

رقم (1)

الأبواغ الداخلية Endospores :

تكون بعض أنواع الجراثيم (وخاصة فصيلة Bacillaceae) في الظروف غير الملائمة أبواغاً من نوع خاص، تتصف بكونها تملك القدرة على تكوين خلية إعاشية (خضرية) جديدة في الظروف الملائمة عن طريق الانبات Germination، وتقاوم الحرارة و الجفاف والتخمر والعوامل الكيميائية والفيزيائية المختلفة مقاومة تفوق أنواع الخلايا الإعاشية كافة، حيث تبقى محافظة على حيويتها حتى درجة -70م و لمدة عشر دقائق، كما أن أبواغ بعض الأنواع تحتفظ بحيويتها حتى بعد ساعتين من الغليان، و ذلك بسبب غنى البوغة بمعقد من الكالسيوم وحمض الديبيكولينيك Ca-dipicolinic acid إذ يعتقد أنه المسؤول عن مقاومتها للحرارة.

تكوين البوغ الداخلي يحدث عند نفاذ المواد الأساسية في البيئة التي يعيش فيها هذا الكائن حيث ان نفاذ المغذيات يعتبر محفزاً للبكتيريا على البدء بتغييرات بايوكيميائية وشكلية للخلية وفي هذه الاثناء يثبط النمو الخضري وانقسام الخلية ويبدأ السبور الداخلي بالتكون في سايتوبلازم الخلية. بعض اجناس البكتريا لها القابلية على تكوين السبورات وتميز بها العصيات ويقع ضمن مجموعتين رئيسيتين

للعصيات الموجبة لصبغة كرام gram-positive rods مثل العصيات الهوائية الاجبارية obligately aerobic مثل جنس bacillus والمجيرة اللاهوائية non-aerobic مثل جنس clostridium ونادرة في المكورات البكتيرية cocci مثل المكورات الموجبة لصبغة كرام.

اغلب العصيات المكونة للسبورات غير مرضية وتقع في 50 species والمرضة منها المسببة للجمرة الخبيثة , anthrax التسمم الوشقي , botulism الموات الغازي gas gangrene , tetanus الكزاز

تشتمل الظروف غير الملائمة على :

1. نقص الغذاء.
2. نقص الرطوبة.
3. نقص الأوكسجين.
4. عدم ملائمة درجة الحرارة.
5. وجود مواد كيميائية سامة لها.

يمكن تمييز ثلاثة أشكال من الأبواغ حسب توضعها داخل الخلية:

- 1- أبواغ مركزية حيث تتوضع البوغة في مركز الخلية الجرثومية كما في عصبية الجمرة.
- 2- أبواغ جانبية حيث تتوضع البوغة في أحد جوانب الخلية الجرثومية كما في عصبية الكزاز.
- 3- أبواغ قطبية حيث تتوضع البوغة في أحد قطبي الخلية الجرثومية، كما في العصيات المعوية.

- 1- Central spores المركزي *Bacillus anthracis*
- 2- Terminal spores الطرفي *clostridium tetanus*
- 3-Subterminal spores الطرفي قرب *Clostridium botulinum*

مراحل تكوين البوغ الداخلي (endospore formation (sporulation)

الجزء الصغير هو البوغ الأول Prespore والجزء الكبير هو الخلية الام. وتكون عملية التبوغ عملية معتمدة على الوقت، والتي يتم فيها التعبير عن جينات جديدة في كل من الخلية الام والبوغ الأول على مراحل زمنية متعاقبة

المرحلة الاولى stage I

يتم في هذه المرحلة تضاعف ال DNA بعد ان يتم تغير الكروموسوم البكتيري ن الشكل المبروم (صفيرة مبرومه بهيئية دائرة supercoiled) الى الشكل الخيطي linear خلال عملية الاستنساخ وينتج خلال هذه المرحلة نسختين لل DNA.

ملاحظة:-

قد تنتج مضادات حيائية في هذه المرحلة ولكن دورها غير معروف. يمكن الاستفاده من المضادات كعلاج.

هناك تغيرات أنزيمية تحصل في هذه المرحلة مثل زيادة الانزيمات التي تشترك في عملية انتاج الطاقة لكون هذه المرحلة تحتاج الى كميات وافيه من ال ATP. وهناك انزيمات اخرى تنفرز مثل serine protease ولكن دورها غير معروف أيضا تنتج كمات عاليه من الكوانوسين عالي الفسفرة ودوره غير معروف أيضا.

المرحلة الثانية stage II

في هذه المرحلة يبدأ أول تغير في الشكل حيث يبدأ الغشاء الساييتوبلازمي بالانعاج الى الداخل مكونا حاجز septum بالقرب من أحد اطراف الخلية فتتقسم الخلايا بشكل غير متناظر ينتج عن تكون هذا الحاجز جزئين غير متساويين احدهما كبير يسمى mother cell الخلية الام والجزء الصغير يسمى ب forespore أو prespore والذي ينتج من الاندوسبور. خلال هذا الانقسام يتم توزيع جزيئي ال DNA على هذين الجزئين.

المرحلة الثالثة stage III

خلال هذه المرحلة يقوم حاجز الخلية الام بابتلاع ال forespore بغشاء او بطبقة غشائية اخرى وينتج عنها ما يسمى بـ protoplast. هذه المرحلة يمكن تمييزها من خلال وجود تراكيز عالية من انزيم Alkaline phosphatase.

المرحلة الرابعة stage IV

في هذه المرحلة تملئ المنطقة الموجودة بين الغشائين بمواد تشبه الجدار الخلوي تسمى ب cortex بمعنى ان القشرة تتكون من بوليمرات تتمثل بالبيتيديوكلايكان لكن تركيبه يختلف عن البيتيديوكلايكان المتكون في الطور الخضري. ايضا خلال هذه المرحلة يقوم ال forespore باخذ كميات من الكالسيوم وال Dipicolonic acid ليكون مركب Calcium dipicolonic acid يشكل هذا المركب نسبة 15% من الوزن الجاف للسيور الناضج.

المرحلة الخامسة stage V

رقم (1)

في هذه المرحلة يتكون غلاف بروتيني حاوي على تراكيز عالية من ال cysteine يترسب هذا الغلاف البروتيني على الغشاء الذي يحيط بالcortex.

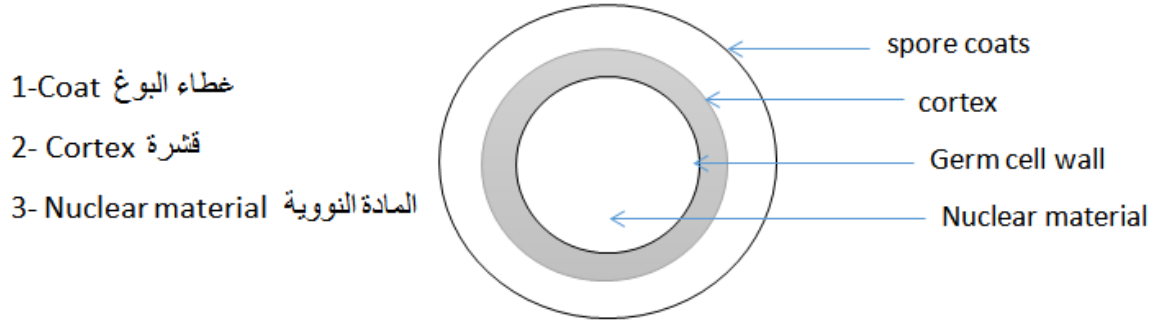
المرحلة السادسة stage VI

يحصل في هذه المرحلة نضج للسبور حيث يكون في نهاية هذه المرحلة مقاوم للحرارة والمذيبات العضوية والاشعاع وانزيم ال-lysozyme

المرحلة السابعة stage VII

في هذه المرحلة قد يتحلل جدار الخلية الام محررا السبور الناضج الى البيئة أو المحيط.

تتميز ثلاث مناطق رئيسية في تركيب السبور وباستعمال المجهر الالكتروني:



تطرا على الخلية البكتيرية عدة تغيرات في حالة تكوين السبور بإنتاج عدد من المواد الايضية الجديدة والانزيمات تحدد عدد من الجينات في الخلية الخضرية حيث يتم تنشيط الجينات المسؤولة عن عملية تكوين السبورات ويتم توقف نشاط الجينات المسؤولة عن نشاط الخلية الخضرية وتختلف الفترة الزمنية التي تستغرقها الخلية البكتيرية

لتكوين السبور مثال : تحتاج بكتريا *B. subtilis* حوالي 6-7 ساعات في ظروف المختبر. يتميز السبور بكونه مقاوم للظروف البيئية القاسية مثل المواد الكيميائية المطهرات الاحماض الحرارة الضوء والجفاف . تستطيع بعض السبورات مقاومة الغليان لعدة ساعات مع العلم تقتل الخلايا الخضرية خلال دقائق.

يتميز التركيب الكيماوي للبوغ باحتوائه على كميات كبيرة من حامض الديبيكولنيك Dipicolinic acid وهي مادة غير موجودة في الخلايا الخضرية وتكون % 5-10 من الوزن الجاف للبوغ بالإضافة الى كميات كبيرة من الكالسيوم $+2Ca$ - ويعتقد ان المعقد المتكون من Dipicolinic acid + $+2Ca$ + peptidoglycan يكون طبقة القشرة وهذه الطبقة المسؤولة عن عدم نفاذية غطاء السبور . والمقاومة للحرارة ناتجة عن قلة المحتوى المائي و . calcium dipicolinate هنالك ثلاثة عوامل تجعل السبور (البوغ) مقاوما للظروف غير المناسبة هي:

- 1- تدني الفعاليات الحيوية (الايضية) في البوغ الى ادنى مستوى.
- 2- قلة المحتوى المائي في البوغ.

رقم (1)

3- احتواء غلاف البوغ وقشرته على حامض الدايبكولنك والكالسيوم مما يمنحانه القوة والصلادة. من البكتريا المكونة للابواغ هي *Bacillus cereus* , *Clostridium tetani* :
اهمية البوغ الداخلي :-

يعطي البوغ فترة زمنية أطول للكائن للبقاء حيا ويساعده على العيش خارج جسم العائل الذي تتطفل عليه حتى تسمح لها الظروف بالعودة إلى جسم العائل فتخرج من الحوصلة.

الانبات Germination

هي عودة من الطور البوغي الى الطور الخضري عندما تتوفر الظروف الملائمة، فإن الأبواغ تأخذ قليلاً من الماء وتفقد قسماً من معقد ال - Ca+ dipicolinic acid و تحدث بها تغيرات عديدة ينجم عنها تحطيم الأغلفة البوغية، و خروج خلية جرثومية نشيطة مماثلة للخلية الأصلية.
هذا ويمكن أن يتم الإنتاش بصورة تلقائية، أي عند توفر الوسط الملائم، كما يمكن أن يتم بالتحريض كتعرض البوغة لصدمة حرارية، أو بزيادة من CO₂ في الجو المحيط أو باحتواء الوسط على شاردة المنغنيز أو بعض الأحماض الأمينية، حيث ينشط هذا بعض الأنزيمات الخاصة التي تقوم بتخريب وتحليل الجدار الخارجي للبوغة.
تحصل او تكون هذه العملية على ثلاث مراحل هي :-

التحفيز Activation

البدء Initiation

النمو Outgrowth

التحفيز هي الحاجة لوجود ظرف بيئي ملائم او الى زوال المؤثر المعني وتعتبر المرحلة معكوسة reversible

البدء تكون غير معكوسة Irreversible وهي عملية البدء باعادة الطور الخضري حيث يتم فيها اعادة الماء الى السبور hydration بالتالي يفقد السبور خصائص المقاومة.
يحفز على البدء وجود مواد مثل الحامض الاميني L-alanine او وجود خليط من السكريات الكلكوزوالفركتوز مع الاسبارجين او وجود كلوريد الكالسيوم

النمو هي عملية البدء بالتغير بالشكل والوظيفة فعليا والذي ينجم عنها تحول السبور الى الطور الخضري
ملاحظة كل هذه العملية (germination) تاخذ أكثر من ساعة واحدة

