

**حدق 321**

**فسيولوجي بكتيريا**

**Bacterial Physiology**

**Prep. By**

**Dr. Rabab Elamawi**

## مفهوم وأهمية الفسيولوجيا:

يعد علم الفسيولوجيا أحد الفروع الهامة لعلم البيولوجي الذي يهتم بدراسة ظاهرة الحياة في الكائنات الحية بصورة عامة ، فالكائن الحي عبارة عن وحدة بيولوجية أي (( وحدة بنائية متكاملة مترابطة تتفاعل مكوناتها لتعطي ظاهرة الحياة للكائن الحي ))

وعلم الفسيولوجي : هو العلم الذي يهتم بدراسة كيفية حدوث وظائف الكائن الحي المختلفة مثل عمل جهاز الدوران، جهاز التنفس، الجهاز العضلي، الغدد الصم... الخ

علم الفسيولوجي – هو العلم الذي يهتم بدراسة العمليات الحيوية التي تتم داخل جسم الحي ..

# •Growth and reproduction in bacteria

growth: an increase in cell mass and cell number (

(زيادة عدد الخلايا - نمو الخلية)

Reproduction: an increase in cell number

عمر الخلية :

الوقت الذى تستغرقه الخلية بعد تكوينها وبديهة انقسامها) يعتمد على نوع البكتريا-تركيب الوسط الغذائى- درجة الحرارة-عمر المزرعة)

Generation time (doubling time) (g) : عمر الجيل

هو الوقت الذى يمر بين انقسامين متتاليين (الوقت اللازم لكى يتضاعف عدد الخلايا البكتيرية)

Cell number (N) = No( initial cell number) x 2<sup>n</sup>(number of generation during exponential growth)

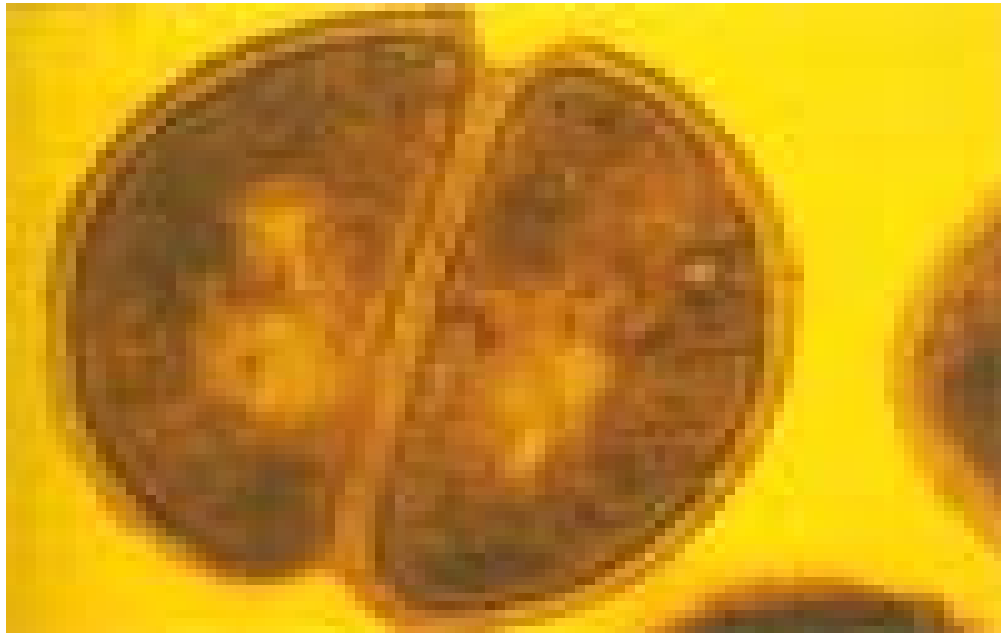
هناك علاقة لوغاريتمية بين عدد الخلايا النامية والزمن (بالدقائق) الذي يمر على الخلية منذ لحظة تلقيحها وهو ما يعرف بـ **منحنى النمو growth curve**

• يقصد بـ **منحنى النمو البكتيري** الأطوار (المراحل) التي تمر بها البكتيريا (المستعمرة) أثناء النمو والانقسام.

ينقسم منحنى النمو الى اربع اطوار:

1. طور الركود Lag phase
2. طور اللوغاريتمى ( Log phase ) Exponential phase
3. طور الثبات Stationary phase
4. طور التحلل Death phase

**mode: Binary fission**



**Generation time:**

**the time required for bacterial mass to double.**

**20-30min, T.B. 18-20h**

• وهو الزمن اللازم لإتمام دورة الانقسام من خلية أبوية إلى خليتين بنويتين.

- العوامل المحددة لطبيعة نمو المستعمرة البكتيرية خلال الزمن الجيلي :

أهم العوامل المؤثرة :

- العناصر الغذائية في الوسط الغذائي للمستعمرة البكتيرية والمساحة التي تستطيع البكتيريا استغلالها.
- السلالة البكتيرية
- درجة الحرارة
- عمر المزرعة

- يستدل من طول الزمن الجيلي على معدل النمو للكائن، حيث يتراوح طول الزمن الجيلي للخلايا البكتيرية تحت الظروف المناسبة من 20 دقيقة - الى عدده ساعات.

- لذا يعزى فساد الأغذية وتسممها في فترة قصيرة نوعا ما الى

نشاط البكتيريا بفترات قصيرة مثال ذلك بكتيريا ***Salmonella***

• يمكن حساب معدل النمو للمستعمرة البكتيرية عن طريق رسم بياني يوضح العلاقة بين أعداد البكتيريا (النمو للمستعمرة) والوقت اللازم لذلك (الزمن).

• يمكن حساب عدد خلايا البكتيريا في أي مرحلة من مراحل النمو المختلفة باستخدام المعادلة التالية:

$$N_s = (N_i)2^n$$

$= N_s$  • العدد الكلي للخلايا في نقطة ما من المنحنى.

$= N_i$  • العدد المبدئي للخلايا البكتيرية.

$= n$  • عدد الأجيال

$= 2^n$  • عدد الخلايا في الجيل الواحد.

• مثال تطبيقي:

• لتقدير عدد خلايا بكتيريا *Xanthomonas* الموضوعة على طبق بتري يحوى بيئة ملائمة للنمو، حيث ترك الطبق لمدة 4 ساعات في جو مناسب (حرارة، رطوبة) للتكاثر وكان العدد المبدئي لها هو 10 خلايا والزمن الجيلي لها هو 20 دقيقة للجيل الواحد.

• فإن عدد الأجيال (n) = الوقت / الزمن الجيلي = 240 دقيقة / 20 دقيقة = 12 جيلاً

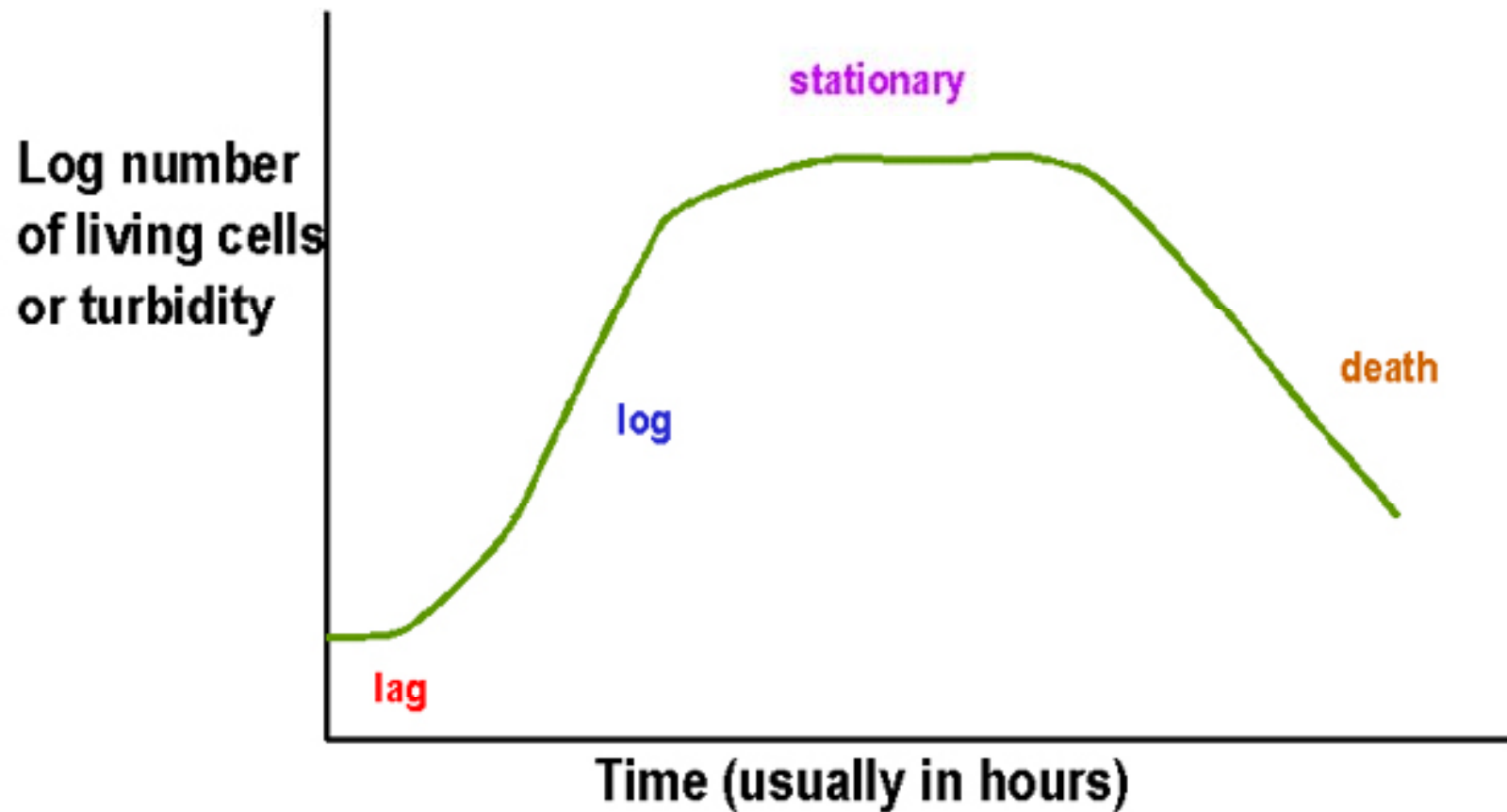
• عدد الخلايا الكلي لخلية واحدة بعد 4 ساعات =  $2^n = 2^{12} = 4096$  خلية.

• عدد الخلايا الكلي للعشر خلايا =  $4096 \times 10 = 40960$  خلية بكتيرية.

# مراحل النمو البكتيري في منحنى النمو

- يقسم منحنى النمو البكتيري والأطوار التي تمر بها البكتيريا أثناء النمو الى أربع مراحل رئيسة تتميز كل مرحلة عن الأخرى بعدة خواص وهي:
  - 1- الطور النمو التمهيدي ( الركود): **Lag Phase**
  - 2- الطور النمو النشط ( اللوغاريتمي) **Exponential (Log) Phase**
  - 3- الطور ثبات النمو **Stationary Phase**
  - 4- الطور تناقص النمو او طور الموت **Decline (Death) Phase**

# The growth curve



The Growth Curve

## • طور الركود Lag phase

- بعد عملية التلقيح لا تبدأ البكتيريا مباشرة في الانقسام ولكنها تأخذ فترة من الزمن تعد خلالها نفسها وتهيئها استعدادا للانقسام ثم تبدأ في الانقسام ببطء تمهيدا للدخول في المرحلة التالية تسمى هذه الفترة بـ فترة الركود

- تحدث خلال هذه الفترة تغيرات كيميائية عديدة داخل الخلية:

1. يتم بناء المواد البروتوبلازمية اللازمة للانقسام الخلوى
2. تزيد محتويات الخلية الاساسية (النوعية - البروتينية)
3. تزيد نسبة RNA (نسبة RNA تتناسب عكسيا مع عمر الخلية)
4. زيادة معدل النشاط الايضى والتنفس
- 5- زيادة فى الكتلة الخلوية

كيفية تقليل او زيادة مدة طور الركود في الخلايا البكتيرية

## • فترة الركود

### اطالة فترة الركود

- استخدام لقاح بكتيري من بيئة غذائية مختلفة تماما عن البيئة الغذائية المنقول اليها
- استخدام لقاح بكتيري من بيئة غذائية معقدة الى بيئة غذائية بسيطة
- تغير درجة الحرارة

### تقليل فترة الركود

- استخدام لقاح بكتيري في طوره اللوغاريتمي لان البكتريا هنا تكون مؤهلة للانقسام مباشرة
- استخدام لقاح بكتيري من مزرعة في مراحل نموها الاخيرة
- استخدام لقاح بكتيري من بيئة غذائية بسيطة الى بيئة غذائية معقدة

## •الطور اللوغاريتمى Log phase

- (1) يبدأ هذا الطور بزيادة متدرجة وتعرف هذه المرحلة بطور النمو المتزايد وذلك بسبب تدرج النمو نظرا لان الخلايا لاتكمل فترة كمونها فى وقت واحد
- (2) ثم ينتظم معدل النمو ويثبت عمر الجيل بحيث يكون معدل انقسام الخلايا فى اعلى معدلاته وفى اقل معدل زمنى ويظل هذا المعدل ثابت بحيث يتخذ منحنى النمو خطا مستقيما.
- (3) سمى الطور اللوغاريتمى لان معدل تكاثر الخلايا فى هذا الطور يكون لوغاريتميا مع مرور الزمن وتكون العلاقة البيانية بينهما علاقة خطية

## صفات مرحلة الطور اللوغاريتمى

• تظهر بوضوح الصفات المميزة للخلايا (شكل الخلية - ترتيب الخلايا - شكل المزرعة ولونها)

• الخلايا تكون حساسة للظروف البيئية

• تبدأ فى اخره ظهور الحبيبات المخزونة فى البرتوبلازم

### • العوامل التى تؤثر على عمر الخلية

• اختلاف الخلايا البكتيرية فى معدلاتها التخليقية فى البرتوبلازم (الزيادة فى المحتوى النيتروجينى للخلايا يتكافئ مع الزيادة فى عدد خلايا الطور اللوغاريتمى)

• درجات الحرارة

• نوعية وتركيز الوسط الغذائى

• وجود بعض المثبطات او المنشطات للنمو

• يوجد تناسب طردى بين مكونات الوسط الغذائى وكمية النمو البكتيرى بعد فترة

يحدث توقف للاسباب الاتية:

1. زيادة تركيز المواد الايضية الناتجة التى قد يكون لها تاثير على درجة حرارة الوسط

2. قد يكون لبعض هذه المواد تأثير سام

## Stationary phase    طور الثبات •

1. يبدأ معدل التكاثر يبطئ
2. يزيد طول عمر الخلية
3. تثبت عدد الخلايا لان عدد الخلايا الناتجة يساوى عدد الخلايا الميتة
4. يتوقف طول او قصر فترة طور الثبات على حساسية الخلايا للظروف البيئية السائدة

هناك عدة اسباب تفسر توقف المزرعة البكتيرية عن النمو عندما تصل الى حد معين:

1. نفاذ المواد الغذائية من البيئة
2. زيادة تركيز المواد الايضية الناتجة من النشاط الخلوى التى قد تؤدى الى احداث تغيير فى الاس الهيدروجينى او فى تكوين مواد سامة للخلية

## • طور الهبوط Decline phase

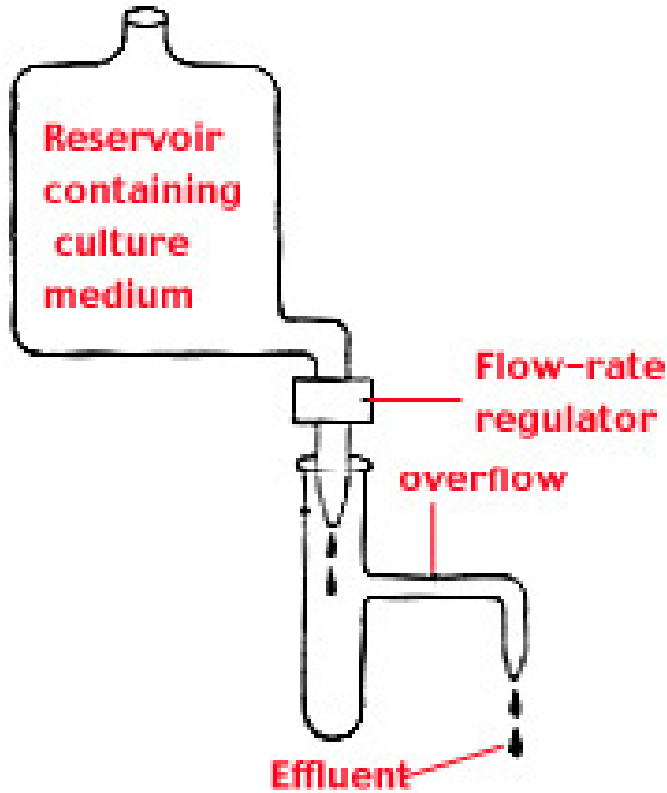
1. يحدث زيادة لعدد الخلايا الميتة على عدد الخلايا الجديدة (زيادة معدل الموت)
2. يزيد معدل التناقص في العدد تدريجيا مع مرور الوقت ويصبح هذا التناقص لوغاريتمى مع الزمن عكس الطور اللوغاريتمى
3. تظهر الخلايا بأشكال غير متجانسة، تخرج الجراثيم، تتحلل الخلايا

## المزارع المستمرة • Continuous culture

✿ يعتمد مفهوم المزارع المستمرة على الاحتفاظ بالمزرعة في مرحلة الطور اللوغاريتمي لفترة طويلة من الزمن

✿ يتم ذلك بتوفير الظروف المثلى للميكروب لكي يستمر في النمو دون توقف بحيث يتم التخلص من العوامل التي تؤدي الى توقف النمو : وذلك باضافة وسط غذائي جديد بطريقة مستمرة وعلى فترات منتظمة مع السحب المستمر لكمية مماثلة من المزرعة التي تحتوى على كمية من النمو و نواتج الايض

✿ يتم تصميم جهاز يسمح بنمو الخلايا بصورة مستمرة يتم ذلك بـ:



\* الاضافات المستمرة للبيئة الغذائية

\*والسحب الدائم للخلايا الناتجة ومنتجاتها.

تساعد المزارع المستمرة على النمو الثابت للبكتيريا تحت ظروف ثابتة يطلق على هذه الحالة حالة الثبات

• يمكن الحصول على المزارع المستمرة باتباع احدى الطريقتين:

1. Turbidostat تعتمد على ثبات كثافة الخلايا عن طريق قياس التعكير وتنظيم معدل السحب والاضافة

2. Chemostat يعتمد على تنظيم كثافة الخلايا عن طريق التحكم فى اضافة احد مكونات الوسط الغذائى ويضاف الوسط الغذائى بمعدل ثابت **Flow rate**

• مميزات المزارع المستمرة

1. الحصول على النمو الخلوى طول الوقت

2. تمكنها الاستمرار لعدة شهور

3. هى اقرب ما يمكن للنمو البكتيرى فى الطبيعة

## ( تأثير العوامل البيئية على النمو البكتيري ) Environmental Effects on Bacterial Growth

■ تنمو أنواع البكتيريا في الظروف البيئية الملائمة لها - في المعمل - بشكل مثالي وتكون مستعمرات تحمل الصفات التعريفية لكل جنس ونوع (مقرر علم البكتيريا العام).

■ من المعروف أن جميع أنشطة البكتيريا تتأثر بشكل كبير بكل من العوامل الفيزيائية والكيميائية والحيوية في الوسط (البيئة) الذي تعيش فيه.

■ إن فهم التأثير البيئي على النشاط البكتيري يوضح لنا كيفية انتشار وتوزيع البكتيريا في طبيعته ويمكننا من استخدام طرق عملية سواءاً للحد من النمو البكتيري أو إثراءه.

## • الظروف البيئية المؤثرة علي نمو البكتيريا

- تتأثر نشاطات البكتيريا بالعوامل الخارجية المحيطة به وتنقسم هذه العوامل الى :

### 1. العوامل الطبيعية Physical factors

مثل الحرارة - تركيز ايون الهيدروجين-الرطوبة- الاكسجين - النشاط المائي للوسط - الجفاف - الضغط الاسموزي - الضغط الجوي - الضوء الشمسي والاشعاعات.

### 2. العوامل الكيميائية Chemical factors

هي مجموعة من المواد الكيميائية التي لها تاثير على البكتيريا وقد تستخدم داخليا كعلاج او خارجيا كمطهر. وقد توقف النمو Bacteriostatic او تمنعه

### Bactericidal

3- العوامل الحيوية: كالتأثر بالكائنات الحيه المضاده ،أو ماتفرزه من مضادات حيويه، أو مواد منشطه أخرى او الفيروسات البكتيرية

## العوامل الطبيعية Physical factors

### 10- درجة الحرارة

- تأثيرها : تحدد الحرارة تحديداً جزيئاً معدل نمو البكتيريا , كما تؤثر على عمليات الأيض :

وذلك من خلال تأثيرها على برتوبلازم الخلية القابل للتأثر بالحرارة، كما ان عمليات النمو تعتمد على تفاعلات كيميائية تتم بواسطة الانزيمات الخلوية والتي تتأثر بالحرارة.

# النطاق الحرارى للنمو • Temperature range of growth

لكل نوع وأحيانا لكل سلالة بكتيرية ثلاث درجات حرارة:

1- درجة الحرارة الدنيا : Minimum temperature

هى اقل درجة حرارة تستطيع البكتيريا النمو عندها بعدها تتوقف البكتيريا عن النمو وتصبح فى حالة سكون

2- درجة الحرارة المثلى : Optimum temperature

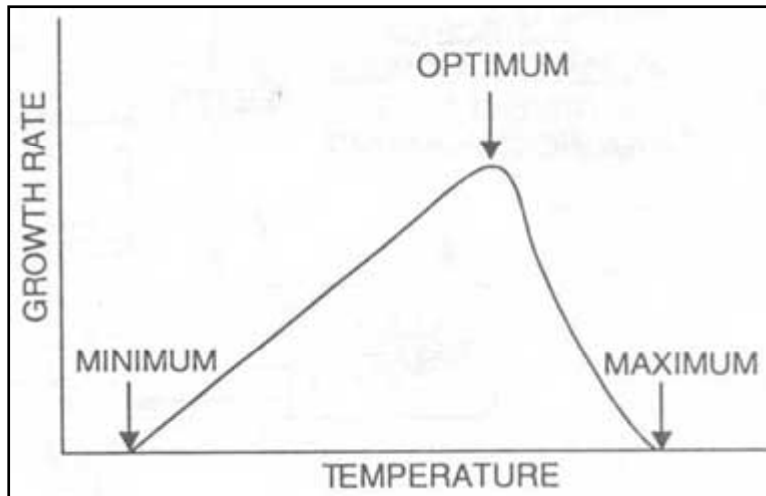
درجة الحرارة التي يكون عندها النمو والنشاط الإنزيمي في أقصى معدل ممكن بعد التحضين لمدة (12-24) ساعة.

3- درجة الحرارة القصوى

Maximum temperature:

هى اعلى درجة حرارة تستطيع ان تنمو عندها البكتيريا بعدها تتوقف عن النمو وإذا زاد الارتفاع فان البكتيريا تموت

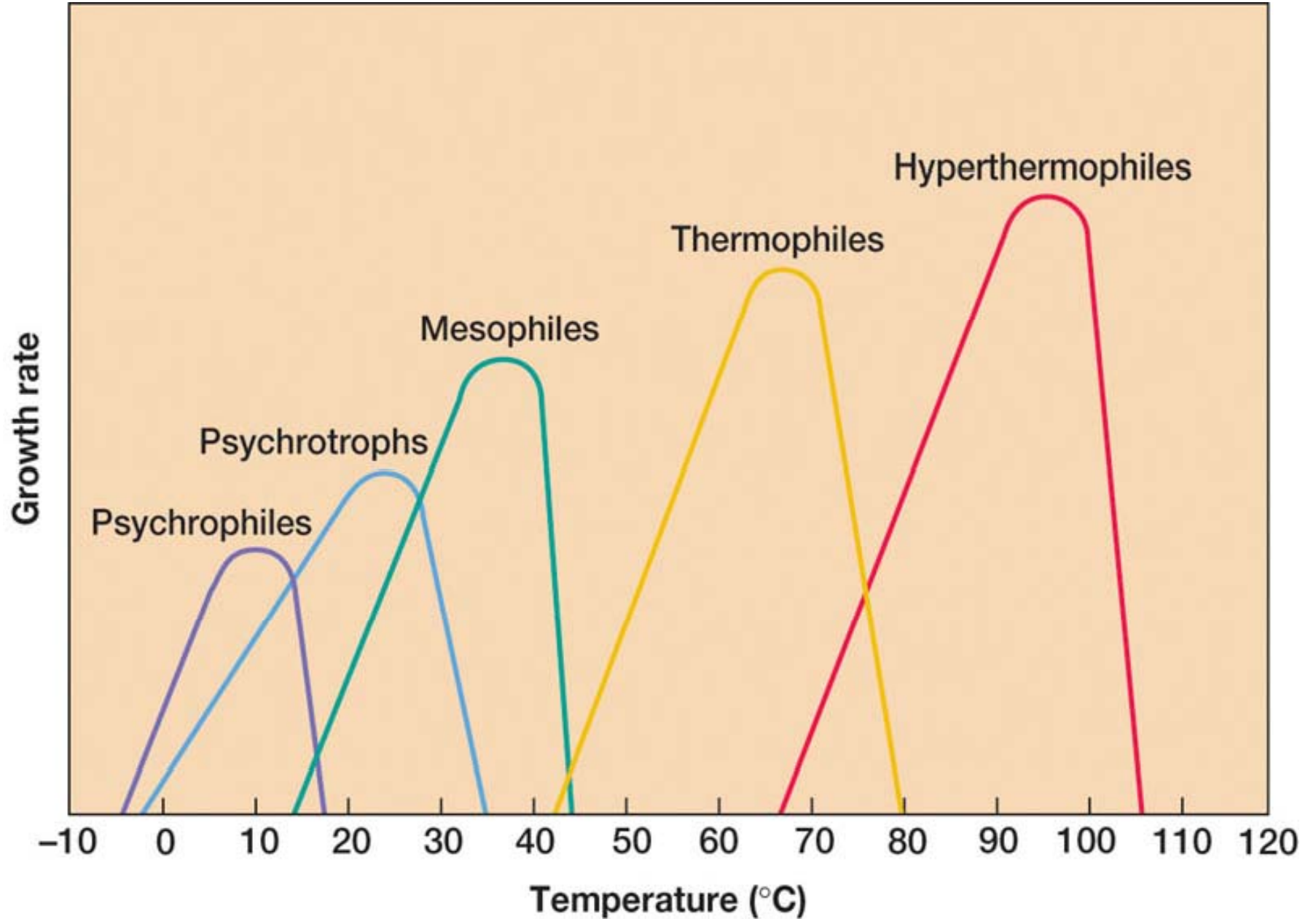
○ وتسمى هذه الثلاث درجات بـ Cardinal Temperatures .



## تقسم البكتيريا على اساس درجة الحرارة الى :

درجة الحرارة			المجموعة
القصوي	المثلي	الدنيا	
80 -60	060- 45	45 -40	بكتيريا محبة للحرارة المرتفعة Thermophiles
47- 35	35- 15	15- 10	بكتيريا محبة للحرارة المتوسطة Mesophiles
20 -18	اقل من 15	تحت الصفر 5-	بكتيريا محبة للحرارة المنخفضة اجبارية Psychrophiles
20 - اعلي قليلا من 20	اقل - اعلي من 15	صفر -5	بكتيريا محبة للحرارة المنخفضة اختيارية Psychrophiles

## المدى الحراري للأنواع البكتيرية المختلفة



## 1- تأثير درجة الحرارة المنخفضة :

يقل النشاط الايضى بسرعة عند انخفاض درجة الحرارة عن الدرجة المثلى للنمو وذلك  
بسبب: انخفاض معدل سرعة التفاعلات الكيميائية، زيادة لزوجة سوائل الجسم، تصلب  
ما بالخلية من ليبيدات،

### وبزيادة درجة الانخفاض عن الدرجة الصغرى يتوقف النشاط نهائيا

- **التجمد السريع:** يقل النشاط الايضى سريعا ولكن لايتوقف وذلك لاحتواء المادة المتجمدة على حبيبات سائلة يستطيع الكائن النمو فيها وتظل الخلية حية
- **التجميد البطيئ:** يميت البكتريا لانه يجمدها تجمدا عميقا فلا تتكون الحبيبات السائلة وتكون بللورات ثلجية كبيرة ذات حواف حادة لها تاثير محطم لمحتويات الخلية .
- ولذا يستخدم **التجميد السريع** لحفظ المزارع البكتيرية وذلك باضافة :
  - 1- مواد مبللة مثل الجلسرول (10%) - داي مثيل سلفوكسيد (0.5 جزئ) (تتخلل الخلية وتقلل من التأثير التجفيفى للتجمد)
  - 2- مواد ذات وزن جزيئى كبير مثل البيومين والدكسترين (ترتبط هذه المواد بسطح الخلية فتحمى غشاءها من التأثير التجفيفى للتجمد)

## 1- التجفيد

هو عبارة عن تجميد سريع علي درجات حرارة منخفضة جدا ( -78 م ) مع

تجفيف سريع و تحت تفريغ شديد

التجفيد : تجميد + تجفيف

## • 2- تأثير درجة الحرارة المرتفعة

- يؤدي ارتفاع درجة الحرارة الى: **سرعة العمليات الايضية وسرعة النمو حتى حد معين من الحرارة (درجة الحرارة المثلى)**
- بعدها تبدأ سرعة العمليات الايضية في الانخفاض وذلك بسبب **فساد البروتين الخلوي بالتخثر Coagulation او بحدوث تغير في طبيعة الجزيء دنتره Denaturation للبروتين الخلوي**
- ولكن يحدث توازن بين العمليات الحيوية التي تؤدي الى تعويض البروتين الفاسد بالخلية بمعدل يزيد عن سرعة فساد البروتين نفسه نتيجة لارتفاع درجة الحرارة ولان **الفساد للبروتين الخلوي ليست البروتين الانزيمي الخاص بعملية التعويض والإصلاح ولذا لو اعيدت الخلية للحرارة المثلى تنمو حتى تصل للدرجة القصوى بعدها يتوقف النمو وتموت الخلية (وذلك لان عملية الإصلاح والتعويض لا تكفي لإصلاح وتعويض كل البروتينات الفاسدة)**

مصطلحات مستخدمة للتعبير عن مقاومة البكتيريا للحرارة:

**درجة الحرارة القاتلة Thermal death point**

أقل درجة بعد العظمى يقتل عندها البكتيريا إذا ما تعرض لها لمدة  
عشر دقائق على أن تكون البكتيريا ناميا في مزرعة عمرها  
24 ساعة

**الوقت المميت Death time**

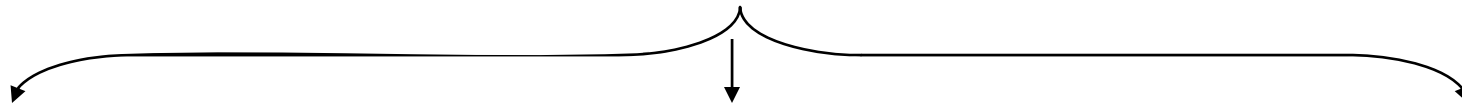
هو الوقت بالدقيقة اللازم لقتل كل البكتيريا التابعة لنوع ما والموجود  
في حجم معين عند درجة حرارة معينة

## 2- تركيز الاس الهيدروجيني pH

• تأثيره:

1. يؤثر الاس الهيدروجيني للبيئة النامي بها البكتيريا على العمليات الحيوية بالخلية لان لكل كائن مجال من ال pH يستطيع ان ينمو فيه ، البكتريا تفضل النمو فى وسط متعادل (6-8)
2. البيئات شديدة الحموضة والقلوية توقف نمو الخلايا البكتيرية نتيجة لتخثر البروتين الانزيمى وفساده نتيجة لتجلطه **Coagulation**
3. لذا يجب الاحتفاظ بالخلايا البكتيرية فى محاليل منظمة لتركيز ايون الهيدروجين (حيث تنتج ايون الهيدروجين عندما يسحب من الوسط او تسحبه اذا انتج مما يساعد على ثبات ايون الهيدروجين فى الوسط)

# تأثير تركيز ايون الهيدروجين pH



## Acidophilic bacteria

محبة للحموضة وهي البكتيريا التي تنمو جيدا عند تركيز هيدروجين اقل من المتعادل مثال: \*بكتريا حمض اللاكتيك وحمض الخليك و الجهاز الهضمي

## Alkalophilic bacteria

بكتيريا محبة للقلوية وهي البكتيريا التي تنمو جيدا عند تركيز هيدروجين اكبر من المتعادل مثال : بكتريا العقد البكتيرية نيتروباكتير

## Neutrophilic bacteria

وهي البكتيريا التي تنمو جيدا عند تركيز هيدروجين الامثل لها و غالبا يكون عند التعادل مثال اغلب البكتيريا *E.coli , B subtilis*

## طريقه تاثير تركيز ايون الهيدروجين pH

1. الدرجات المتناقضه من تركيز الاس الهيدروجين ( المنخفضه و المرتفعه ) تؤدي الي فساد البروتين الانزيمي نتيجه لتجلطه.
2. اي انحراف عن القيمه المثلي في داخل هذا المجال سواء بالزياده او بالنقصان يقلل من نشاط الانزيم و بالتالي يقل معدل النمو.

## 3- الضغط الاسموزي Osmotic pressure

يوجد ثلاث تركيزات للأوساط من ناحية الاسموزية

• 1- متعادل isotonic

• 2- منخفض hypotonic

• 3- مرتفع hypertonic

# - الضغط الاسموزى Osmotic pressure

- يؤثر مباشرة على سرعة واتجاه تيار الماء بين الوسط الخارجى (البيئة) والبكتيريا وبذلك يؤثر على استفادة البكتيريا من الرطوبة كما يتحكم فى دخول وخروج المحاليل للخلية البكتيرية.

- ماذا يحدث لو وضعت الخلية الميكروبية فى محلول ضغطه الاسموزى:

1. مساوى للضغط الاسموزى داخل الخلية البكتيرية (بمساوى الاسموزية) لا يحدث  
اى تأثير

2. اقل من الضغط الاسموزى يعرف فى هذه الحالة **بناقص الاسموزية** فيندفع الماء الى الخلية بنسبة اكبر من معدل خروجه مما يؤدى الى انتفاخه وهو غير مناسب لنمو البكتيريا ويؤدى الى موتها.

3. اكبر من الضغط الاسموزى داخل الخلية يعرف فى هذه الحالة **بزائد الاسموزية** يكون معدل خروج الماء من الخلية البكتيرية اسرع من معدل دخوله فتتكشف الخلية ، يحدث بلزمة للخلية **Plasmolysis** فتموت الخلية

إذا وضعت الخلايا البكتيرية في وسط منخفض اسموزية hypotonic

حيث ان تركيز جزيئات الوسط اقل من تركيز الجزيئات داخل الخلية

يؤدي ذلك الي انتقال الماء من خارج الخلية الي داخلها خلال الغشاء البلازمي

فيحدث انتفاخ للخلية البكتيرية لزيادة الماء بداخلها

ويطلق علي هذه الظاهرة عكس البلازمة **plasmolysis** - وإذا استمر دخول الماء الي داخل الخلايا يؤدي الي

يحدث للخلية انفجار و تحلل  
حيث انها

ذات جدار خلوي ضعيف  
البكتيريا السالبة لجرام

ينقصها الجدار الخلوي  
الصلب

ان الخلية لا يحدث لها انفجار حيث  
انها ذات جدار خلوي صلب مثل  
البكتيريا الموجبة لجرام

إذا وضعت الخلايا البكتيرية في وسط مرتفع اسموزية **hypertonic**

حيث ان تركيز جزيئات الوسط اكبر من تركيز الجزيئات داخل الخلية



يؤدي ذلك الى انتقال الماء من داخل الخلية الى خارجها خلال الغشاء البلازمي

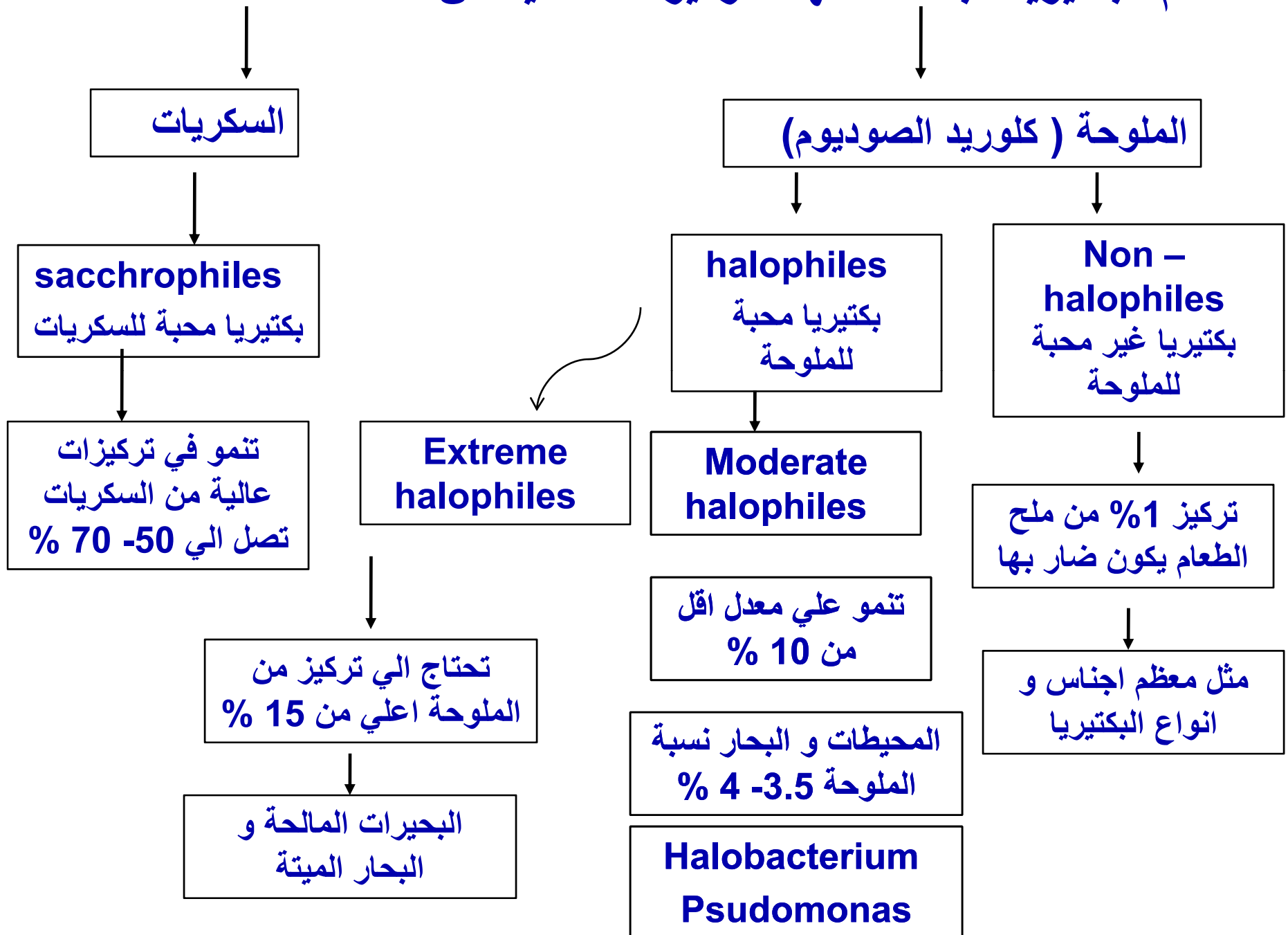


فيحدث انكماش للخلية البكتيرية لنقص الماء بداخلها ويحدث تجفيف  
**dehydration**



ويطلق علي هذه الظاهرة البلزمة **plasmolysis**

## • تقسم البكتيريا طبقا لتحملها التركيزات العالية من



## • بكتريا محبة للملوحة : Halophilic bacteria

هى بكتريا تستطيع خلاياها مقاومة التركيزات العالية من الاملاح. ويرجع ذلك الى:

1. **مقدرة نظمها الانزيمية على مقاومة التأثير المثبط للتركيزات العالية من الاملاح**
  2. **احاطة الخلايا بمادة دهنية او غير دهنية تمنع دخول الاملاح الى الخلية**
  3. **الطاقة المنطلقة والمستهلكة بمنطقة الغشاء البلازمى تحد من انتشار الاملاح داخل الخلية**
- ولو دخلت الاملاح تتوقف الخلية عن النمو**  
**ولذا تستخدم هذه الخاصية لحفظ الاغذية لأنها تعيق نمو الكائنات الدقيقة**

## 4- الضغط الجوى Atmospheric pressure

يقصد به الضغط الواقع على الاجسام التى تعيش على سطح الارض .

- الكائنات التى توجد فى قمم الجبال يقع عليها ضغط اقل من الضغط الجوى العادى
- الكائنات التى تعيش فى قاع البحار والمحيطات فيقع عليها ضغط اعلى من الضغط الجوى العادى (الضغط العادى +الضغوط المائية Hydrostatic pressure)

الكائنات التى تتحمل الضغط المائى العالى تسمى Barotolerant

عموما تنمو البكتريا تحت ضغط مائى مرتفع بصورة ابطا بسبب:

2- الضغط المائى المرتفع 2- انخفاض درجة الحرارة

3- البط الشديد فى تحلل المواد العضوية فى القاع.

لا تنمو البكتريا اذا زاد الضغط المائى عن 1000 ض.ج بسبب:

1. تثبيط النشاط الانزيمى 2- تعطيل عمليه بناء البروتينات

2. فقد الاغشية قدرة التحكم فى نفاذية المواد من والى الخلية

## 5- الأكسجين Oxygen

للأكسجين تأثير كبير على نمو الكائنات وتكاثرها وذلك بسبب دوره في عملية الأكسدة والاختزال وإنتاج الطاقة والأيض الغذائي

تقسم الكائنات الدقيقة تبعاً لاحتياجها من الأكسجين إلى أربع مجموعات :

### Aerobic هوائية

1- بكتيريات هوائية إجبارية

1- Obligate aerobic

• بكتيريات هوائية اختيارية

2-Facultative aerobic

### Anaerobic غير هوائية

3- غير هوائية اختيارية

3- Facultative Anaerobic

4- غير هوائية إجبارية

4- Obligate anaerobic

## 1- بكتيريات هوائية إجبارية : Obligate aerobic bacteria:

بكتيريا الهوائية اجبارية فهي لا تنمو إلا في وجود الأكسجين وذلك لأن الأوكسجين هو المستقبل النهائي للإلكترونات في سلسلة التنفس وإنتاج الطاقة (عامل اكسدة نهائي) ومنها : *Azotobater* , *Bacillus subtilis* وبعض أنواع البكتيريا والفطريات والطحالب.

## 2- بكتيريات لا هوائية إجبارية : Anaerobic bacteria :

لا تنمو إلا في غياب الأكسجين حيث يكون المستقبل النهائي للإلكترونات في سلسلة التنفس وإنتاج الطاقة (عامل اكسدة نهائي) هي مواد معدنية غنية بالأكسجين مثل النترات  $\text{NO}_3$  والكبريتات  $\text{SO}_4$  أو عن طريق تفاعلات التخمر fermentation وهناك نوعان من هذه البكتيريا

### A) Aero tolerant anaerobic bacteria:

وهي بكتيريا تتحمل وجود الأكسجين حيث ان وجود  $\text{O}_2$  يوقف نموها و تكاثرها ولا يسبب موتها ومنها . *Clostridium*

### B) Strict anaerobic bacteria :

بكتيريا لا هوائية اجبارية فتعرضها للأكسجين يسبب موتها وذلك لأنه يسبب تلف لبعض إنزيماتها هذا التلف يكون غير عكسي ومنها *Methanobacterium*

### 3- Facultative anaerobic

البكتيريا اللاهوائية اختيارياً

تنمو في غياب أو وجود الأكسجين مثل , Staphylococcus  
Pseudomonas , yeasts ولهذه الميكروبات القدرة على تغيير تفاعلات  
التمثيل الغذائي لها حسب الظروف المحيطة بها.

### 4- Microaerophilic bacteria :

تنمو في وجود مخلوط من الاوكسجين ونسبة من ثاني اكسيد الكربون و  
النيتروجين تتراوح بين

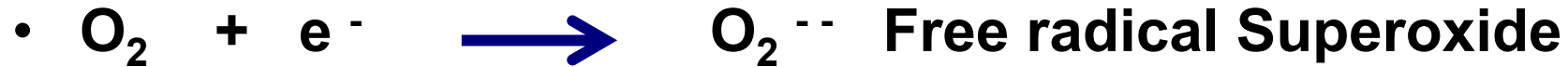
5% oxygen, 10% carbon dioxide, 85% nitrogen

وبالتالي فهي شحيحة الاحتياج للأكسجين حيث أنها حساسة للتركيزات العالية  
من الأكسجين ومنها

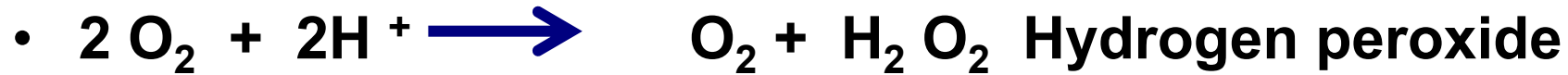
- *Campylobacter*
- *Helicobacter*

## تفاعلات الأكسجين داخل الخلية

• تتواجد في كلا النوعين من البكتيريا انزيمات فعالة و نشطة ولا بد من ان تكون في صورة مختزلة . عند تعريض الفلافوبروتينات و البروتينات الي الاكسجين فانها تختزل يتكون المركبات الاتية :



• الاكسجين الحر



• فوق اكسيد الهيدروجين



• الهيدروجين الحر

- تنتج تفاعلات الاكسجين داخل الخلية مجموعة من مركبات الهيدروجين التي تكون سامة علي الخلية حيث تدخل في تفاعلات عديدة متسلسلة تسبب تلف لمكونات الخلية
- الكائنات التي تمتلك النظم الانزيمية لتكسير من هذه المركبات هي التي تستطيع المعيشة في وجود الاكسجين (البكتيريا الهوائية)

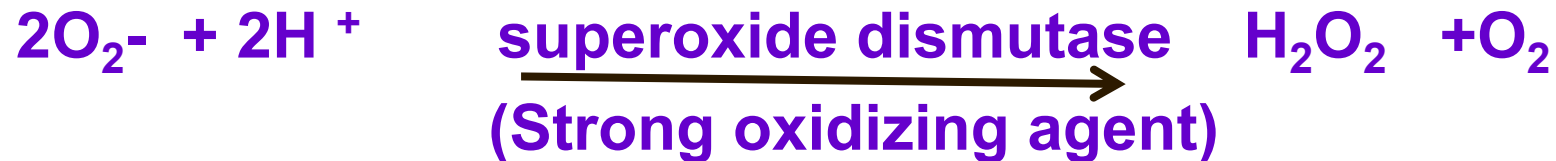
## كيفية التخلص من هذه المركبات ؟

- يرجع السبب في سمية الاكسجين للبكتريا اللاهوائية و المتحملة الى:
- مجموعة الانزيمات المسؤلة عن تكسير و تحلل المركبات الهيدروجينية السامة داخل الخلايا هي

•Superoxide dismutase      •Catalase      •Peroxidase

### •كيفية عمل الانزيمات

1-  $O_2^-$  Free radical Superoxide      •الاكسجين الحر



2-  $H_2O_2$  Hydrogen peroxide



3-  $\text{OH}^- + \text{OH}^\bullet$  radical Hydroxide

الهيدروجين الحر

يتم التخلص منه عن طريق انزيم Peroxidase

البكتيريا الهوائية تحتاج الي الاكسيجين و تمتلك الانزيمات **Superoxide dismutase و Catalase** وبالتالي تنمو و تتضاعف

• بعض البكتيريا اللاهوائية تفتقد لانزيم Catalase الذي يحلل  $\text{H}_2\text{O}_2$  Hydrogen peroxide الى ماء و أكسجين اى ان المسئول عن موت البكتيريا هو تراكم فوق اكسيد الهيدروجين.

• بعضها الاخر يفتقد الى superoxide dismutase مما يؤدي الى تراكم السوبر اوكسيد (Free radical Superoxide) المتكون بواسطة اكسدة الفلافوبروتينات والسيتوكرومات المختزلة بالأكسجين

البكتيريا اللاهوائية لا تمتلك الانزيمات **Superoxide dismutase و Catalase** وبالتالي لا تنمو ولا تتضاعف وتتسمم في وجود الاكسيجين

## جدول يوضح نشاط الانزيمات في المجاميع البكتيرية المختلفة

<b>Peroxidase</b>	<b>Superoxide dismutase</b>	<b>Catalase</b>	
<b>+</b>	<b>+</b>	<b>+</b>	<b>Obligate aerobes</b>
<b>-</b>	<b>+</b>	<b>+</b>	<b>facultative anaerobes</b>
<b>+</b>	<b>+</b>	<b>-</b>	<b>Aero tolerant anaerobic</b>
<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>Strict anaerobic</b>

## الرطوبة ( النشاط المائي )

يمكن التعبير عن الرطوبة الحره باستعمال تعبير النشاط المائي water – activity

و هو عبارة عن ضغط بخار الماء في الهواء علي محلول ما او مادة ما او هو النسبه بين الضغط البخاري للمحلول ( المواد الذائبه ) وبين الضغط البخاري للمذيب ( الماء ) وتدل قيمة النشاط المائي علي كميته الماء الحر الموجود بالوسط

قيمه النشاط المائي يكون كبيرة في حاله عدم وجود مواد مذابه بماء الوسط  
النشاط المائي للماء النقي له = 1 يقل قيمة النشاط المائي كلما ارتفع تركيز المواد المذابه بماء الوسط

كميه الرطوبة الموجوده بالوسط الموجود به البكتيريا هي التي تحدد نموه ومدى انتشاطه وليست كمية الرطوبة الكلية التي يحتويها الوسط

يمكن ان يكون الوسط محتواه الرطوبي الكلي عالي ولكن توجد في صورته غير ميسره لارتباطها بالبروتينات والمواد الغروية بحيث لا يستطيع البكتيريا ان تستخدمها فيوقف النمو

لوحظ ان انخفاض النشاط المائي عن 0.7 يؤدي الي توقف النمو

# الجفاف (Desiccation)

□ يرتبط هذا العامل بالعامل بالرطوبة حيث اوضحنا ان انخفاض النشاط المائي عن 0.7 يؤدي الي توقف البكتيريا.

□ يختلف تاثير الجفاف علي الميكروب تبعا لنوعه وتركيبه

مثال **بكتيريا السل** شديد المقاومه للجفاف تصل لمدة 90 يوم و ذلك لاحتواءه علي غشاء دهني يقلل من جفافها

**بكتيريا الكوليرا** لا تتحمل الجفاف الا يومين فقط

□ الخلايا الصغيره تقاوم الجفاف اكثر من الخلايا الكبيرة

□ الخلايا الكرويه تقاوم اكثر الجفاف من الخلايا العصويه

□ الخلايا الموجهه لجرام تقاوم الجفاف اكثر من السالبه

□ الخلايا الجافة اذا لم تتعرض للحرارة او اي عامل يهلكها فانها تظل كامنه لفترات طويله وسرعان ما تستعيد نشاطها عند توفر الرطوبه

## 60- الضوء الشمسي والاشعاعات

- مجموعة قليلة من البكتيريا (البكتيريا ذاتية التغذية ) تتطلب وجود الضوء المرئي لكي تنمو وتتكاثر مستعملة الطاقة الضوئية ومحولة إياها إلى طاقة كيميائية عن طريق عملية التمثيل الضوئي، وتتميز هذه البكتيريا بوجود مواد ملونة تشبه الكلوروفيل النباتي تعمل كمادة وسيطة في هذه التفاعلات.
- تتميز الاشعاعات ذات الموجات القصيرة الغير مرئية بقدرتها الفائقة على الابداء عن الضوء المرئي

### الضوء المرئي visible light

يمكن للضوء المرئي احداث تلفيات بالخليه تؤدي لهلاكها من خلال ميكانيكتين

1- ميكانيكيه تاثير الضوء و التي لا تعتمد علي وجود الاوكسيجين

2- ميكانيكيه تاثير الضوء و المعتمده علي وجود الاوكسيجين الجزي

## • انواع الاشعة Radiation

- Radio waves – Infrared – visible spectrum – Ultraviolet- X – rays – Gamma rays – cosmic rays

• ويلاحظ أن الإشعاعات ذات الموجات القصيرة عن الضوء المرئي يكون لها تأثيرا مميتا و مدمر للخلايا فهي بذلك تستعمل في التعقيم دون أن ترفع من درجة حرارة المادة المعقمة وتعرف لذلك بطريقة التعقيم البارد

### • طول موجة الاشعة و علاقتها بالتعقيم

#### 1- الاشعة X X-rays

لها القدرة علي التغلغل داخل الاجسام - تستخدم لانتاج طفرات ميكروبية - عالية التكاليف

#### 2- اشعة جاما

ذات طاقة عالية تنبعث من بعض النظائر المشعة مثل الكوبالت 60 – قدرتها علي التغلغل داخل الاجسام اكبر من الاشعة اكس – ذات تاثير مميت و بالتالي يمكن استعمالها في تعقيم الاغذية

## 2- Non-visible spectrum

### Short wave length radiation

- الأشعة فوق البنفسجية UV rays (Ultraviolet)
- مصدرها الموجات الكونية ( أشعة الشمس )- لمبات اضاءة تعطي اشعة U.V ذات طول موجي 2400-3800 انجستروم . يكون لها القدره علي الابهاده
- ذات تاثير علي ال DNA الخلايا عن طريق تكوين روابط تعاونية covalent bonds بين جزئيين متجاورين من الثيمين علي نفس شريط ال DNA مما يؤدي الي تكوين ثنائي الثيمين

- **Thymine + thymine ← (T –T) Thymine dimer**

هذه الرابطة التعاونية لها القدرة علي تشوة شريط ال DNA بدرجة ان تختلف خواص الروابط الهيدروجينية للبيورينات و البيريميدينات . من المعروف ان اتحاد القواعد الهيدروجينية علي شريط ال DNA يكون (A-T) و (G-C)

(وهو ما يفسر استخدام لمبات الأشعة فوق البنفسجية في التعقيم من خلال تاثيرها على بروتينات الخلية والحامض النووي)

• Long wave length radiation

• الأشعة تحت حمراء Infra red

• هي اشعة منتجة للحرارة عندما تمتص. وهي ذات موجات طويلة وذبذبة منخفضة ولها طاقة منخفضة غير قادرة على احداث تفاعل كيميائي

(وهو ما يفسر استخدام لمبات الأشعة تحت الحمراء كمصدر للحرارة)

# هل يمكن اصلاح الضرر الناتج عن تاثير الاشعة ؟

## 1- الاصلاح الضوئي ( light repair ) Photo reactivation

- تعرض البكتيريا للضوء العادي بعد جرعة الاشعة فوق البنفسجية يعكس الفعل الضار من هذه الاشعة للخلايا المعرضة . وتفسر هذه الظاهرة ان بعض البكتيريا تمتلك انزيمات قادرة علي اصلاح الضرر الناتج عن الاشعة البنفسجية
- فيوجد انزيم قادر في وجود الضوء علي تكسير الرابطة التعاونية التي تربط بين قاعدتي الثييمين

## 2- الاصلاح في الظلام ( Dark repair )

بعض البكتيريا تمتلك انزيمات endonucleas and Exonuclease

تعمل علي قطع او استئصال الجزء من شريط DNA المفرد الذي حدث به الضرر,

و انزيمات اخري DNA ligase and DNA polymerase تصلح القطع الناتج عن طريق تخليق جزء جديد من الشريط مكمل له, و هذه الانزيمات لا تحتاج الي الضوء لتؤدي عملها .

- الاشعة التي تتراوح اطوال موجاتها ( 2500 - 3800 Å ) لها القدرة على قتل وتدمير الكائنات الدقيقة

(وهو ما يفسر استخدام لمبات الاشعة فوق البنفسجية في التعقيم من خلال تاثيرها على بروتينات الخلية والحامض النووي

### 3- الأشعة التآينية ( Ionizing radiation )

التأثير الضار لأشعة التآين ليس مباشر و لكنه يحدث نتيجة مجموعات حره ذات قدره هائله علي التفاعل و خاصه اصول الهيدروكسيل (OH) حيث تتفاعل مع جزيئات الكبيره وتثبيطها في الخليه و يحدث التأثير القاتل لهذه المجموعات من خلال تأثيرها علي DNA

## • العوامل الكيميائية Chemical factors

• تقسم المواد الكيميائية تبعاً لطريقة تأثير المواد الكيميائية على البكتيريا:

1. مواد موقفة للنمو Bacteriostatic agents: هي مواد مثبطة لنمو البكتيريا ولا تقتلها

2. مواد مبيدة Bactericidal agents: هي مواد تحدث اضراراً بالغاً بالبكتيريا ويميتها

• تقسم المواد الكيميائية تبعاً لمكان تأثيرها:

1. مواد كيميائية سطحية التأثير (تستخدم للتطهير)

2. مواد كيميائية مستعملة لعلاج الأمراض البكتيرية

# •اولا: مواد كيميائية سطحية التأثير

• تستخدم فى التطهير السطحى وقد يكون التطهير :

1. **خارجى** (يشمل الجلد والاعشيه المخاطية ) تسمى بالمطهرات الخارجية  
**Antiseptic** وهى تؤدى الى قتل البكتريا ولا تؤثر على الجلد والاعشيه  
المخاطية

2. **سطحى** : تطهير المعامل والارضيات وادوات الجراحة تسمى المطهرت  
السطحية **Disinfectants** وهى تؤدى الى قتل البكتريا وتؤثر على  
الجلد والاعشيه المخاطية

## أمثلة لبعض المواد الكيميائية المستخدمة للتطهير

### 1- الفينول ومركباته :

يستخدم كمحلول مائي بتركيز 2-5% لتعقيم الأدوات والأجهزة والأسطح

سام لترسيبه البروتينات الخلوية وإتلاف الغشاء البلازمي (يعود تأثيره الى تفاعل مجموعة OH مع مجاميع الامين الحرة لبروتينات الخلية ويكون بروتينات غير ذائبة فتموت الخلية)

### 2- الالدهيدات :

اهمها الفورمالدهيد (الفورمالين) فى صورة محلول مائى 37 %

سام لانه مختزل قوى يتحد مع الاحماض النووية والبروتينات الخلوية فيتلفها ويوقف نشاط الخلية بالإضافة لرائحته النفاذه

### 3- الكحولات

اهمها الكحول الايثانول يستخدم بتركيز 50-70 % . و الميثانول سام ومهيج للعين لذا ينذر استخدامه كمطهر

الكحولات مذيبة للدهون الي ترسيب البروتين الخلوي بالإضافة لقدرته التجفيفية

# • مواد كيميائية مستعملة لعلاج الامراض البكتيرية

تستخدم للقضاء على البكتيريا مثل مركبات السلفانيلاميد والمضادات الحيوية ويشترط للمواد المستخدمة في العلاج ان:

1. تكون قادرة على ابادة الميكروب وعدم الاضرار بالعائل
2. يكون معدل امتصاصها بواسطة خلايا الطفيل اكبر من معدل امتصاصها بواسطة العائل
3. تكون عالية الثبات بحيث لا تتأثر من تأثير سوائل الجسم
4. لا تتدخل ولا تؤثر على مناعة جسم العائل الدفاعيه

## تأثير بعض الاملاح والمعادن الثقيلة ومركباتها العضوية

- تحتاج بعض البكتيريا فى نموها الى كميات ضئيلة من بعض المعادن الثقيلة التى تعمل كمنشطات لبعض الانزيمات، زيادة تركيز هذه المعادن عن الحد المسموح به يكون له تأثير قاتل للميكروبات يرجع السبب فى التأثير القاتل للمعادن الثقيلة
- الى تأثيرها المباشر على البروتين الخلوى وذلك بترسيبه و اتلافه
- من اكثر المعادن سمية الزئبق يليه الفضة ثم النحاس
- تقلل سمية المعادن الثقيلة فى الوسط الغذائى بإضافة بروتينات اليه وذلك لاتحاده معه

## تأثير بعض المواد المؤكسدة

### (حمض النيتريك- حمض البرمنجنيك، الهلوجينات، اكسيد الاثيلين)

- يعود التأثير القاتل لهذه المواد على انتاج اكسجين حديث التولد الذى يذوب فى الماء ويتحد مع مكونات الخلية ويؤكسدها ويحد من نشاطها

<b>• الكلور ومركباته</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• يستعمل بكثرة فى قتل الميكروبات وفى تطهير مياه الشرب ، تطهير ادوات معامل الالبان, ولكن فى الاغراض الطبية والبيطرية لا يستخدم لما له من تأثير ضار على الانسجة الحية</li><li>• يؤثر على الخلية من خلال تكوين الاكسجين حديث التوالد او بكلورة مكونات الخلية بتفاعله مع بروتينات الخلية</li></ul>
<b>اليود ومركباته</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• تعمل على قتل الميكروبات من خلال اتحاده مع بروتينات الخلية</li><li>• له تأثير قاتل على الفيروسات والبكتيريا والفطريات</li><li>• له تأثير مهيج للانسجة وغير ثابت وسام اذا ابتلع الا انه مستعمل فى تطهير الجلد ومواقع العمليات</li><li>• مثال البيتادين</li></ul>
<b>الفلور</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• من اهم الهالوجينات القاتلة للميكروبات</li><li>• يضاف بنسبة جزء فى المليون الى مياه الشرب والى معاجين الاسنان للوقاية من التسوس</li></ul>
<b>برمنجنات البوتاسيوم</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• تستخدم فى التطهير بتركيز محدود جدا لأنها تصبغ الانسجة وتسبب تأكلها لذا فان استخدامها محدود</li></ul>

## بعض مركبات المعادن المستخدمة لمطهرات

مركبات الزئبق	<ul style="list-style-type: none"> <li>• هي مركبات غير عضوية تستعمل فى التعقيم مثل <math>\text{Hg Cl}_2</math> الذى يستخدم بنسبة 1 فى الالف</li> <li>• عموما الزئبق شديد السمية ولذا فان استخدامه كمطهر محدود، ولذا تستخدم مركبات معدنية مشتقة منه ضعيفة السمية مع احتفاظها بقدرته على الابداء والتطهير للميكروبات مثل <b>الميكروكروم</b></li> </ul>
مركبات الفضة	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تستخدم بكثرة فى التطهير</li> <li>• مثل نترات الفضة المستخدمة لقطرة للعين بنسبة 1%</li> <li>• من عيوب هذه المركبات المعدنية ارتفاع ثمنها وتأثيرها المهيج للأنسجة</li> <li>• المركبات العضوية للفضة اقل تأثير مهيج للأنسجة ومنها الارجيرول</li> </ul>
مركبات النحاس	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تقتل الميكروبات خصوصا الطحالب والميكروبات المحتوية على كلوروفيل</li> <li>• تضاف بنسبة جزء فى المليون الى مياه الخزانات والبحيرات لقتل ما بها من طحالب</li> <li>• زيادة النسبة عن هذا الحد يبيد الاحياء البحرية</li> </ul>
مركبات الزنك	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تستخدم فى تحضير المراهم وقطرات العين</li> </ul>
مركبات الزرنيخ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تستخدم فى علاج السبيروكيت والتربانوسوما</li> <li>• مثال لذلك مركبات السلفرسان 600 الفعال ضد البكتريا المسببة لمرض الزهري</li> </ul>

## ثالثا - تأثير العوامل الحيوية على فسيولوجيا البكتيريا

- معيشة البكتيريا في الطبيعه في صورة Mixed Culture.
- للمحافظه على البقاء تخضع المجتمعات البكتيريّه لأنواع مختلفه من العلاقات ومنها التضاد Antagonism أو antibiosis.
- ميكانيكية التضاد: إما أن تكون عن طريق
- تغيير الظروف البيئية
- إفراز مواد سامه، وقد تؤدي إلى توقف نمو الكائنات المستضدة أو موتها. ويُسمى النوع الأخير بالتضاد الحيوي Antibiosis.

# طريقة تأثير المضاد الحيوي على البكتيريا Mode of Action

تتباين المعاملة بالمضاد الحيوي الخلايا البكتيرية فقد تؤدي

- قتل الخلية البكتيرية مباشرة و يطلق عليها **Bactericidal**

- وقف نموها و تسمى **Bacteriostatic**

• قد يؤثر على أحد العمليات التالية في الخلية البكتيرية :

□ تثبيط تكوين الجدار الخلوي (مثل: Penicillin، Cephalosporin، Bactiricin، Vancomycin).

□ تثبيط تكوين البروتين (مثل: Tetracyclins، Cholramphenicol، Streptomycins، Erythromycin، Gentamycin).

□ تثبيط تكوين الحمض النووي DNA (مثل: Quinolones)

□ تثبيط تكوين الحمض النووي RNA (مثل: Rifamycins)

□ تثبيط النشاط الانزيمي (مثل: Sulfanilamide)

□ احداث اتلاف للغشاء البلازمي (مثل : Polymyxin B)

• قد يُؤثر على أحد العمليات التالية في الخلية البكتيرية :

□ **تشبيط تكوين الجدار الخلوي (مثل: Cephalosporin ، Penicillin ، Bactiricin ، Vancomycin).**

□ **يتركب جدار الخلية البكتيرية من مادة الببتيدوجلايكان ز يمنع المضاد الحيوي البنسلين تكوين هـ< المادة حيث يمنع تكوين الروابط الببتيدية العرضية لها , وبذلك تضعف بنية الجدار الخلوي**

□ **يؤثر البنسلين فقط علي الخلايا النشطة التي تعمل لبناء مادة جدارها الخلوي**

□ **تشبيط تكوين البروتين (مثل: Tetracyclins ، Cholramphenicol ، Streptomycins ، Erythromycin ، Gentamycin).**

□ **يؤثر المضاد علي بناء الوحدة s 50 الخاصة بريبوسومات الخلية البكتيرية حيث يثبط تكوين الروابط الببتيدية عديدة السلسلة لببتيدات النامية و يؤثر Erythromycin علي الوحدة s 50**

□ تثبيط تكوين الحمض النووي DNA (مثل: Quinolones)

□ تثبيط تكوين الحمض النووي RNA (مثل: Rifamycins)

□ تثبيط النشاط الانزيمي (مثل: Sulfanilamide)

□ توجد اهمية خاصة لمركب PABA كمادة هامة في تغذية البكتيريا حيث يستخدم كمرافق انزيمي لتكوين حمض الفوليك . ومن هنا يؤثر مركب السلفانيلاميد علي الانزيم الذي يحول PABA بطريقة طبيعية الي حمض الفوليك ويتحد معه بدلا من PABA و بالتالي لايتكون حمض الفوليك و بالتالي لا تنمو البكتيريا

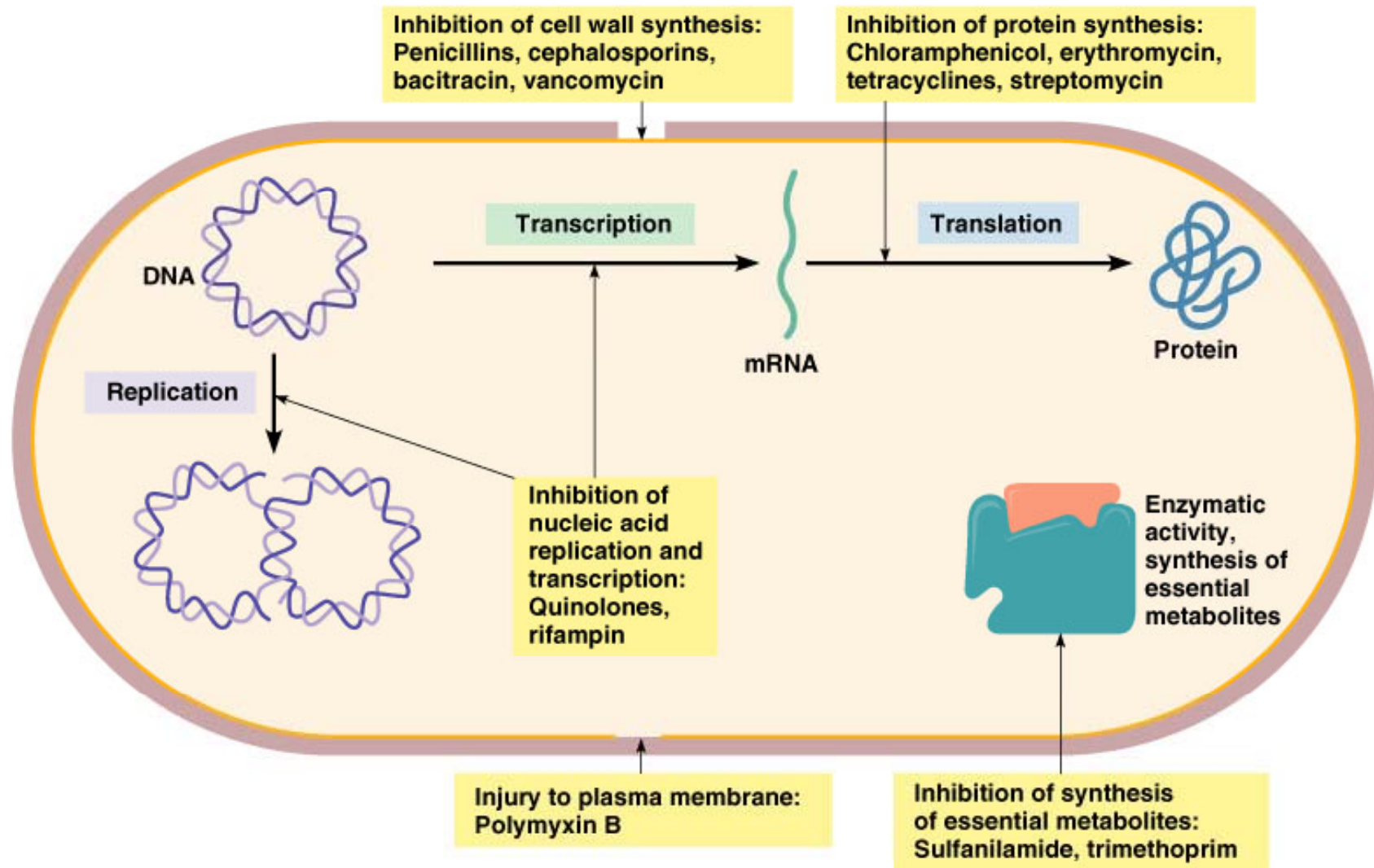
□ خلايا الانسان لا تستخدم مركب PABA لتكوين حمض الفوليك .



□ احداث اتلاف للغشاء البلازمي (مثل : Polymyxin B)

□ تغيير نفاذية الغشاء و يترتب عليه فقد مواد ايضية هامة من الخلية مثل المضاد الحيوي Polymyxin B

□ الذي يحدث خلل في تركيب الغشاء البلازمي نتيجة اتصاله بالدهون المفسفرة



### Cell wall synthesis

Cycloserine  
Vancomycin  
Bacitracin  
Fosfomycin  
Penicillins  
Cephalosporins  
Monobactams  
Carbapenems

### DNA replication (DNA gyrase)

Nalidixic acid  
Quinolones

### DNA-dependent RNA polymerase

Rifampin

### Protein synthesis (50S inhibitors)

Erythromycin

Chloramphenicol  
Clindamycin

### Folic acid metabolism

Trimethoprim  
Sulfonamides

THF A

DHF A

PABA

### Cell membrane

Polymyxins

### Ribosomes

50 30 50 30 50 30

### Protein synthesis (30S inhibitors)

Tetracycline

Spectinomycin

Streptomycin

Gentamicin, tobramycin  
Amikacin

