وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
كلية الزراعة/ جامعة واسط

مبادئ احياء نظري
المحاضرة الرابعة

أستاذ المادة
د.نور الهدى جواد كاظم

تركيب الخلية البكتيرية Structure of Bacterial Cell

ان اكثر مايظهر بوضوح من البكتريا تحت المجهر الضوئي شكلها الظاهري من الخارج بجدار صلب سميك يدعى الجدار الخلوي Cell Wall و هناك مكونات اساسية موجودة في كل أنواع خلايا البكتريا مثل الغشاء البلازمي و السايتوبلازم وهناك أجزاء لا توجد الا في بعض الانواع لذلك سوف نأخذ مثال لجميع المكونات في خلية بكتيرية مثالية:

١- السوط البكتيري Flagella

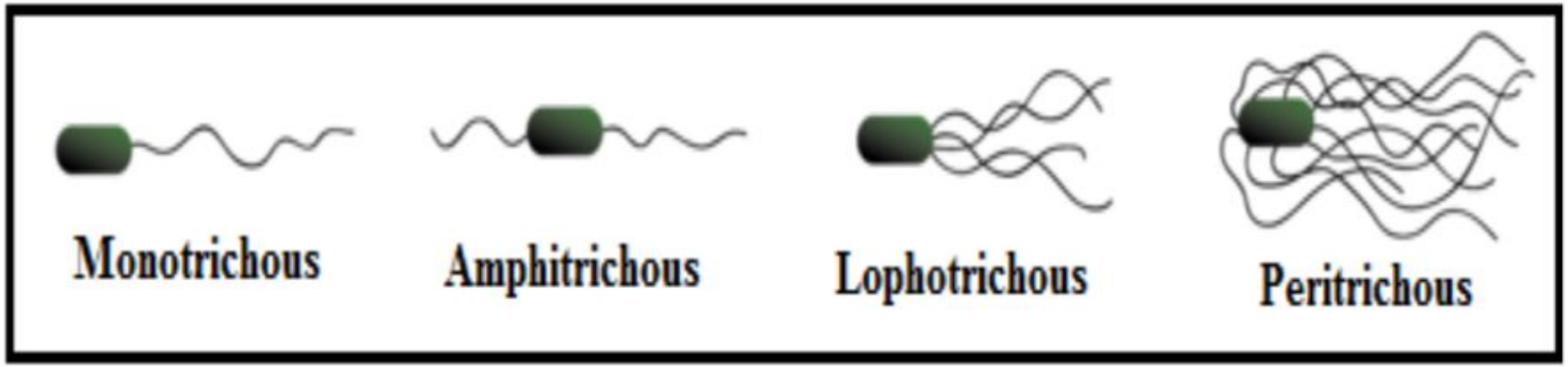
الأسواط Flagella ومفردها السوط Flagellum وهي زوائد خيطية تشبه الشعر رقيقة جداً موجودة على سطح الخلية عددها من 1 الى 100 سوط تخرج من الخلية البكتيريه تنشأ من السيتوبلازم، ويسهل انتزاعها من الخلية، وعند صبغها تبدو الأسواط طويلة إسطوانية ملتوية وتكون عادة أطول من الخلية. تتحرك الأسواط حركة تموجية على طول السوط. و هي تتكون من ألياف بروتينية من نوع خاص تسمى (Flagellin) و هذا البروتين يتميز بقدرته على الإنقباض والإنبساط. وتتجمع وحدات هذا البروتين وتمتد على هيئة الياف على طول السوط.

يتركب السوط من ثلاثة أجزاء رئيسية وهي :

- **الخيط Filament : وهو جزء خارجي يكون طوله أطول من الخلية عدة مرات ذو قطر ثابت ويحتوي على جزيئات مستديرة تتكون من بروتين يسمى الفلاجين (Flagellin).**
- **الخطاف Hook : وهو يتصل بالخيط من الاعلى ومن الأسفل بقاعدة أعرض قليلاً ويتكون من نوع مختلف من البروتين.**
- **الجسم القاعدي Basal body : ويعمل على تثبيت السوط في كل من الجدار الخلوي والغشاء البلازمي لخلية البكتيريا**

و تبعا لعدد الأسواط ووضعها تنقسم البكتيريا إلى :

١- **ذات سوط واحد طرفي Monotrichous:** التي تحتوي على سوط واحد في احدى نهايتي الخلية البكتيرية.
٢- **ذات سوط واحد عند كل طرف Amphitrichous:** تلك التي تحوي على سوط او اكثر على كلا القطبين.
٣- **متعددة الأسواط الطرفيه Lophotrichous :** تمتلك البكتريا سوطين او اكثر في قطب واحد من الخلية .
٤- **محيطية الأسواط Peritrichous:** تدعى البكتريا المحاطة بالاسواط من جميع الجهات.



٢- الزوائد الشعرية Fimbriae و الشعيرات او الاهلاب (Pili)

الزوائد الشعرية وهي زوائد خيطية أو بروزات شعرية مجوفة غير ملتوية عددها في الخلية البكتيرية٢٠٠-٤٠٠ والاهلاب تكون ادق واصغر من الزوائد الشعرية وعددها ١-١٠ في الخلية الواحده وكلاهما ينشا من جدار خلية البكتريا تمتد الى الخارج تكون مستقيمة وغير منحنية وادق واقصر واكثر عددا من الاسواط وهي لاتستخدم في الحركة لوجودها في البكتريا المتحركة وغير المتحركة ولها وظائف منها:

١- نقل المادة الوراثية في عملية التزاوج بين خليتين.

٢- تساعد البكتريا على الالتصاق للاسطح الداخلية للخلايا الطلائية.

٣- الاهلاب تعمل كمواقع اتصال لاقمات البكتريا وهي صفة غير مفيدة للخلية البكتيرية.

٣- العلبة أو الكبسولة Capsule

هي افرازات هلامية او مخاطية صمغية تفرزها الخلية البكتيرية لتكون غلافا سميكا حول الجدار الخلوي. وتنشا المحفظة وتصنع في الغشاء السايتوبلازمي ثم تفرز الى خارج الخلية من خلال ثقوب الجدار الخلوي. وتختلف المحفظة فيما بينها من ناحية التركيب الكيميائي وحتى ضمن النوع البكتيري الواحد. الكبسولة لاتعتبر جزءا حيويا من الخلية البكتيرية حيث لاتموت البكتريا بفقد الكبسولة. يمكن أزالتها بسهولة من الخلية دون أن يؤدي الى موتها. الفوائد التي تمنحها المحفظة فهي ذات طابع وقائي للبكتريا كما يعزى اليها سبب القدرة الأمراضية لبعض انواع البكتريا لذلك بأزالتها تفقد قدرتها على احداث المرض.

٤- جدار الخلية Cell Wall

ان لجدار الخلية اهمية كبيرة حيث يستطيع في بعض البكتريا توليد الاعراض المرضية، اضافة الى كونه موقع العمل لبعض المضادات الحيوية Antibodies ذات الفعالية العالية جدا, ويحمي الخلية من المؤثرات الخارجية يقوم مقام عارض صلد لكي لاتنفجر الخلية البكتيرية كذلك يحدد شكلها الخارجي ويعطي للخلية شكلها المميز حيث يحتفظ بشكله الصلب. يتراوح سمك الجدار الخلوي ١٠-٣٥ نانومتر ويشكل من ١٠-٤٠ % من الوزن الجاف للخلية. كما ان الاختلافات في التركيب الكيميائي للجدار الخلوي تؤدي الى ايضاح الصفات المميزة للبكتريا وذلك لاصطباغ البكتريا بصبغة كرام الشائعة. كل انواع البكتريا تحتوي على هذا الجدار بأستثناء أنواع الميكوبلازما.

وتعد جدران الخلايا البكتيرية معقدة جدا في تركيبها، الا انه في العموم فان الجزء الاساسي لجدار خلية البكتريا يتألف من جزيئة كبيرة تسمى ببتايدوكلايكان Peptidoglycan الذي يعود صلابة الجدار لها وهي تتحلل بفعل بعض الانزيمات كتلك الانزيمات الموجوده في اللعاب والدموع. تتكون Peptidoglycan من ثلاثة أنواع من المكونات هي :

- حامض N-acetylmuramic acid (AMA)
- حامض N-acetylglucose amine (AGA)
- ببتيدات مكونة من أربعة أو خمسة أحماض أمينية

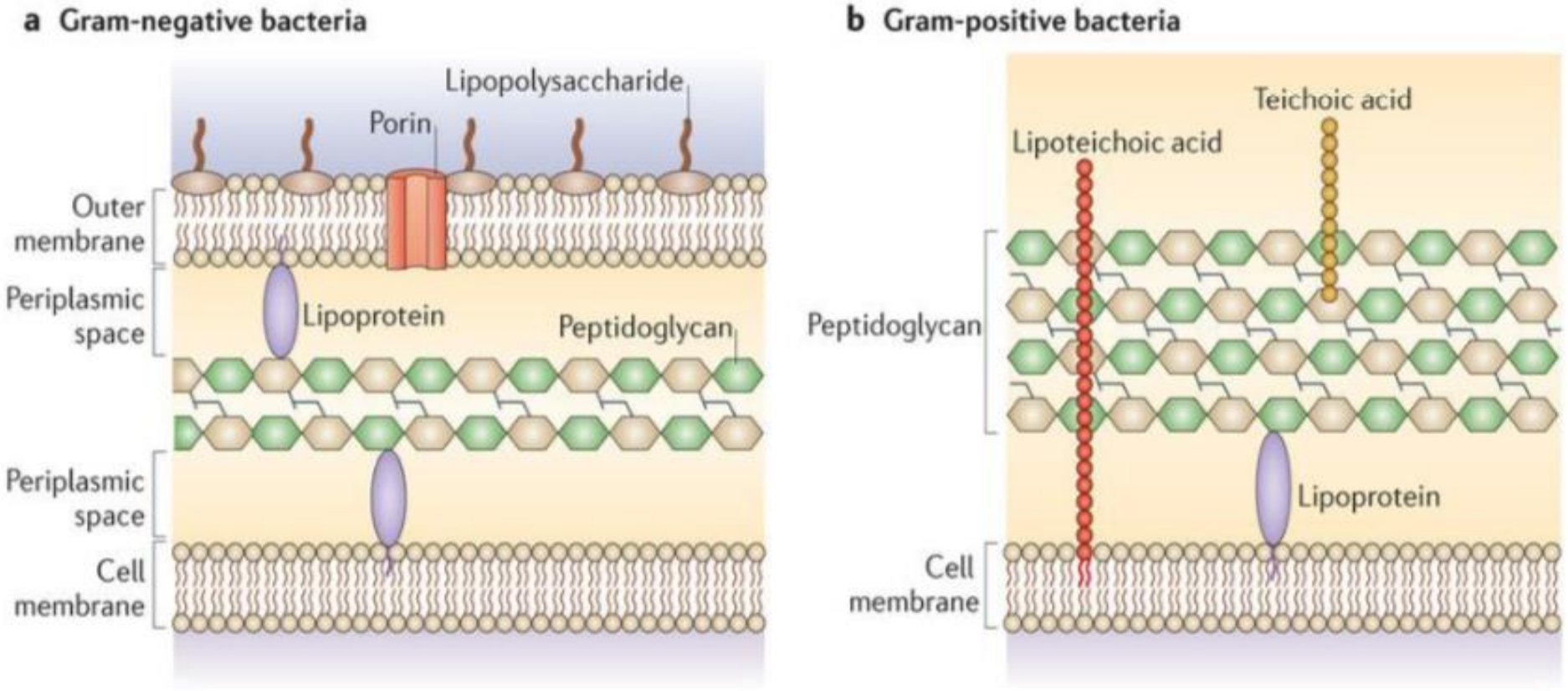
ان جدران الخلايا الموجبة لصبغة كرام تكون الاواصر أو الروابط العرضية اكثر عددا مما هي عليه في جدران البكتريا السالبة لصبغة كرام وبالتالي يزداد سمك طبقة ببتايدوكلايكان فيكون الجدار فيها اكثر سمكا مما هو عليه في الخلايا السالبة لصبغة كرام التي يكون فيها الجدر رقيقا جدا ويحتوي على مسامات كبيرة كافية لأستخلاص صبغة

الكريستال البنفسجي (صبغة كرام) بينما في البكتريا الموجبة تكون الروابط كبيرة ومتماسكة فلاتسمح لصبغة الكريستال بالخروج من الجدار بعد التصبغ فتحافظ على الصبغة بعد الغسل بالكحول ولكن البكتريا السالبة تفقد الصبغ بعد غسلها بالكحول على عكس الموجبة ولأن البكتريا السالبة شفافة لايمكن رؤيتها بالمجهر الضوئي تصبغ البكتريا الموجبة والسالبة بصبغة السفرانين الحمراء فتستجيب البكتريا السالبة للصبغة في حين الموجبة لا تستجيب وتبقى محافظة على الصبغة البنفسجية وبذلك يمكن التمييز بينهم. كما يحتوي جدار الخلية السالبة لصبغة كرام خارج طبقة الببتايدوكلايكان على طبقة متعددة السكريات الدهني تحافظ على الخلية من دخول المواد الكيمياوية كالمضادات الحياتية والاملاح والصبغات الى داخل الخلية فتكون طارده لها لذلك يكون تأثير البنسلين وبعض المضادات الحيوية الأخرى غير مؤثر على البكتريا السالبة في حين تؤثر على البكتريا الموجبة.

وبذلك يمكن ان تقسم البكتريا حسب تفاعلها مع صبغة كرام الى نوعين :

أ. **موجبة لصبغة كرام Gram positive :** وهذه البكتريا تظهر تحت المجهر باللون الازرق البنفسجي

ب.**سالبة لصبغة كرام Gram negative :** وهذه البكتريا تظهر تحت المجهر باللون الاحمر الفاتح الزهري



صورة توضح الجدار الخلوي في البكتريا السالبة (a) والموجبة لصبغة كرام (b)

5-الغشاء السايتوبلازمي Cytoplasmic membrane

يقع الغشاء السايتوبلازمي تحت الجدار الخلوي مباشرة ويسمى ايضا بالغشاء البلازمي Plasma membrane يحيط بالخلية من داخلها ويكون شبه ناضح Semipermeable اما في البكتريا العديمة الجدار الخلوي فان الغشاء السايتوبلازمي يكون هو الغلاف الخارجي لها. الغشاء وظيفته الاساسية نقل المواد الغذائية الناتجة من والى الخلية وهو المكان الذي يتم فيه ارتباط الـDNA خلال عملية الاستنساخ ويحتوي على الانزيمات التي تعمل على تكوين جدار الخلية.

يتركب الغشاء من ٦٠% بروتينات و 40% مواد دهنية معضمها يكون على شكل دهون مفسفرة Phospholipids.

ان تاثير المواد المعقمة والمطهرة على الغشاء يؤدي الى موت الخلية. وتعمل بعض المنظفات على اذابة طبقة الدهون

المفسفرة مما يؤدي الى خروج مكونات السايتوبلازم الى الخارج. وللكحول الاثيلي وبعض المضادات الحياتية الفعل نفسه على غشاء الخلية.

تدخل مركبات سايتوبلازم البكتريا باحد العمليتين الاتيتين :

أ- الانتشار السلبي Passive diffusion

تنتقل الجزيئات بصورة حرة داخل وخارج الخلية دون ان تبذل اي طاقة وتستمر بذلك حتى يتساوى تركيز الجزيئة المعينة داخل وخارج الخلية .

ب- النقل الفعال Active transport

في هذه الحالة فان الخلية تستهلك طاقة لنقل الجزيئات داخل وخارج الخلية وفي الغالب ان ماتنقله الخلية الى داخلها اكثر مما تنقله الى خارجها .ويكون تركيز المادة داخل الخلية اكثر بكثير من تركيزها في الخارج.

6- السايتوبلازم او المادة الخلوية Cytoplasm

يعتبر سايتوبلازم البكتريا معلق لمواد عضوية وغير عضوية مذابة في محلول مائي لزج ويضم جميع التراكيب المختلفة الموجودة داخل الغشاء السايتوبلازمي. ولاتتواجد الشبكة الاندوبلازمية او المايتوكوندريا Mitochondria الا انه يحتوي الرايبوسومات والميسوسومات والحبيبات والفجوات وغيرها .

7- الرايبوسومات Ribosomes

تكون الرايبوسومات من اكثر تراكيب الخلية البكتيرية المكرسة لتخليق البروتين. وتظهر السايتوبلازم بالمظهر الحبيبي لكثرت هذه التراكيب فيه. وتتالف هذه التراكيب من جزئين وكل جزء منهما يتالف من جزيئتين كبيريتين مختلفتين هما البروتين والحامض النووي RNA. وان العديد من انواع البروتينات الرايبوسومية تشكل جزءا من تركيب الرايبوسوم. تؤثر العديد من المضادات الحياتية كالستربتومايسين Streptomycin والنيومايسين Neomycin والتتراسايكلين tetracycline على الخلية البكتيرية من خلال ايقاف صناعة البروتين في الرايبوسومات .

8- المادة النووية Nucleus

ان المنطقة النووية في الخلايا البدائية النواة مثل البكتريا لاتحاط بغشاء نووي، وهي اي النواة في هذه الاحياء لاتعاني من الانقسامات الخيطية والاختزالية وهذا ما يميزها عن النواة الحقيقية الموجودة في الكائنات الحية الراقية. وتجدر الاشارة الى ان الدراسات الخاصة اثبتت انعدام وجود الغشاء النووي Nuclear membrane وانعدام النوية Nucleolus .

ان العديد من البكتريا تحمل معلومات وراثية اضافية في البلازميدات Plasmids والتي هي شكل من الحامض النووي DNA اللاكروموسومي حيث لايعتبر جزءا من الكروموسوم. اما الكروموسوم والذي هو التركيب الرئيسي لخزن المعلومات الوراثية فانه يتالف من جزيئة طويلة مفردة من الحامض النووي DNA.

١١- الابواغ الداخلية Endospores

وهي تراكيب متخصصة اكثر مقاومة من البكتريا الظروف البيئية غير الملائمة كالحرارة والجفاف وقلة الغذاء ومقاومة المطهرات والمعقمات لعدة سنوات . وتنتج بعض الانواع البكتيرية على وجه الخصوص في نهاية فترة نموها النشيط بشكل جسيمات داخل الخلية وبعد موت الخلية وتحللها ينطلق البوغ. وتبقى الابواغ المنطلقة بحالة سبات مالم تسقط على وسط غذائي جديد وعند ذلك تنبت في الوسط الغذائي ويتوالد كل بوغ واحد خلية بكتيرية واحدة

تحمل نفس الصفات البكتيريا الاصلية. تقاوم الابواغ درجات الحراة العالية اذ يمكنها البقاء حية في الماء المغلي اعلى من ١٠٠مْ لعدة ساعات ولكنها تقتل في درجة حرارة 121ْم ولمدة لاتقل عن 20 دقيقة في جهاز الاوتوكليف.

نمو البكتريا Bacterial Growth

يعرف النمو بشكل عام على انه الزيادة في الكتلة الحيوية Cell mass والناتجة عن الزيادة في حجم الخلايا الفردية او الزيادة في عددها او في الكتلة او كليهما. ان مقدرة الخلية على النمو والتكاثر تتوقف كثيرا على كفاءتها في تكوين مواد بروتوبلازمية جديدة من مصدر الغذاء المحيط بها وبمساعدة جهازها الانزيمي الخلوي والسيطرة عليه بالنظام الوراثي للخلية.

بعد تضاعف الخلية البكتيرية في حجمها وفي كمية مكوناتها فانها سوف تنقسم الى خليتين متشابهتين Daughter cell في عملية الانشطار الثنائي البسيط Simple binary fission ويسمى الزمن اللازم لانقسام الخلية الواحدة الى خليتين بزمن الجيل generation time او بزمن التضاعف doubling time ويقاس نمو البكتريا بدلالة الزيادة في عدد الخلايا بدلا من الزيادة المعنوية في حجم الخلية او الكائن المجهري وبالتالي يقاس بنمو الجماعة population من خلال الحجم الكلي لها.

مراحل نمو البكتريا

تمر الخلايا البكتيرية عند تلقيحها في وسط غذائي معقم وتحت الظروف المثالية باربع مراحل او اطوار نمو وهي :

١- طور التطبع او التكيف Lag phase

يسمى احيانا بطور الاستقرار الابتدائي Initial Stationary phase والذي تكون سرعة النمو فيه صفر، وتستعمله الخلية لبناء الانزيمات الضرورية لتمثيل الوسط الغذائي والظروف الجيدة ، يكون حجم الخلايا فيه صغيرا لذا فان عليها ان تكبر في الحجم كي تنقسم فيما بعد ولاتحدث فيه زيادة في العدد.

٢- طور النمو اللوغارتمي Log phase (Exponential)

يبدا عندما تشرع الخلايا بالانقسام بسرعة منتظمة وتكون فيه سرعة النمو ثابتة وجميع الخلايا حية. وتكون الاضافة في بروتوبلازم الخلايا ذات علاقة ثابتة مع العدد لذا فان قياس اي من العاملين يعطي فكرة عن الزيادة الحاصلة في النمو والتي تكون زيادة لوغارتمية. ويكون النمو في هذا الطور متوازنا يتحدد بوفرة العوامل الغذائية والوراثية. وفي الواقع يكون عدد الخلايا الحية في هذا الطور يتساوى مع العدد الكلي لها وذلك لان نسبة الخلايا الميتة تكون واطئة جدا.

٣- طور النمو الثابت Stationary phase

بعد مرور بضع ساعات او حتى مرور ايام على بدء الطور اللوغارتمي، تبدا الخلايا بمواجهة صعوبات كثيرة يكون فيه مقدار الزيادة في عدد الخلايا الحية مساويا لعدد الخلايا التي تموت، لذا تكون المحصلة النهائية ثابتة. يعود سببه الى قلة المواد الغذائية من جهة والى ارتفاع تركيزالمواد السامة المطروحة خارج الخلية من جهة اخرى.

٤- طور الانحدار او الموت Death phase

عندما تزداد الظروف البيئية قسوة، يتغلب معدل موت الخلايا على معدل انشطارها وهكذا تدخل المزرعة البكتيرية في طور الموت الذي يحدث فيه هبوط واضح في الاعداد الحية للبكتريا فتكون سرعة موت الخلايا لوغارتمية، اما كتلتها فتبقى ثابتة الا اذا حدث تحلل للخلايا.

ومما لاشك فيه ان هناك ظروفا كثيرة يعزى اليها موت الخلايا البكتيرية الا ان اهمها هو نفاذ المواد الغذائية الرئيسة وتجمع المواد التالفة والسامة مثل الحوامض.