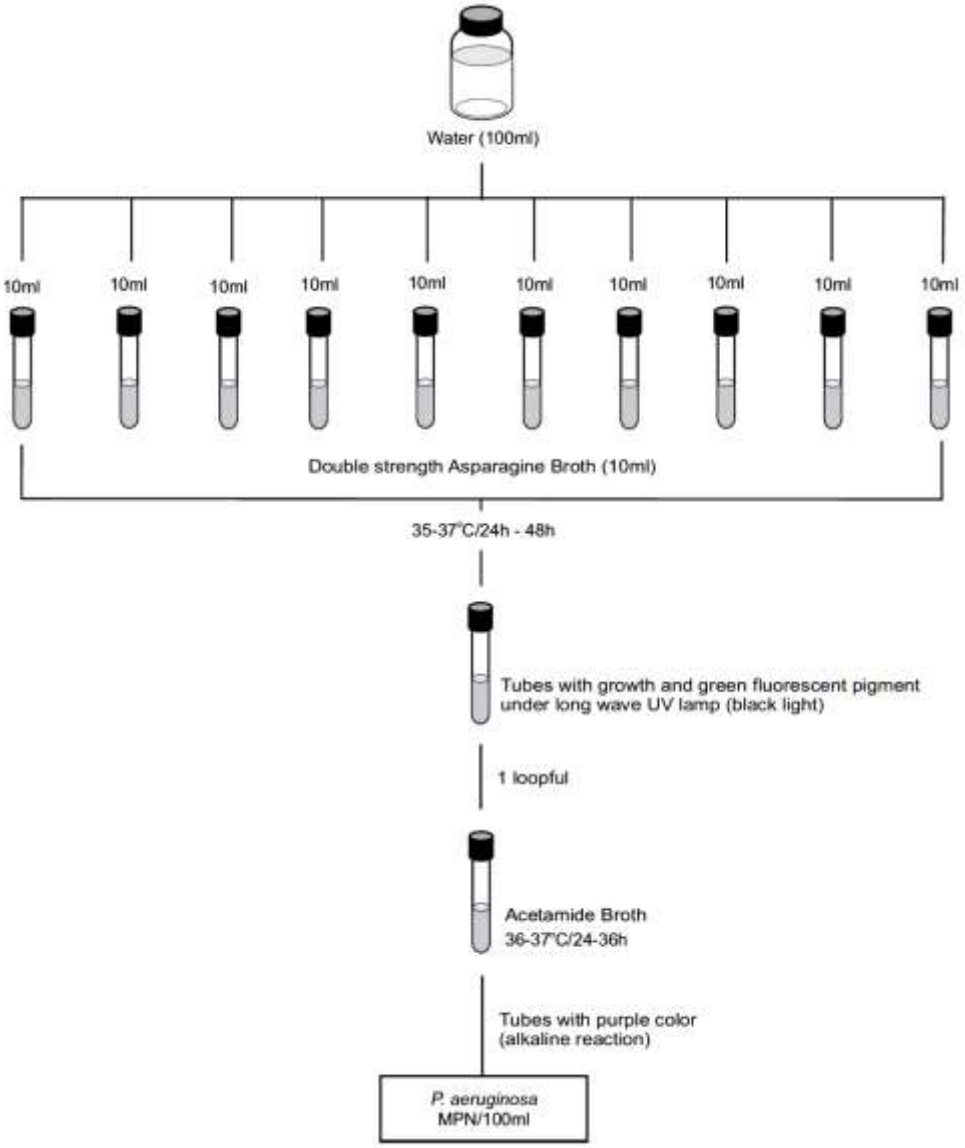
قد لا تعتبر بكتيريا *P. aeruginosa* من أنواع بكتيريا الدليل النموذجية، لكن يرتبط تواجدها في المياه التي تكون على درجة عالية من التلوث فهي مصاحبة للدلائل الحيوية الأخرى، وبالتالي تكون دليل إضافي على حجم التلوث، وتقدر نسبة أعدادها إلى أعداد *E. coli* بـ 1 : 10. وفي حال تراوحت أعدادها بين 1 – 10 لكل 100 مليلتر من الماء دل ذلك على أن التلوث قليل، أما إذا زادت أعددها عن 100 لكل 100 مليلتر من الماء دل ذلك على أن هذا الماء شديد التلوث.

أن بكتيريا *P. aeruginosa* لها القابلية على الالتصاق والبقاء على سطوح العبوات البلاستيكية وخاصة المصنوعة من مادة Poly phenyl chloride (PVC) مما يزيد من قابلية البكتيريا لمقاومة المعقمات، وبالتالي تشكل خطورة على الصحة العامة ولذلك يمكن استخدامها لتقيم الشئون الصحية في معامل إنتاج مياه الشرب المعبأة.

ولتقدير أعداد بكتيريا *P. aeruginosa* في الماء بطريقة MPN تُلقح 10 أنابيب تحوي كل منها على 10 مليلتر من حساء الأَسْباراجين Asparagine Broth المحضر بتركيز مضاعف بحيث يُضاف 10 مليلتر من عينة الماء لكل منها. تحضن على درجة حرارة 35 - 37°م لمدة تتراوح بين 24 - 48 ساعة. الأنابيب التي ظهر فيها نمو ويظهر فيها صبغة خضراء متفلورة Green Fluorescent Pigment عند فحصها بمصابيح الأشعة فوق البنفسجية طويلة الموجة يُنقل جزء من النمو منها بواسطة الحلقة السلكية الناقلة لأنابيب حاوية على حساء الأسِيتاميد Acetamide Broth وتحضن على درجة حرارة 35 - 37°م لمدة تتراوح بين 24 - 36 ساعة. النتيجة الإيجابية تكون بظهور لون أُرْجُوانِيّ (قلوى). وهنا يتم تحديد قيمة MPN لكل 100 مليلتر من الماء من خلال جدول العدد الأكثر احتمالاً MPN التالي:

جدول رقم (35): حساب قيمة العدد الأكثر احتمالاً (MPN) لكل 100 مليلتر من العينة، لـ 10 أنابيب تُلقح كل منها بـ 10 مليلتر.

Positive tubes	MPN/100 ml
0	<1.1
1	1.1
2	2.2
3	3.6
4	5.1
5	6.9
6	9.2
7	12
8	16
9	23
10	>23



الشكل رقم (179) تقدير بكتيريا *P. aeruginosa* في الماء بطريقة MPN، عن (Silva *et al.*, 2013).

وقد تستخدم بكتيريا *Staphylococcus aureus* التي تتواجد على جسم الإنسان في تجويف الأنف، ومنطقة الإبطين وما بين الفخذين للحكم على صلاحية مياه حمامات السباحة، خصوصاً وأنها أكثر مقاومة للتعقيم بالكلور (المستخدم لتعقيم مياه حمامات السباحة) أكثر من أي من بكتيريا الدليل الأخرى.

مواصفات مياه الشرب، المياه المعبأة والمياه الغازية:

مياه الشرب Drinking Water: تُعَرِف منظمة الصحة العالمية مياه الشرب على أنها الماء الصالح للاستهلاك الآدمي والاستعمال الحضري متضمناً النظافة الشخصية وإعداد الطعام والاستعمالات المنزلية الأخرى وفي الصناعات الغذائية وصناعة الثلج. ويجب أن يكون بمواصفات تسمح باستهلاكه مدى الحياة، وبالتالي فهي مياه عديمة الطعم واللون والرائحة، وخالية من الملوثات الميكروبية والكيميائية والإشعاعية الضارة يتم الحصول عليه من خلال تنقية ومعالجة مصادر المياه المختلفة سواء كانت سطحية Surface Water أو جوفية Ground Water. وتُصنف هذه المياه المعالجة من الناحية الميكروبيولوجية حسب الجدول التالي:

جدول رقم (36): تصنيف المياه المعالجة من الناحية الميكروبيولوجية.

الجودة	نتائج التحليل الدورية		ملاحظات
	Escherichia coli/ 100 ملليلتر	بكتيريا القولون الكلية/ 100 ملليلتر	
1 - ممتازة	صفر Zero	صفر Zero	في جميع العينات
2 - جيدة	صفر Zero	3 - 1	على أن لا تزل بكتيريا القولون من عينات متتالية أو من أكثر من 5% من إجمالي العينات.
3 - متوسطة	صفر Zero	9 - 4	
4 - رديئة	خلية واحدة فأكثر	أكثر من 10 أو وجود بكتيريا القولون واحدة في عينات متتالية، أو في أكثر من 5% من إجمالي العينات التي يتم تحليلها.	غير صالحة للاستخدام ويجب إعادة معالجتها

* المصدر (التومي وسعد، 2008)

وبحسب المواصفة القياسية اليمنية رقم 2000/109 والخاصة بمياه الشرب العامة لابد أن تكون بصفة عامة عديمة الرائحة وذات طعم مقبول، ومن الناحية الميكروبيولوجية تشترط المواصفة أن تخلو المياه العامة المعالجة المنقولة داخل شبكة التوزيع او أي وسائط نقل اخرى (كصهاريج المياه المقطورة) من بكتيريا القولون الكلية Total *Coliform*، أما بالنسبة للمياه العامة الغير معالجة والمنقولة داخل شبكة التوزيع فيجب أن يجب ان تخلو 98 % من عينات مياهها المفحوصة خلال السنة من بكتيريا القولون الكلية. كما تنص المواصفة على أن مياه الشرب العامة يجب أن تخلو من الطفيليات (البروتوزوا) المسببة للمرض و الديدان الطفيلية التي تنقل أي من اطوارها الكامنة المعدية الى الانسان.

أما المياه المعبأة Bottled Water: فهي المياه المعدة لأغراض الشرب المباعة في محطات معالجة مياه الشرب (محطات تقليل ملوحة مياه الشرب أو ما تعرف بمحطات التحلية). وهذه المياه يمكن أن تكون عرضة للتلوث بسبب عدم اتباع الشروط الصحية في انتاج المياه المعبأة في محطات التحلية وعدم كفاءة عملية التعقيم (بالأوزون والاشعة فوق البنفسجية) في تعقيم المياه المعبأة المنتجة، كما تشكل العبوات البلاستيكية كبيرة الحجم التي يُعاد استخدمها مراراً وتكراراً دون العناية بنظافتها أكبر مصادر التلوث لهذه المياه.

كما تشمل المياه المعبأة Bottled Water أيضاً المياه المعدة لأغراض الشرب المعبأة بعبوات محكمة الاغلاق مصنوعة من البلاستيك أو من الزجاج، ويندرج تحت هذا التعريف المياه المعدنية الطبيعية والمياه المعدنية المكربنة طبيعيا أو ما تعرف بالمياه الغازية.

فالمياه المعدنية الطبيعية Natural Mineral Water هي تلك المياه التي تستخرج مباشرة من المصادر الطبيعية أو الآبار المحفورة للمياه الجوفية وتتميز هذه المياه بمحتواها من بعض العناصر المعدنية ذات التواجد النسبي المميز. أما المياه المعدنية مكربنة طبيعيا Naturally Carbonated Mineral Water فهي المياه المعدنية التي يتواجد غاز CO_2 في مصادرها الطبيعية، وبعد معالجتها يتم إعادة أضافة الغاز من نفس المصدر.

وتقليداً للمياه المعدنية مكربنة طبيعيا نشأت صناعة جديدة هي صناعة المشروبات الغازية Carbonated Beverages والتي تحتوي على ماء مشبَّع بغاز CO_2 وشراب مُركَّز من مصادر طبيعية كعصير الفاكهة أو الزيوت المستخرجة من جذور النباتات وقشور الحمضيات وأوراق النباتات المختلفة، أو بإضافة نكهات والوان صناعية مماثلة للطبيعية، مع إضافة سكر وحامض الستريك أو الفوسفوريك لإعطاء المشروب طعم حامضي حلو. إن هذه المضافات التي تعطي الشراب المُركَّز طعمه ولونه ونكهته قد تكون مصدر لتلوث المشروبات الغازية بالأحياء المجهرية، على الرغم من أن حموضة الشراب وتركيز السكر العالي إضافة إلى وجود غاز CO_2 المذاب فيه يمكن أن يثبط نمو كثير من الأحياء المجهرية، لكن ونتيجة لجميع تلك العوامل فإن بكتيريا *Leuconostoc mesenteroides* التي عرفنا سابقاً بأنها التي تنمو بصورة جيدة في تراكيز عالية من السكر كما تستطيع النمو بشكل جيد في الأوساط الحامضية وكذلك الأنواع الأخرى من بكتيريا حامض اللاكتيك إضافة إلى الخمائر قد تُشكل السبب الرئيس لفساد المشروبات الغازية ومن أهم الخمائر المسببة لفساد المشروبات الغازية.

وفيما يخص المشروبات الغازية تنص المواصفة القياسية اليمنية والخاصة بالحدود الميكروبيولوجية للسلع والمواد الغذائية والصادرة برقم (م. ق. ي 2002/384) على ترفض إذا كان العدد الكلي للبكتيريا 3×10^2 في أي عينة من مجموع خمس عينات مفحوصة وتكون أعلى قيمة حدية مسموحة لعينة واحدة فقط من بين الخمس عينات المفحوصة هي 10^2، كما لا تحتوي العينات المفحوصة على بكتيريا القولون، أما فيما يخص الأعفان والخمائر فترفض العينات إذا كان عددها 10 مستعمرات في أي عينة من مجموع خمس عينات مفحوصة وتكون أعلى قيمة حدية مسموحة لعينة واحدة فقط من بين الخمس عينات المفحوصة هي مستعمرتين فقط.

الحدود الميكروبيولوجية لماء الشرب والمياه المعبأة وفقاً للمواصفات القياسية اليمنية:

نورد هنا ما جاء بخصوص مياه الشرب والمياه المعبأة ضمن المواصفة القياسية اليمنية والخاصة بالحدود الميكروبيولوجية للسلع والمواد الغذائية والصادرة برقم (م. ق. ي 2002/384) التي سبق ذكر أجزاء منها في الفصول السابقة.

المواصفة القياسية اليمنية رقم 2002/384
الحدود الميكروبيولوجية للسلع والمواد الغذائية ـ الجزء الأول
(م. ق. ي 2002/384)

٣- الاشتراطات القياسية

١/٣ يجب أن تكون الحدود الميكروبيولوجية للأغذية والمكونات الغذائية كما هو موضح قرين كل منها بالجدول التالي:

٤- أحكام القبول والرفض

١/٤ تعتبر العينات غير مطابقة في الحالات التالية :

١/١/٤ إذا زادت قيمة الحد الميكروبي عن قيمة (ص) في وحدة أو أكثر من وحدات العينة (ع).

٢/١/٤ إذا كان عدد وحدات العينة المقبولة حدياً أعلى من قيمة (ق) المحددة في خطة التحليل.

٢/٤ يجري الاختبار على عينة واحدة. وإذا كان الحد الميكروبي ٨٠% من الحد الأقصى المسموح به يعاد الاختبار حسب العينات الموضحة بالمواصفة.

جدول رقم (37): الحدود الميكروبيولوجية لمياه الشرب والمياه المعبأة والمشروبات الغازية

نوع المنتج	الميكروبات	الحدود / للمليلتر أو للغرام			
		ع	ق	م	ص
مياه شرب معبأة	*Coliform* Count	5	صفر	صفر	-
مياه شرب معبأة غير مكربنة	وحدة عينة الاختبار يجب أن تكون 250 ملليلتر				
	Coliform Count	5	صفر	صفر	-
	Pseudomonas aeruginosa	5	صفر	صفر	-
مياه شرب معبأة مكربنة	الأس الهيدروجيني **pH**	5	صفر	3,5	-
	عند وجود أي عينة تعطي أس هيدروجيني أكبر من 3,5 تطبق خطة التحليل المتبعة مياه الشرب المعبأة غير المكربنة				

تابع الجدول رقم (37): الحدود الميكروبيولوجية لمياه الشرب والمياه المعبأة والمشروبات الغازية

نوع المنتج	الميكروبات	الحدود / للمليلتر أو للغرام			
		ع	ق	م	ص
مياه شرب - صالحة للاستخدام الآدمي - عند المصدر وقت التعبئة	*Coliform* Count	10	1	صفر	10/ 100 مل
	Fecal Enterococci Sulfate reducing Clostridia	غير موجود في 100 مل من عينة الاختبار			
مياه معدنية طبيعية معبأة (تخضع لمجموعتين من الفحوصات) الفحص الأول هو:	*Escherichia coli* Thermotolerant *Coliform*	أن تكون غير موجودة في أي عينة (1 × 250 مل)			
	Total *Coliform* Count Fecal Enterococci ***Pseudomonas aeruginosa***	في (1 × 250 مل) إذا كانت ≤ 1 أو ≥ 2 يُجرى الفحص الثاني، أما إذا كانت > 2 فترفض العينة			
	Sulfate reducing Clostridia	في (1 × 50 مل) إذا كانت ≤ 1 أو ≥ 2 يُجرى الفحص الثاني، أما إذا كانت > 2 فترفض العينة			
مياه معدنية طبيعية معبأة الفحص الثاني:	Total *Coliform* Count	4	1	صفر	2
	Fecal Enterococci	4	1	صفر	2
	Sulfate reducing Clostridia	4	1	صفر	2
	Pseudomonas aeruginosa	4	1	صفر	2
المشروبات الغازية غير الكحولية	Total Bacterial Count	5	1	10^2	3×10^2
	Total *Coliform* Count	5	1	صفر	10
	Molds and Yeasts	5	1	2	10