المحاضرة 1

مفـــردات المنهـــج :

الفصـــل الاول : دورة المياه في الطبيعة وانواع المياه.

الفصل الثانـــي : العوامل المؤثرة في وجود الاحياء المجهرية في المياه.

الفصل الثالـــث : البكتريا في البيئات المائية .

الفصل الرابـــع : بكتريا التركيب الضوئي .

الفصل الخامس : الاحياء المجهرية الاخرى في المياه (الفطريات, الابتدائيات , الرواشح).

الفصل السادس : التحليل الميكروبيولوجي للمياه.

الفصل السابـــع : مياه الشرب والمعدلات المقبولة.

نبذة عن علم الاحياء المجهرية :

هو العلم الذي يعنى بدراسة الاحياء المجهرية بشتى انواعها في بيئاتها المائية وتشمل دراستنا التعرف على شكل وتركيب و وظائف وانشطة هذه الاحياء التي تضم :

- البكتريا Bacteria
- الفطريات Fungi
- الابتدائيات Protozoa
- الطحالب Algae
- الرواشح (الفيروسات) Viruses

- تلعب البكتريا والفطريات دوراً أساسياً في البيئات المائية وخاصة عند تدوير العناصر في مثل هذه البيئات . ومثلما تتواجد الاحياء المجهرية في التربة والهواء فأنها تتواجد في البيئات المائية بنوعيها (العذبة و المالحة) وفي اعماق مختلفة تصل الى (11000) متر عمق كما هو الحال في بعض المحيطات.

- يهتم علم الاحياء المجهرية المائي بدراسة الاحياء المجهرية وكيفية عيشها وانشطتها في البيئات المائية المتطرفة كالمحيطات المتجمدة والينابيع المعدنية القاعدية منها والحامضية. اذ يمكن لأنواع معينة من الاحياء المجهرية العيش في مثل هذه البيئات ذات الرقم الهيدروجيني pH ما بين (1 - 11) ودرجة حرارة تصل الى (90) مئوية .

- يعتبر علم الاحياء المجهرية المائي هو احد اجزاء علم البيئة العام، كما يرتبط هذا العلم باختصاصات علوم معرفية اخرى مثل علم البكتريا وعلم الفطريات وعلم الطحالب وعلم الابتدائيات وعلم الرواشح . كما يدرس علم الاحياء المجهرية المائي العلاقة المباشرة للمياه بانتشار الامراض حيث يعتبر الماء وسيلة لنقل مسببات الامراض سواء كانت المعالجة ام غير معالجة.

وأشارت بعض الدراسات ان هناك زيادة بنسبة الاصابة ببكتريا (Salmonella) وهي البكتريا المسببة للتايفوئيد وكذلك بالراشح (Rotavirus) المسبب لالتهاب المعدة والامعاء بسبب استمرار تلوث المياه بهذه الكائنات.

لقد تم عزل اكياس (Giardia lamblia) في مياه الشرب المعالجة او غير المعالجة في بعض الدول والعواصم المتقدمة وتم عزل ابواغ مختلفة من الرواشح من مياه الشرب في روسيا وفرنسا وبريطانيا وامريكا .... الخ

- ان التقنيات المعروفة حالياً في معاملة مياه الفضلات لازالت تحتاج الى تطوير بسبب اهتمام هذه التقنيات على أكسدة اكبر حجم ممكن من المواد العضوية الموجودة في مياه الفضلات دون التركيز بشكل كامل على احتواء النتائج النهائية في المراحل الاخيرة للمعالجة على انواع مختلفة من الاحياء الممرضة، مما يسبب انتشار للأمراض والاوبئة للإنسان والحيوان، فمثلاً بكتريا (Salmonella) يمكنها البقاء ثلاثة أسابيع وهي حية في مياه المجاري في المعالجة الاخيرة.

- وتشير تقارير منظمة الصحة العالمية أن 80% من الامراض التي تصيب البشرية ناتجة عن تلوث المياه بالأحياء المجهرية الممرضة، وان حوالي نصف الاسرة المحجوزة بالمستشفيات في العالم لها علاقة بالأمراض الناتجة عن تلوث المياه بالجراثيم.

- من كل ما تقدم نلاحظ أن علم الاحياء المجهرية المائي ينهض بحل المشاكل التي تواجه الانسان بسبب التلوث الميكروبيولوجي الذي تسببه نشاطات الفرد والمجتمع في شتى مجالات الحياة مما يؤدي الى الاختلال في الموازنة البيئية لهذا الكوكب.

- وكذلك يبين لنا أهمية اطلاع مهندسوا البيئة ولو بشكل عام خلال دراستهم لاختصاصهم اهمية علم الاحياء المجهرية وذلك لأخذها بعين الاعتبار عند وضعهم المعايير والمحددات في ادائهم لعملهم الهندسي في تشغيل محطات الاسالة والمعالجة للمياه او ادارة ومراقبة شبكات المياه وشبكات الصرف الصحي او في اعداد التصاميم للمشاريع البيئة او اي اعمال يقومون بها ضمن مجال تخصصهم.

المحاضرة 2

دورة المياه في الطبيعة:

تغطي المياه ما يقارب 70% من سطح الكرة الارضية وهي بذلك تحتل جزءاً من الارض اكثر من اليابسة بمرتين ونصف تقريباً. ومن المعلوم ان اكثر من 70% من جسم الانسان و 80% من وزن اجسام الاحياء المجهرية تشكلها المياه.

وتلعب عمليتا التبخر والتكثيف دوراً مهماً في معادلة تجهيز الكرة الارضية بالمياه، حيث ان هاتين العمليتين ومنذ ملايين السنين يتساعدان في الحفاظ على جو الكرة الارضية والمياه اضافة الى تلطيف الجو. عندما تؤثر الطاقة الشمسية خلال سقوطها على الاسطح المائية فأنها سوف تؤدي الى تبخر كميات من هذه المياه والتي تشمل المحيطات والبحار والانهر والبحيرات والبرك والجداول وغيرها من الاجسام المائية. وتدخل ضمن هذه الاجسام المائية مياه الفضلات المطروحة من التجمعات السكنية على اختلاف تعدادها وكذلك المخلفات الصناعية التي تحتوي على كميات من المياه. واضافة الى ذلك فأن عملية التبخر الناتج من العمليات البيولوجية كالنتح والتعرف له اهمية في هذا المضمار. وبعد ان تتكثف الابخرة و تشكل الغيوم ويبدأ المطر بالسقوط على الاجسام المائية واليابسة على حد السواء فأن جزءاً غير قليل من هذه الامطار تصبح مياه جوفية بسبب توغلها تحت سطح الارض وقد تجد منفذاً لتصب في الاجسام المائية القريبة منها او البعيدة. وعن طريق التكثف هذا تسترد الكرة الارضية ما فقدته من المياه عن طريق التبخر. ودور الشمس هنا يعتبر المحرك الاساسي لبدأ دورة المياه في الطبيعة , وكذلك تلعب الرياح دوراً أساسيا في نقل الابخرة من اماكن التكثيف (تكوين الغيوم) الى اماكن الابخار (تبخير) كما في الشكل ادناه الذي يوضح دورة المياه في الطبيعة.

ويقدر ما يتبخر سنوياً $10x5^{5}$ كم^{3} (120 الف برميل) وان 97% من هذه المياه المتبخرة هي من المحيطات والبحار و 3% فقط من المياه العذبة .وتستطيع مصادر المياه ان تسترجع هذه الكميات عن طريق الامطار مره ثانيه . و اذا كنا نريد ان نتصور كميه الطاقة المستهلكة لتحويل المياه الى ابخره فأن ما معدله باوند واحد من المياه يحتاج ما يعادله 600 سعره/غرام لكي يتبخر. اي ان الطاقة الكافية لكي يتبخر $10x5^{5}$ كم^{3} من المياه لا تقل عن $10x3^{20}$ كيلوغرام/سعرة سنوياً . وفيها اذا قيست هذه الكميه الضخمة من الطاقة الناتجة عن الشمس والطاقة المستهلكة سنويا لبعض الدول الكبيرة فإنها تعادل عشرة الآلاف مرة. اكثر من الطاقة المستهلكة في الولايات المتحدة. في العام 1974.

مصادر الميـاه :

يمكن تقسيم المياه تبعاً لوجودها أو تبعاً لمرورها بالمراحل الثلاثة ضمن دورة المياه في الطبيعة . وقد اعتاد هذا التقسيم أن يحددها في الانواع التالية :

1. المياه السطحية (Surface Water).
2. المياه الجوفية (Ground Water).
3. المياه الجوية (Atmosphere Water).

1- الميـــاه السطحيـة:

وتقسم الى ميـاه مالحة وأخرى عذبـة حيث تشمل المياه السطحية مياه الانهار والبحيرات والجداول والبرك اضافة الى مياه المحيطات والبحار. وتتعرض مثل هذه المياه الى التلوث بشتى انواعه خلال الفعاليات التي يقوم بها الانسان في القطاعات الصناعية والزراعية وفضلات التجمعات السكنية, كذلك عند هطول الامطار في مواسمها بواسطة جرف التربة الحاوية على شتى انواع الاحياء المجهرية فضلاً عن ذلك التي تكون عالقة في الجو قبل سقوط الامطار. وتختلف نوعية الاحياء المجهرية الموجودة في المياه السطحية كما تختلف كميتها تبعاً لنوعية المياه السطحية, ويمكن القول أن المياه السطحية تنقسم الى قسمين رئيسيين هما:

القسم الاول: المياه المالحة (Salt Water) وتضم مياه البحار والمحيطات وبعض البحيرات.

القسم الثاني: المياه العذبة (Fresh Water) ويضم مياه الانهار والجداول والبحيرات والبرك.

- **المياه المالحة:** تُكّون المياه المالحة نسبة عالية من مجمل الاجسام المائية على سطح الارض وتعد مياه المحيطات والبحار المصدر الرئيسي لهذه المياه, وتحتوي على نسب مختلفة من الاملاح غير العضوية الذائبة حيث هناك نسب مناسبة لكل من هذه الاملاح والجدول في ادناه يوضح مجمل الاملاح وكمياتها في ممثل هذه المياه :

الأيــون	غم / كغم من الماء	مجمل المواد الصلبة %
الكلورايد Cl	10.4	55.2
الصوديوم Na	10.7	30.4
المغنيسيوم Mg	1.3	5.7
الكالسيوم Ca	0.4	1.16
البوتاسيوم K	0.39	1.1
البرومايد Br	0.06	0.19
البيكاربونات HCO_3	0.14	0.35
الكبريتات SO_4	2.7	7.7

نظراً لوجود النسبة الملحية العالية من الملوحة في البحار والمحيطات فإن درجة انجماد هذه المياه هي (1.9-) درجة مئوية ونادراً ما تصل درجة حرارة السطح 30درجة مئوية صيفاً. اما القاع فأن درجة الحرارة غالباً ما تكون (2 ـ 2-) درجة مئوية. وهذا يساعد على تنوع الاحياء المجهرية التي تختلف بتحملها للدرجات الحرارية الموجودة في مثل هذا النظام البيئي. هنالك احياء مجهرية ميالة لدرجات الحرارة المعتدلة قرب السطح في فصل الصيف. بينما توجد الاحياء المجهرية الميالة للبرودة قريبة من الطبقة التحتية وفي القيعان وذلك بسبب انخفاض درجه الحرارة في هذه المناطق صيفاً و شتاءاً وهناك احياء مجهرية تقاوم الاملاح التي تصل فيها نسبة كلوريد الصوديوم الى 30% كما هو الحال في البحر الميت والبحيرة المالحة الكبرى في الولايات المتحدة.

تتميز مياه المحيطات والبحار عدا ملوحة الماء بتميزها بالرقم الهيدروجيني بحدود (8.0) pH كما ان كمية المواد الغذائية قليلة وذلك لكبر هذه الاجسام المائية مما يؤدي الى التخفيف السريع لمجمل المواد العضوية المطروحة بالإضافة الى ضخامة الكتلة الحيوية الموجودة. وهذه العوامل الثلاثة تؤدي الى تحديد كمية ونوعية الاحياء المجهرية فيها. على الرغم من قلة البكتريا فيها بالمجمل بحدود (1 - 5) % من مجمل الكتلة الحيوية في البحار والمحيطات، وهذا يمثل جزءاً يسيراً إلا انها

مهمة في دورها فهي كثيراً ما تفيد في أكسدة المواد العضوية منتجة ثاني اوكسيد الكربون الذي تستفيد من الطحالب في عمليه التركيب الضوئي. في حين ان هناك الكثير من انواع البكتريا تكون ممرضة للأحياء المائية مثل الأسماك الأمر الذي يؤدي إلى تمريض الإنسان. و يؤثر العمق في الاحياء المجهرية في المحيطات والبحار وبعض البحيرات العميقة و كلما إزداد العمق تحدد وجود الاحياء المجهرية بصورة عامة وتسمي البكتريا التي تستطيع العيش تحت الظروف العالية ب (Basophile).

المحاضرة 3

- **المياه العذبة:**

تمتاز المياه العذبة بإنخفاض وجود الاملاح فيها إذ تكون بمعدل (0.05)% بينما هذا المعدل يكون في مياه البحار والمحيطات بمعدل(3.5)% وكثيراً ما تكون المياه العذبة سطحية أو جوفية حيث تمتاز المياه السطحية بصورة عامة بتعرضها للتلوث المباشر بالأحياء المجهرية وغيرها من الملوثات الاخرى وذلك بسبب النشاطات المتعددة للإنسان إضافة لتعرضها المباشر للظروف البيئية مثل الرياح والامطار. وتختلف أنواع الاحياء المجهرية في المياه العذبة باختلاف نوعية الجسم المائي إن كان نهراً أو بحيرة أو بركة كما تؤثر الظروف البيئية كدرجات الحرارة وموسم الامطار ناهيك عن الملوثات المطروحة الى مثل هذه الاجسام المائية والتي تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر في كمية ونوعية الاحياء المجهرية. توجد الاحياء المجهرية غير الهوائية في اعماق البحيرات وخاصة العميقة منها مثال ذلك بكتريا الكبريت الخضراء والزرقاء من أجناس Chloronium & chromium والتي تستعمل غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) الذائب في الماء وفي مثل هذه المناطق بالذات والسبب يعود الى وجود كميات كبيرة من البكتريا في القاع حيث تؤكسد هذه البكتريا الكبريتات الموجود الى كبريتيد واهم انواع هذه البكتريا هي Disulifavibrio. إن مزيلات النتروجين Denitrifies من البكتريا توجد في المناطق القريبة من قيعان الاجسام المائية وتكون بأنواع كثيرة أهمها نوع Thiobacillus dentifrices الذي يُعد اكثر الانواع تفوقاً ويختلف وجود هذه الانواع من البكتريا بإختلاف المواسم, ولقد لوحظ وجود هذا النوع من البكتريا وبدرجة كبيرة في مواسم الصيف بينما يقل في موسمي الشتاء والخريف.

في الطبقات العليا يمكن عزل كثير من الاحياء المجهرية الهوائية وذلك لأنها غنية بالأوكسجين بسبب قربها من السطح ووجود التيارات الهوائية فيها. كما أن وجود الطحالب بكثرة يساعد على توفير الاوكسجين الناتج عن عملية التركيب الضوئي لهذه الكائنات.

- **مياه المصبات:**

المصبات هي عبارة عن اجسام مائية يمتزج فيها الماء العذب بماء البحر وتعد مناطق غنية بالمواد الغذائية لكثير من الاحياء بسبب جرف المواد العضوية مع مياه النهر وكذلك الفضلات المطروحة من قبل السكان على هذه المصبات. يوجد في بداية المصب كثير من البكتريا المكونة للاسبورات والاكتينومايس والنوكارديا والابتدائيات وبعض الفيروسات المعوية و بكتريا القولون و غيرها من الاحياء المجهرية.

ومما يجدر بالذكر ان ملوحة المياه في بداية المصبات تكون اقرب الى 0.02% لذا فأن كثيراً من الاحياء المجهرية الخاصة بالمياه العذبة وكذلك الموجودة في التربة التي توجد في بداية المطبات وذلك لأن نسبة الملوحة منخفضة جداً وتكاد تكون المياه في هذه المناطق مياه عذبة وبعد ان يستمر تغير نسبة الملوحة في المياه بإزدياد البعد عن المصب الاصلي حتى تصل درجة الملوحة الى الدرجة الاعتيادية لملوحة البحر وهي 3.5 % تظهر الاحياء المجهرية الخاصة بالبحار والتي تكون مستعدة للعيش في مثل هذه النسب من الاملاح.

إن وجود الاحياء المجهرية في المياه المالحة وكذلك في المياه العذبة يختلف بإختلاف المواسم اي ان هناك علاقة بين نوعية وكمية الاحياء المجهرية وبين الاختلافات الموسمية. كما ان كمية المواد العضوية تأتي كعنصر اساسي في هذا الاختلاف ومن ثم درجة الحرارة وكمية الامطار الساقطة والرياح وغيرها من العوامل البيئية التي تؤثر في مجمل الاجسام المائية و على مدار السنة.

2- المياه الجوفية:

تشمل المياه الجوفية المياه التي تقع تحت سطح الارض كمياه الابار والعيون، وتمتاز بقلة الاحياء المجهرية أو عدمها حيث يلعب ترشيحها خلال الطبقات الأرضية الدور الرئيسي إضافة الى ذلك فإن اختلاط مثل هذه المياه بالغازات الموجودة في اعماق الارض يحد من وجود الاحياء المجهرية. ان اختلاف حرارة المياه الجوفية يساعد على تباين نوع الاحياء المجهرية الموجودة بصورة طبيعية فيها حيث تتفاوت درجة حرارة هذه المياه بين (صفر - 100) درجة مئوية والجدير بالذكر ان درجة حرارة المياه الجوفية ترتفع درجة فهرنهايتية واحدة لكل 50 قدم عمقاً. و نظراً لأن المياه الجوفية بعيدة بحد

ذاتها عن مصادر التلوث الموجودة على سطح الارض فان محتواها الميكروبي يكون محدوداً جدا ويمكن القول انها خالية تماماً من الاحياء المجهرية إلا انها خالية تماماً من الاحياء المجهرية إلا ان مياه الابار والتي هي جزء من المياه الجوفية قد تتلوث بشتى انواع الاحياء المجهرية وحتى المرضية منها والسبب في ذلك يعود الى قرب هذه الآبار من المناطق السكنية وكذلك عدم احاطة هذه الابار بموانع التلوث وبالأخص عند الفيضان في فصل الشتاء وعندما يحدث جرف للأتربة المجاورة للبئر، وكذلك استعمال الدلو وبعض الاساليب القديمة في الحصول على المياه، تعد من الاسباب الملوثة وتؤثر بعض أنواع البكتريا في الابار فتلوثها وتغير لونها وقد تؤدي الى انسدادها ومن ابرز الأمثلة على ذلك بكتريا الحديد Iron Bacteria.

بكتريا الحديد Iron Bacteria: عرف كوليمور بكتريا الحديد بأنها مجموعة من البكتريا الهوائية التي تستعمل أكسدة ايونات الحديدوز والمنغنيز أو كليهما كمركبات اساسية في فعالياتها الأيضية. إن ناتج الأكسدة يُكون املاح الحديديك او المنغنيز في داخل الخلية أو محيط بها مما يعطي الخلايا شكلا بنياً خاصاً بها وتوجد في اغلب بقاع العالم مع عدد المناطق القطبية الجنوبية ومن اهم انواعها:

- *Thiobacillus*
- *trioxidanes*
- *Lepthrix*
- *Calothrix*

والنوع الاول هو الشائع في مياه المجاري ذات الطابع الحامضي، ولا توجد بكتريا الحديد عندما تكون نسبة الحديد أقل من (0.1) ppm. وتبدأ بالوجود عندما تكون نسبة الحديد ما بين (0.5 - 0.2) ppm.

المشاكل التي تسببها البكتيريا الحديد:

1- تكون المياه باللون الاحمر أو البني نتيجة نموها مما يجعل المياه غير مقبولة المواصفات.

2- تثبيط (إعاقة) معدل ضخ المياه لوجودها في داخل شبكات توزيع المياه.

3- التأثير في الخزانات وصهاريج المياه وذلك بتأكلها.

4 - إنسداد مرشحات المياه المستخدمة في تصفية المياه.

5 - تآكل مضخات الابار وانابيبها ومحتمل انسداد الابار.

3- المياه الجوية:

وهي المياه التي تتكون من الابخرة المكثفة وينتج عنها (الامطار والثلوج والحالوب). تحتوي هذه المياه على نفس مكونات الهواء في طبقات الجو العليا الاحياء من الاحياء المجهرية والرواشح والفيروسات مع اسبوراتها وبعض الطحالب واكياس الابتدائيات.

ان سطح الارض (اليابسة والمسطحات المائية) هي مصدر الاحياء المجهرية في الهواء حيث تجرف الرياح والغبار والاتربة الاحياء المجهرية الى اعالي الجو. يختلف وجود الاحياء المجهرية بإختلاف المكان والموسم، فمياه الامطار تحتوي نسبة عالية من الاحياء المجهرية في المواسم والاشهر التي يزداد بها الغبار وفي الامطار الساقطة على المدن الكبيرة. اما مياه الثلوج تحتوي اعداد اكبر من مياه الامطار اثناء سقوطها وذلك لسعة سطح الثلج عند سقوطها ما يجعلها اكبر للجزيئات العالقة في الهواء. يقل عدد البكتريا وقد تنعدم في الثلوج الساقطة على الجبال الشاهقة بسبب نقاوة تلك المناطق. اما مياه الامطار الساقطة على شكل حالوب فتحتوي على اعداد بكتريا اكبر من مياه الامطار والثلوج بسبب سعة المساحة الملائمة للأحياء المجهرية للجزيئات العالقة من الغبار الحاوي على الاحياء المجهرية والسبورات.

العوامل الرئيسية التي تؤثر في وجود الاحياء المجهرية في المياه:

1- نوعية المياه:

حيث تؤثر في الاعداد الميكروبية فالمياه السطحية تكون عرضة للتلوث اكثر من غيرها وذلك لتعرضها لمختلف الظروف البيئية، إضافة للتلوث الناتج عن مخلفات شتى المصانع ومخلفات الانسان والحيوان. بينما تُظهر المياه الجوفية تلوثاً اقل بسبب وجودها تحت سطح الارض إضافة الى الترشيح الحاصل اثناء مرورها بمختلف طبقات التربة.

2- الحرارة:

تعد من العوامل المهمة التي تؤثر في وجود الاحياء المجهرية وفي مختلف مصادر المياه. ان جميع الفعاليات البيولوجية تعتمد على مجمل الفعاليات الانزيمية التي يقوم بها الكائن الحي المجهري، وبما ان الانزيمات تحتاج الى درجة حرارية مثلى لكي تقوم بعملها الوظيفي على اكمل وجه لذا فإن التأثير يكون مهماً في الفعاليات البايلوجية للكائن الحي. وتقسم الاحياء المجهرية تبعاً لدرجات الحرارة كما في الجدول التالي:

مجاميع الاحياء المجهرية تبعاً للحرارة	درجة الحرارة	البيئة الملائمة
المحبة للحرارة العالية Theophiles	40 -100	الينابيع الحارة
المحبة للحرارة المعتدلة Mesophiles	10 – 40	الجهاز الهضمي للإنسان
المحبة للحرارة الواطئة Psychrophiles	10- – 10	مياه المحيطات

في الغالب لا يمكن العثور على خلايا الكائنات المجهرية التي تمتلك نواة حقيقية في درجات حرارية اعلى من 60 درجة مئوية حيث ان المياه في هذه الحالات تحتوي على البكتريا فقط والتي الكائنات بدائية النواة ومن هذه البكتريا جنس Thermus ذو الشكل الخيطي والذي ينمو في 85 درجة مئوية. تعتمد الاحياء المجهرية الميالة للحرارة العالية على إمكانية قيام بروتينات أجسامها بالفعاليات الحيوية في درجات الحرارة المرتفعة وذلك لأن انزيماتها تفضل العمل في مثل هذه الدرجات. كما اثبتت التجارب أن

انزيمات بعض انواع البكتريا الموجودة في مصادر الينابيع الحارة تستطيع العمل في 70 درجة مئوية ولا يمكنها القيام بوظائفها الأساسية في اقل من 45 درجة مئوية، بالإضافة لتأثير الانزيمات تتأثر التراكيب الخلوية الاخرى مثل الاسواط والرايبوسومات والاغشية الخلوية والاحماض النووية بالحرارة وانخفاض درجة الحرارة.

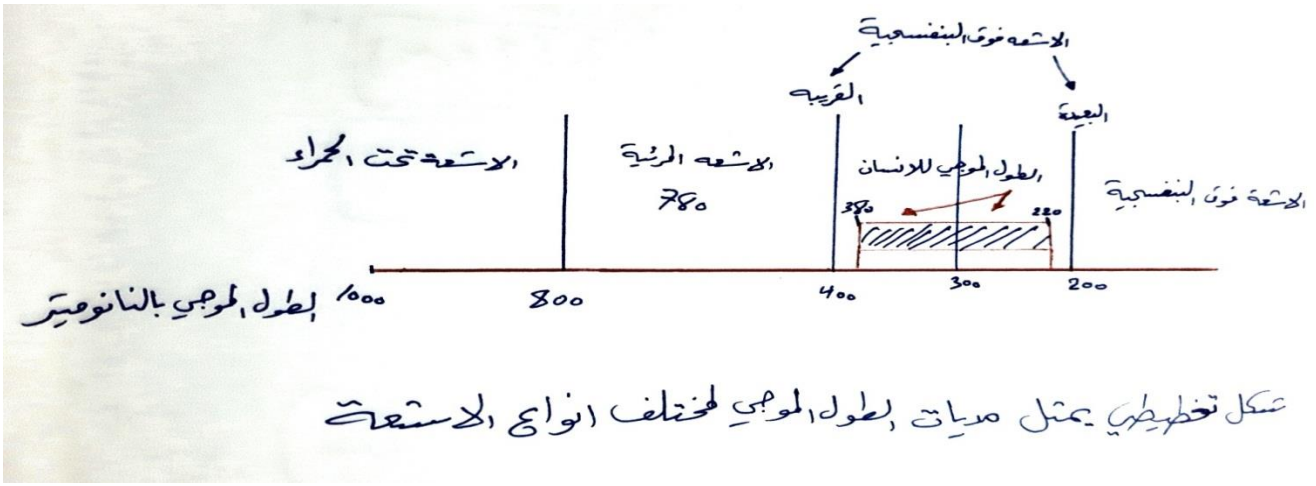
التمنطق الحراري:

تتأثر البحيرات وحتى البحار والمحيطات بالتغيير الموسمي لدرجات الحرارة. ففي فصل الصيف تتأثر الطبقات السطحية للمياه بإرتفاع درجات الحرارة مما يؤدي الى دفئ هذه المنطقة بعمق يتراوح بين عدة أقدام و مئات الاقدام، تسمى هذه المنطقة بالطبقة الفوقية وتتميز بحركة المياه فيها وتوفر الأوكسجين وبالتالي فالأحياء المجهرية تحتاج للأوكسجين والضوء إضافة الى درجات الحرارة التي تتقيد بها انواع معينة من الاحياء المجهرية درجات الحرارة في هذه المنطقة نادراً ما تصل الى 30 درجة مئوية. أما الجزء الأسفل من البحر او البحيرة فأن الماء لا يحتوي على الاوكسجين الا في الندر القليل منه وكذلك الضوء إضافة الى عدم وجود حركة للماء مما يؤدي الى استقرار طبيعة هذه المناطق وتسمى هذه الطبقة بالطبقة التحتية. اما الجزء الذي يفصل الطبقة الفوقية عن الطبقة التحتية فيسمى هذا الجزء بالانحدار الحراري. وغالباً ما تكون درجة الحرارة في المناطق التحتية من البحار مستقرة ما بين (2 _ 2-) درجة مئوية. إن الاحياء المجهرية في هذه الطبقات تكيف نفسها للمعيشة في مثل هذه الظروف لتحافظ على وجودها. في فصل الربيع جليد الشتاء سوف يذوب حيث كثافة الماء تصل الى اقصاها عند 4 درجة مئوية، لذا فإن المياه تغطس الى القاع وهذا الغطس يحدث أيضاً في فصل الخريف والشتاء مرة أخرى مما يؤدي الى ظاهرة (انقلاب الماء) إن هذه الظاهرة تؤدي الى مزج مجمل المحتوى المائي للبحيرة من أحياء مجهرية ومواد غذائية وملوثات مرتين في السنة مما يغير في استقرارية النظام البيئي.

3- الضوء:

يؤثر الضوء في فعاليات الاحياء المجهرية و وجودها عامةً ويمكن تحديد طول الموجات التي تؤثر في هذه الفعاليات بين (220 - 1000) نانوميتر. إن الاشعة فوق البنفسجية البعيدة والتي تقع طول الموجة فيها ما بين (220 - 300) نانوميتر, توجد في طبقات الجو العليا من الجو وعلى ما يقرب (25) كم, حيث يوجد الاوزون بأعلى نسبة. أما في طول الموجة (220) نانوميتر فأن الاوكسجين الحر يتأين مكوناً

الاوزون الذي له القابلية على امتصاص الطول الموجي الاشعاعي تحت (220) نانوميتر. ويمكن دراسة الاشعة فوق البنفسجية البعيدة (220 - 300) نانوميتر عن طريق استعمال المصابيح الزئبقية ومصابيح زينون, أما الاشعة فوق البنفسجية التي تقع في الطول الموجي (300 – 380) نانوميتر فتسمى الاشعة فوق البنفسجية القريبة وهي أقصر طول موجي يمكن أن يراه الانسان وتكون هذه الاشعة مشابهة في تأثيرها للأشعة المرئية الاعتيادية كما موضح بالشكل التالي:



شكل تخطيطي يمثل مديات الطول الموجي لمختلف انواع الاشعة

إن الاحياء المجهرية التي تعتمد فعالياتها الايضية على التركيب الضوئي غالباً ما توجد في البيئات المائية تكون متأثرة بكمية الاشعة الساقطة على السطح المائي ومدى توغل هذه الاشعة, حيث يلعب نقاء الماء وتعكره على توغل الضوء فقد لا يتوغل الضوء اكثر من 3 مترفي البحيرات المتعكرة بينما يتوغل الى عمق 150 متر في بعض البحيرات, تدعى الاماكن التي يصلها الضوء في الاجسام المائية بمنطقة الحزام الضوئي Photic Zone, والمناطق التي لا يصلها الضوء فتدعى بمنطقة الحزام المظلم.

4- الملـــوحـــة:

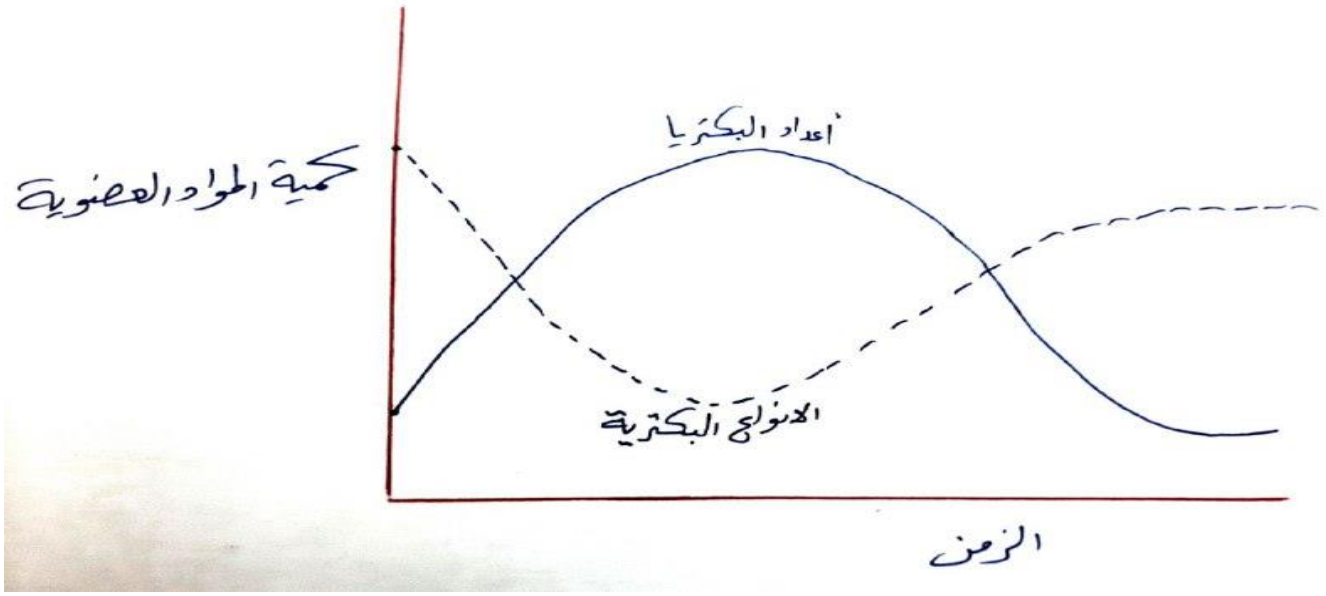
توجد في المياه المالحة الاحياء المجهرية التي تستطيع العيش في مثل هذه المياه، وكما ذكرنا سابقاً فهي تدعى البكتيريا المحبة للملوحة. ولا يقصد بالملوحة نسبة كلوريد الصوديوم NaCl فقط وانما تلعب الاملاح الاخرى دورًا مهماً، فلقد لوحظ مثلاً ان البحر الميت يحتوي على نسبة من ملح المغنيسيوم Mg أعلى من الصوديوم Na كما ان املاح الكالسيوم Ca اعلى من الاثنين. وفي دراسة اخرى لبحيرات وادي النطرون في مصر ظهرت نسبة الاملاح 30% وان الرقم الهيدروجيني pH للمياه وصلت قيمته الى 11. وعلى الرغم من ذلك وجد العديد من انواع البكتيريا ومنها بكتيريا التركيب الضوئي وبعض انواع الطحالب اضافه الى بعض السوطيات الحيوانية.

5- المواد الغذائية:

ان الزيادة في نسب المواد الغذائية من مواد عضوية وغير عضوية يؤدى الى زياده الكتلة الحيوية في المياه وخصوصاً مجموعة بكتيريا التركيب الضوئي. ان وجود هذه الاحياء وغيرها من الاحياء المجهرية يُعد دلالة ومؤشر لزياده التلوث. ان زيادة كمية مركبات النترات No_3 والفوسفات Po_4 في بحيرة واشنطن في الولايات المتحدة يؤدي الى النمو السريع لبكتيريا التركيب الضوئي. كما ان وجود المواد الغذائية النباتية يؤدي الى وجود البكتيريا المنتجة لأنزيم (السللبلير) بينما توجد البكتيريا المنتجة لأنزيم البروتيني في الاماكن الملوثة بالمواد الحيوانية.

ان طرح المواد العضوية وغير العضوية إلى الاجسام المائية يؤدي الى حدوث تغيرات في وجود المجاميع البكتيرية و الابتدائيات وكذلك الطحالب. وفي الظروف الاعتيادية للأجسام المائية يكون هناك توازن بين معدل إنتاجية الاحياء (P) وبين ومعدل التنفس (R) أي إن (P=R) وعند طرح كميات كبيرة من المواد الغذائية غير العضوية الى جسم المائي فإن ذلك يؤدي الى زوال هذه المعادلة ويحدث تعاقب مايكروبي تكون بدايتهِ زيادة معدل الإنتاجية العائد للطحالب، حينها يكون R < P وفي هذه الحالة تُختزل المجاميع البكتيرية غير ذاتية التغذية، وبعد ذلك يمكن تبدأ المواد الغذائية التي طرحت على الجسم المائي بالنفاذ، وخلال هذا تموت الطحالب لتبدأ المجاميع هذه والتي هي غير ذاتية التغذية من البكتيريا والابتدائيات في الظهور مما يؤدي الى قله الاوكسجين الذائب لتموت هذه المجاميع غير ذاتية التغذية

وتكون مادة غذائية لدورة اخرى من الطحالب. هناك علاقة بين تنوع البكتيريا والمواد العضوية فكلما زادت المواد العضوية زادت اعداد البكتيريا لكن بالمقابل يقل التنوع البكتيري الى اقل عدد ثم يرجع الوجود البكتيري المختلف الانواع الى وصفه الاعتيادي حين تستنفذ اغلب المواد العضوية.



6- الضغط المائـــي:

يؤثر الضغط المائي في نوعية الاحياء المجهرية واعدادها في المصادر المائية, فالبكتيريا التي توجد في التربة لا تستطيع العيش في البحار كذلك البكتريا التي توجد في المياه العذبة لا يمكنها البقاء في المياه المالحة. تعرف البكتيريا التي تستطيع مقاومة الضغط بالبكتيريا المحبة للضغط، وغالباً ما توجد مثل هذه الانواع البكترية في قيعان المحيطات. من المعلوم كلما زاد العمق 15 متر يزداد تبعاً لذلك ضغط الماء بمعدل ضغط جوي واحد (15 باوند لكل انج مربع) لقد عزلت انواع بكترية على عمق 1000 متر بمقدار ضغط يصل الى 1000 ضغط جوي. وعند مقارنه بكتيريا اشريشيا القولون و Pseudomoes Bacteria حيث توجد الاولى في الجهاز الهضمي للإنسان والحيوان بصورة طبيعية بينما توجد الثانية في قيعان الاجسام المائية. ووجد ان اشريشيا القولون قد يتوقف فيها التخليق البروتيني في 680 ضغط بينما يستمر في الثانية التخليق البروتيني حتى ما يعادل 1000 ضغط جوي.

المحاضرة 5

البكتـــريا في البيئـــات المـائيـــة:

توجد البكتريا في مختلف البيئات المائية, فهي توجد في المحيطات الباردة في اقصى شمال الكرة الارضية إلى البيئات المائية الاستوائية كما يمكن ملاحظة البكتريا في البيئات المائية المتطرفة والتي قد لا توجد فيها أي كائن حي آخر كالينابيع المعدنية الحارة. وتلعب الظروف الفيزياوية والكيمياوية للبيئات المائية دوراً مهماً في تحديد نوعية البكتريا وأعدادها المتواجدة في مثل هذه البيئات.

البكتـــريا في المياه العذبة:

تعيش البكتريا في مختلف البيئات المائية كالبحيرات والانهار والبرك والعيون وغيرها, ومن اهم الانواع التي توجد في مثل هذه البيئات هي البكتريا الرمّية حيث يمكن ملاحظتها في مياه الانهار بأعداد كبيرة وأنواع مختلفة. وغالباً ما يعكس وجودها درجة التغذية في ذلك النهر, إذ ان اعداد البكتريا الرمّية تزداد في الانهار الحاوية على المواد الغذائية بثرة وتقل في المياه الفقيرة بهذه المواد. وتبدي الانهار تفاوتاً كبيراً تبعاً لمختلف المناطق ويختلف توزيع البكتريا في ضفاف الانهر عنهُ في العمق, كما ان أنواع البكتريا الموجودة في قاع النهر أو في منتصف عمقه تختلف وكذلك تختلف عن الانواع الموجودة على سطح ذلك النهر.

غالباً ما تصل أعداد البكتريا الرمّية في مياه الانهار الى اقصاها في فصل الشتاء وإلى عدد أقل في فصل الصيف وذلك بسبب درجة الحرارة والمواد الغذائية المتوفرة في فصل الشتاء والتي تساعد البكتريا الرمّية على التكاثر والعيش. إن أعداد البكتريا الكلي يزداد أو يقل تبعاً لبُعد المنطقة التابعة للنهر عن المدن الكبيرة إذ تزداد بالقرى عن المدن, كما إن تواجد روافد للنهر تؤثر بشكل مباشر في أعداد البكتريا. إن الانهار التي تُطرح اليها الفضلات او التي يُطرح اليها كميات قليلة من هذه المياه فأن الظاهرة الموسمية (زيادة أعداد البكتريا الرمّية شتاءاً أو قلتها صيفاً) لا تكون واضحة. وفي هذه الحالة يعتمد التعداد الكلي للبكتريا والبكتريا الرمّية على نتاج النهر نفسه من المواد الغذائية وبالأخص الهائمات النباتية والتي لا توجد في فصل الشتاء بل في فصلي الربيع والخريف أو في أواخر الصيف. إن كثيراً من الانهار الموجودة في المناطق الحارة حيث ضوء الشمس والحرارة مع مدار السنة والتي تعطي

استقرارية بيئية بحيث لا تساعد على تباين نتاج النهر وهذا بدوره لا يؤدي الى إختلافات موسمية في اعداد البكتريا.

هناك أنواع بكتيرية تعيش بصورة مستقرة فوق المواد الصلبة او فوق الجزيئات الطافية وكذلك فوق الهائمات النباتية أو الحيوانية وعلى وجه الخصوص المُسنة منها مثل بكتيريا العفن و بكتيريا القولون وبكتيريا النترجة. اما البحيرات فتضم مختلف انواع البكتيريا وذلك لدور الهائمات النباتية الهام في وجود العدد البكتيري الذي يصل الى اقصاه في فصلي الربيع و اواخر الخريف أو اواخر فصل الصيف، إذ تصل إنتاجية البحيرات اقصاها من الهائمات النباتية.

لوحظ ان بعض البحيرات تُظهر عدداً أعلى من البكتيريا في فترة واحدة من السنة وهي شهر آب وأيلول، وهي الأشهر التي تتحلل فيها الهائمات النباتية. مما يساعد على وجود المواد الغذائية لهذه المجاميع البكتيرية تظهر البحيرات ذات المناخ المعتدل في فصل الصيف تمنطقاً حرارياً ففي الطبقة التحتية يتواجد غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S بدلاً من الاكسجين O_2 وتوجد في هذه المنطقة وفي القاع خصوصاً البكتيريا متغايرة التغذية، حيث يصل اعدادها الحد الاعلى في هذا الفصل. كما توجد هذه البكتيريا تحت طبقة الانحدار الحراري وتكون السيادة فيها لبكتيريا العفن بينما في القاع تكون السيادة لمنتجات الميثان CH_4 و الكبريتات SO_4. ان المنطقة الواقعة تحت طبقة الانحدار الحراري والمتأثرة بالضوء تحتوي بكتيريا التركيب الضوئي. البكتيرية، بينما تسود في القاع بكتيريا الكبريت العديمة اللون والطحالب و في فصل الربيع والخريف فأن ظاهرة انقلاب الماء تؤدي الى توفر الاوكسجين بكميات كبيرة مما يسبب انخفاضاً كبيراً في اعداد الكبريت اللاهوائية. اما في مياه العيون فتكون الاعداد البكتيريا قليلة وذلك بسبب قلة المواد الغذائية في مثل هذه البيئات ولا يتجاوز اعداد البكتيريا الرمية بضع مئات في المليلتر الواحد من الماء.

المحاضرة 6

أنواع البكتريا في البيئات المائية العذبة:

تنتشر في البيئات المائية العذبة أنواع مختلفة من البكتيريا ويختلف هذا التواجد والانتشار على نوع المصدر المائي والظروف التغذوية فيه إضافة الى العوامل البيئية الفيزيائية الاخرى كالأمطار والحرارة وسرعة التيار وشدة الضوء والرياح وغيرها من العوامل. كثيراً ما يلاحظ في المناطق السطحية من البحيرات التي تُعد غنية بالأوكسجين بكتيريا Micrococcus و Achromobacter وكذلك البكتيريا المؤكسدة للميثان مثل Methanmicu و Pseudomonas وكذلك مؤكسدات الكبريت العديمة اللون مثل Thioplaca وجنس Actinomycetes ويكون وجود هذا النوع من المؤكسدات في الطبقة السفلى من البحيرة.

هناك انواع بكتيريا معينة تدعى البكتيريا المحبة للملوحة والتي يمكن ملاحظتها في البحيرات المالحة فمثلا تستطيع بكتيريا Marismortun و Chromobacterium العيش في البحيرات المالحة التي تصل نسبة الملوحة فيها الى 12% كما يوجد جنس Halobacterium والذي لا يستطيع العيش الا عندما تكون نسبة الملوحة اعلى من 12% اما في الانهار فتضم انواعاً مختلفة من البكتيريا بينها بكتيريا التربة التي تجرفها مياه الامطار او سرعه التيار الهوائي. ان كل من بكتيريا Azotobacter و Choococcumيمكن ملاحظة وجودها في مياه الانهار علماً ان وجودها الطبيعي اصلاً في التربة. وتحتوي الانهار تبعاً لدرجة تلوثها بمياه الفضلات على اعداد من بكتيريا القولون البرازية وعلى المكورات السبحية البرازية بمختلف مصادرها كالبكتيريا المختزلة للكبريت.

وتوجد في العيون المائية الحاوية على الحديد انواع مختلفة من البكتيريا الحديد، كما توجد في العيون الحارة البكتيريا المحبة لدرجات الحرارة العالية، وتوجد بعض انواع بكتيريا التركيب الضوئي في العيون الحارة. كما يلاحظ بعض انواع البكتيريا والتي تمتلك سويقات للتثبيت في مياه الجداول الفقيرة بالمواد الغذائية.

البكتيريا البحرية Marine Bacteria:

لا تضم البكتيريا الموجودة في البحار او المحيطات الا تلك الانواع التي تستطيع العيش في وجود نسبة معينة من كلوريد الصوديوم NaCl حيث يمكن لهذه الانواع ان تنمو بصورة جيدة ما بين (2 - 4)% من كلوريد الصوديوم وتدعى هذه البكتيريا بالمحبة للملوحة. ومع ان البكتيريا التي تعيش في البحار تقع تحت مظلة البكتيريا المحبة للملوحة إلا أن هنالك تفاوتاً في مقاومتها لنسبة الاملاح. من هذه المجموعة بكتريا تستطيع العيش في المياه العذبة وإن وجودها في المياه البحار يكون مؤقتاً، اي انها تستطيع مقاومة الاملاح بنسب قليلة وغالباً ما توجد في مياه المصبات وتدعى مثل هذه البكتيريا بالمقاومة لملوحة. اما التي تقاوم نسبة الاملاح بدرجة متوسطة بين (5 - 20)% فهي التي توجد في البحار والمحيطات التي يمكنها العيش.

في المياه العذبة والتي تسمى بالبكتيريا المحبة للملوحة المعتدلة.هناك نوع اخر من البكتيريا المحبة للملوحة وهو الذي يمكنه النمو في نسب ملحية عالية.

تتراوح ما بين (20 - 30) % كما هو الحال في البحر الميت والبحيرة الكبيرة في امريكا وتدعى مثل هذه البكتيريا بالبكتيريا المتطرفة. نظراً للأعماق السحيقة للبحار والمحيطات والتي تكون بألاف الامتار لذلك فإن الاختلاف في التنوع البكتري سيكون وارد وخاصةً بالنسبة الى مقاومة هذه الانواع البكترية للضغط المائي. ومن المعروف ان البكتريا المحبة للضغط Banophilic Bacteria غالباً ما توجد في البحار والمحيطات كما توجد المجاميع البكترية التالية:

- المُكورات Cocci
- العُصيات Rods
- الضمات Vibrios
- الحلزونيات Spirilla

إلا أن العُصيات ذات صبغة كرام السالبة تشكل نسباً عالية من هذه البيئات. أما البكتيريا المحبة للضغط والموجودة في البيئات المائية المالحة غالباً ما تكون من مجموعة البكتيريا المحبة لدرجات الحرارة الواطئة Psychrophilic غالباً ما تظهر بالمصبات انواعاً متغايرة من البكتيريا وعلى وجه الخصوص تلك التي من التربة إضافة الى المد والجزر وعدم استقرارية نسبة الاوكسجين او الملوحة.

انـواع البكتيريـا فـي البحـــار:

هناك انواع مختلفة من البكتيريا في البيئات المائية المالحة واغلب هذه الانواع لا تستطيع العيش في وجود الاوكسجين او عدمهِ. ان هذه الانواع التي تأقلمت علي ندرة المواد الغذائية في البحار والمحيطات نظراً لكبر حجم هذه الاجسام المائية، لذا فإن زراعة هذه البكتيريا في المختبر وعلى اوساط زرعيه تعطي اشكالاً متعددة غير معهودة في بيئاتها الطبيعية، توجد خمس رتب بكترية توجد في مياه البحار وهي :

- *Actinomycetales*
- *Eubacteriales*
- *Beggloales*
- *Pseudomonadates*
- *Myxobacteriates*

توجد البكتيريا الارجوانية في الاعماق وفي الظروف الهوائية كما توجد البكتيريا الارجوانية غير الهوائية. كم ان بكتيريا الميثان التي تستطيع أكسدة الميثان الى CO_2 تتواجد في البحار والمحيطات. تشير التقارير الى ان اكثر من نصف انواع البكتيريا المعزولة من ترسبات القاع في البحار تعود الى البكتيريا المكونة للأصباغ والتي يكثر وجودها في بحر العرب و بحر البلطيق. يوجد في بعض الخلجان المُلوثة جنس Thiobacillus والذي يقوم بأكسدة الكبريت S لإنشاء غاز H_2S. كما تتواجد البكتريا المؤكسدة للحديد والمنغنيز في البحار والمحيطات.

يلاحظ وجود Methanobacteria الذي تختزل CO_2 إلى CH_4 في المصبات، كما يوجد جنس Methanococcus والذي يُنتج الميثان من المواد العضوية في الترسبات.

المحاضرة 7

بكتيريا التركيب الضوئي The Cyanobacteria:

الخصائص العامة: تشمل بكتريا التركيب الضوئي مجموعة الكائنات التي تتميز بكونها بدائية النواة كما هو الحال في الانواع البكترية الاخرى, وعكس الطحالب أي انها لا تمتلك غشاءً نووياً وان الحامض النووي DNA يقع في البروتوبلازم من دون تحديد.

كما تتميز هذه البكتيريا بوجود الصبغات في المنطقة المحيطية لمادة البروتوبلاست وتتضمن هذه الصبغات الكلوروفيل A وصبغات الكاروتين مثل ميكسوزانثين Myxoxanthin و ميكسوزانثوفيل Myxoxanthophyll وكذلك بايلوبروتين Biloprotein.

لا تمتلك بكتيريا التركيب الضوئي خلايا تكاثرية ذات اسواط، وقد تتحرك بعض انواع البكتيريا بواسطه الحركة الانزلاقية. تُخزن المواد الغذائية في هذه المجموعة على شكل بروتين يسمى سيانوفايسين Cyanophycin وتختلف الوان بكتيريا التركيب الضوئي فقد تَظهر باللون الازرق لوجود صبغة زرقاء اللون تدعى فايكوسيانين Phycocyanin كما إن قسماً يُظهر لوناً اصفر مائلاً الى الخُضرة او الاحمر نتيجة لصبغة فايكوارثرين Phycoerythrin. تكون بكتيريا التركيب الضوئي كروية او اسطوانية إما على شكل مفرد او على شكل مستعمرات. وقد تُظهر اشكالاً خيطية نتيجة انقسامها في خط مستقيم واحد، ان بعض بكتيريا التركيب الضوئي يبدي تفرعاً ويكون التفرع حقيقياً عندما يكون الترافوم موجوداً في التفرع، اما التفرع الكاذب فينتج عنه التكسرات التي تحدث في خيط الام. تتميز بكتيريا التركيب الضوئي بالتخليق الحيوي للاورنيثين وكذلك حساسيتها تجاه المضادات الحيوية. وهذه الصفات المهمة جزء من الاسباب التي حولتها من الطحالب الى البكتيريا.

التركيب الخلوي للبكتيريا التركيب الضوئي:

تمتلك بكتيريا التركيب الضوئي جداراً خلوياً صلباً وواضحاً يتكون من طبقتين، يحيط بهما طبقة محيطية هلامية كثيفة وتتكون محتويات الخلية من البروتوبلاست الذي يبدي وجود منطقتين مختلفتين هما:

1- المنطقة المحيطية الخارجية: وهي تتكون من بروتوبلازم ملون وتحتوي هذه المنطقة صبغة الكلوروفيل A وصبغة البيتاكاروتين، وكذلك صبغة كارنوفية اخرى لا توجد الا في بكتيريا

التركيب الضوئي والتي تسمى صبغة فلافيسين إضافة الى كل هذا فإن المنطقة من الخلية تضم نوعين من الزانثوفيل Xanthophyl لا توجدان الا في بكتيريا التركيب الضوئي.

2- المنطقة المركزية: تتكون من بروتوبلازم مركزي وهي غير ملونة ولا تحتوي على صبغة سيانوفايسين Cyanophycin وكذلك الحمض النووي DNA.

الجدار الخلوي: ويتكون من طبقتين خارجية و داخلية، وتحتوي الطبقة الخارجية مركبات بكتينية حيث يحيط الغمد الذي يُمكن رؤيتهُ بالمجهر متباين الاطوار. اما الطبقة الداخلية من المكوببتايد Mucopeptide الموجود في جدار الخلايا البكترية وهي مادة مكونة من ببتيدات وعدة احماض امينية مرتبطة بسكريات امينية.

الاكياس المتغايرة Heterocyst's:

تتكون الاكياس المتغابرة نتيجة وجود الاشكال الخيطية لبكتيريا التركيب الضوئي في المناطق الخالية من النيتروجين. حيث تتحول بعض الخلايا الخضرية للتراكوم. وتمتلك هذه الاكياس وظائف فيزيولوجية معينة، حيث انها تُعد موقعاً لتثبيت النيتروجين إضافة الى كونها تساعد هذا النوع من البكتيريا على العيش في الاماكن التي يقل فيها النيتروجين. كما ان للأكياس المتغابرة وظيفة تثبيت الخيط البكتري على السطح السائد له. توجد الاكياس المتغابرة في رأس الترافوم أو في مركزه ولهذه الاكياس القابلية على الانبات عند وجود النيتروجين، كما تحتوي الاكياس المتغابرة على صبغة الكلوروفيل او الكاروتين لذا فهي ذات لون أصفر مائل الى الخضرة. كما إنها تحتوي على صبغة الفايكوسيانين. تُنتج بعض انواع البكتيريا التركيب الضوئي المكونة للأكياس المتغابرة خلايا سميكة الجدار تسمى الخلايا الساكنة، وتنشأ هذه الخلايا من الخلايا الخضرية لتكون ترافوماً قصيراً في نهاية المطاف ومن الجدير بالذكر إن اغلب انواع رتبة Nosocoles تحتوي على الاكياس المتغابرة.

المحاضرة 8

التكاثر في بكتيريا التركيب الضوئي:

يحدث التكاثر في بكتيريا التركيب الضوئي بواسطة طرق متعددة منها:

1- الانقسام الثنائي: ويَظهر غالباً في الخلايا الاحادية.

2- بواسطة الهرموجينا: يحدث التكاثر الخضري بواسطة تقطع التراكم الى اجزاء قصيرة حيث تنفصل هذه القطع عن الخيط الام بواسطة الحركة الانزلاقية نتيجة لإنتاج مواد هلامية والتي يمكنها النمو الى خيط منفصل ومنها نوع Calothrix.

3- بواسطة الخلايا الساكنة: حيث تتكون خلايا كبيرة ذات جدار سميك ويتكون ترايكوم قصير من الخلية الساكنة لتستكمل طوله بعد فترة.

4- الابواغ الداخلية: بعض انواع البكتيريا التركيب الضوئي تُكون دائماً ابواغاً داخلية حيث يزداد حجم الخلايا الخضرية عند تكوين الابواغ الداخلية وتشابه هذه الابواب في شكلها الخارجي الابواغ التي تُنتج من قبل الطحالب ولكنها غير متحركة وهناك ابواغ داخلية تنتج من خلايا دقيقة وتتكون هذه الخلايا الدقيقة من جسيمات بلازمية صغيرة الحجم وتَنتج من انقسام محتويات الخلايا دون حدوث اي ازدياد في حجم الخلايا الخضرية.

5- الابواغ الخارجية: يحدث في بعض انواع بكتيريا التركيب الضوئي مثل جنس Stichopiphan تكوين ابواغ عن طريق تمزق جدار الخلية في منطقة معينة ليبرز جزء من البروتوبلازم الى الخارج ثم يحاط بجدران ليُكون البوغ الخارجي.

تصنيف بكتيريا التركيب الضوئي:

تصنف بكتيريا التركيب الضوئي الى ست رتب وهي:

1. رتبة Chroococcales
2. رتبة Chamesiphonales
3. رتبة Pleurocapsales
4. رتبة Oscillatoriales
5. رتبة Nostocales
6. رتبة Stigonematales

بكتيريا التركيب الضوئي في البيئات المائية:

1- بكتيريا التركيب الضوئي في المياه العذبة: -

توجد في الانهار والبرك والجداول والبحيرات حيث يمكن ملاحظة الاشكال الخيطية وغير الخيطية في مثل هذه البيئات مثل الجنس Chroccoccus ويعتمد وجود بكتيريا التركيب الضوئي بأنواعها على مواسم جمع العينات والتركيب الكيمياوي المياه وعلى وجه العموم فإن هذه البكتيريا يكثر وجودها في المواسم الدافئة من السنه. إلا أن بعض الانواع مثل Oscillatoria توجد أيضاً في فصل الشتاء.

إن البحيرات ذات المياه الميسرة Soft Water غالباً ما تحتوي رتبة Chroococcales أكثر من غيرها من بقية رتب بكتيريا التركيب الضوئي.

أما البحيرات ذات المياه العسرة Hard Water فتبدي التركيب الضوئي تغيرات موسمية جلية في حجم وجودها ويزداد هذا الموجود في نهاية فصل الصيف وبداية امطار الشتاء. كما تُظهر بعض البرك وجود بكتيريا التركيب الضوئي بصورة دائميه على طول ايام السنة لتُكون مع الطحالب الموجودة مروجاً كبيرة Blooms وقد يمكن لمثل هذه المروج ان تسبب الموت لكثير من الاحياء المائية المفيدة مما يسبب خسارة اقتصادية لا يستهان بها.

توجد أنواع معينة من بكتيريا التركيب الضوئي ذات الفجوة الغازية في كثير من البحيرات العذبة سواءً في المناطق الحارة كما في سطح بحيرة جورج في أوغندا أو في المناطق الباردة كما في البحيرة الصافية في كاليفورنيا الأمريكية في مختلف فصول السنـــة.

يميل وجود بكتيريا التركيب الضوئي ذات الفجوات الغازية في المياه المضطربة غير المستقرة الى تكوين مستعمرات كبيرة. بينما لا توجد مثل هذه الاشكال في المياه ذات التمنطق الحراري وقد يكون السبب الى الضرر الناتج عن الضوء الشديد في المناطق السطحية مما يؤثر في هذه البكتيريا الهائمة فتقوم بتقليل بعض الفجوات الغازية والتي تساعدها على الطوفان، ان تقليص عدد الفجوات الغازية يؤدي الى ارتفاع ضغط الخلية مما يساعدها على الغطس داخل الماء.

تكون مستعمرات بكتيريا التركيب الضوئي مختلفة في المظهر فمثلاً قد يكون جنس Microcystis مستعمرات لزجة بينما يَظهر جنس Gloeotrichia اشكالاً كروية منتظمة، أما nabacna فتبدي اشكالاً متشابكة كثيفة.

2- بكتيريا التركيب الضوئي في الينابيع الحارة:-

تعرف بكتيريا التركيب الضوئي التي تعيش في الينابيع الحارة ببكتيريا التركيب الضوئي المحبة للحرارة. وتشمل هذه المجموعة الانواع والسلالات التي يمكنها النمو بصورة مثلى في درجات حرارية 46 درجة مئوية او اعلى ولها القدرة على مقاومة درجات الحرارة العليا فبعض أنواع البكترية الموجودة في المياه الينابيع الحارة في غرب الولايات المتحدة تصل فيها المياه الى درجة 85 درجة مئوية. بعض الدراسات تؤكد إن السلالات التابعة لجنس Synecehococcus الموجودة في الينابيع الحارة في كل من آسيا وافريقيا واوروبا وكذلك استراليا لا تستطيع العيش إلا بين (63 _ 64) درجة مئوية فقط. يلاحظ إن نوع Amphigraunl و Oscillatoria يوجد في المياه البكترية التي تقارب درجة حرارتها 56 درجة مئوية.

3- بكتيريا التركيب الضوئي في البيئات البحرية: -

توجد بكتيريا التركيب الضوئي في جميع البحار والمحيطات في العالم إلا انها اكثر وفرة في المياه الدافئة الاستوائية. لا توجد فروق تصنيفية بين بكتيريا التركيب الضوئي التي تعيش في المياه المالحة أو تلك

التي تعيش في المياه العذبة. ان بكتيريا التركيب الضوئي المعزولة من البحار لها القابلية على العيش في الاوساط الغذائية الحاوية على ماء البحر أو الماء العذب، وقسم أخر يحتاج الى عِدة املاح لكي ينمو في الوسط الغذائي. من الانواع المهمة للبكتيريا التركيب الضوئي سيانوبكتيريا Cyanobacteria التي تعيش في البحار ولها القابلية على تثبيت النيتروجين هو جنس Trichodesminm وهو الجنس الوحيد الذي له فجوات ومن انواعهِ التي تعيش في البحار I.Contortum و T.Thiebaut يُكون Langbyamajuscula الذي يسبب الالتهابات الجلدية للسباحين في البحار. من الجدير بالذكر ان بعض أنواع السيانوبكتيريا Cyanobacteria أو بكتيريا التركيب الضوئي يُلاحظ وجودها في البحيرات المالحة والبحار والمحيطات و المياه العذبة مثل Chroococcus و Oscillatoria.

المحاضرة 9

الفطريات والبيئات المائية:

توجد الفطريات في مختلف البيئات ومنها البيئات المائية. تعتمد جميع الفطريات على وجود المواد العضوية في البيئة التي تعيش فيها. يُلاحظ كثير من الفطريات الرمية وكذلك الفطريات الطفيلية والتي تصيب انواعاً متعددة من النباتات والحيوانات المائية، فالأولى (الرمية) تسلك سلوكاً رُمياً حيث تعيش على بقايا الأنسجة الميتة سواء كانت نباتية ام حيوانية. أما الثانية (الطفيلية) فهي تصيب النباتات والحيوانات الحية إضافة الى ذلك هناك فطريات مائية تكون رمية وطفيلية في آن واحد وتبعاً للظروف والحاجة.

كما يوجد هناك فطريات تستطيع حجز الابتدائيات والديدان بطرق خاصة وهضمها للاستفادة منها كمادة غذائية. الفطريات المائية تستطيع العيش في البيئات المائية متطرفة الرقم الهيدروجيني pH فهي تستطيع العيش في البيئات المائية الحامضية والقلوية حيث يقدر الرقم بين (3.2 _ 9.6) مثل

Saprolegnia monoica في حين تبدي فطريات أخرى تخصصاً للعيش في البيئات المائية الحامضية والقاعدية. ان كثيراً من الفطريات المائية تحتاج الى الاوكسجين في نموهِ وتكاثرهِ ويستطيع هضم كثير من المواد كالسيللوز والبكتين واللكتين والكايتين.

كما تُظهر الفطريات المائية تفاوتاً في نموها تحت مختلف الدرجات الحرارية إلا أن أغلبها يميل الى النمو في درجات الحرارة المعتدلة. علماً أن هناك انواع تميل الى الدرجات الحرارية المخفضة كما اشارت بعض الدراسات الى ان بعض الفطريات تستطيع العيش ما بين (1 _ 33) درجة مئوية.

ان احدى مؤشرات تلوث المياه هو وجود الفطريات؟ وذلك لكون الفطريات لا تتواجد في الغالب إلا في المياه الملوثة.

أصنـــاف الفطريـــات:

من المعلوم ان الفطريات تختلف في اشكالها اكثر من البكتيريا و تصنف الفطريات على انها من مجموعة حقيقية النواة وحيدة الخلية أو متكونة من عده خلايا. توجد الفطريات في جميع انحاء العالم وأينما وجدت المواد العضوية كمادة غذائية. ويمكن تقسيم الفطريات الى خمسة اصناف وهي:

1- الاعفان الغروية.

2- الفطريات الطحلبية.

3- الفطريات الراقية.

4- الفطريات الدعامية.

5- الفطريات الناقصة.

من هذه الاصناف الخمسة يُعد صنف الفطريات الطحلبية والذي قد يسمى بالفطريات الواطئة الصنف الحقيقي للفطريات المائية حيث إن أغلبها قد اقتصر وجودها على البيئات المائية وقد تكون وحيدة الخلية او مكونة من الغزل الفطري أو المصيرة الفطرية وهي أكثر تطوراً من وحيدة الخلية.

تـواجد الفطـريات في البيئـات المائيـة:

1- في المياه العذبة: -

توجد الفطريات في مختلف مصادر المياه العذبة، ويختلف هذا الوجود كماً ونوعاً تبعاً لهذه المصادر والظروف الغذائية والبيئة. وغالباً ما توجد الفطريات في الانهار والجداول بينما لا توجد الا قليلاً في المياه الجوفية وقد لا توجد إطلاقاً في حالة كون هذهِ المياه بعيدة عن مصادر التلوث بسبب قلة أو عدم وجود المواد الغذائية في مثل هذهِ المياه كما لا توجد في مياه العيون الا نادراً. هناك أنواع فطرية لا توجد

الا في المياه الصناعية النظيفة والباردة في نفس الوقت مثل جنس Sapromyces بينما يوجد صنف Leptomituslaetevs بصورة شائعة في مياه الفضلات والمياه الملوثة حيث يُكون طبقة كثيفة ضخمة في الانهار.

يصيب عدد من الفطريات الطحلبية بعض انواع الطحالب والحيوانات الصغيرة وبيوض ويرقات القشريات والاسماك. هناك بعض انواع الفطريات يعود الى رتبة Chytridiales والتي تكون ما يسمى حافظة الابواغ الحيوية والتي تُنتج اعداداً كبيرة من الابواغ الحيوية بعد نضوجها وتمتلك هذه الابواغ سوطاً واحداً حيث يعيش فوق أو في داخل الكائن المضيف الذي يصيبه، ويلاحظ وجود الخمائر في الانهر التي تُطرح اليها الفضلات بسبب وجود هذه الاحياء في مياه الفضلات بأعداد كبيرة.

يمكن لبعض الفطريات أن توجد بأعداد اكثر في مواسم معينة من السنة ويقل وجوده في مواسم اخرى. فلقد لوحظ زيادة الاعداد في شهري نيسان و أيار في بعض البحيرات اكثر من اشهر السنة الأخرى. اما البحيرات الوفيرة بالأنسجة النباتية وخاصةً الواقعة بين الغابات فإنها تمتلك اجناساً من الفطريات غالباً ما تكون صغيرة.

ولا يمكن تمييزها بالعين المجردة حيث تستطيع هذه الفطريات القيام بعملية التحلل لمثل هذه الاغصان والأنسجة النباتية وبقايا الاخشاب. هناك انواع من الفطريات توجد في الترسبات الموجودة في قاع البحيرات أو الانهار والتي لها القابلية على امتصاص الديدان المائية وقد توجد مثل هذه الفطريات في التربة أيضاً ومن اكثر أنواعها شيوعاً هي فطر Arthobotrys aligospor.

المحاضرة 10

2- الفطريات في المياه المالحة:

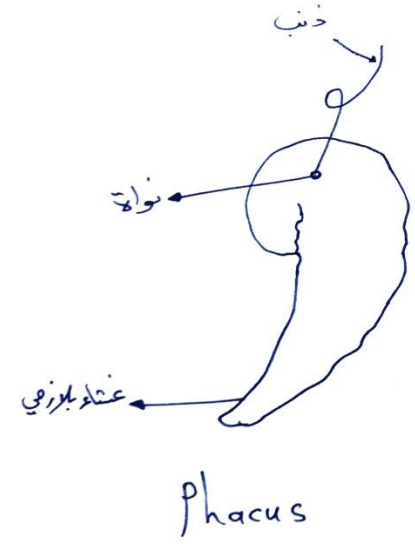
تُعد الفطريات من الاحياء المجهرية المهمة الموجودة في البيئات المالحة حيث أثبتت الابحاث ان كثيراً من أنواعها يعيش في البحار. بل إن الاصناف جميعاً يمكن وجودها في مثل هذه البيئات المائية ولجميع الرتب. ويمكن القول إن بعض هذه الفطريات لا يستطيع العيش إلا في البحار فقط كونها تحتاج الى كلوريد الصوديوم NaCl في نموها. تعد كل من صنف Chtridiales و Saprolegniales من أهم الاصناف الموجودة في البحار حيث يصيب مختلف الانواع الفطرية الاخرى. وتوجد انواع الفطر Labyrinthulae في البحار بصورة رُمية أو طفيلية وفي الغالب تكون رُمية على الطحالب او النباتات المائية الموجودة وخير مثال على هذه الانواع هو Labyrinthula Coenocysis وتعيش الخمائر (الفطريات) في البيئات المائية أيضاً حيث هناك بعض الخمائر مجبرة على العيش في هذه البيئات. في إحدى الدراسات التي أجريت لوحظ وجود اكثر من 90 نوع من الخمائر في البحار والمحيطات. تبدي الفطريات الراقية وكذلك الفطريات الناقصة وجوداً بأعداد كبيرة في البيئات البرية والمحيطات حيث يكثر وجودها في قيعان البحار الغنية بالمواد العضوية وكذلك في المناطق الساحلية نظراً لانجراف الاخشاب وبقايا الأنسجة الى مثل هذه المناطق. إن هذه المجموعة الفطرية الانِفة الذكر تستطيع ان تُحلل السيليلوز واللكتين مستفيدة منها للقيام بالعمليات البايلوجية ومن اهم الفطريات التي درست في هذه البيئات هي Mediosetigera و Halospharia من الفطريات الراقية، أما الفطريات الناقصة فمثالها Humicola و lopallonella ويُعد وجود البازيديو مايسميتات في البحار والمحيطات قليلاً حيث لم يسجل وجود إلا انواع نادرة جداً.

الابتدائيات في البيئات المائية Protozoa :

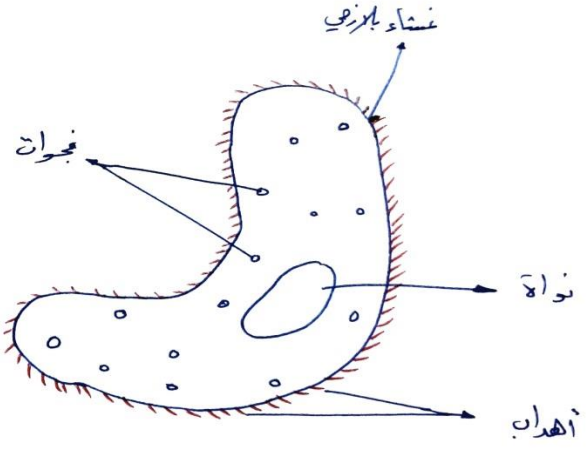
تشكل الابتدائيات جزءاً اساسياً في وجود الاحياء المجهرية في البيئات المائية و تعيش مجاميع كبيرة من الابتدائيات في منطقة السطح المائي لقرب الطحالب. بينما مجاميع كبيرة من الابتدائيات في القيعان والترسبات الموجودة في تلك القيعان مع مجاميع البكتيريا الموجودة في مثل هذه الاجزاء من الجسم المائي. وتوجد بعض انواع الابتدائيات قريبة من المواد المتعفنة للنباتات واليافها. ان الكتلة الحيوية للابتدائيات غالباً ما تزداد بإزدياد تفسخ المواد العضوية في المياه حيث يمكن للكثير من الابتدائيات

استهلاك اعداد كبيرة من البكتيريا غير ذاتية التغذية. ويمكن ملاحظة الابتدائيات في مختلف المصادر المائية نتيجة لتلوث المصادر بمياه الفضلات الحاوية على اعداد كبيرة من الابتدائيات. كما توجد هذه الكائنات في المياه الجارية والراكدة ويمكن الاستفادة من الابتدائيات في معالجة كدرة المياه الناتجة عن الوجود البكتري. من أهم الابتدائيات التي تصيب الانسان عن طريق الانتقال الى جسم الانسان عن طريق تلوث المياه أميبيا الزحار Entamoeba histolytica حيث يمكن لأكياس الابتدائيات ان تبقى ما يقرب من 6 اشهر في المياه. كما يصيب الابتدائي Naegleria gruberi وهو من الابتدائيات الاميبية الاشخاص الذين يمارسون السباحة في بعض البحيرات والترع الملوثة،

حيث يستقر في منطقة المخ مسبباً خطورة بالغة للإنسان وهناك مجاميع مختلفة الابتدائيات التي تعيش في البيئات المائية المختلفة. والشكل التالي يمثل بعض انواع البدائيات التي تعيش في المياه العذبة:



Phacus



Colpidium

بعض أنواع الابتدائيات التي تعيش في المياه العذبة

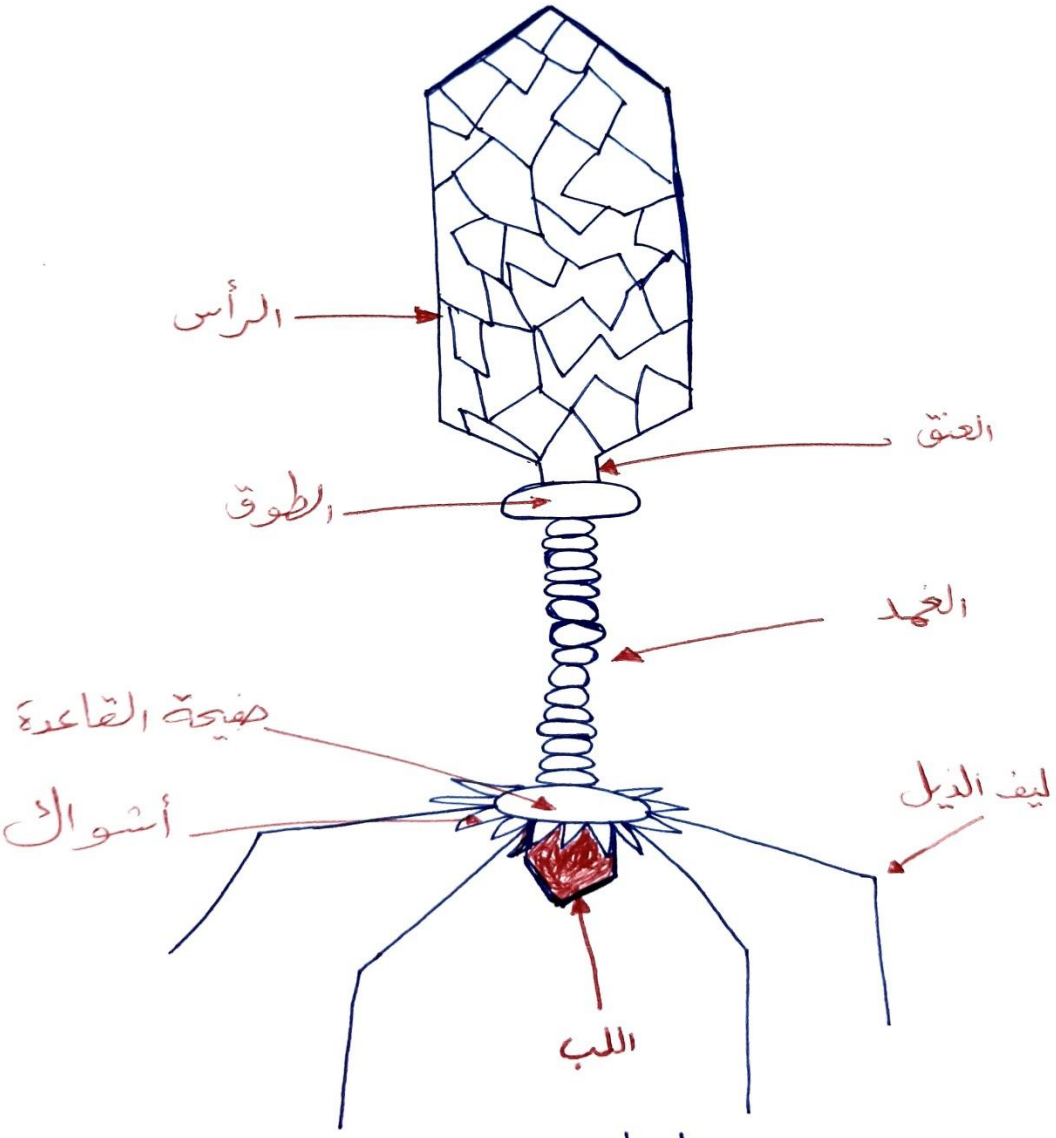
الرواشح في البيئات المائية Viruses :

من المعلوم ان الرواشح الفيروسات تلعب دوراً مهماً كعوامل لمختلف الامراض التي تصيب الانسان والحيوان والنبات. إن وجود هذه العوامل في البيئات المائية والتي هي من الوسائل المهمة في انتقالها من مكان الى آخر بعد حالة غير مقبولة من وجهة نظري التلوث البيئي والمخاطر الصحية. فلا يزال ذكرى إصابة مليون إنسان في الهند وفي مدينة دلهي بالذات بمرض إلتهاب الكبد الفيروسي قائماً وكان سببهُ تلوث مياه الشرب بمياه الفضلات بدرجة عالية بشتى انواع المسببات المرضية. إن فايروس إلتهاب الكبد الفيروسي يصيب سنوياً حوالي 60 الف شخص سنوياً في الولايات المتحدة نتيجة استهلاك القواقع الموجودة في المياه الملوثة، حيث ان حالات انتقال الفيروس الى المستهلك بواسطة القواقع المُعدة للاستهلاك الغذائي تكون واضحة في الدول الغربية أكثر من غيرها بالنظر للاستهلاك العالي لهذا النوع من الغذاء في الدول الغربية. هناك اكثر من 100 راشح معروف يفرز من براز الانسان أو من إدرار الانسان أو كليهما معاً ويمكن القول أن الغرام الواحد من براز الانسان يحوي اكثر من مليون راشح. كما يقدر ما يحتويه اللتر الواحد من مياه الفضلات ب 100000 راشح، ومن الجدير بالذكر ان الرواشح توجد في جميع انواع مياه الفضلات حيث تعد المصدر الرئيسي لتلوث البيئة بالرواشح. ان 79% من عينات مياه الفضلات أثبتت بعد دراستها انها تحتوي على رواشح مرضية للإنسان كما وان 78% من العزلات كانت من مجموعة Reoviruses و 22% من مجموعة Enteroviruses كما أثبتت نفس الدراسة إن 15 نوعاً من مجموع 16 من الرواشح المعوية Enteroviruses كان راشح شلل الاطفال Pollovirus وان واحد فقط كان نوع Coxsaclcieviruses وقد قام الباحثان Westwood و Stattar بهذهِ الدراسة المهمة. بينما الباحث Rao فقد أثبت أن ما يقارب 80% من الرواشح الموجودة في مياه المجاري هي رواشح شلل الاطفال في حين أن Slade و Ford قاما بإثبات ان مياه الفضلات التي قاما بدراستها أثبت أن 100% من العينات تحتوي على الرواشح. إن مياه الفضلات التي قام بدراستها الباحث Clark أثبت ان كل 100 مليلتر من مياه الفضلات تحتوي على 500 راشح معوي. إن الانهار التي تستقبل مياه الفضلات لابد لها ان تحتوي على رواشح بمختلف اشكالها ويمكن تحديد وجود الرواشح في ترسبات الانهار ايضاً. في احد الدراسات لنهر التايمز في لندن تبين ان اللتر الواحد من مياه ذلك النهر احتوى 100 راشح ليرتفع هذا العدد في فصل الشتاء. ويمكن أن تلوث الرواشح مياه الشرب الداخلة في شبكات التوزيع لسببٍ ما

فلقد أظهرت دراسات متعددة احتواء مياه الشرب على الرواشح في بلدان مختلفة مثل امريكا وروسيا وايطاليا وفرنسا وجنوب افريقيا ان بعض هذه الدراسات أثبتت ان مياه الشرب الحاوية على الرواشح لا تحتوي على بكتيريا القولون وان نسبة الكلور المتبقي فيها كان (0.1 _ 0.3) ملغم/لتر. ان الرواشح توجد في المياه البحار والمصبات وخاصة تلك التي تستلم مياه الفضلات المعالجة او غير المعالجة. إن المياه السطحية الملوثة غالباً ما تلوث المصبات أيضاً من البكتيريا والرواشح وغيرها من الاحياء المجهرية. وعزلت الرواشح من السواحل أيضاً وهذا يدعو الى خطورة السباحة في تلك المناطق الملوثة.

*العـاثـيـــات Phages :

توجد العاثيات في مختلف البيئات المائية وخاصة مياه الفضلات وتتشابه العاثيات والرواشح في صفات كثيرة منها كيميائية وفيزيائية، إلا أن العاثيات تظهر سهولة في زراعتها وعزلها بصورة أكثر وضوحاً من باقي الرواشح وهذا السبب الذي دعى الى تكثيف الدراسة على هذا النوع من الرواشح التي تصيب البكتيريا. ومع كل هذا التشابه فإن هناك إختلافاً بين العاثيات والرواشح عند دراستهما بالمجهر الالكتروني. وتلعب العاثيات دوراً في نقل الصفات الوراثية بين البكتيريا. ونظراً لتأثير عاثيات القولون Coliphages على وجود بكتيريا القولون في المياه فإن كثيراً من الدراسات إنصبت على هذا النوع من العاثيات، وَعُـدَ وجود هذه العاثيات دليلاً على وجود الرواشح المعوية Enteroviruses والشكل التالي يوضح نموذج لأحد العـاثـيـــات :



نموذج رسم تخطيطي للعاثيات

المحاضرة 11

التحليل الميكروبيولوجي للمياه:

يعد التحليل الميكروبيولوجي للمياه وعلى وجه الخصوص البكتريولوجي منه صمام الأمان لكثير من الامراض والاوبئة التي قد تنجم عن تلوث المياه بمخلفات الانسان أو الحيوان حيث تكون هذه الكائنات اما حامله للمسبب او مصابه به ويكون التلوث مباشرة بهذه الحالة، وقد يكون تلوث المياه ناتجاً عن طرح مياه المجاري بصورة مباشرة الى الاجسام المائية أو نتيجة قرب مياه الفضلات من المصدر المائي او بسبب خلل في شبكة التوزيع مما يساعد على دخول مياه المجاري الى مياه الشرب ويعد التحليل البكتريولوجي من الأمور التي يجب اجراؤها بين فترة وأخرى تبعاً لنوعية المياه والكثافة السكانية ان التحليل البكتريولوجي لعينة واحد من المياه لا يعني شيئاً أكثر من وصفه حالة معينة في فترة اخذ العينة وهذا ما يؤكد أن دراسة عينات المياه بكتريولوجيا يجب ان تتم بأخذ عينات متعددة ومن مناطق مختلفة وعلى فترات مختلفة أيضاً ومن المصدر المائي أو شبكة التوزيع لكي يمكن إعطاء فكرة واضحة عن مدى ونوعية التلوث الميكروبي وسببه.

يعتمد التحليل الميكروبي للمياه في البحث عن مؤشرات التلوث التي يحملها الانسان أو الحيوان او التي يطرحها حيث ان معظم الأنواع البكتيرية التي يمكن ان تسبب الأوبئة عن طريق مياه الشرب تكون موجودة بكميات اقل من غيرها من الاحياء المجهرية الأخرى فمسببات الكوليرا ومسببات التيفوئيد والبارتيفوئيد ومسببات الامـار العصوي وغيرها من الأمراض التي تنتقل عن طريق المياه وكذلك فأنها توجد بدرجة أقل في براز الانسان من الأنواع البكتيرية الأخرى الموجودة بصورة طبيعية في الجهاز الهضمي للإنسان كما ان هذه الأنواع البكتيرية الممرضة غالباً ما تكون مقاومتها في المياه اقل من غيرها. تشير التقارير الطبية والاحصائيات الى ان وجود البكتريا الممرضة قد يزيد كثيراً على حدود اشيريشيا القالون مما يؤدي الى بعض الأوبئة.

ان وجود بكتريا القولون في المياه يعد مؤشراً عاماً للتلوث الذي يمكن ان يكون من الطبيعة البراز وتعد بكتريا اشيريشيا القولون أحد اهم مؤشرات التلوث البرازي والتي يؤكد وجودها ان التلوث الحاصل حديثاً كذلك تشير الدراسات ان بعض أنواع البكتريا **Klebsiella** يقع ضمن بكتريا القالون البرازية

Faecal coliform. كما تعد بكتريا Perfringens closteridium احدى مؤشرات التلوث البرازي لوجودها في براز الانسان والحيوان بصورة طبيعية. لكن امتلاك هذا النوع من البكتريا على السبورات يؤدي الى مقاومتها للظروف البيئية المختلفة مما يفسر وجودها لوحدها في المياه الى حدوث الى حدوث التلوث قبل فترة طويلة، اما المكورات السبحية البرازية فهي احدى مؤشرات التلوث البرازي.

هناك أنواع كثيرة من الدراسات تؤكد أهمية وجود بعض الأنواع البكتيرية في المياه مثال ذلك pseudomonas aeroginosa والمكورات العنقودية في المياه وخاصة مياه المسابح. على الرغم من ان البكتريا المرضية لا يدرس وجودها خلال العمل الروتيني لتحليل المياه الا ان بعض البحوث تشير الى عزل بعض هذه الأنواع البكتيرية باستعمال أوساط غذائية انتقالية.

اما الفايروسات فيمكن ان توجد في المياه الملوثة ويجب التأكد هنا على المياه التي تستعمل للشرب او الاستعمالات البشرية الأخرى حيث ان التلوث بالبراز قد يعطي فرصة اكبر لوجود الفايروسات المعوية Enteroviruses والتي تكون اكثر مقاومة من غيرها من الفايروسات للكلور. كما ان هناك أنواعاً أخرى من الفايروسات قد توجد في المياه مثل Reoviruses وAdenoviruses ويجب ان لا يفوتنا هنا ان اختلاف مقاومة الفايروسات وأنواع بكتريا القولون للكلور يعطي تأكيداً انه لا يمكن القول ان خلو المياه من بكتريا القولون يؤدي الى عدم وجود الفايروسات ايضاً. وعندما يذكر التلوث بالبراز فان طرح بعض أنواع الابتدائيات الممرضة يمكن ان يكون واقعاً مثل اميبا النسج Entamoebahistolytica المسببة للزحار الاميبي وكذلك وجود Giardialalia المسببة لالتهاب الأمعاء الوبائي Entrtitis عند الأطفال.

الطـرق المستعملة فـي التحـليـل البكـتـروبـولـوجـي للميـاه:

عند دراسة السياق العام للطرق المستعملة في التحليل البكتروبولوجي للمياه يمكن القول ان هناك طريقتين رئيسيتين تستعملان في الفحص البكتروبولوجي الروتيني للمياه على اختلاف مصادرها وهما:

1- طريقة الأنابيب المتعددة Multiple Tube Method: ويرمز لها MTM

2- طريقة الترشيح بالأغشية Membrane Filtration Technique: ويرمز لها MFT

1- طريقة الأنابيب المتعددة MTM :Multiple Tube Method

تعتمد هذه الطريقة دراسة احجام معينة من الماء المراد فحصه بكترولوجياً كما تستعمل اوساطاً غذائية بحجم معين وتعد بكتريا القولون Colifirm becteria هي المحور الرئيسي لهذه الطريقة. ولكن هناك أنواع بكتيرية أخرى يمكن ان تدرس من خلال هذه الطريقة ولا يحتاج الباحث غير تغيير الوسط الغذائي لكي يُلائم البكتريا المراد دراستها وتختلف احجام المياه المُعدة للفحص تبعاً لنوعيتها فمثلاً الماء الذي يتوقع انه جيد يمكن استعمال عينة واحدة في حجم 50 مليلتر وخمسة عينات ذات حجم 10 مليلتر، بينما يمكن دراسة عينة واحدة في حجم 50 مليلتر وخمسة عينات 10 مليلتر وخمسة أخرى حجم 10 مليلتر في المياه التي تكون نوعيتها مشكوك فيها اما بالنسبة للمياه الملونة لدرجة كبيرة فيمكن تخفيفها بواسطة الماء المقطر حجم المعقم الى (100 – 1000) وحتى أكثر حسب درجة التلوث الموجود ويتم زراعها بعد ذلك بأحجام مختلفة الى الأوساط الغذائية. وهناك جداول إحصائية تسمى جداول الامثال Probability Tables MPN وتعتمد هذه الجداول الإحصائية على ان الاحياء المجهرية تنتشر في المياه بطريقة عشوائية إضافة الى وجود خلية بكتيرية واحدة في عينة الماء يمكن ان تتكاثر في الوسط الغذائي مسببة نتيجة موجبة وقد قام العالم Cardy عام 1918 وقد أدخلت عليها تحويرات كثيرة بعد أن وافقت عليها منظمة الصحة العالمية.

ويعتمد في البحث عن بكتريا القولون على تكوين الغاز أساساً في طريقة الانابيب المتعددة وعلى تكوين الحامض في طريقة الترشيح بالأغشية وقسمت الطريقة الأولى الى ثلاث مراحل. تعتمد الطريقة الأولى والتي تدعى (بالاختبار الافتراضي) افترض وجود بكتريا القولون نتيجة حصول الغاز والحامض في الوسط وتكون هذه المرحلة افتراضية بسبب إمكانية تكوين الغاز والحامض من قبل أنواع بكتيرية معينة لوحدها او مجتمعة غير بكتريا القولون مما يؤدي الى ظهور نتائج كاذبة ومثل هذه النتائج تكون مرتبطة بنوع الوسط الغذائي المستعمل وكذلك الأنواع البكتيرية الموجودة في عينة الماء التي اريد حصرها اما المرحلة الثانية فتعتمد تثبيط (إعاقة) نمو البكتريا القادرة على تحفيز سكر اللاكتوز غير بكتريا القولون وتحديد بكتريا ذات الأصل البرازي. اخيراً المرحلة الثالثة دراسة شكل البكتريا وقابلية صبغتها

الجرامية واختبار تكوين الغاز من مستعمرة نقية واحدة وقد يضاف الى هذه المرحلة فحص تكوين الاندول في 44 درجة مئوية وعدم استعمال مركبات السترات كمنتج للكاربون عند فحص اشيريشيا القولون.

المرحلة الأولى (الاختبار الافتراضي)

غاز الانبوب واحد أو أكثر — غاز الانبوب في أي أنبوب

الاختبار الافتراضي موجب — الاختبار الافتراضي سالب (إيقاف الاختبار)

المرحلة الثانية (الاختبار التثبيتي)

استعمال الأوساط الغذائية التي تثبط نمو البكتريا المخمرة لسكر اللاكتوز غير بكتريا القولون مثل وسط BGLG وفي 37 م° وكذلك تحديد المنشأ البرازي لبكتريا القولون باستعمال درجة 44 م°

وسط BGLG: هو وسط غذائي يحتوي على املاح الصفراء وصبغ أخضر الامع مع سكر اللاكتوز.

المرحلة الثالثة (الاختبار التكميلي)

الحصول على مستعمرات نقية في — فحص تكوين الغاز في مستعمرة واحدة

وسط صلب ثم صبغها بصبغة غرام. — وذلك بتلقيحها في وسط سائل

في بعض الحالات هناك سلالات تقع ضمن اشيريشيا القولون لكنها لا تخمر اللاكتوز الا بعد 48 ساعة. كما أن بعض اشيريشيا القولون الممرضة تخمر سكر اللاكتوز ببطيء او قد لا تخمره على الاطلاق. هناك إحصائية تقول ان 90% من اشيريشيا القولون المدروسة تستطيع تخمير السكر في غضون 48 ساعة بينما 99% تستطيع انتاج الاندول في 44 م° وفي 24 ساعة. وهذا ما يؤكد أهمية فحص الاندول عند تشخيص هذه البكتريا.

(شكل تخطيطي يوضح مراحل طريقة الانابيب المتعددة)

لقد حورت طريقة الانابيب المتعددة في السنوات الخيرة بعض الإشكالات التي تعترض هذه الطريقة منها وجود البكتريا التي تؤدي الى الموجب الكاذب. اختلاف تكوين الغاز من قبل بكتريا القولون في مختلف الأوساط الغذائية المستعملة. إضافة الى عدم إمكانية اظهار بعض أنواع بكتريا القولون غير المنتجة للغاز Anaarogrnic coliforms كل هذه الأسباب أدت الى ظهور طريقة الموجود الغائب (Presence - Absence) وهي طريقة مشتقة من طريقة الانابيب المتعددة ولا تعتمد هذه الطريقة فحص بكتريا القولون لوحدها بل تشمل مؤشرات التلوث البكتيري الأخرى منها المكورات السبحية البرازية والمكورات العنقودية وبكتريا سود ومونـاس وكذلك بكتريا ستربديوم . لقد اعتمدت هذه الطريقة من قبل بعض المختبرات في العالم والتي تقوم بتحليل المياه منها مختبرات في كندا وانكلترا وامريكا وكذلك بسبب وقتها وإمكانية اظهار التلوث البكتيري في حالات وجودة بدرجة قليلة. وتعتمد فحص 50 مليلتر من الماء باستعمال أنبوب واحد يحوي على 50 مليلتر من وسط ماكونكي المحور . عرفت منظمة الصحة العالمية بكتريا القولون انها عصيات سالبة الصبغة الغرامية غير مكونة للسبورات وتستطيع تخمير سكر اللاكتوز في 37 م° منتجة غاز الغاز والحامض في اقل من 48 ساعة. تضمم مجموعة القولون كثيراً من الأنواع البكتيرية التي يوجد قسم منها في براز الانسان والحيوان والقسم الاخر في الطبيعة وخاصة في البيئات المائية.

المحاضرة 13

2- طريقة الترشيح بالأغشية Membrane Filtration Technique: ويرمز لها MFT

أدخلت هذه الطريقة سنة 1947 من قبل الباحث الألماني كوتز Qootz وتعتمد حجز البكتريا الموجودة في المياه فوق سطح المرشحات المصنوعة غالباً من استرات السليلوز بسبب صُغر قطر الثقوب التي غالباً ما تتراوح بين (0.45_0.47) نانومتر وبعد الانتهاء من الترشيح تؤخذ هذه الاغشية وتقلب على سطح الوسط الغذائي الملائم وتحضن تحت الظروف الملائمة حيث يمكن بعد ذلك عد المستعمرات النامية وغالباً ما يستعمل وسط ماكولكي الصلب في تحديد وجود بكتريا القولون بوجه عام او اشريشيا القولون على وجه الخصوص حيث تستعمل درجة 37 م° لعزل بكتريا القولون و 44 م° لبكتريا اشريشيا القولون كما يمكن عزل المكورات السبحية البرازية بواسطة هذه الطريقة وباستعمال وسط (Azide dextrose agar) وفي درجة حرارة 44 م°. اما بالنسبة لبكتريا Clostridium perfringens فلا يمكن عزلها بهذه الطريقة بسبب حاجة هذا النوع من البكتريا في الظروف غير الهوائية. ومن محاسن هذه الطريقة انها تساعد على تحليل احجام كبيرة من المياه بسرعة في طريقة الانابيب المتعددة إضافة الى الحصول على نتائج في فترة زمنية قصيرة. كذلك عدم وجود نتائج كاذبة، كما هو عليه في طريقة الأنابيب المتعددة لكن نتائجها لا تكون جيدة في حالة فحص المياه العكرة بسبب انسداد ثقوب الاغشية وكذلك فان هذه الطريقة غير جيدة بالنسبة للمياه الحاوية على كميات قليلة من بكتريا القولون.

المحتوى الكلي للبكتريا الهوائية:

لا يستعمل المحتوى الكلي للبكتريا الهوائية كمقياس للتلوث البرازي للمياه وذلك ان كثير من أنواع البكتريا الهوائية والذي غالبا ما يكون من الاجار المغذي او مثيلاته. وتستعمل درجات الحرارة 37 م° لمدة 24 ساعة و (20_22) م° لمدة 72 ساعة.

ان زيادة مقدار المحتوى الكلي للبكتريا الهوائية قد يعطي مؤشراً لحدوث تلوث حديث فمثلاً عند زيادة المحتوى الكلي للبكتريا الهوائية لعينات من مياه الابار قد يعطي انطباعاً عن وجود تلوث مفاجئ. لكن هذا المؤشر ليس مهما في المياه السطحية مثلا بسبب التغيرات البيئية المستمرة.

المُكـــورات السبحيـــة البـــرازيـــة:

تُـــعد المكورات السبحية البرازية احدى من مؤشرات التلوث البكتيري البرازية حيث توجد بكميات اقل في براز الانسان والحيوان من اشيريشيا القالون كما انها أكثر مقاومة للكلور وللظروف البيئية. ونظراً لأن المكورات السبحية البرازية تمتلك عدة أنماط بيولوجية Biotypes وكذلك عدة أنواع Speetes وان كل واحد من هذه الأنماط والانواع يُثبط الجهاز الهضمي للإنسان ومختلف الحيوانات فمن الممكن تحديد مصدر التلوث تبعاً لهذه الأنواع والانماط البيولوجية كما ان المكورات السبحية البرازية تعطي كما للـتـلوث البرازي فيما إذا وجدت مع وجود بكتريا القولون. وهناك علاقة بين بكتريا القولون البرازية وبين المكورات السبحية البرازية وهذه العلاقة وضعها جيلورتش عام 1966 كما يلي:

إذا كانت نسبة (بكتريا القولون البرازية / المكورات السبحية البرازية) = 0.7 واقل فأن مصدر التلوث يكون من أصل اللقالق والطيور الداجنة وإذا كانت ما بين (1- 0.7) فأن التلوث فيها بفضلات الحيوانات السائدة وإذا كانت النسبة (2-1) فأن النماذج يجب اخذها من منطقة قريبة لمصدر التلوث. وإذا كانت النسبة بين (4-2) فأكثر فإن التلوث من أصل انساني وتستعمل عدة أوساط غذائية لعزل المكورات السبحية البرازية وغالباً ما تحتوي على مادة الازايد Azide التي تثبط نمو بكتريا القولون وتستعمل طريقة الانابيب المتعددة او الترشيح بالأغشية لعزل هذا الكائن اما الأنماط البيولوجية والانواع التي تقع ضمن المكورات السبحية فيمكن عزلها وتشخيصها وهناك مخطط يوضح شكل عزل وتشخيص المكورات السبحية البرازية.

كلـوستـريديوم بيرفرنجنـس:

هي بكتريا غير هوائية مكونة للسبورات توجد في براز الانسان والحيوان وهي احدى دلائل التلوث البرازي. وتكون سبورات هذه البكتريا مقاومة الكلور ولقد لوحظ نسبة clostridium perfringens تكون 75% من جنس كلوستريديوم الموجود في مياه الفضلات وتوجد هذه البكتريا غير الهوائية بأعداد اقل من اشيريشيا القولون بشكل واضح ونظراً لمقاومة سبوراتها للظروف البيئية فأن وجودها في المياه ولوحدها يؤكد ان التلوث قد حدث قبل فترة كما ان وجودها في المياه مع بكتريا القولون غير النموذجية Atypical coliform في حالة غياب اشيريشيا القولون يؤكد التلوث البرازي للمياه.

الاحياء المجهرية الممرضة:

من المعلوم أن تلوث المصادر المائية بشتى أنواع الاحياء المجهرية يكون عن طريقتي طرح الفضلات غير المعادلة مباشرة إضافة الى حدوث التلوث المباشر من قبل الانسان او الحيوان. ويعد هذا الحدث بحد ذاته خرقاً خطيراً لموازين الطبيعة فضلاً عن كونه تهديداً للبشرية بسبب إمكانية انتشار الأوبئة في أي منطقة وتشمل الأنواع الجرثومية:

- Shigella sonnei
- Shigrlla flexnri
- Hepatitis A virus
- Saimonella typhimurium
- Giardia amblia

والأخير من الابتدائيات التي تصيب الجهاز الهضمي وقد ضمن الباحث ويت معتمداً على تقرير منظمة الصحة العالمية ان 80% من الإصابات التي تصيب الانسان في الدول النامية لها علاقة بتلوث المياه.

أهم أنواع الاحياء المجهرية الممرضة:

1- ضمات الكوليرا NGA: وهي من المسببات المهمة للأمراض الخطيرة وتتواجد في المياه وخاصة في الظروف التي تفتقر الى مقومات الصحة والسيطرة الصحية ويمكنها العيش بمختلف أنواع المياه من ضمنها المياه المالحة.

2- بكتريا جنس Legionella: وهذا الجنس يعيش بصورة طبيعية في مختلف أنواع المياه وممرض للإنسان وينتقل عن طريق الجهاز التنفسي حيث يصيب هذه المنطقة من الجسم بالذات. وقد وجد في مياه البحيرات وفي عدة مناطق من العالم. كما يتواجد في شبكات المياه في بعض المستنقعات و الفنادق و أبراج التبريد.

3- بكتريا جنس Aeromonas: وقد وجد بجميع انواعه لدى الأشخاص الذين يلعبون في المياه الملوثة فضلاً عن إصابة هذه النوع للأسماك أيضاً وغالباً يوجد جنس البرومانس من الطحالب المائية

حيث تحدث الإصابة عند استهلاك هذه الطحالب من قبل الأسماك وقد وجد هذا الصنف او الجنس في مصادر المياه السطحية المالحة منها والعذبة ويوجد أيضاً في الطيور وخاصة الكناري إضافة الى العديد من الاحياء الممرضة من البكتريا والرواشح والابتدائيات.

المحاضرة 14

مياه الشرب والمعدلات المقبولة لوجود بكتريا القولون:

من المعلوم ان مياه الشرب الداخلة شبكات التوزيع والتي تكون معقمة وحاوية كمية من الكلور الحر أو يسمى بالكلور المتبقي الذي يساعد في القضاء على مسببات التلوث الذي قد يحدث خلال الشبكة نتيجة خلل فيها. ان مياه الشرب يجب ان لا تحتوي على اية خلية لبكتريا القولون Coliform في 100 مليلتر من الماء. وعندما تكون مثل هذه المياه حاوية على أي عدد من خلايا بكتريا القولون فيكون حينذاك اما في عمليات التنقية او في كيفية اخذ العينة إضافة الى إمكانية حدوث عطل في شبكة التوزيع. وقد توجد في بعض المناطق السكنية الصغيرة أجهزة توزيع صغيرة تحتوي على مياه غير مكلورة نظراً لنقاوة تلك المياه. وفي هذه الحالة قد يسمح لوجود 3 خلايا من بكتريا القولون في المياه الداخلة ضمن أجهزة التوزيع ويجب تحليل نماذج بصورة مستمرة او دورية في نفس المنطقة التي اخذت منها العينات للتأكد من مصدر التلوث وأبعاده. ان الفترات الزمنية المحددة لاختبار عينات الماء المأخوذة من أجهزة التوزيع لها علاقة بالعدد السكاني الذي يستعمل هذه المياه وتبعاً لمنظمة الصحة العالمية يمكن تحديد الفترات الزمنية بين تحليل عينة وأخرى وكما يلي:

جدول يشمل العلاقة بين عدد النفوس والتحليل البكتريولوجي لعينات مياه الشرب

عدد النفوس	الفترة الزمنية بين عينة واخرى	الحد الأدنى من العينات التي يجب ان تحلل في الشهر
اقل من 20000	شهر واحد	عينة واحدة لكل 5000 نسمة
50000_20000	اسبوعين	عينة واحدة لكل 5000 نسمة
100000_50000	أربعة ايام	عينة واحدة لكل 5000 نسمة
أكثر من 100000	يوم واحد	عينة واحدة لكل 1000 نسمة

وكما ذكرنا سابقاً فأن مياه الشرب الداخلة شبكات التوزيع يجب ان تكون خالية من بكتريا القولون لكن هناك اسباباً قد تجعل هذا غير ممكن في جميع الأحوال لذا فأن منظمة الصحة العالمية اوصت ببعض المعدلات المقبولة حاليا وهي:

1- أن 95% من العينات التي تحلل بكترولوجياً خلال أي سنة ويجب ان لا تحتوي على بكتريا القولون او اشيريشيا القولون في كل 100 مليلتر من الماء.

2- يجب ان لا تحتوي أي عينة على أكثر من 2 من اشيريشيا القولون لكل 100مليلتر من الماء.

3- يجب ان لا تحتوي أي عينة من الماء أكثر من 10 خلايا من بكتريا القولون لكل 100 مليلتر من الماء.

4- يجب ان لا توجد بكتريا القولون في كل 100 مليلتر من عينتي ماء مأخوذتين بالتناوب.

وقد افترضت جمعية الاقتصاديين الاوربية أن مياه الشرب غير المعاملة يمكن ان تقسم الى أربعة أصناف واوصت بأن كل صنف من هذه الأصناف يمكن ان تحدد معاملة تبعاً لاحتوائه على الاعداد البكتيرية وانوعها وكما يلي:

جدول يمثل أصناف مياه الشرب غير المعالجة

الاحياء المجهرية	أصناف المياه			
	A1	A3	A4	A5
بكتريا القولون الكلي في (100) مليلتر	50	5000	50000	اعلى من هذه المعدلات
بكتريا القولون البرازية في (100) مليلتر	20	2000	20000	
المكورات السبحية البرازية في (100) مليلتر	30	1000	10000	
السالمونيلا	لا يوجد أي خلية في 5 لتر من الماء	لا يوجد أي خلية في 5 لتر من الماء	لا يوجد أي خلية في لتر من الماء	لا يوجد أي خلية في لتر من الماء

يحتاج الصنف A_1 من المياه الى ترشيح وعملية كلورة (أي تعقيم بالكلور) اما الصنف A_2 فيحتاج الى معاملة أولية بالكلور وتخثير Coagulation Flocculation's وترشيح سريع وكلورة نهائية

وتحتاج المياه من الصنف A_3 الى الكلورة، التخثير، التلبيد ، الترسيب الترشيح، المعاملة مع الكاربون الفعال او الأوزن وأخيرا الكلوة النهائية، ويحتاج صنف A_4 الى تخزين الأولي في البداية او المعاملة البيولوجية لإزالة الامونيا NH_3 كالترسيب والترشيح و الكلورة.

تصفيـــة ميـــاه الشـــرب:

تعتمد تصفية مياه الشرب على مراحل مختلفة عديدة أساسها التخلص من المواد العضوية النيتروجينية Nوالامونيا NH_3 وكذلك التخلص من مجمل الاحياء المجهرية وبصورة عامة فإن أي مرحلة من مراحل التصفية يمكنها ان تؤدي الى التخلص من (90-50) % من البكتريا والفايروسات. ويتم الترسيب Sedimentation في احواض كبيرة لفترة من الزمن لكي تترسب الجزيئات الكبيرة العالقة المياه. ويذكر الباحث ميلدرث 1970 ان سبعة أيام كافية لانتزاع (90-75) % من الاحياء المجهرية البرازية وهناك بعض العوامل التي تلعب دوراً في التخلص من الاحياء المجهرية منها:-

الاشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس، التلبيد الطبيعي، الترسيب, التنافس على وجود المواد الغذائية، انتاج بعض الفضلات البيولوجية نتيجة تفاعلات الايضية والتي تقتل الاحياء المجهرية إضافة الى وجود الابتدائيات التي تلتهم اعداد كبيرة من البكتريا والطفيليات التي تعيش على البكتريا أيضاً. وتشير المعلومات الى ان خلايا الطحالب الميتة تساعد في هذه المرحلة على نمو الأينومايستات والتي تؤدي الى ظهور طعم ورائحة غير مرغوب فيهما في الماء كما ان النوارس وبعض الطيور الأخرى (طيور الماء) قد تؤدي الى تلوث المياه اثناء فترة الترسيب. ويستعمل الشب كبريتات الالمنيوم $AlSO_4$ لدعم عملية الترسيب حيث يتكون هيدروكسيد الألمنيوم الذي يساعد على سحب كثير من الاحياء المجهرية والجزيئات العالقة وكذلك جزيئات الطين نحو الأسفل. بعد ان يتم التخثير بواسطة الشب يحول الماء الى عملية الترشيح ويتم ذلك بواسطة طبقات الرمل وفي بعض محطات التصفية يتم ترشيح الماء بواسطة طبقات الرمل أيضاً بعد عملية الترسيب الاولي وتسمى هذه العملية بعملية الترشيح الرملي البطيء حيث يتم الترشيح بمعدل بطيء بقدر 15 سم عمقاً في الساعة الواحدة ومن خلال طبقة رملية تكون فيها جزئية الرمل ذات قطر ما بين (0.2 - 0.4) مليلتر . ونظراً لبطء الترشيح والحاجة الى مسارات واصلة من الاحواض وكذلك الحاجة المستمرة لمثل هذه الاحواض لعمليات التنظيف المستمرة فإن هذا النوع من الترشيح قد يفقد كثيراً من أهميته. ان عملية الترشيح التي تتم بعد عملية التخثير تتم

بواسطة طبقة من الرمل يتراوح قطر جزيئاته ما بين (0.5 - 2) مليلتر وتسمى هذه العملية بعملية الترشيح الرملي السريع وقد تغطي هذه الطبقة من الرمال بطبقة من فحم الانتراسايت لكي تمنع وصول الجزيئات الكبيرة التي قد تسد الطبقة التي تحتها ان عملية الكلورة هي من المراحل المهمة جداً في عملية تصفية مياه الشرب حيث تلعب هذه العملية دوراً مهما في القضاء على كثير من الأنواع البكتيرية التي قد توجد في المياه وقبل ضخها الى المستهلك. إن درجة حرارة الماء، وجود المواد العضوية، الرقم الهيدروجيني، الامونيا إضافة الى وجود الجزيئات غير العضوية قد تحمي الخلايا البكتيرية من تأثير المُطهر . تستعمل في عملية تصفية المياه عدة أنواع من المطهرات منها الكلوريد، ثنائي أوكسيد الكلورين، الأوزون، الايودين، برمنكنات البوتاسيوم والفضة أيضاً كما تستعمل الاشعة فوق البنفسجية في عمليات التصفية.

ان جميع هذه الأنواع من المطهرات لها بعض الخصائص الجيدة في حالات معينة, أن عملية تطهير المياه من الكائنات المجهرية بواسطة المطهرات هي عبارة عن عملية تفاعلات كيميائية ولهذا فأن درجة الحرارة تؤثر في هذه التفاعلات ان من المعقول مثلا زيادة كمية المطهرات عند انخفاض درجة الحرارة وعند ارتفاع درجات الحرارة في فصل الصيف وبسبب حدوث تفاعلات كيميائية فان زيادة المطهرات يكون ذو فائدة في عمليات تطهير المياه ايضاً. ويبين الجدول التالي تأثير درجات الحرارة والرقم الهيدروجيني على نسبة تفاعل الكلورين المتعادل و الكلورامين:

نوع الكلورين	الرقم الهيدروجيني PH	نسبة التفاعل بعد رفع درجة الحرارة 10 م°
الكلورين المتعادل	7	1.65
	8.5	1.72
	9.8	2.13
الكلورامين	7.0	2.08
	8.5	2.28
	9.5	3.35

المحاضرة 15

معالجة مياه الشرب بالمطهرات :

تستعمل عدة أنواع من المطهرات لتنقية مياه الشرب من الاحياء المجهرية العالقة ومن اهم هذه الأنواع:

1- الكورين ومركباته.

2- الاوزون.

واهميته ان الكورين ومركباته وكذلك الأوزون ذات تأثير جيد في خلايا الاحياء المجهرية بسبب:

1- أكسدة أنزيماتها.
2- التأثير في بروتين الخلية.
3- نفاذية الغشاء السايتوبلازمي لمثل هذه المؤكسدات.
4- تأثير هذه المطهرات ليس متخصصاً لجزء معين خلايا الاحياء المجهرية.

كل هذه العوامل تساعد في عدم ظهور سلالات مقاومته لأي نوع من أنواع هذه المواد الكيمياوية المستعملة لتطهير وتنقية مياه الشرب والجدول السابق يمثل كما مره علينا نسبة التفاعل عند زيادة درجة الحرارة 15 م° وفي ارقام هيدروجينية معينة. وكما ذكرنا سابقاً فأن هناك كثيراً من العوامل تؤدي الى التأثير في فاعلية المطهرات منها :

1- الطبيعة الكيمائية للمطهر
2- كثافة المطهر عند استعماله
3- الفترة الزمنية لتماس المطهر بالكائن المجهري.
4- الخصائص الفيزيولوجية لخلايا الاحياء المجهرية المعاملة مع ذلك المطهر.
5- درجة الحراة.
6- المواد العضوية

الكلورين ومركباته:

استعملت مركبات الكلورين لأول مره عام 1854 على شكل كلوريد الكلس وذلك بإضافة هذه المادة مياه مجاري ورتبة كمزيل الروائح الكريهة. وفي عام 1908 في استعمل الكلورين بصورة واسعة في عمليات تصفية مياه الشرب في مدينة شيكاغو بالولايات المتحدة الامريكية. يعد الكلور سواء على شكل غاز او مركبات من اهم المطهرات المنشرة بشكل واسع. ويستعمل غاز الكلورين المضغوط وفي شكله السائل في تنقية مياه الشرب. بينما يستعمل أيضاً في معادلة المجاري. ولكي يستطيع الكورين قتل 99.9 % من اشيريشيا القولون الموجودة في مياه الشرب يجب ان يتوفر في مثل هذه المياه من الكلور الحر او الكلور المتبقي بين (0.2 _ 1) مليغرام/ لتر.

ان اغلب البكتريا غير المكونة للسبورات تقتل بكمية قليلة من الكلورين قدر بين (0.1_0.2) جزء من المليون (ppm) من الماء بحالة خلوه من المواد العضوية. ان الحاجة الى الكلورين تختلف في كمياتها عند معاملة المياه الملوثة مثل مياه المجاري حيث تحتاج هذه المياه الى 24 مليغرام من الكلوريد في اللتر الواحد. وهذا يؤدي الى وجود كلور متبقي قدره 0.5 كلغم / لتر وفي حاله تلامس غاز الكلورين مع الماء ينتج حامض الهايبوكلوروز Hypochlorous Acid.

اليــة عمــل مُطهــر يحتــوي على O_2:

تلعب ذرة الاوكسجين الحر عاملاً مؤكسداً قوياً لكثير من أجزاء الخلية بضمنها الغشاء السايتوبلازمي والأحماض النووية والانزيمات. كما يتحدد الكلور بصورة مباشرة مع بروتينات الخلية وانزيماتها ويؤدي الى تخريبها. يستعمل الهايبوكلورات والذي يضم هايبوكلورات الكالسيوم $Ca(OCI)_2$ وهايبوكلورات الصوديوم NaOCl بصورة شائعة في المنازل قاصراً ومنظفاً للمغاسل وتكون كثافة الهايبوكلورات المستعملة في هذه الحالة بين (5_12) %. تحلل الكلورامينات ببطء عكس ما هو في الكلورين والهايبوركورايت مما يجعل استعمالها شائعا في تطهير مياه المسابح.

الأوزون Ozone

يستعمل الأوزون في عمليات تصفية مياه الشرب في كثير من المدن الأوربية ويمتاز الأوزون بأنه عامل مؤكسد قوي إضافة على انه لا ينتج طعماً أو رائحة غير مرغوب فيها في الماء بعكس الكلور الذي ينتج فينولات الكلور Chloro phrmds التي تسبب طعماً ورائحة غير مرغوبين فيهما ان الاوزن لا يتحد مع المواد العضوية التي قد توجد في الماء كما ان استعماله سهل بسبب عدم الحاجة الى تعبئته بشكل مضغوط. ان من مساوئ غاز الأوزون انه لا يترك في الماء كمية متبقية كاحتياطي في مجابهة التلوث الغازي كما هو الحال في الكلور المتبقي في شبكات التجهيز كما ان هذا الغاز يكون انتاجه اكثر كلفة من الكلور ويكفي لعمليات تصفية المياه ما مقداره (1.5_1.0)ppm لمدة عشرة دقائق لكي يؤثر على الاحياء المجهرية. وتشير المعلومات التي توصل لها كيم وجماعته عام 1980 ان نسبة عالية من البكتريوفايات نوع f_2 تتأثر بالأوزون وخلال 5 ثواني بمعدل 0.09 ملغم/لتر. ان وجود 0.5 ملغم/لتر من الكلور الحر يستطيع قتل الفايروسات في فترة ساعة واحدة, بينما 0.4 ملغم / لتر من الأوزون تستطيع قتل الفايروسات الموجودة في الماء في مدة 4 دقائق فقط. اما الايودين وبرمنكنات البوتاسيوم فاستخداماتها في تصفية المياه وبصورة عامة محدود حيث يستخدم الأول لمعالجة مياه المسابح بسبب قلة تأثره بالمواد العضوية والرقم الهيدروجيني للمياه وقد استعمل الايودين لسنوات طويلة على شكل اقراص لمعالجة المياه المحلية في المناطق التي تكون فيها الشروط الصحية غير جيدة وعدم وجود شبكة تجهيز للمياه ويعد الايودين من المؤكسدات الكبيرة الجيدة والتي تستعمل ضد اميبا الزحار Entamoebahistoytica. ان تأثير الايودين في الاحياء المجهرية ليس واضحاً لكن يعتقد انه يؤثر في الانزيمات وعلى وجه الخصوص جراء التايروسين.

اما برمنكنات البوتاسيوم فاستعمالاتها محدودة حيث تستعمل في المياه التي لها طعم ورائحة نتيجة المواد التي تحتويها كمركبات الحديد والمنغنيز.

المشاكل المتصلة بشبكة توزيع المياه:

هناك بعض المشاكل التي قد تواجه تجهيز المياه والتي ربما تؤثر على نوعية المياه وهي:

1- معدل ونوع المواد العضوية وغير العضوية التي قد توجد في المياه مما يساعد على إمكانية نمو وتكاثر الأحياء المجهرية في داخل أجهزة التوزيع.
2- عدم وجود كمية كافية من الكلور المتبقي.
3- تلوث مياه الشرب من قبل الأبراج المستعملة للتخزين وقد تبين في احدى الدراسات ان الميليلتر الواحد من الماء المكثف الموجود في السقف الداخلي لاحد أبراج المياه احتوى على $10x1.5^6$ من البكتريا.
4- تلف انابيب شبكة توزيع لقدمها او لعطب حصل فيها وخاصة حين توجد على سطح الأرض.
5- تلف انابيب الشبكة بسبب التآكل الناتج عن عمليات كيميائية واقعة على الحديد الذي يكون الشبكة او بسبب أنواع من البكتريا التي تسبب التآكل.
6- استنزاف كمية الاوكسجين الذائب في الماء والذي قد يكون أصل أسبابه التآكل الداخلي لأنابيب الشبكة وكذلك النمو البكتيري داخل الانابيب مما يؤدي قلة معدل جريان الماء وهذا بدوره يساعد على ترسب نواتج التآكل ومن ثم الى انسداد الانابيب المجهرية الموجودة خارجها.
7- الربط غير المحكم بين الانابيب يؤدي الى تلوث الشبكة بواسطة الاحياء.

القياسات الكيميائية والفيزيائية لمياه الشرب:

تعد الفحوصات الكيميائية والفيزيائية من الفحوصات المهمة من اجل التأكد من عدم احتواء مياه الشرب على معدلات من المواد اعلى من المسموح بها والمقترحة من قبل المنظمات والهيئات الدولية. لقد أعطت منظمة الصحة العالمية أهمية قصوى وخاصة في السنوات الأخيرة بسبب انتشار استعمال المواد الكيميائية وعلى وجه الخصوص المواد العضوية وتشير التقارير الى مبين (200 - 1000) مادة كيميائية جديدة تدخل سنوياً في مجال المياه العملية في شتى التطبيقات والصناعات. ويمكن لهذه المواد المطروحة سنوياً ان تُلوث مختلف مصادر المياه سواء كانت منها السطحية او الجوفية. لقد استطاعت الأبحاث التي تشرف عليها منظمة الصحة العالمية تحديد ما يزيد على 600 مادة كيميائية وجدت في مختلف عينات مياه الشرب في شتى بقاع العالم ومن ضمن هذه المواد كثير من المواد

الكيمائية والصيدلانية إضافة الى وجود بعض المواد المسرطنة. ان وجود مواد كيميائية معينة في مياه الشرب وبمقدار يزيد عن الحد الأقصى المثبت من قبل منظمة الصحة العالمية والهيئات الصحية في الدول النامية قد يؤدي الى ضرر كبير بالصحة العامة ولهذا فأن هذه المنظمة او الهيئات الأخرى قد حللت المواد الكيميائية التي يجب ان لا تزيد عن الحد الأقصى على أساس ما يمكن ان يستهلكه الفرد الواحد من المياه يومياً اذا حدد لترين ونصف من ماء الشرب للفرد الذي يزن 70 كلغم. ان الحدود القصوى والدنيا لبعض المواد السامة قد درست على أساس القدرة السمية لهذه المواد فيما تفعله بجسم الانسان سواء على المستوى القريب أو المتوسط او البعيد ان وجود الزرنيخ مثلا بنسب غير اعتيادية تصل الى 0.2 ملغم التر وكما هو الحال في بعض دول أمريكا اللاتينية قد يؤدي الى حدوث بعض الامراض السرطانية. وقد يؤدي الكادميوم عن الحد من الأذى الى تسمم الجهاز العصبي وبعض امراض القلب. وقد يكون الكادميوم أيضاً طبيعياً أو من مصادر صناعية أو قد ينتج عن مركبات الكادميوم التي تدخل في صناعة الانابيب البلاستيكية المستعملة في عمليات توصيل مياه الشرب.

الـى هنـــا مادة الكورس

المحاضرة 16

مياه المجاري:

مكونات مياه المجاري تضم مياه المجاري بشكل رئيسي :

1- المياه المنزلية الحاوية على مختلف الفضلات المتعلقة بالسكان بضمنها البراز والادرار والمنظفات والمواد الدهنية والنشوية وغيرها.

2- الفضلات الصناعية والناتجة من المصانع بشتى أنواعها والحاوية على مختلف المواد الكيمياوية العضوية وغير العضوية.

3- المياه الجوية والسطحية والجوفية التي قد تدخل شبكة المجاري.

وتكون المياه النسبة العالية من المحتوى الكلي لمياه المجاري حيث تشكل أكثر من 99% بينما تكون المواد الصلبة(0.03 _ 0.02)% وقد يلاحظ ان هذه الكمية من المواد الصلبة قليلة الا ان المدن الكبيرة التي تطرح كميات كبيرة من مياه المجاري تطرح معها عشرات الاطنان من المواد الصلبة. وغالباً ما تكون أسباب الأوبئة في العالم من تلوث مياه الشرب بمياه المجاري فوباء الكوليرا في لندن عام 1845 وقبله وباء الكوليرا في أمريكا في كل من نيواورلاينز عام 1848 ونيويورك عام 1832 وكذلك وباء التيفوئيد في أمريكا عام 1909 والأوبئة للكوليرا المتعددة في الهند كانت جميعها ناتجة عن وجود مسببات خطيرة لهذه الأوبئة في مياه الشرب بعد تلوثها بمياه الفضلات. حيث تحتوي مياه الفضلات على شتى الأنواع الجرثومية من بكتريا وفطريات وابتدائيات وفايروسات وتقوم الاحياء المجهرية الموجودة الهوائية منها وغير الهوائية بتحليل المواد العضوية وفي الظروف غير الهوائية بصورة اجبارية. حيث يقوم بعضها بإتمام ما تقوم به بعضها الاخر حيث تقوم بعض أنواع البكتريا بإنتاج الاحماض العضوية مثل الاستيك بربيونيك بينما تقوم المجموعة الأخرى بتجزئة هذه الاحماض وإنتاج غاز الميثان وثاني أوكسيد الكاربون وهاتان المجموعتان هما على التوالي:

1- Methanol bacterium.

2- Methanol sarcina.

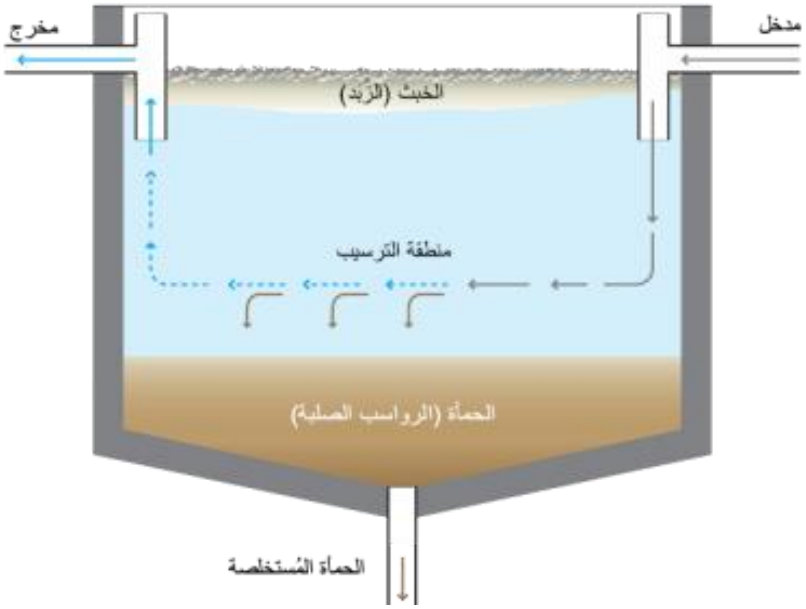
ان الرائحة غير المرغوب بها والمنبعثة من مياه المجاري ناتجة عن التجزئة البيولوجية للبروتينات وإنتاج كبريتيد الهيدروجين والميثان إضافة الى نواتج الفعاليات الايضية للبكتريا منها الكاتول وحامض البوتريك والألدهايد وجميعها ذات روائح غير مقبولة. ان الاحياء المجهرية اللاهوائية تنتج كميات من الاحماض نتيجة فعالياتها الايضية مما يجعل الرقم الهيدروجيني pH لمياه الفضلات منخفضاً وهذا مما يساعد على تطاير كميات كبيرة من كبريتيد الهيدروجين كغاز وتأين جزء قليل منه مما يساعد Thiobacillus thiooxhdan لتحويله الى حامض الكبريتيك الذي يؤدي الى تأكل انابيب المجاري وغالباً ما ينتج كبريتيد الهيدروجين من قبل بكتريا Desulfovubrio وتشير المعلومات الى ان الاحياء المجهرية المرضية وعلى وجه الخصوص الفايروسات يمكن ان توجد في مياه المجاري بعد معاملتها وقد يختلف هذا الوجود كماً ونوعاً باختلاف المواسم وحسب الإصابات المرضية التي توجد في المجتمع فقد لاحظ الباحث ماكوي McCoy سنة 1971 ان معدل وجود بكتريا السالمونيلا في مياه المجاري غير المعامل (الخام) هو 19718 خلية لكل 100 مليلتر بينما لاحظ ان نفس البكتريا في حالات الوباء وفي مياه المجاري المعاملة كان 100 خلية لكل 100 مليلتر. ان طرح مياه المجاري الخام الى الاجسام المائية كالأنهار مثلاً بالاعتماد على التخفيف الحاصل من قبل الكتلة المائية أصبح من الأمور غير المقبولة في الوقت الحاضر لا بل ان طرح مياه المجاري الى الاجسام المائية بعد اجراء عمليتي الترشيح والكلورة يؤدي الى بقاء الفايروسات وكثير من المواد الكيمياوية وعلى وجه الخصوص تلك المواد الكيمياوية التي أصبحت تستعمل على نطاق واسع كمبيدات للحشرات والادغال. ان كثير من الدول المتقدمة وضعت خططاً طموحة تنفذ في سقف زمني محدد من اجل السيطرة على تلوث المياه الوطنية الخاصة بها وابعاد الخطر الناجم عن الملوثات بشتى أنواعها ويأتي في مقدمة هذه الخطط السيطرة على مياه المجاري ومعاملتها بشكل عضوي ومتكامل. وفي العراق فقد تم وضع خصائص مياه الفضلات البلدية على النحو التالي:

- المواد الصلبة 1320.
- المواد الصلب العالقة 565.
- المواد الصلبة الذائبة 755.
- المواد الصلبة المتطايرة الكلية 500.
- BOD_5 385 عند درجة حرارة 200 م°.
- الكلوريدات CI 68 .
- درجة الحموضة PH 7.18 .

ومع كل ذلك فأن مياه المجاري قد تستعمل في بعض الدول لإنتاج الطحالب كمصدر عالي للبروتين حيث تعمل البكتريا غير ذاتية التغذية Heterotrophic bacteria على استهلاك الفضلات بينما تستعمل الطحالب المواد غير العضوية الناتجة من قبل المجموعة البكتيرية. كما ان غاز الميثان الناتج من عملية تحليل المواد العضوية يعد مصدراً للطاقة بسبب قابلية على الاحتراق كما يمكن استخدام الدبال humns أيضاً في الزراعة وتحسين التربة من خلال تحلل المواد العضوية.

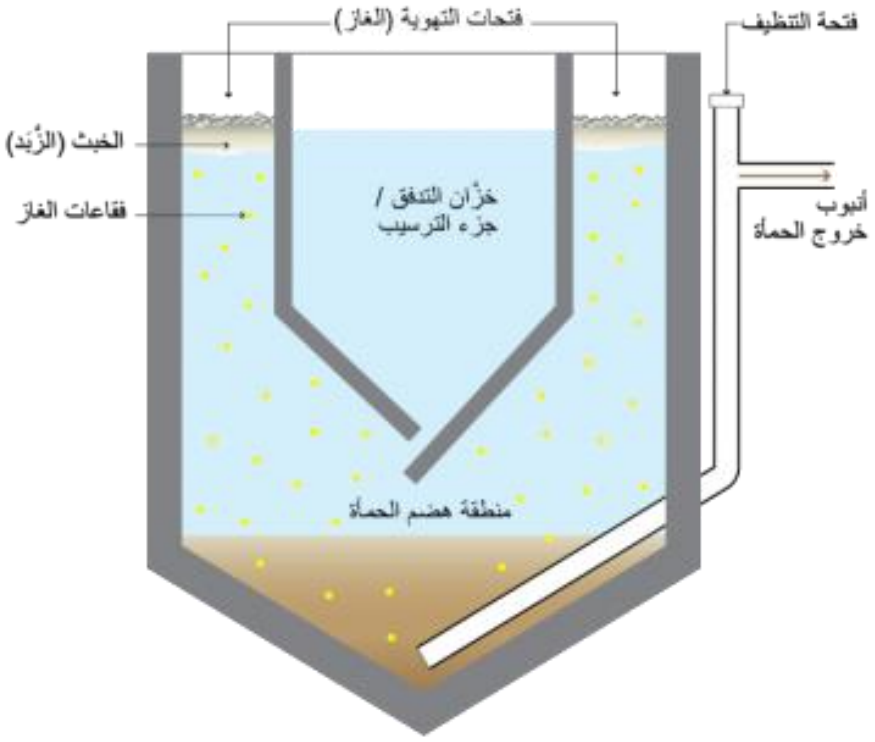
معاملة مياه المجاري:

غالباً ما تكون معاملة مياه المجاري على نوعين: الأول هو الذي يخدم مناطق سكنية كبيرة كالدمن ، والثاني هو الذي يخدم مجموعة صغيرة من الناس كالمناطق الريفية والبيوت المنفردة والموتيلات البعدية والمدن التي لا تمتلك أجهزة تصريف ويعتمد النوع الأخير على ما يسمى بحوض العفن. حيث ان عمليتي الترسب والتجزئة البيولوجية هما أساس هذا النوع. ان الترسيب يحدث للأجزاء الصلبة التي توجد في مياه الفضلات ويستمر ما تبقى منها في الجريان الى حوض اخر او يطرح الى الخارج او يمكن ترسيبه تحت الأرض. وبعد عملية الترسيب تحدث التجزئة البيولوجية غير الهوائية كما في الشكل التالي:



مخطط لحوض ترسيب

ان عملية تصريف المياه بهذا الشكل يترك إمكانية وجود كثير من الاحياء المجهرية والمواد الكيمياوية الذائبة في مثل هذه المياه مما يجعلها تهتم في كيفية ترسيبه في المناطق التي لا توجد فيها مياه جوفية او نزحه ومن ثم تصريفه الى مناطق نائية. هناك حوض امهوف Imhooff tank وهو تحوير لحوض العفن ويضم الحوض حجرتين هي الفوقية وتقوم بعملية الترسيب. اما التحتية فتتم فيها عملية الهضم البيولوجي في الظروف غير الهوائية:



مخطط لحوض امهوف Imhooff tank

المحاضرة 17

عمليات معالجة مياه المجاري البلدية:

يمكن تقسيم مراحل معالجة مياه المجاري الى ثلاث مراحل وهي:

1- المعالجة الابتدائية. Primary treatment

2- المعالجة الثانوية. Secondary treatment

3- المعالجة النهائية. Tertiary treatment (Final treatment)

1- المعالجة الابتدائية Primary treatment:

تدخل مياه الفضلات من شبكة المجاري الى مرحلة المعاملة الأولية حيث تشمل العمليات الفيزيائية المعتمدة التقنيات الميكانيكية لغربلة وجرش المواد الصلبة الموجودة في الماء والتخلص منها ويلي هذه العملية عملية الترسيب التي تتم في احواض او غرف خاصة بحيث يمر الماء بصورة بطيئة لكي ترسب الجزيئات العالقة فيه. وتسمى المادة المترسبة بالخبث او الحمأة Sludge ان حوض الترسيب يرسب ما معدله 60% من المواد الصلبة و 40% من المواد العضوية وقد يطرح الخبث في هذه المرحلة أو يترك للهضم الهوائي (anaerobic digestion). ان مياه المجاري في هذه الحالة تحتوي على كثير من المواد العضوية حيث ان المعالجة الابتدائية تؤدي الى التخلص من الجزيئات الكبيرة العالقة في مثل هذه المياه ويعد الهضم اللاهوائي احدى صفات مرحلة المعالجة الثانوية ويسمح في بعض دول العالم طرح مياه المجاري بعد المعالجة الابتدائية وبعد استعمال الكلورة الى المصادر المائية ذات التلوث الاحيائي.

2- المعالجة الثانوية Secondary treatment:

وهي المرحلة الثانية بعد المعالجة الابتدائية لمياه المجاري ومن خصائص هذه المرحلة:

أ- ان العمليات البيولوجية تسيطر عليها بصورة تامة.

ب- ان الخبث الحاصل نتيجة الترسيب في المعالجة الابتدائية يكون جاهزاً لعملية الهضم اللاهوائي والتي تقوم بها الاحياء المجهرية وخاصة البكتريا اللاهوائية الاختيارية أو الاجبارية.

ان عملية الهضم اللاهوائي ينتج عنها مختلف الغازات وعلى وجه الخصوص غاز الميثان CH_4 الذي يمكن جمعه واستعماله كغاز للاحتراق وتقل هذه الروائح الناتجة من الغازات عند تطبيق الاكسدة البيولوجية. تمر مياه المجاري على طبقة مكونة من الأحجار المكسرة او الحصى تحتها طبقة رملية يتراوح عمق هذه الطبقات بين (6-10) اقدام وتعمل هذه الطبقة كمرشح لمياه المجاري التي تضخ فوق سطح هذه الطبقة بصورة بطيئة وهذه العملية تدعى الترشيح التقطيري (Trickling Filter) وتتكون على سطح طبقة من الاحياء المجهرية الموجودة على سطح المرشح حيث تستعمل هذه الكائنات ما هو موجود من هذه المواد كعناصر غذائية لها. وتوجد الفطريات بنسب اعلى من باقي الأحياء المجهرية ومن الجدير بالذكر ان الطبقة السفلى من المرشح توجد فيها في الغالب البكتريا النيتروجينية Nitrobacteria ones ان المعالجة بالمرشح التقطيري Trickling Filter تكون ذات فائدة لتلك المياه الاتية من المصانع بسبب احتوائها على المواد السامة.

معالجة الخبث:-

هو احدى الطرق المستعملة بشكل واسع لعملية التجزئة البيولوجية في الظروف الهوائية وتتم بعد ضخ مياه المجاري الاتية من المعاملة الابتدائية بعد عملية الترسيب الى حوض التهوية. ونتيجة لوجود الاوكسجين بكميات وفيرة يحدث النمو السريع للأحياء المجهرية الموجودة في مياه المجاري ويؤدي الى تجمع هذه الاحياء حيث تدعى (اللباد) Floc وعند إضافة من المرحلة السابقة الى اللباد فأن تكتل الخلايا سوف يظهر ولكن بسرعة أكبر من المرة الأولى وعند إعادة هذه العملية عدة مرات فإن اللبادة ستتكون بفترة قصيرة لا تتجاوز بضع ساعات وهذه الكائنات بدورها ستهضم المواد العضوية وحتى بعض المواد غير العضوية. هذه القطع من اللباد والتي هي عبارة عن احياء مجهرية نشطة من ناحية الفعاليات الايضية تسمى الخبث المنشط. وتضم هذه الاحياء البكتريا والابتدائيات اما الفطريات

فتوجد بكميات قليلة وتسيطر الابتدائيات البكتريا غير ذاتية التغذية ثم الابتدائيات التي تتغذى على البكتريا وأخيراً تموت الابتدائيات وهكذا يحدث نوع من التعاقب للأحياء المجرية. ان اغلب أنواع البكتريا الموجودة في الخبث المنشط بكتريا سالبة الصبغة الجرامية لذلك تقل نسبة اشيريشيا القولون مثلاً الى 25% بينما كانت في مياه المجاري الخام تصل الى 75% وتلعب بعض الابتدائيات دوراً مهماً في تكوين عملية التلبيد Flocculation وذلك بإفرازها للمواد المخاطية واللزجة. بينما تنتج بعض الابتدائيات المواد المخاطية إضافة الى السكريات المتعددة. في حين ان البكتريا المسماة Zooglea ramigera مادة بلاتينية تساعد على تكوين اللباد وهذه البكتريا تلعب دوراً مهماً جداً في تكوين التلبيد البكتيري اما الفطريات فأنها قد عزلت من الخبث المنشط. تشير المعلومات الى ان عملية الخبث المنشط لها القدرة على إزاحة نسبة عالية من الاحياء المجهرية تتراوح ما بين (85 - 99)% من هذه الاحياء، في اسوء الظروف 85% من الاحياء. كما أن عملية الخبث المنشط تستطيع إزالة 95% من حاجة متطلب الاوكسجين الاحيائي BOD5 لمدة 5 أيام وكذلك 95% أيضاً من المواد الصلبة العالقة ممكن اعتبارها مرحلة نهائية الكيماوية في كثير من الحالات لأنها تقضي على 99% من الاحياء المجهرية.

3- المعالجة النهائية Tertiary treatment (Final treatment):

تعتمد هذه المعالجة والتي تعد الأخيرة في مراحل معالجة مياه المجاري على الأسس الكيماوية حيث تزال المواد العضوية وخاصة الفوسفات Po_4 والنترات NO_3 وترسيب الفوسفات بواسطة الكلس $Ca(OH)_2$ وتحت رقم هيدروجيني قلوي. وتعتمد الكميات المستعملة في الكلس على الرقم الهيدروجيني لمياه الفضلات ويفضل ان لا يكون الرقم الهيدروجيني للمياه أكثر من 9.5 بسبب الحاجة الكبيرة للكلس مما يجعل هذه العملية غير اقتصادية. وقد يستعمل الشب $AL_2(SO_4)_2$ عندما تكون قلوية مياه الفضلات واطئة حيث يمكن ترسيب الفوسفات ايضاً.

إزالـــة النتـــروجيـــن:

غالباً ما يوجد النيتروجين على شكل امونيا NH_3 بعد المرحلة الثانية لمعالجة مياه الفضلات وتعتمد إزالة النتروجين على رفع الرقم الهيدروجيني ودرجة الحرارة للمياه حيث يذوب غاز الامونيا في المياه بصورة جيدة عند الرقم الهيدروجيني 7 وعند رفع هذ الرقم الى 10 فأن اغلب ايونات الامونيوم تتحول الى أمونيا:

1- عند امرار مياه الفضلات القلوية خلال أبراج تهوية حاره فأن أكثر من 98% من الأمونيا يمكن ازاحته من المياه.

2- كما يمكن إزالة النتروجين من مياه الفضلات بطريقة إزالة النتروجين بواسطة البكتريا حيث تتحول النترات الى غاز النتروجين من قبل البكتريا غير ذاتية التغذية وفي الظروف غير الهوائية حيث تستعمل هذه البكتريا الميثانول كمصدر للكاربون.

إزالـــة المـــواد العضـويـــة الجـــافـــة:

مع كل هذه الخطوات التي ذكرت سابقاً من اجل حماية مياه الفضلات الا ان بعض المواد العضوية والتي تهضم ببطء لا تزال باقية مما يستوجب إزالة مثل هذه المواد وتزداد الحاجة الى هذه الازالة عند وجود مياه الفضلات المتعلقة بالمصانع. ويستعمل لإزالة مثل هذه المواد الكاربون المنشط Activated Carbon وهو يستعمل أيضاً في تخليص مياه الشرب من المركبات الفينولية والتي تعطي طعماً ورائحة غير مقبولين للمستهلك. من المواد التي يمكن ازالتها من مياه الفضلات هي مبيدات الحشرات والادغال مثل D.D.T وما يشابهها حيث يستطيع الكاربون المنشط امتصاص كميات كبيرة من هذه المواد. وغالباً ما يكون هذه الامتصاص جيداً عند رقم هيدروجيني 7 ويبطئ عندما ينخفض الى 5 أو يرتفع الى 9 .

بعد عملية إزالة المواد العضوية المتبقية تعامل المياه مع غاز الكلور لكي يتم القضاء على ما تبقى من الاحياء المجهرية ويصبح الماء امينا من ناحية الاستعمالات الأخرى مره ثانية وبضمنها استعمالاته للشرب في المناطق التي تكون مصادرها المائية محدودة.