الأغلفة الخلوية الواقعة خارج الجدار الخلوي

Cell Envelope Layers Outside the Cell Wall

ان الغلاف البكتيري bacterial envelope كما اشرنا سابقاً يتكون فقط من plasma membrane and cell wall , لكن بعض البكتريا تحتوي طبقات اخرى تكون مستلقية خارج الجدار الخلوي ومحيطة به. تختلف تسمية هذه الطبقات استناداً الى مكوناتها وكيفية تنظيمها. وتدعى ايضاً بـ Extracellular polymeric substances (EPS) وهي موجودة في أنواع بكتيرية وغير موجودة في أنواع أخرى وجميعها تشارك في زيادة ضراوة البكتريا وتعتبر من عوامل الضراوة Virulence factors. وهناك ثلاث انواع منها :

Capsule , Slime Layer and S -layer

Capsule [1] ⇐

هي منطقه هلامية لزجة ومنظّمة بشكل جيد وليس من السهل ازالتها بالغسل , وتسمى أحيانا بالغلاف أو المحفظة او العلبة. تقع خارج الجدار الخلوي وتحيط به , وهناك العديد من الأنواع البكتيرية تمتلك الـ capsule . يتراوح سمك هذه الطبقة بين الاغشية الرقيقة إلى طبقات كثيفة يبلغ سمكها اكبر من قطر البكتيريا نفسها ويتوقف اختلاف السمك وسرعة تكون الـ capsule على عدة عوامل مثل نوع الكائن والبيئة التي يعيش فيها واختلاف الوسط الزرعي medium حيث تقوم الخلية البكتيرية بتكوين الـ capsule من مكونات الـ media النامية عليها او فيها. بعض أنواع من البكتيريا لا تمتلك الـ capsule وتسمى البكتيريا غير المغلفة non-capsulated bacteria وفى أنواع أخرى تفقد الـ capsule بتطور نموها , وتتميز هذه الطبقة بقوة ارتباطها بالجدار الخلوي , ويعتقد البعض أن تماسك الـ capsule حول الجدار الخلوي يعزى إلى بروز بعض المواد المكونة للجدار إلى الخارج لترتبط مع مكونات الغلاف نتيجة تكون روابط كيميائية تعاونية. ان الـ capsule يمكن رؤيتها بسهولة بواسطة المجهر الضوئي light microscope عند تصبيغها بالصبغة السالبة negative stain او بالصبغات الخاصة بتصبيغ الـ capsule (التي سيتم شرحها بالمادة العملي). وعلى الرغم من ان الـ capsule لا تستخدمها البكتريا اثناء النمو او التكاثر في المزارع المختبرية laboratory culture , لكنها تقدم فوائد عديدة للبكتريا خلال نموها في البيئات الطبيعية natural environments.

يتكون الـ capsule في الغالب من الـ polysaccharides لكن البعض منها يتكون من مواد اخرى, حيث ان التركيب الكيميائي لكل capsule يكون فريد بمعنى انه متميز عن غيره الذي تنتجه السلالات الاخرى. فعلى سبيل المثال, بكتريا الـ *Bacillus anthracis* المسببة لمرض الجمرة الخبيثة anthrax تمتلك كبسول بروتيني مكون من poly-D-glutamic acid. اما الـ capsule لجنس الـ Streptococcus فيتكون من hyaluronic acid , وفي جنس Shigella يتكون من اتحاد polysaccharides مع phospholipid .

وهناك بعض العوامل التي تؤثر على تكوين الـ capsule وهي :

1- نوع البكتيريا Species of Bacteria – مثلاً :

a. جنس الـ Streptococcus بعض افراد هذا الجنس تقوم بتكوين الـ capsule اثناء المراحل الأولى للنمو.

b. جنس Aerobacter افراد هذا الجنس تقوم بتكوين الـ capsule عقب فترة النمو.

2- نوع الوسط الزرعي Type of Medium : تتألف الخلية البكتيرية من مواد مختلفة ومنها polysaccharides و polypeptides و phospholipid . وتتكون الـ capsule من احد هذه المواد أو نتيجة حدوث اتحاد بين مادتين. حيث ان مكونات الوسط الزرعي الذي تنمو فيه البكتريا له ارتباط واضح بمكونات الـ capsule.

3- البيئة Environment : بعض انواع البكتيريا من جنس *Bacillus anthracis* تقوم بتكوين الـ capsule في وجود ثاني اكسيد الكربون CO_2 , في حين ان بعض الانواع تتطلب زيادة الكربوهيدرات وقله النيتروجين والفسفور في الـ medium وغيرها من الظروف المحيط بالبيئة الدقيقة microenvironment التي تتواجد فيها الخلية.

❖ **علاقة الـ capsule بالمظهر الخارجي للنمو البكتيري**

ان البكتيريا التي تمتلك الـ capsule يكون مظهر مستعمراتها colony املس ناعماً smooth لزجاً , ويعود ذلك الى إفراز كمية من المواد الداخلة في تركيب الـ capsule والتي تملأْ المسافات الموجودة بين الخلايا (بمعنى الخلايا ضمن المستعمرة الواحدة) مؤدية بذلك الى نعومة ولزوجة شكل المستعمرات ,اما البكتيريا التي لا تحتوي على الـ capsule وتعرف بالبكتيريا غير المغلفة non-capsulated bacteria تكون خشنة المظهر rough مجعدة النمو على البيئات الصلبة solid media. ان البكتيريا التي تحتوي على الـ capsule تسمى ايضاً encapsulated bacteria , يتميز نموها في البيئات السائلة liquid media بتكوين نمو

بكتيري ثابت ومتجانس (مُعلق ثابت) غير قابل للترسيب او الطفو اما البكتيريا غير المغلفة فيتميز نموها في البيئات السائلة بعدم الثبوت والتجانس لذلك يحدث ترسيب الى اسفل او يطفو الى اعلى فيكون غشاء سطحياً للمزعة البكتيرية bacterial culture.

❖ **علاقة الـ capsule بالقدرة المرضية للكائن**

ان البكتيريا المرضية pathogenic bacteria التي تحتوي الـ capsule يكون لها القدرة على احداث المرض لان الـ capsule تحمي الخلية من دفاعات جسم المضيف مثل عملية البلعمة phagocytosis وهجوم خلايا الدموية البيضاء. فعلى سبيل المثال : بكتريا *Streptococcus pneumonia* تقدم نموذج مثالي على ذلك , فعند حقن فأر (مختبرياً) بالنوع الطافر (mutant) لهذا النوع البكتيري ويكون غير محاطة بالـ capsule فيسهل بلعمتها من قبل الخلايا البلعمية phagocytic cell ولا تسبب مرض للفأر. بينما عندما يكون هذا النوع محاط بالـ capsule فمن السهولة ان تحدث الاصابة infection وتقتل الفـأر. لكن من جانب اخر فأن الـ capsule ذو صفات انتجينية antigenic features بمعنى انه يحفز الجهاز المناعي للمضيف host على انتاج الاجسام المضادة antibodies والتي ترتبط بتخصص بالـ capsule. بالإضافة الى ذلك فأن الـ capsule تحمي الخلية من الجفاف desiccation لكون الـ capsule يحتوي في تركيبته كمية كبيرة من الماء. كما ان الـ capsule يحمي الخلية من الفيروسات ومعظم المواد السمية الكارهة للماء hydrophobic مثل المنظفات detergents.

❖ **علاقة الـ capsule بعملية تسوس الاسنان :**

ان البكتيريا التي تسبب تسوس الاسنان كـ *Streptococcus mutans* لها capsule سميك يسمى Dextran والتي يتم تكوينها بصورة اساسية من السكروز sucrose الموجود بالطعام. ويعتبر هذا الـ capsule عامل مهم في احداث تسوس الاسنان حيث يساعد هذا الغلاف السميك اللزج على التصاقها ببقايا الغذاء في الفم لتكوين طبقة الـ plaque على سطح الاسنان , وهذا الالتصاق يتيح للبكتيريا الفرصة لتحليل مادة الاسنان.

❖ **علاقة الـ capsule بقدرة البكتيريا على احداث امراض للنبات**

البكتيريا التي تسبب العفن البنى في البطاطس وكذلك الانواع البكتيرية التي تسبب امراض الذبول في عديد من النباتات ثبت ان لهذه الانواع capsule مكوناً من الـ polysaccharide وله دور هام في القدرة المرضية للبكتيريا حيث ان تركيب هذا الغلاف يزيد لزوجة السوائل

داخل الوعاء الخشبي فتسبب اعراض الذبول وكذلك فان افراز مادة capsule بأنسجة النبات لها تأثير سام على النبات نفسه.

⇐ Slime Layer [2]

وهي عبارة عن منطقة او طبقة من مادة منتشرة وغير منتظمة ويمكن ازالتها بسهولة. وتكون اقل سمكاً من الـ capsule, وغالباً ما تتكون من polysaccharide. لا يمكن رؤيتها بالمجهر الضوئي بسهولة. وعند تواجدها فأنها تحمي البكتريا من الجفاف وتعمل كمصيدة للمغذيات القريبة من الخلية وبعض الاحيان تعمل على ربط الخلايا مع بعضها . ان طبقة الـ slime layer تتيح للبكتريا الالتصاق على المواد في البيئة مثل الصخور وجذور النباتات وذلك لتبقي الخلية قريبة من المغذيات او الاوكسجين. وعند ارتباط الخلايا البكتيرية بهذا الشكل سواء كانت من نوع واحد او من انواع مختلفة فتسمى بالـ **biofilm**. من جانب اخر فأن البكتريا المتزحلقة gliding bacteria (أحد انواع حركة البكتريا سنأتي على شرحه لاحقاً) غالباً ما تنتج الـ Slime Layer والذي يسّهل حركتها.

❖ Glycocalyx

وهو مصطلح يشار به الى الطبقة الخارجية التي تتكون من مركب الـ polysaccharide . لذلك فأن هذا المصطلح glycocalyx يشمل الـ capsule and slime layer لكون ان كلاهما يتكونان من مركب الـ polysaccharide.

⇐ S – Layers [3]

هناك بعض انواع البكتريا تحتوي طبقة منظمة تركيبياً تسمى S-layer (subunit surface layer) تقع على سطح الخلية. تتكون من الـ proteins او glycoprotein. في البكتريا السالبة لصبغة كرام تلتصق الـ S-layer مباشرتاً بالـ outer membrane, بينما في البكتريا الموجبة فترتبط بسطح طبقة الـ peptidoglycan. تعتبر S-layer مثير للاهتمام ليس فقط لدورها البيولوجي لكن ايضاً لدورها في مجال النمو بتقنية النانو تكنولوجي Nanotechnology. الوظيفة البيولوجية له تشمل حماية البكتريا من التقلبات في الأيونات والـ pH وتقلبات الجهد التناضحي osmosis والانزيمات وكذلك حماية البكتريا من البكتريا المفترسة. بالإضافة الى ذلك فأن الـ S-layer يساهم في المحافظة على الشكل وقوة الـ envelope لبعض انواع البكتريا ويساعدها على الالتصاق على الاسطح.

ويحمي البكتريا من دفاعات الجسم وبذلك فأنه يساهم في الضراوة Virulence. ان الاستخدام المحتمل الـ S-layer في النانو تكنلوجي nanotechnology يعود لقدرة بروتيناته على التجمع التلقائي بمعنى اخر ان بروتينات الـ S-layer تمتلك المعلومات المطلوبة للارتباط بشكل تلقائي لتكوين الـ S-layer بدون أي مساعدة من أي انزيم او عوامل اخرى. لذلك فأن هذه الصفة مكّنت العلماء من استخدام بروتينات الـ S-layer كحجر اساس لإنشاء تقنيات مثل انظمة توصيل الادوية وانظمة الكشف الجديدة للمواد الكيميائية السامة او عوامل الارهاب البيولوجي.