كلية الزراعة/ جامعة الانبار مبادئ احياء مجهرية المرحلة الثانية

قسم التربة والموارد المائية المحاضرة الثالثة

التشريح الوظيفي للبكتريا

Functional Anatomy of Bacteria

مثلما يعود الفضل في اكتشاف الاحياء المجهرية الى انطوان فان ليفنهوك والى العدسات التي قام بصناعتها ومن ثم ابتكار المجاهر الضوئية المركبة ، فأن دراسة التراكيب الداخلية لخلايا الاحياء المجهرية وتشريحها الوظيفي تدين بالفضل الى المجاهر الالكترونية التي وفرت فرصة مشاهدة الاجزاء الداخلية لخلايا الاحياء المجهرية والى تطور طرق الفصل ودراسة الاجزاء المفصولة فسيولوجيا والتعرف على اكثر مكونات خلايا الاحياء المجهرية وحتى على المستوى الجزيئي.

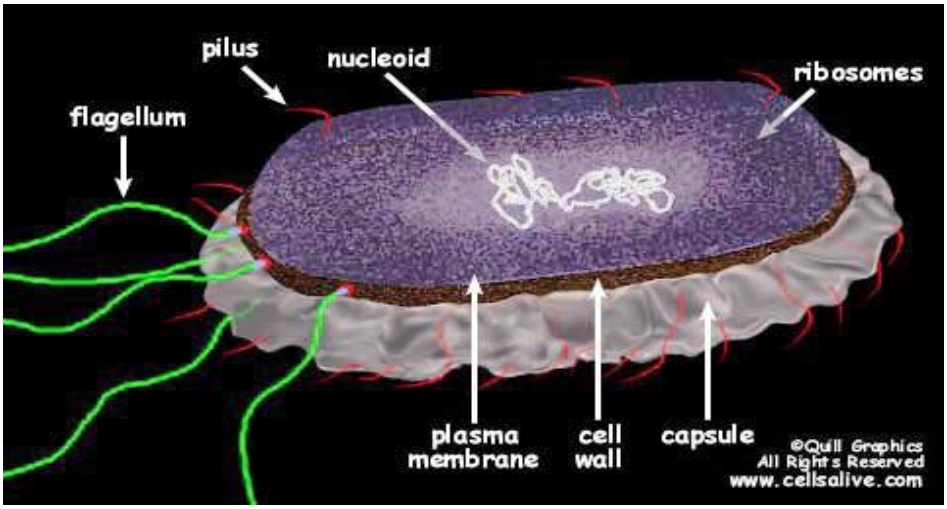
مكونات الخلية البكتيرية

تقسم مكونات الخلية البكتيرية الى الى مكونات اساسية وغير اساسية:

١-تتضمن المكونات الاساسية الغشاء السايتوبلازمي ، والرايبوسومات والمناطق النووية الحاوية على مادة DNA المسؤولة عن حمل ونقل الصفات الوراثية . وسميت بالمكونات الاساسية لانها موجودة في جميع الكائنات الحية بما في ذلك البكتريا . بمعنى انها صفة تجمع جميع الخلايا.

٢-اما المكونات غير الاساسية في البكتريا فتتمثل بالجدار الخلوي والكبسولة والاسواط والابواغ والبلازميدات والشعيرات والمواد المخزنة وهذه موجودة في بعض وليس وليس جميع انواع البكتريا. عليه فهي ليست اساسية.ويمتل الشكل الاتي مكونات الخلية البكتيرية.

Bacterial Cell Structure



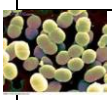
الكبسولة Capsule (المحفظة)

تركيب هلامي رخو يحيط ببعض انواع البكتريا ولاتتكون الا في بيئة معينة ، تمنح الكبسولة للبكتريا ، وبالتالي للمستعمرات Colonies البكتيرية في الاوساط المختبرية قواما لزجا رطبا . يتراوح سمك الكبسولة من ٢ – ١٠ مايكروميتر او اكثر قليلا . وهي من المكونات غير الاساسية وغير المهمة للبكتريا . ويمكن ازالتها بالماء او الانزيمات المحللة لها . وقد تسمى بالطبقة المخاطية ولاسيما عندما تكون على شكل كتل منفصلة عن الخلية البكتيرية. وتتمثل اهميتها بالاتي:

١- تشكل غطاءا واقيا للبكتريا تجاه المؤثرات الخارجية.
٢- تزيد من امراضية البكتريا المرضية.
٣- تعتبر مصدرا او مخزونا غذائيا تستعين به البكتريا عند نفاذ المواد الغذائية في محيطها. لذلك توصف الكبسولة احيانا انها مخزن غذائي خارجي.

تتكون الكبسولة في معظم البكتريا المكونة لها (عدا بكتريا *Bacillus anthracis*) من سكريات متعددة Polysaccharides مثل السيليلوز والدكستران والليفان وكما هو في الامثلة المذكورة في الجدول ادناه.

تركيب	وحدات تركيب	البكتريا

	الكبسولة	الكبسولة
Bacillus anthracis	Glutamic acid	Polypeptide
Acetobacter xylinum	Glucose	Cellulose
 *Leuconostoc spp.*	Glucose + fructose	Dextrans
Pseudomonas spp.	Glucose + fructose	Leavans

****عند الاشارة الى نوع ضمن جنس من البكتريا نستخدم المختصر .Sp وهي اختصار لكلمة Species اما عند الاشارة الى جميع الانواع ضمن ذلك الجنس فيشار الى ذلك بمختصر .Spp .**

أمثلة للبكتريا اتي تمتلك كبسولة:

***بكتريا *Streptococcus mutans* المسببة لنخر الاسنان : تتراكم بكتل كبيرة على سطوح الاسنان وتستغل البكتريا السكريات المتبقية بين الاسنان لتكوين الكبسولة.**

***بكتريا *Acetobacter xylinum* : وهي من البكتريا المستخدمة في صناعة الخل الى جانب بكتريا *Acetobacter aceti* والتي تكون طبقة هلامية في سطوح السوائل المعدة لصناعة الخل. تسمى هذه الطبقة احيانا بأم الخل ويذكر ان البكتريا الحاوية على الكبسولة تمتلك تخصصا مناعيا اعتمادا على التركيب الكيميائي للكبسولة. وتستخدم هذه الخاصية في التفريق بين مجاميع النوع الواحد من البكتريا . فمثلا هناك مايقارب ٧٥ نمطا مناعيا من بكتريا *Streptococcus pneumonia* المسببة لذات الرئة.**

الجدار الخلوي Cell wall

يستحق جدار البكتريا اهتماما خاصا للاسباب الاتية:

١- يتألف جدار البكتريا من مكونات ليس لها نظير في اي مكان اخر من الطبيعة كما سيوضح ذلك لاحقا.
٢- تسبب مكونات جدار البكتريا ولاسيما جدار البكتريا السالبة لصبغة كرام عند تحللها داخل الجسم اعراضا مرضية (لانتاج المكون Lipid A من التحلل المسؤول الاساس عن امراضية البكتريا السالبة لصبغة كرام)
٣- يمثل الجدار موقعا لعمل بعض المضادات الحيوية Antibiotic وفعلها والمستخدمة في معالجة بعض الامراض البكتيرية.

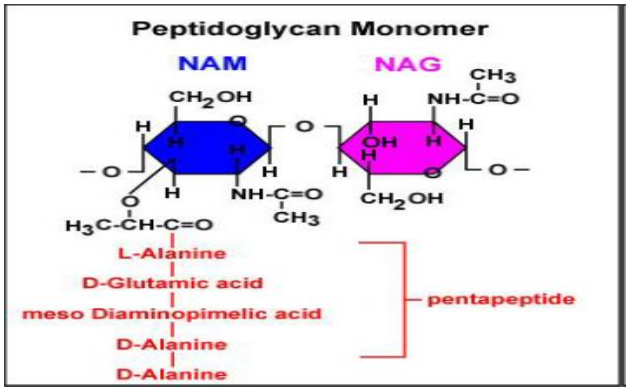
٤- وجود اختلاف في التركيب الكيميائي لجدار البكتريا . وهو الذي يحدد استجابة البكتريا لصبغة كرام . وتعتمد هذه الخاصية في تفريق البكتريا الى مجموعتين تصنيفيتين هما البكتريا الموجبة لصبغة كرام والسالبة لصبغة كرام.

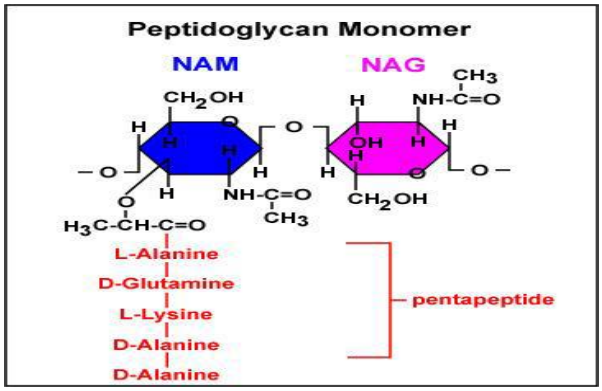
وتكمن وظيفة الجدار في اي خلية ومنها البكتريا في انه يمنح البكتريا شكلها ويحافظ عليه وهي وظيفة غير حيوية . ويمكن تحطيم جدار الخلايا البكتيرية بطرق ميكانيكية او أنزيمية . واي خلية منزوعة الجدار تسمى Protoplast ومثل هذه الخلايا تتخذ اشكالا كروية في المحاليل ذات الضغوط الازموزية المتعادلة وتستطيع الخلية منزوعة الجدار من مزاولة جميع فعالياتها الايضية في حال وجودها في مثل هذه المحاليل وبشكل طبيعي.

وتتميز جميع انواع البكتريا التي سبق الاشارة لها في المحاضرة الاولى بأحتوائها او امتلاكها جدارا بأستثناء مجموعة تسمى Mycoplasma .

*تركيب الجدار الخلوي للبكتريا:

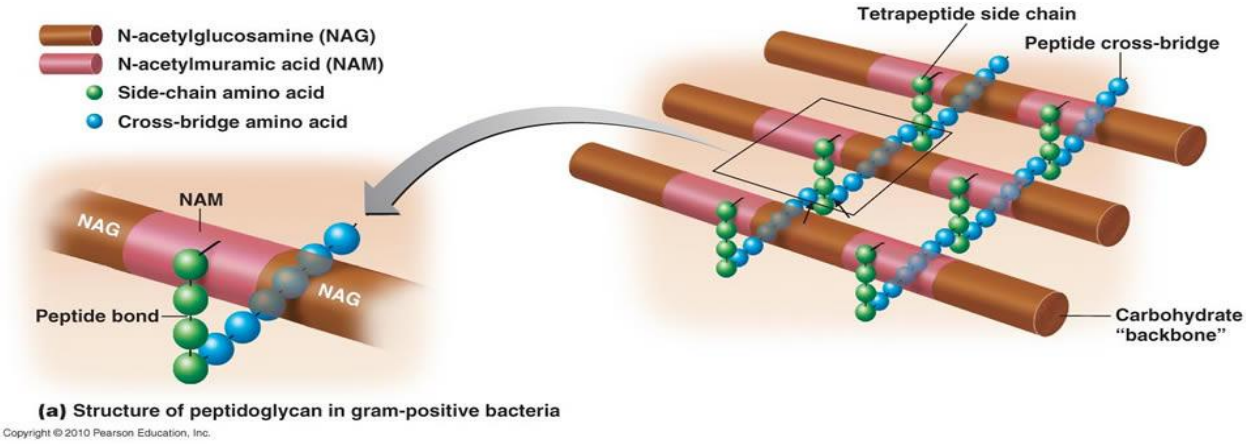
يتسم التركيب الكيميائي لجدار البكتريا بدرجة عالية من التعقيد بخلاف جدار الخلايا النباتية او الفطرية. اذ يتألف من مكون اساسي يطلق عليه Peptidoglycan . وهو بوليمر ذو وزن جزيئي عال يتكون من وحدتين ثانويتين تتبادلان لتكوين سلسلة طويلة وذلك بأرتباط هاتين الوحدتين الثانويتين بأصرة كلايكوسيدية من نوع B- 1,4 والوحدتين اللتان تتناوبان لتكوين سلسلة الببتيدوكلايكان هما N – acetylglucose amine و N – acetyl muramic acid .





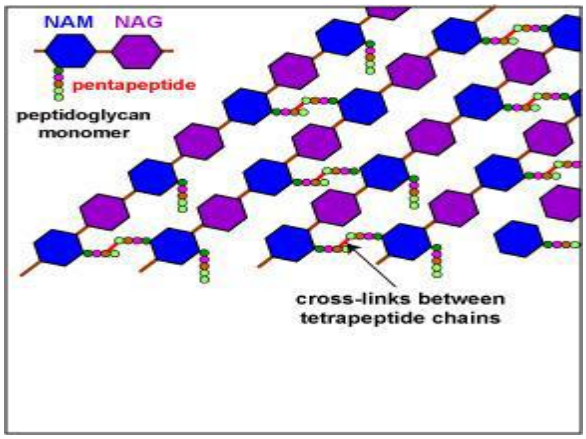
The Peptidoglycan Monomer of Escherichia coli

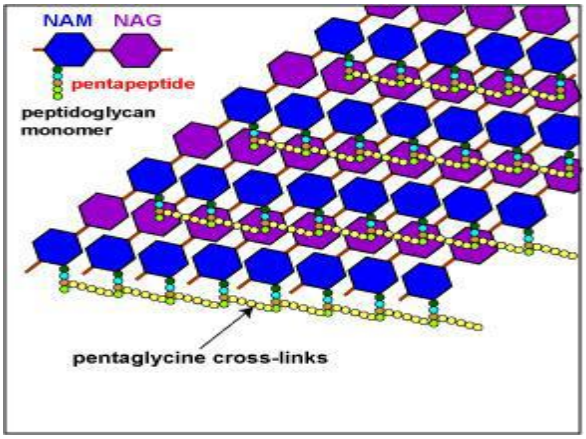
The Peptidoglycan Monomer of Staphylococcus aureus



(a) Structure of peptidoglycan in gram-positive bacteria

Copyright © 2010 Pearson Education, Inc.





Structure of Peptidoglycan: *Escherichia coli*

Structure of Peptidoglycan: *Staphylococcus aureus*

وترتبط بالوحدة الثانوية N – acetyl muramic acid احماض امينية في الكاربون رقم ٢.

ان سلاسل الببتيدوكلايكان هذه ترتبط بالتي قبلها وبالتي بعدها ارتباطيا عرضيا بواسطة سلسلة من الاحماض الامينية الجانبية مكونة شبكة ثلاثية الابعاد وتمثل طبقة واحدة من طبقات الجدار.

تختلف طبقات الببتيدوكلايكان من البكتريا السالبة لصبغة كرام G^- عن البكتريا الموجبة لصبغة كرام G^+ من حيث العدد. اذ يبلغ عدد هذه الطبقات في G^+ حوالي ٤٠ طبقة وهي بذلك تشكل حوالي ٥٠% من الجدار . اما في G^- فيتراوح عددها من ١ -٢ طبقة وتشكل حوالي ٥ – ١٠ % من الجدار.

يحتوي جدار البكتريا G^+ الى جانب طبقات الببتيدوكلايكان على احماض مختلفة التركيب مثل حامض Teichoic acid و Teichuronic acid واحماض التايكويك ذات تراكيب مختلفة ترتبط بطبقات الببتيدوكلايكان في جدار البكترياG^+ تساهميا عبر اواصر فوسفاتية فتضفي عليها القوة والمتانة.

اما جـدار البكتريـا G^- فتحتوي الـى جانب طبقتـي الببتيدوكلايكـان عـدد مـن الطبقات الاضافيـة الغنيـة بالمـواد الدهنيـة وهي طبقـة Lipoproteins و Lipopolysaccharide و Phospholipid ويطلق على الطبقة الاخيرة (طبقة اللبيدات الفوسفاتية) بالغشاء الخارجي Outer membrane لانها تشابه تركيب الغشاء السايتوبلازمي. وتوضح الاشكال ادناه طبقات الجدار في كل من البكتريا G^+ و G^- .

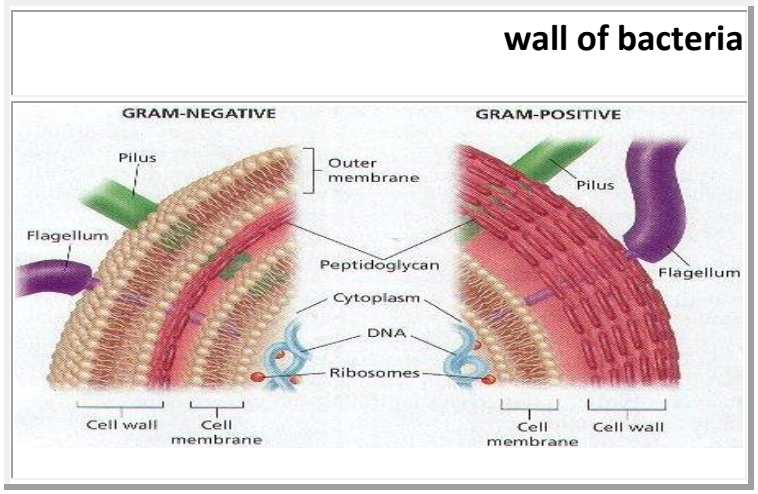
وتتلخص وظيفة Lipoproteins في موازنة الغشاء الخارجي وتثبيته على طبقة الببتيدوكلايكان . اما طبقة Phospholipid اي الطبقة الخارجية فمؤلفة من طبقتين من الدهون الفوسفاتية ، شأنه في ذلك شأن الغشاء السايتوبلازمي. ويعمل هذا الغشاء الخارجي على منع تسرب الانزيمات والبروتينات الموجودة في الفسحة البينية Periplasmic space ويحمي البكتريا المعوية خاصة من الاملاح والانزيمات المحللة الموجودة في الامعاء.

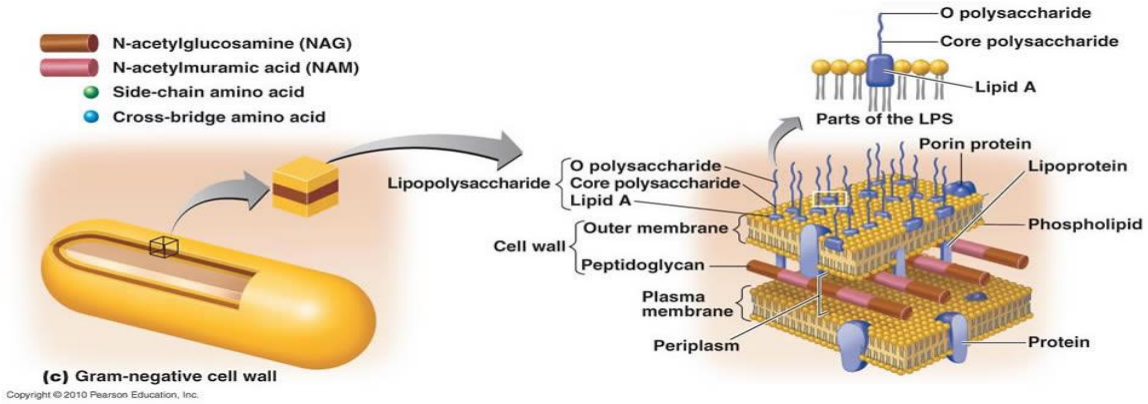
اما طبقة Lipopolysaccharide او السكريات المتعددة الدهنية والتي تقع الى الخارج من الخلية فتتألف من مكون رئيس يطلق عليه بـ Lipid A ومجموعة سكريات متعددة وتعمل على موازنة الغشاء وتحول دون دخول الجزيئات الكارهة للماء Hydrophobic الى الخلية.

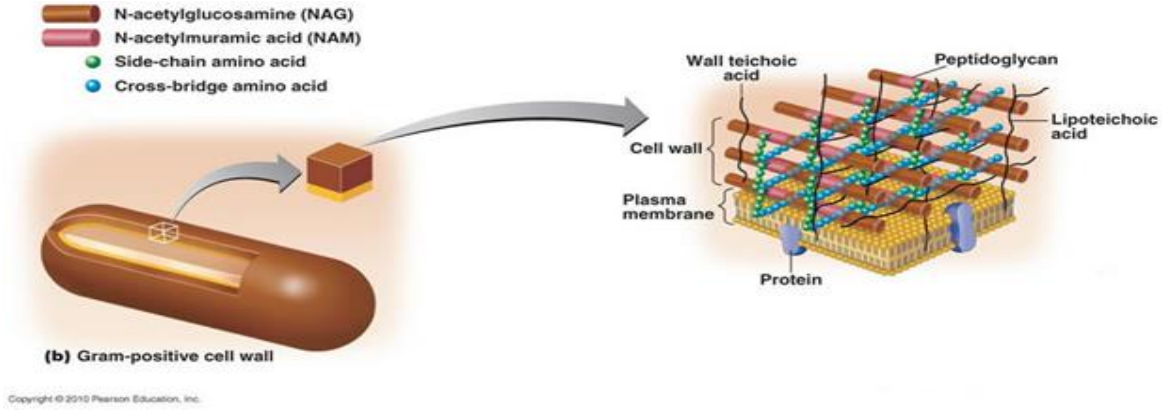
تتميز هذه الطبقة بسميتها العالية للانسان والحيوان وتدعى بالسم الداخلي endotoxin وقد وجد ان سمية هذه الطبقة تعود الى جزيئة Lipid A الموجودة ضمن هذه الطبقة والتي غالبا ماتؤثر في الجهاز العصبي عند تحررها جراء موت البكتريا وتحللها.

ان الجدار ، وكما مر بنا ، يقوم مقام شبكة من العوارض الصامدة التي تحافظ على مكونات الخلية البكتيرية ، ويحول دون انفجارها ، فالغشاء السايتوبلازمي يتميز بمرونة عالية. والسايتوبلازم عبارة عن محلول مركز جدا من الاملاح غير العضوية والمركبات العضوية المؤلفة من السكريات والاحماض الامينية والبروتينات والانزيمات المختلفة. ولان البكتريا غالبا ماتتواجد في الطبيعة في بيئات ذات تراكيز واطئة مقارنة مع تراكيز السايتوبلازم لذلك فأن الماء الموجود في البيئة يتدفق الى داخل الخلية لمعادلة الضغط الازموزي Osmotic pressure (الضغط التنافذي) علي طرفي الغشاء السايتوبلازمي . فالخلايا التي لاتمتلك جدارا تتعرض الى الانفجار في حالة الضغط الازموزي مقارنة مع خارج الخلية.

different stains will be picked up by the cell







***الانزيمات المحللة للجدار**

ثمة انزيمات عديدة تحلل جدار البكتريا ، منها تلك التي تفرزها البكتريا نفسها عند موتها مثل Peptidases , Glycosidase وغيرها. ومنها ماتوجد في الطبيعة وفي مصادر اخرى. ومن اهم هذه الانزيمات انزيم اللايسوزايم Lysozyme الموجود في العديد من المصادر النباتية والحيوانية (كالدموع ، اللعاب ، الحليب) . ويهاجم هذا الانزيم الاصرة B 1,4 التي تربط الوحدات الثانوية المكونة لسلاسل الببتيدوكلايكان مما يؤدي الى تحلل الجدار. ويذكر ان تأثير هذا الانزيم في البكتريا الموجبة لصبغة كرام G^+ يفوق تأثيره في البكتريا السالبة لصبغة كرام G^- لان جدار الاول يتألف من عدد كبير من طبقات الببتيدوكلايكان بخلاف الثاني الذي يتألف جداره من طبقتين في الغالب ، ولوجود طبقات دهنية تقع خارج طبقات الببتيدوكلايكان في جدار هذه البكتريا تحول دون وصول الانزيم الى مواقع تأثيره بشكل سريع. كما ان الانزيم لايحلل جدار هذه البكتريا كاملة لمحدودية طبقات الببتيدوكلايكان اولا ولوجود الطبقات الدهنية الاخرى التي لاتتأثر بالانزيم والتي يخلو منها جدار البكتريا الموجبة لصبغة كرام والتي تتحلل بالكامل . وفي كلتا الحالتين فأن شكل البكتريا يتغير عند معاملة الخلايا بهذا الانزيم.

***المضادات الحيوية التي تؤثر في الجدار الخلوي**

تعرف المضادات الحيوية Antibiotic بأنها عبارة عن مجموعة من المركبات تقوم بتخليقها بعض الاحياء المجهرية وتعمل على تثبيط فعالية احياء مجهرية اخرى او على ابادتها. وهي على درجة عالية من التنوع . منها البنسلين Penicillin ومشتقاته المختلفة التي تستخدم في معالجة الامراض الامراض الناجمة عن البكتريا. ويتلخص تأثيرها في قتل البكتريا من خلال منع تكون الجدار الخلوي عند تكاثر البكتريا ويحلل طبقة الببتيدوكلايكان. ومع استثناءات بسيطة يعد البنسلين ومشتقاته اكثر فعالية تجاه البكتريا الموجبة لصبغة كرام من تلك السالبة للاسباب التي ذكرت عند الحديث عن انزيم Lysozyme اعلاه.