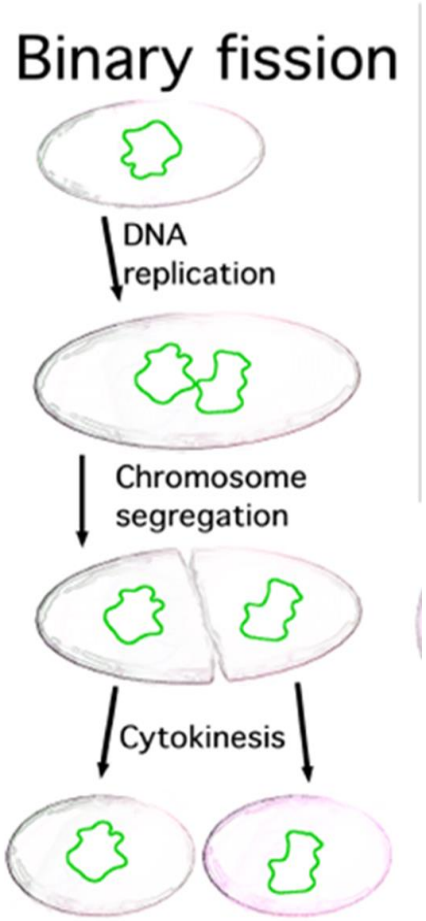
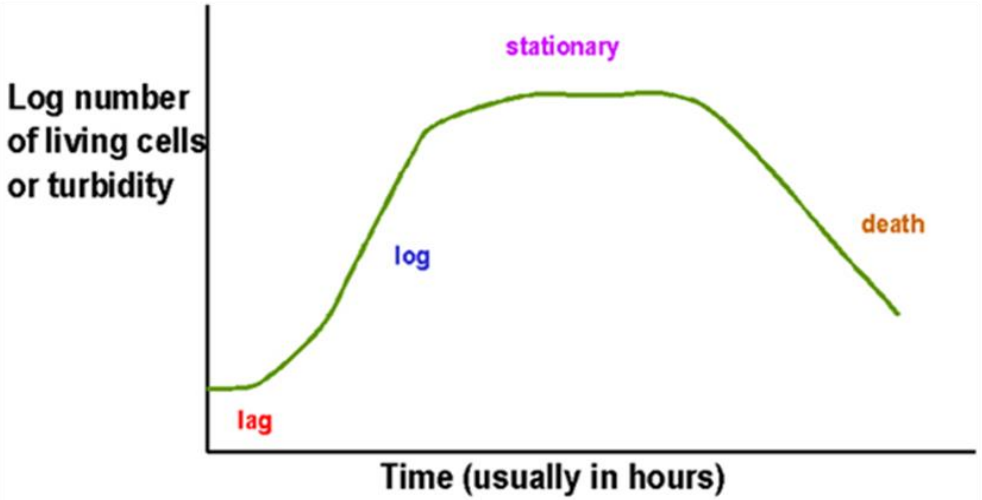
علم البكتيريا العام

محاضرة ٥

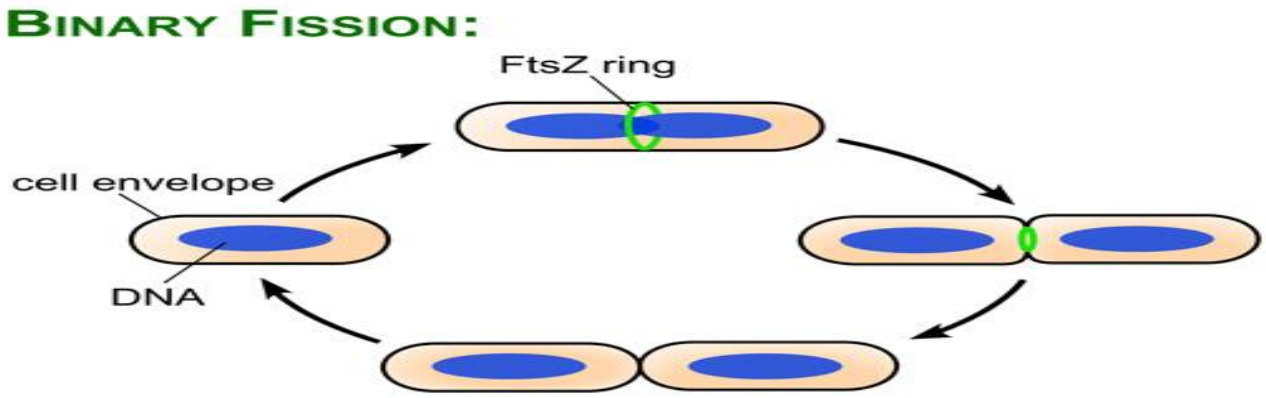


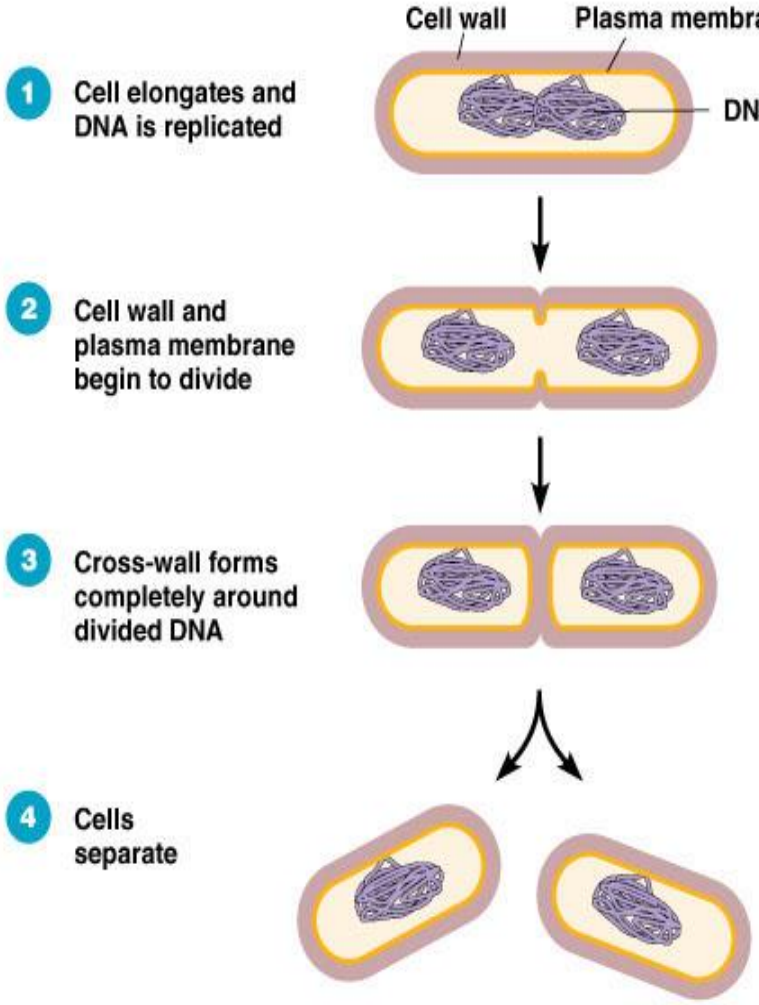


The Growth Curve

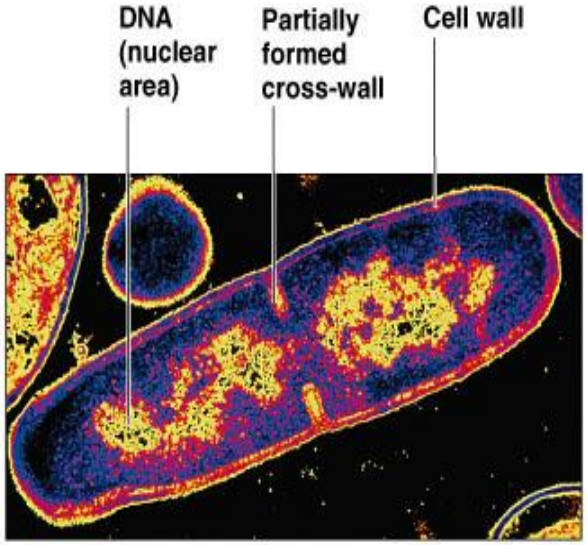
نمو وتكاثر البكتيريا
Growth and Reproduction of Bacteria

- **النمو البكتيري الزيادة في عدد الخلايا الكلي وليس الزيادة في حجم الخلية او كتلتها**
- **الانقسام والتكاثر ← زيادة عدد الخلايا ← تكوين المستعمرات البكتيرية.**
- **نمو وانقسام الخلايا البكتيرية عملية دورية Cyclical ← الخلية الجديدة الناتجة قادرة على التكاثر، وتمتلك نفس الخصائص الفسيولوجية للخلايا التي تكاثرت**
- **تتكاثر خلايا البكتيريا بعدة طرق و تشمل :**
- **١- الانشطار الثنائي : binary fission** تنشطر فيه الخلية المفردة إلى خليتين متماثلتين- يتم اولا مضاعفة جميع المكونات الخلوية بما في ذلك المادة الوراثية Genome، ثم يتم استطالة الخلية بحيث تتجمع المكونات الخلوية في طرفي الخلية ، بعد ذلك يتم تكوين جدار عرضي يقسم طرفي الخلية الى ان يتم تكوين خليتين متشابهتين تماما ، قد تنفصل الخليتين عن بعضهما البعض او قد تبقى متصلتين ، و **تعتبر هذه الصورة من طرق التكاثر الاكثر شيوعا بين الاجناس البكتيرية المختلفة** (فيما عدا بعض الاستثناءات)





(a) A diagram of the sequence of cell division.



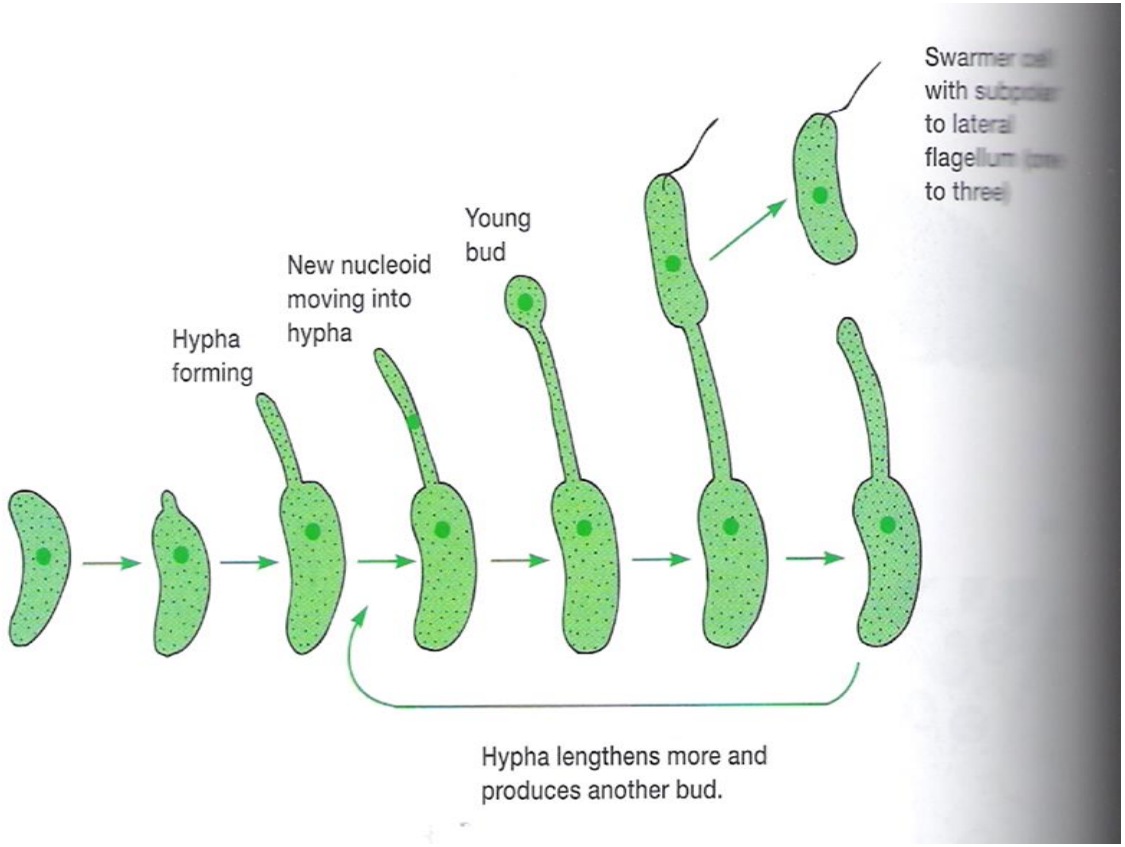
(b) A thin section of a cell of *Bacillus licheniformis* starting to divide.

Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

تتلخص عملية التكاثر في
تزداد محتويات الخلية البروتوبلازمية نتيجة لحدوث عدة تفاعلات
تتوزع المواد الغذائية داخل الخلية بعد مرورها عبر الغشاء السيتوبلازمي لتخليق البروتينات والكربوهيدرات والدهون والاحماض النووية الجديدة بالخلية
يتطلب ذلك تجهيز عدد كبير من المواد الكيميائية التي تدخل في تركيب هذه المكونات
النظام الوراثي هو الذي يتحكم في كيفية تخليق المواد البنائية وفي درجة انقسامها
يزداد حجم الخلايا المنقسمة ومن ثم يتكون غشاء سيتوبلازمي عرضي Transverse membrane وتنقسم الى خليتين.

رسم تخطيطي يوضح مراحل الانقسام الثنائي البسيط ، احد انواع التكاثر الخضري الاكثر شيوعا في الاجناس البكتيرية المختلفة

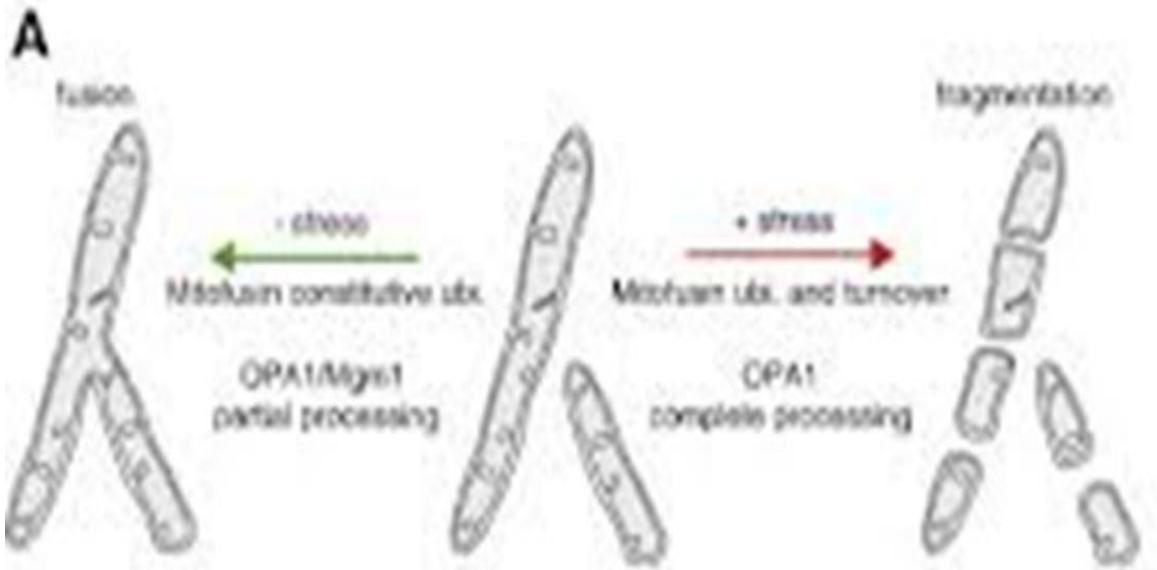
- **٢- التبرعم Budding:** تتكاثر بعض انواع البكتريا بطريقة **التبرعم** مثل بكتريا *Hyphomicrobium vulgare*. فيه ينشأ نتوء من احد اطراف الخلية ثم يتم نمو هذ النتوء و عندما يكبر قليلاً يتم نسخ المادة الوراثية و اضافتها اليه و كذلك اضافة السيتوبلازم و ما به من تراكيب ، ثم ينفصل هذ النتوء او البرعم ليكون خلية جديدة



رسم تخطيطي يوضع طريقة التكاثر بالتبرعم في البكتيريا Hyphomicrobium

- **٣- التجزئة اوالتفتت Fragmintation:** تتكاثر بعض انواع البكتريا الخيطية بواسطة عملية التجزئة مثل بكتريا *Nocardia spp.*

بعض الأنواع البكتيرية تختلف في نوعية التكاثر فالبكتيريا Actinomycetes يتم ذلك بالتفتت أو بتكوين البراعم.



Generation Time زمن التضاعف

- **الزمن الجيلي (زمن المضاعفة) Doubling generation time: وهو الزمن اللازم لإتمام دورة الانقسام من خلية أبوية إلى خليتين بنويتين- هو الوقت المطوب لكي تتضاعف الخلية او تنقسم الى خليتين -4 -٨-١٦-٣٢- .....(الضعف)**
- الخلية البكتيرية عند تواجدها في بيئة غذائية مناسبة وظروف بيئية ملائمة يتم التكاثر والانقسام بسرعة متزايدة وفي وقت قصير قد يصل إلى ١٠-١٥ بليون خلية/ ملم.
- يستدل من طول الزمن الجيلي على معدل النمو للكائن، حيث يتراوح طول الزمن الجيلي للخلايا البكتيرية تحت الظروف المناسبة من ٣٠-٦٠ دقيقة بينما في بعض الأنواع قد يصل الى ساعات (١- ٣- ٢٤) او الى أيام، والبعض يصل الى خمس دقائق.
- زمن التضاعف لبكتيريا *E. coli* + ٢٠ دقيقة

Numbers of Cells	Numbers Expressed as a Power of 2	Visual Representation of Numbers
1	2^0	●
2	2^1	●●
4	2^2	●●●●
8	2^3	●●●●●●●●
16	2^4	●●●●●●●●●●●●●●●●
32	2^5	●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●●

(a)

Generation Number	Number of Cells	Log_{10} of Number of Cells
0	1	0
5 (2^5) =	32	1.51
10 (2^{10}) =	1,024	3.01
15 (2^{15}) =	32,768	4.52
16 (2^{16}) =	65,536	4.82
17 (2^{17}) =	131,072	5.12
18 (2^{18}) =	262,144	5.42
19 (2^{19}) =	524,288	5.72
20 (2^{20}) =	1,048,576	6.02

(b)

Bacterial division occurs according to a logarithmic progression (two cells, four cells, eight cells, etc.).

Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

منحني النمو البكتيري Bacterial Growth Curve

- يقصد بمنحنى النمو البكتيري الأطوار (المراحل) التي تمر بها البكتيريا (المستعمرة) أثناء النمو والانقسام.
- اذا لقحت خلية بكتيرية واحدة في وسط غذائي وحضنت بدرجة الحرارة المثالية للنمو فان الخلية تبدي خواص منحني النمو الذي يتكون من اربعة اطوار تمر بها البكتيريا أثناء النمو وتتمايز كل مرحلة (طور) عن الأخرى بعدة خواص وهي:

- **١- الطور التمهيدي lag phase: ويتميز بـ - مرحلة الأقلمة على الظروف الجديدة**
- **-لاتزداد اعداد الخلايا في هذا الطور ولكن تبقى ثابتة مؤقتا**
- **- بداية التغذية**
- **-ليست في حالة سبات لكنها تستعد للنمو والعمل على تخليق الاحماض النووية والانزيمات ومرافقات الانزيمات**

- **٢- الطور النشيط (النمو اللوغارتمي) exponential or logarithmic (Log) phase: يتميز بـ**
- **-أنشط الأطوار**
- **-يزداد عدد الخلايا زيادة اسية (المنحنى تصاعدي راسي بسرعة تزايدية) وبمعدل عال تحت الظروف المثالية من درجة الحرارة وتوفر الغذاء**
- **-الخلايا البكتيرية متماثلة من حيث التركيب الكيميائي والفعالية الحيوية .لذا تستخدم في هذا الطور لإجراء الاختبارات المايكروبيولوجية**

-توفر الغذاء والبكتيريا متأقلمة على الظروف وفي قمة النشاط والتكاثر.

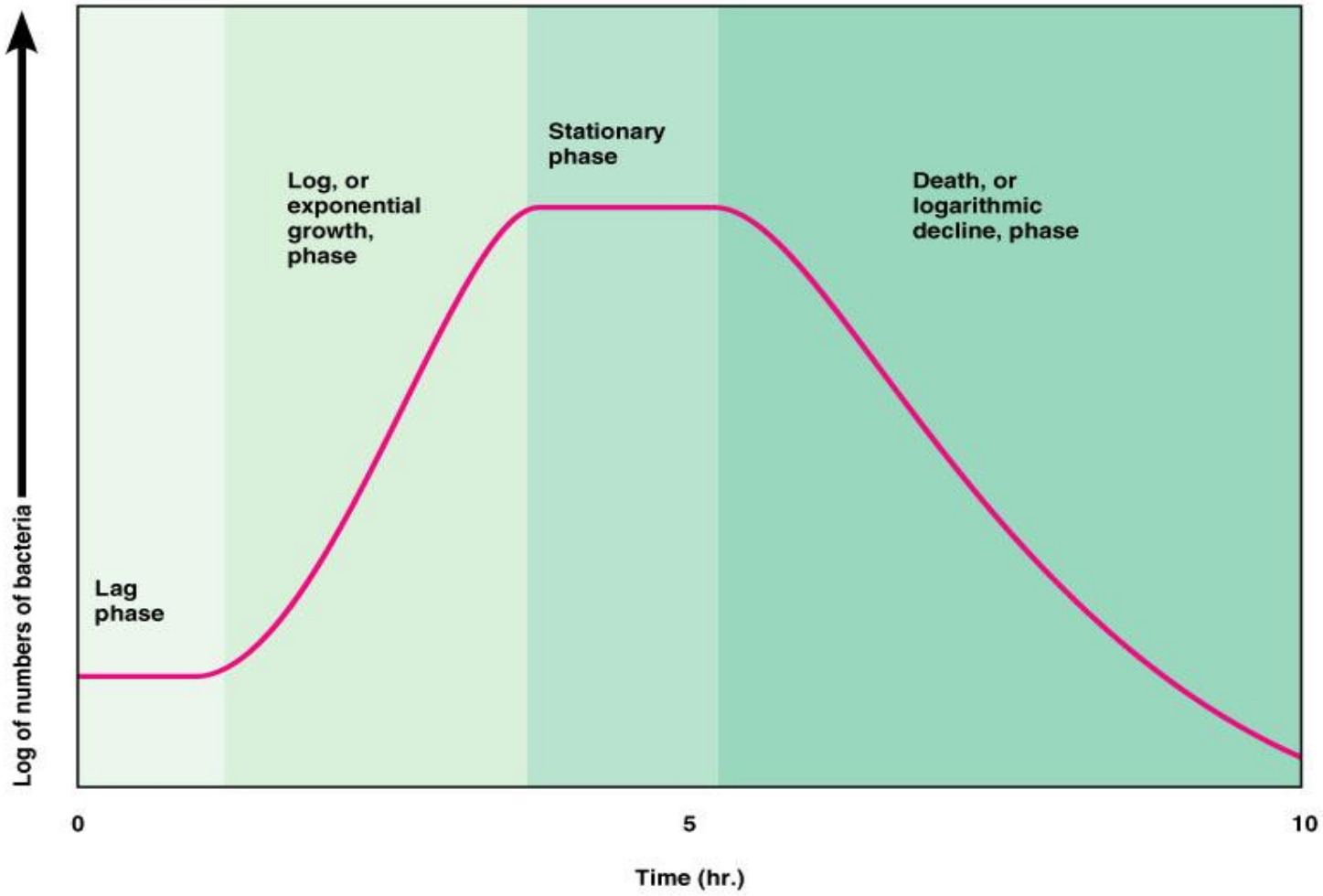
- **-عدد الخلايا الجديدة أكبر بكثير من عدد الخلايا الميته.**

- ٣- الطور الثابت Stationary phase: ويتميز بـ
- -يتباطأ معدل تكاثر الخلايا في هذا الطور
- - عدد الخلايا الميتة = عدد الخلايا الجديدة. (يتساوى معدل الموت مع معدل النمو)
- - المنحنى يأخذ الشكل الأفقي الثابت .
- -تدهور الظروف في المستعمرة نتيجة : - قلة الغذاء نتيجة المنافسة- انخفاض الأكسجين- تراكم الإفرازات- تغيير الـ pH
- - ليس هناك زيادة في معدل النمو ويرجع ذلك الى قرب نفاذ المادة الغذائية واحتمالية انتاج مواد ايضية سامة نتيجة النمو فيتوقف الانقسام

- ٤- الطور الهابط (الموت) Decline (Death) Phase : ويتميز هذا الطور بـ
- -المنحنى يتجه الى أسفل.
- -زيادة عدد الخلايا البكتيرية الميته في المستعمرة. (معدل موت الخلايا اعلى من معدل انتاج خلايا جديدة)
- -زيادة سوء الظروف وقلة او نفاذ المواد الغذائية الاساسية من الوسط وتراكم المواد السامة المثبطة للنمو –
- في نهاية الطور يقل معدل موت الخلايا وسبب ذلك يعود الى قلة اعداد الخلايا الحية المتبقية مما يجل باقي المواد الغذائية في الوسط يكفي لاستمرار نشاطها وتصبح الخلايا الميتة في الوسط مصدرا غذائيا جديدا للخلايا الحية

- يمكن إبطاء المرحلتين الأخيرتين بوضع البكتيريا في الثلاجة ٥-٧م لماذا؟؟

منحنى النمو البكتيري



Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

- **اهم العوامل المحددة لطبيعة نمو المستعمرة البكتيرية:**
- -العناصر الغذائية في الوسط الغذائي للمستعمرة البكتيرية والمساحة التي تستطيع البكتيريا استغلالها.
- -تراكم الفضلات الناتجة من آلاف الخلايا في المستعمرة.
- يمكن حساب معدل النمو للمستعمرة البكتيرية عن طريق او بواسطة رسم بياني يوضح العلاقة بين أعداد البكتيريا (النمو للمستعمرة) والوقت اللازم لذلك (الزمن).

- **أهمية دراسة منحنى النمو البكتيري**
- **التعامل مع البكتيريا ومعرفة أوج نشاطها وأطوار نموها المختلفة حيث يفيد ذلك في :**
- مجالات المقاومة و/ أو المكافحة
- - الإصابات المرضية
- - فساد الأغذية الميكروبي والتسمم.

- * بصفة عامة فان الخلايا عندما تكون في اوج نشاطها فإنها تكون اكثر عرضة للتأثر بالعوامل التي تؤدي الى تعطيل عمليات الايض والتكاثر في الخلية ومن الناحية المرضية فان الخلايا في الطور النشط تكون اكثر ضراوة وإمراضيه مقارنة بتلك في الاطوار المتأخرة

- * الطور النشط هو أكثر الأطوار حساسية وعرضة للموت بفعل الحرارة أو المواد الكيميائية.