البكتريا Bacteria:- هي كائنات واسعة الانتشار توجد بشكل طبيعي على سطوح الاجسام وفي داخلها وفي الغذاء والماء والتربة والهواء. وتكون احادية الخلية تمتلك المواد البروتوبلازمية الاساسية للنمو والتكاثر تستهلك المواد الذائبة بالسوائل وتطرح الفضلات الناتجة عن العمليات الايضية بالانتشار Diffusion. وان قسم من البكتريا تسبب امراض للانسان واخرى للحيوانات الواطئة واخرى للنباتات وبعضها لا يصيب اي من الكائنات الحية ولكن يعيش بصورة تعايشية Commensally وقد تعيش في جسم الانسان ولاتسبب المرض وتدعى Normal flora ويطلق على البكتريا المسببة للامراض بـ non-pathogenic ولكن قد تصبح ممرضات انتهازية Opportunistic pathogens عند انخفاض المناعة والجهاز الدفاعي للجسم.

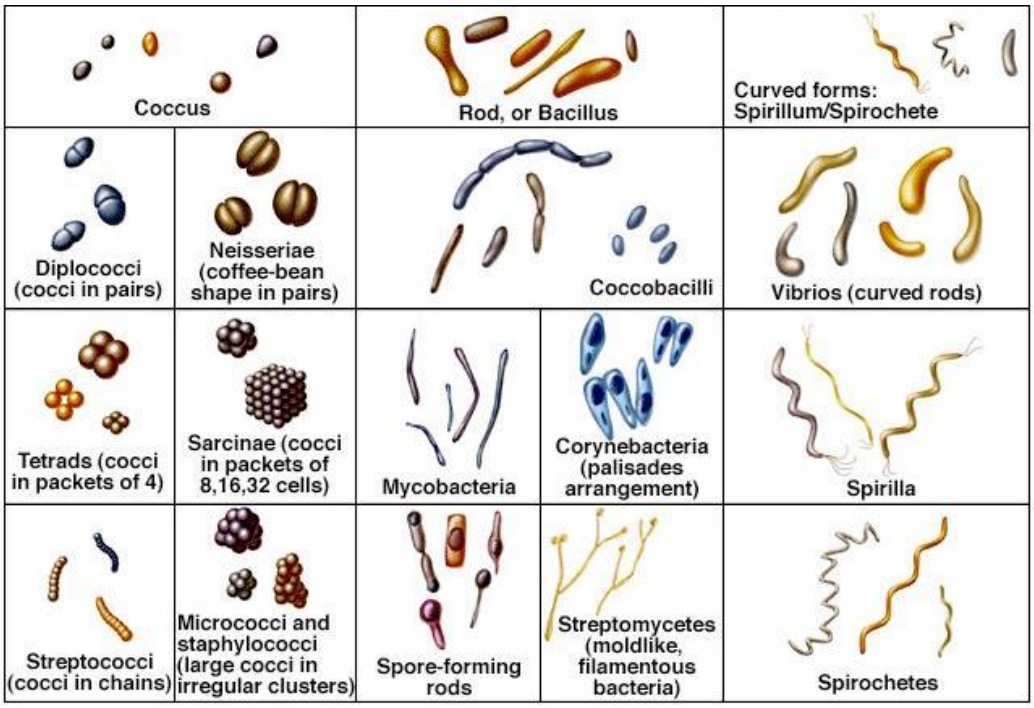
الحجم والشكل الخارجي Size and Morphology :- ان وحدة قياس الابعاد البكتيرية هي المايكروميتر الذي يعادل جزءآ واحداً من الف الف من المتر(10^{-6} متر). تتراوح ابعاد البكتريا من 1-6 مايكرون طولا ومن 1.5 – 2 عرضاً وقد تصل في بعض انواع البكتريا الخيطية والحلزونية الى مئة مايكروميتر طولا ، على هذا فهي اصغر من خلايا حقيقية النواة ،حيث ان الموجودات التركيبية في الخلية هي التي تحدد حجم هذه الكائنات ، والذي يجعل فعالياتها الحيوية كبيرة حيث تتناسب هذه عكسيا مع حجم الكائن الحي أي انه كلما زاد حجم الكائن الحي تباطأ معدل التفاعلات الايضية التي تجري داخل جسمه. وبما ان معدل النمو يتحدد عموماً بمعدل سرعة التفاعلات الايضية لذا تتصف البكتريا بنموها السريع حيث تتضاعف اغلب انواع خلايا البكتريا بوقت اقل من ساعة واحدة تحت الظروف البيئية المناسبة. هنالك ثلاثة اشكال للخلية البكتيرية وهي الشكل الكروي Spherical – Coccus والشكل العصوي Rod Shaped- Bacillus و الشكل الحلزوني Spirillum.

المكورات Spherical bacteria :- وتسمى للجمع cocci ومفردها coccus توجد اختلافات ضمن الشكل الواحد فليس من الضروري ان تكون كروية كاملة الشكل ولكن تكون بيضوية Ellipsoidal او متطاولة Elongated او مسطحة من الوجهين Flattened on one side.

الشكل العصوي Rod Shaped bacteria :- وتسمى للجمع bacilli والمفرد bacillus تتغاير البكتريا العصوية في اطوالها ويكون طولها وقطرها متشابهان احيانا حتى يصعب معها تمييزها عن المكورات اما نهاياتها فقد تكون دائرية او منبسطة او مقعرة اومتشعبة.

البكتريا حلزونية الشكل Spiral shaped bacteria :- وتسمى Spirillum للمفرد وللجمع Spirilla تظهر بعض العصيات بشكل حلزوني وقد تكون صلبة او مرنة اعتماداً على النوع فقد تكون قصيرة على شكل نابض كثيف الدورات او على شكل حلزون غير كامل ويدعى هذا النوع ببكتريا الضمة Vibrio اوComma.

التجمعات Arrangment :- تنقسم معظم البكتريا بالانشطار الثنائي (الانشطار البسيط) binary fission لتكوين خليتين منفصلتين متميزتين وظيفياً مع انه قد لا تنفصل هذه الخلايا عن بعضها دائماً. ويؤدي التصاق الخلايا الى ترتيب مميز يعتمد على مستويات التي تنقسم فيها البكتريا فالخلايا التي تنقسم في مستوى واحد تكون تجمعات بشكل سلاسل في حين الخلايا التي تنظم في مستويات عديدة وبطريقة عشوائية تكون تجمعات على شكل عناقيد وعندما يحدث الانقسام بتتابع وبمستويات عمودية على بعضها البعض تنتج رزم صغيرة مكعبة الشكل. فبكتريا (*Streptococcus*) تميل الى تكوين سلاسل طويلة في حين بكتريا *Staphylococcus* تميل الى تكوين عناقيد (شكل 1).

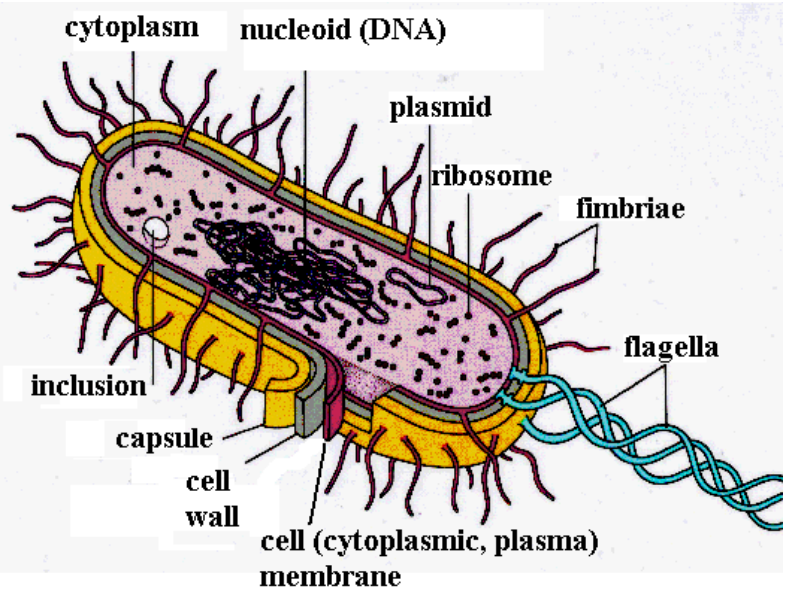


الشكل : رقم (1) يوضح شكل و تجمعات البكتريا

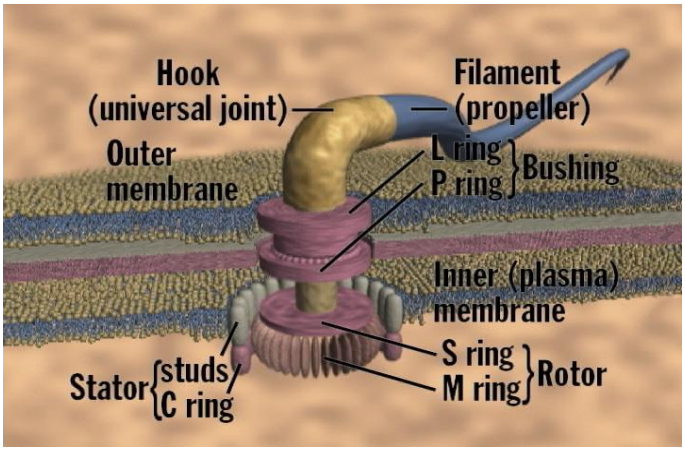
كما ان بعض الاحياء الخيطية المتعددة الخلايا مثل Beggiatoa التي تشترك فيها الخلايا مع البعض الاخر بصورة دائمة في جدار خلوي مشترك يغطي جميع الخلايا بحيث لا يمكن فصل هذه الخلايا بعضها عن البعض الاخر دون ان تموت. في حين ان سلاسل البكتريا يكون الاتصال فيها غير مستقر او ثابت حيث يمكن فصل الخلايا بواسطة الرج دون ان تموت اذا ان كل خلية يمثل كائن حي مستقلاً.

تركيب خلية البكتريا Structure of bacterial cell :-

تحتوي الخلايا البكترية على عدد من التراكيب والعضيات قسم منها يقع خارج الخلية والقسم الاخر محاطاً بغلاف الخلية وهناك تراكيب اخرى تتواجد في انواع من البكتريا دون الاخرى لذا وجود وعدم وجود هذا العضيات يعتبر صفة تصنيفية وقد شخصت الاجزاء التركيبية للخلية البكتيرية كما يأتي: (شكل رقم 2).



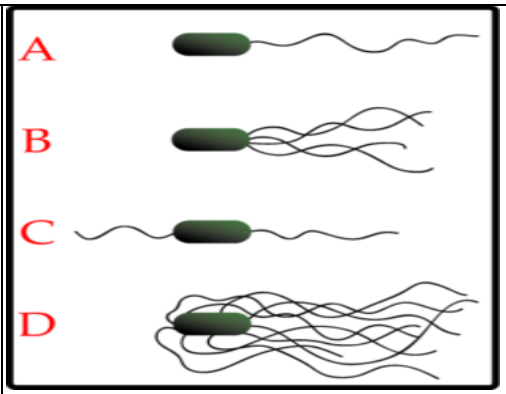
شكل رقم (2) يوضح تركيب الخلايا



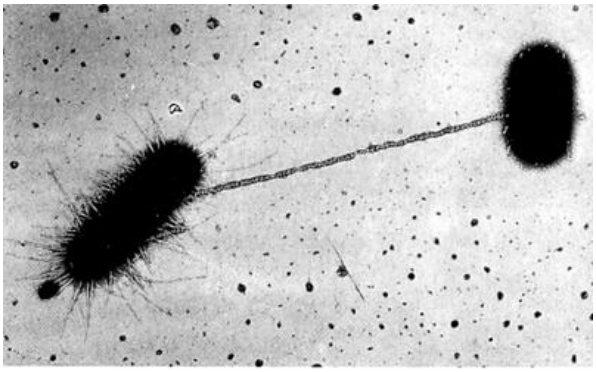
الاسواط Flagella:-

وهي لواحق بشكل خيط قطرها 12-30 نانوميتر وتكون واسطة الحركة في البكتريا الحاوية عليها ويكون طولها احيانا اكثر من قطر الخلية ولا يمكن رؤيتها بالمجهر الضوئي الا باستعمال طرق تصبيغ خاصة،حيث تعامل الخلايا المثبتة بمادة مثبتة للالوان وهي محلول غروي غير مستقر يترسب على شكل طبقة سميكة من مادة قابلة للصبغ على سطح الخلية وعلى امتداد سطح السوط او الاسواط،وعند اضافة الصبغة نستطيع مشاهدة هذه المادة المترسبة بالمجهر الضوئي حيث يظهر السوط على شكل خيط رفيع جداً.يعد عدد وتوزيع الاسواط على الخلية صفة وراثية ثابتة تقريبا وتستعمل في التصنيف.قد توجد الاسواط بشكل سوط قطبي واحد في احد قطبي الخلية التي تسمى في هذه الحالة Monotrichous او توجد بشكل حزمة من الاسواط عند احد قطبي الخلية Lophotrichous ويسمى او قد يوجد سوط او حزمة من الاسواط في كل من قطبي الخلية ويسمى الترتيب Amphitrichous او قد تحيط الاسواط بكل جسم الخلية ويسمى الترتيب Peritrichous. يتكون السوط من الخيط Filament وهو الجزء الظاهر ويكون في حقيقته ثلاثة خيوط ملتفة على بعضها تتصل بجزء ثاني يكون اعرض منها ذو قطر ثابت يسمى الشص Hook طوله 45 نانوميتر تقريبا والذي يرتبط بدوره بالجسم القاعدي Basal body الذي يوجد في غلاف الخلية.يتركب السوط من بروتين فلاجيلين Flagellin الذي يكون ذا طبيعة مستضدية ويختلف من نوع لاخر، الا ان بروتينات الاسواط تشترك في صفة عامة هي احتواؤها على الحوامض الامينية مثل الكلوتاميك والاسبارتيك ويكون محتواها من الاحماض الامينية الحاوية على الكبريت كالسستين قليلاً.

هنالك فرضيتان للطريقة التي تحرك الاسواط بها البكتريا ،احداهما تقول بان الوحدات البروتينية التي تكون الاسواط تتقلص وتنبسط منتجة مايشبه التموجات،وبذلك قد تنسحب او قد تدفع الخلية،اما الفرضية الثانية فتقترح حركة دائرية يقوم بها السوط بما يشبه حركة المروحة مما يؤدي الى حركة البكتريا.

• A-Monotrichous • B- Lophotrichous • C- Amphitrichous • D- Peritrichous	

الشعيرات اوالاهلاب Pili and Fimbriae :-

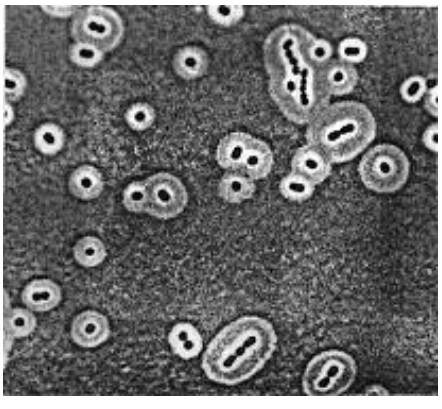


وهي لواحق خيطية مشابه للاسواط الا انها ارفع واقصر طولا من الاسواط تنتشر على سطح الخلايا خصوصآ في البكتريا السلبية لصبغة كرام طولها 3،.--3 مايكروميتر وقطرها 5-10 نانوميتر وليس لها علاقة بالحركة،هنالك نوعان من الشعيرات النوع الاول الشعيرات العمومية Fimbriae التي يصل عددها الى المئات والتي تستخدمها البكتريا للالتصاق بالخلايا الحيوانية والنباتية والسطوح الخاملة مثل الزجاج والسيليلوز وهذه وظيفة مهمة جدآ تمكن البكتريا من تثبيت نفسها في بيئاتها الطبيعية ليتسنى لها توفير المواد المغذية،اما النوع الاخرSpecific pili يطلق عليها بالشعيرات الجنسية Sex pili والتي لها دورا في عملية الاقتران Conjugation التي تحدث في بعض انواع البكتريا كما انها تكون مستقبلات Receptors لعاثيات البكتريا Bacteriophages.

تتكون الشعيرات من بروتين يدعى Pilin يصل وزنه الى7000 دالتون ويتكون من وحدات ثانوية تترتب على شكل حلزوني لتكون خيطا مفردا قويا ذات لب فارغ ، وما دام البروتين هو المادة الرئيسية لذا تعطي للخلية صفات مستضدية specific antigen خاصة للخلايا شأنها في ذلك شأن الاسواط.

المحفظة Capsule :-

تصنع العديد من البكتريا في بيئتها الطبيعية كميات كبيرة من مواد مخاطية صمغية بوساطة انزيمات في الغشاء السايتوبلازمي وتفرز الى خارج الخلية من خلال ثقوب الجدار الخلوي وبذلك تتكون طبقة اضافية خارج الجدار تسمى بالعلبة اوالمحفظة والتي تكون مسؤولة عن توفير الحماية لخلية البكتريا في كونها تشكل غطاءآ واقيآ للجفاف وتخزن المواد الغذائية وهي تزيد من امراضية البكتريا الممرضة لمقاومتها الابتلاع Phagocytosis من قبل خلايا الدم البيضاء. تختلف المحفظة من ناحية التركيب الكيمياوي فقد تتكون من الكربوهيدرات المعقدة مثال الدكستران Dextran وحامض هايالبورونيك ومن البروتينات ، يتغير سمك المحفظة من جزء من المايكروميتر الى 10مايكروميتر او اكثر ويكون تركيبها الكيمياوي متميزآ لكل نوع من الانواع ، وهي غير مهمة لحياة البكتريا ويمكن ازالتها بالانزيمات او بالغسل دون ان يؤثر ذلك في حيوية الخلية ، ويرتبط تكوينها ارتباطآ مباشرآ بالظروف البيئية المتاحة لذا عندما يكون التركيب الكيمياوي للمحفظة حاوي على الدكستران او الليفان فان تصنيع المحفظة يتم عند تنمية البكتريا بوسط حاوي على السكروز فقط وليس سكر آخر.



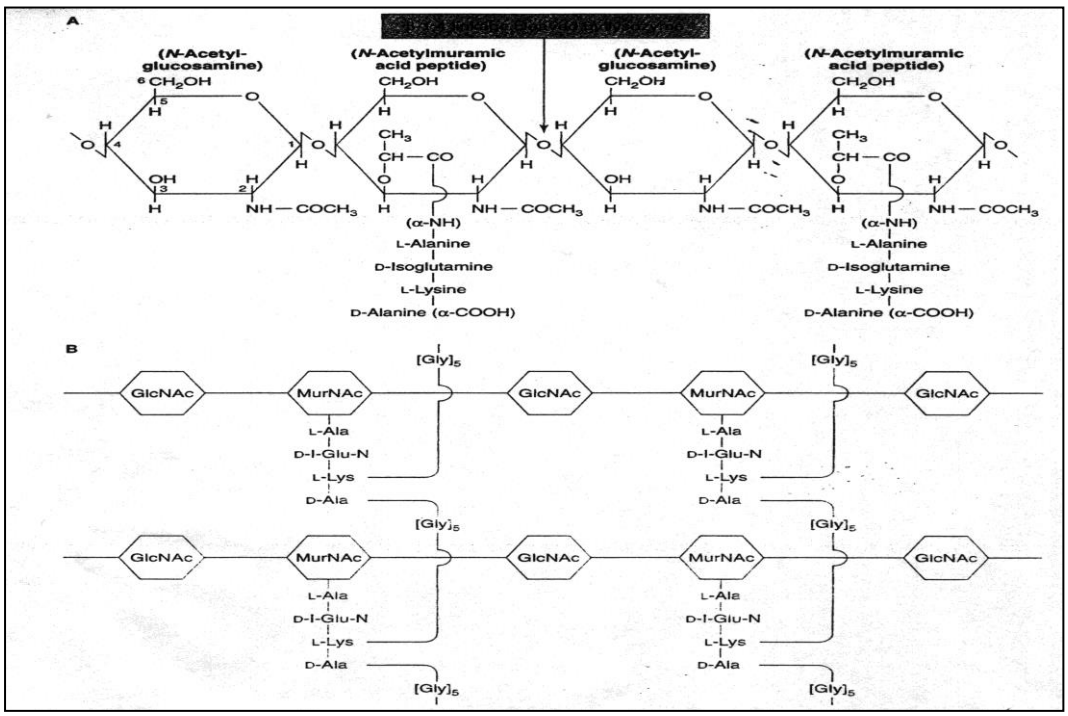
يعد قيام الخلية البكتيرية بتخليق المحفظة عملية وراثية يسيطر عليها جين معين فعند حصول طفرة وراثية لهذا الجين تفقد قدرتها لتكوين المحفظة.عند تنمية الخلية المكونة للمحفظة على الوسط الزرعي الصلب تعطي مستعمرات ناعمة لماعة (S-Colonies) في حين الطفرات الفاقدة للمحفظة تعطي مستعمرات خشنة

(R- Colonies) لذا فان حدوث هذه الطفرات في بكتريا ممرضة *Streptococcus pneumoniae* فانها تفقدها قابليتها على اصابة المضيف.تمتلك البكتريا الحاوية على المحفظة تخصصاً مناعيا اعتماداً على التركيب الكيمياوى للمحفظة ويساعد هذا على التفريق مصلياً بين الانواع المتشابهة.

الجدار الخلوي Cell Well:-

تسمى طبقات الغلاف الخلوي المحصورة بين الغشاء البلازمي والمحفظة **الجدار الخلوي** ،تحتوي جدران معظم الخلايا البكتيرية على نوع فريد من مادة عضوية متعددة Organic Polymerتدعى الببتيدوكلايكان Peptidoglycanوتوفر هذه المادة الاسناد والشكل للخلية،ويحمي الجدارالخلية من تأثير الضغط الازموزي الداخلي الذي يكون بمدى يقع بين 5-20 جو نتيجة لتركيز المواد الذائبة والمنقولة بوساطة عملية النقل الفعال،وللجدار الخلوي دور مهم في عملية انقسام الخلية كما تكون طبقات الجدار مواقع لكثير من المحددات المستضدية،بالاضافة الى انه موقع عمل قسم من المضادات الحيوية.

تتكون مادة الببتيدوكلايكان Peptidoglycan او Murein من وحدتين هما السكريات الامينية Amino sugars و الاحماض الامينية.اذ ان السكريات الامينية هي N-acetylmuramic acid (AMA) و N-acetylglucosamine (AG) مرتبطة بالاصرة 1-4 من النوع بيتا وسلاسل جانبية مكونة من مجموعة ببتيدات رباعية متصلة بحامض ن استيل ميوراميك ومجموعة من ببتيدات متشابهة مستعرضة.يكون الهيكل متشابها في جميع انواع البكتيريا اما السلاسل الجانبية والمستعرضة فتختلف باختلاف الانواع.تتكون الجسور المستعرضة من آصرة ببتيدية مباشرة مع الاحماض الامينية L-alanine و D-lsoglutaminc و L-lysine او Diaminopimelic acidو D-alanine اذ ترتبط بأواصر متستعرضة بـ AMA. شكل(3).



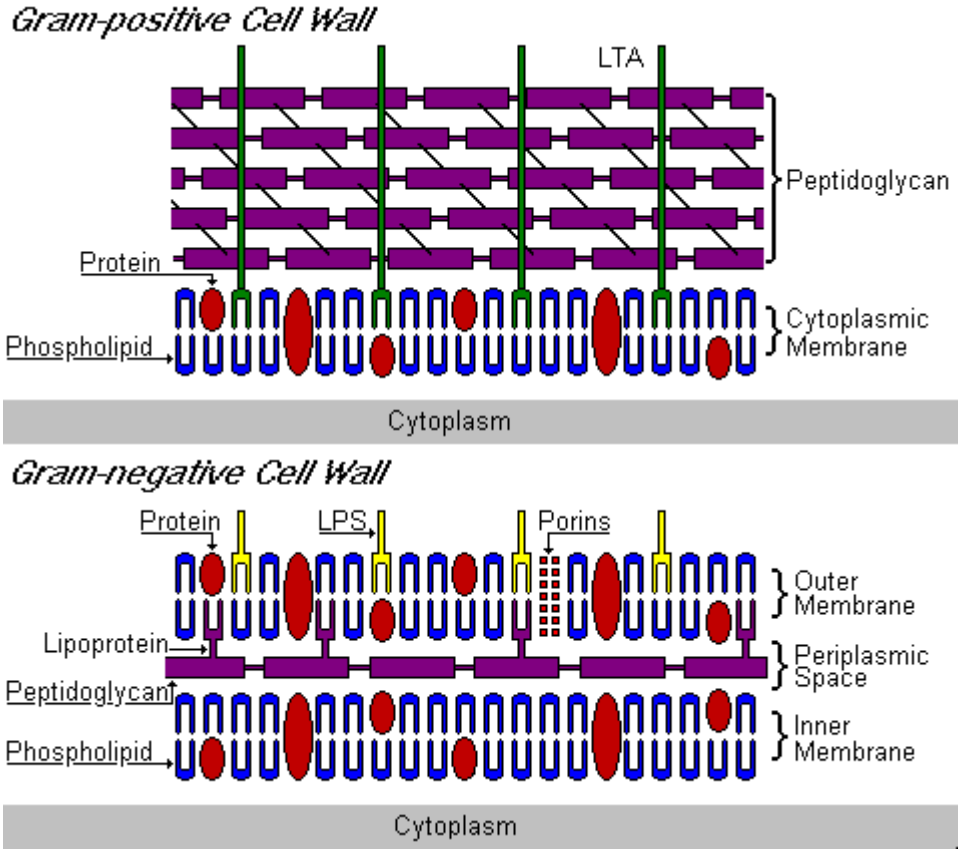
شكل (3)يوضح الوحدات التركيبية لطبيعة الـ Peptidoglycan

ان مادة الببتيدوكلايكان مجسمة ثلاثية الابعاد ومن هنا تأتي قوتها وهي بذلك لا تعترض دخول الماء والمواد الغذائية مثل المعادن والكلوكوز والاحماض الأمينية والمواد العضوية كذلك الجزيئات الكبيرة نسبياً وبنفس الوقت تخرج المواد التالفة من خلال هذا الممر.وصلابة طبيقة الببتيدوكلايكان تعود الى الاواصر المستعرضة التي تربط الـ Polymer وتكون هذه الاواصر اكثر في البكتريا الموجبة لصبغة كرام مما هو علية في البكتريا السالبة لصبغة كرام.

جدار البكتريا الموجبة والسالبة لصبغة كرام :-

ان جدار الخلايا البكترية الموجبة لصبغة كرام يتألف من طبقات متتالية من الببتدروكلايكان حيث تتصل كل طبقة منها بالتي فوقها والتي تحتها خلال جسور من الاحماض الامينية ويبلغ سمك جدار هذه البكتريا 35- 25 nm اي حوالي 20-40% من وزن الخلية ويحتوي 20-80% من مادة peptidoglycon اضافة الى البروتينات والسكريات المتعددة وحامض teichoic (الذي يتألف من الكليسرولglycerol او ribitol كوحدة فرعية متكررة متأصرة الى الالنين والفوسفات ويوجد نوعان من حامض التكويك هما تكويك الجدار الخلوي wall teichoic او تكويك الغشاء membrane teichoics والذي يسمى lipoteicho. شكل(4)

اما جدار الخلايا البكتيريا السالبة لصبغة كرام يكون رقيقاً جداً يبلغ سمكه 10-15 nm وهو يشكل 10-20% من وزن الخلية الجافة ويتكون من 5-15% من peptidoglycan و 35% من الدهون الفوسفاتية phospholipipids و 15% من protein و 50% من lipopoly saccharides (وتعد هذه الطبقة ذات اهمية واسعة بسبب خواصها السمية وان الجزء الدهني هو المكون السمي لهذه الطبقة).



شكل (4)يوضح الفرق بين تركيب الجدار والاغلفة الملحقة لبكتريا السالبة والموجبة لصبغة كرام

بعض المكونات الخاصة بالبكتيريا السالبة لصبغة كرام والتي تقع خارج peptidoglycan وهي :

1- Lipoprotein وهي مواد قليلة الوزن الجزيئي تعمل كجسور لربط الطبقات الخارجية الى الجدار الخلوي اذ ترتبط بشكل تساهمي مع الحامض الاميني di-aminopimelic الموجود في طبقة peptoglycan ويتألف الجزء البروتيني من 57 حامض امين اما الجزء الدهني فهو diglyceride thioether الذي يرتبط بـ cystein

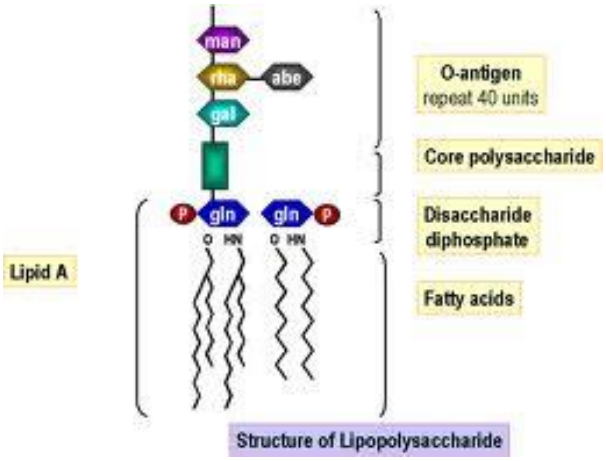
وظيفة lipoprotein هي موازنة الغشاء الخارجي وتثبيته مع طبقات peptoglycan .

2- phospholipid (الفوسفوليبيدات) : وهي طبقة ثنائية من دهون فوسفاتية يتكون من ارضية سائلة تحتوي على بروتينات خاصة.

يعمل الغشاء على تسرب البروتينات في periplasmic space ويحمي البكتريا المعوية من الاملاح والانزيمات المحللة الموجودة في بيئة المضيف. تختلف نفاذية الغشاء الخارجي من نوع لاخر ففي بكتريا *psudomonase aeruginosa* تكون نفاذية هذا الغلاف اقل 1000 مرة من نفاذية غشاء بكتريا *E-coli* ولهذا فان البكتريا الأولى شديدة المقاومة للمضادات البكتيرية antimicrobial.

وان البروتينات الموجودة في الغشاء الخارجي يطلق عليها بالبروتينات الثانوية Minor protein والتي لها علاقة بنقل الجزيئات الصغيرة مثل الفيتامين B_{12} و Phospholipid و proteases و pencillin, binding protein.

3- Lipopolysaccharide (LPS) وتعتبر المكون الرئيسي بين هذه الطبقات وتشكل 45% من السطح الخارجي للبكتريا وهي تتكون من ثلاثة مناطق:



1- ممتضد O-antigen ويطلق عليه المنطقة الاولى ويتكون من سكريات قليلة التعدد oligosaccharide ويكون عدد هذه المستضدات في بكتريا Salmonella اكثر من 1000 نوع.

2- المنطقة المركزية Core region ويطلق عليها المنطقة الثانية وهي مكونة من سلاسل سكريات متعددة ترتبط بشكل تساهمي بالطبقة الثالثة وبالاضافة الى وجود السكريات يوجد ايضاً ethanolamine phosphate

3- Lipid A يتكون من سكريات ثنائية من phospho glucose amine مرتبطة مع الاحماض الشحمية الطويلة السلسلة lauric acid و B-hydroxy myristic acid ويكون الجزء السكري ثابت لكل انواع البكتريا في حين تتغير الاحماض الشحمية .

فائدته:

1- تعمل الطبقة الدهنية على موازنة الغشاء وتكون حاجز يمنع دخول بعض الجزيئات المحبة للماء hydrophilic molecules.

2- تكون هذه الطبقة سامة للحيوانات تدعى endotoxin لان عند تحللها الى Lipid A وسكريات متعددة تكون جميع سميتها عائدة الى lipid A

التصبيغ: يتم التغلب على صعوبة ملاحظة الكائنات الشفافة والقادرة على الحركة وذلك بقتل الخلايا وتعامل بعدئذ مع صبغة او اكثر ذات الفة خاصة لواحد او اكثر من مكونات الخلوية ونتيجة لاختلاف الشحنات بين جسم الخلية والصبغة (فالخلية البكتيرية غنية بالحامض النووي الذي يحمل مجموعة الفوسفات السالبة الصيغة وهذا يساعد على الارتباط بالصبغات ذات الشحنات الموجبة (والمعروفة بالصبغات القاعدية) التي لها الفة قوية لواحد او اكثر من مكونات الخلية وتلون هذه المكونات عند اضافتها للخلية. اما الصبغات السالبة الشحنة فلا تستطيع اختراق غلاف الخلية وبالتالي تجعل الخلية عديمة اللون والارضية بلون الصبغ. (وان الاصباغ املاح يكون احد ايوناتها ملونا والملح عبارة عن مركب كيمياوي احد ايوناته موجب الاخر سالب مثل كلوريد المثيل الازرق). وتعد صبغة كرام (1884) Gram stain التي انشأها الطبيب الدنيماركي Dr. Hans Christion Gram قادرة فعلاً على تقسيم البكتريا الى مجموعتين كرام موجب G^+ وكرام سالب G^- حيث حاول تصبيغ الانسجة المصابة ببكتريا التي تسبب ذات الرئة Pneumonia باستعمال صبغة البنفسج البلوري crystal violet ووتثبيتها بمحلول Iodine ثم تغسل بـ الكحول الاثيلي 95% اوالاسيتون فيتم قصر البكتريا G^- وعدم قصر البكتريا G^+ لقدرتها على الاحتفاظ بالمعقد Crystal violet-iodin وتحتفظ باللون Purple البنفسجي ، اما G^- تكون عديمة اللون وعند اضافة صبغة السفرانين الحمراء Safranin تصطبغ البكتريا G^- باللون الأحمر التي تضاف بعد الكحول.