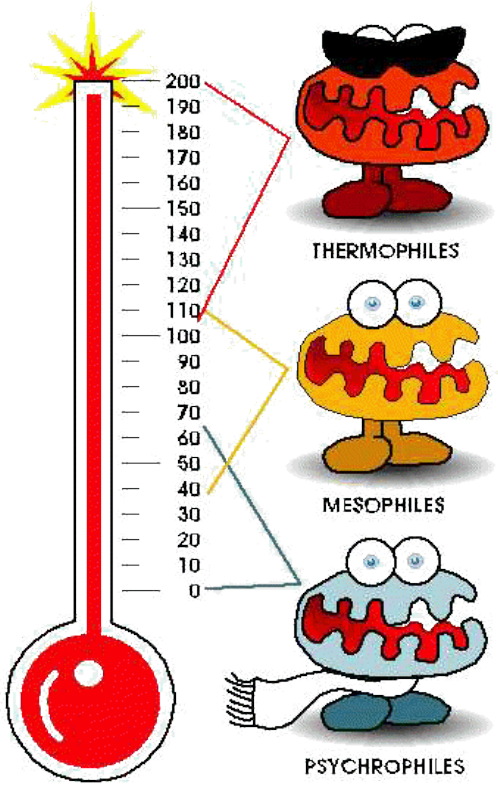
علم البكتيريا العام

محاضرة ٨



الظروف المؤثرة على نمو البكتيريا

- **الظروف الفيزيائية التي تؤثر على نمو البكتيريا Physical factors affecting bacterial growth**
- **أولاً : الحرارة Temperature**
- خلايا البكتيريا لا يمكنها النمو على درجات حرارة تزيد أو تقل عن تلك السائدة في بيئاتها الطبيعية
- تتلخص دراسة تأثير الحرارة على البكتيريا في معرفة قدرتها على النمو بقوة أو ببطء أو توقفها عن النمو عند درجات الحرارة المختلفة (المرتفعة اوالمنخفضة)
- النطاق الحراري الذي يسمح لنمو البكتيريا بصفة عامة يتراوح بين (٠-٧٥°م)
- لكل نوع بكتيري واحيانا لكل سلالة بكتيرية نطاق حراري يقع في حدود **الدرجة الدنيا Minimum**– و**الدرجة القصوى Maximum** وتقع بينها **الدرجة المثلى Optimum**

- **درجة الحرارة المثالية Optimum Temperature: هي درجة الحرارة التي تسمح بحدوث أسرع نمو خلال فترة حضانة قصيرة (١٢- ٢٤ ساعة)**
- **يمكن الحصول على عدد اكبر من الخلايا البكتيرية عند الاحتفاظ بالمزرعة البكتيرية لفترة حضانة طويلة عند درجة حرارة تقل عن الدرجة المثالية**
- **ليس بالضرورة أن الدرجة الحرارية المثلى للنمو أن تكون هي نفس الدرجة المثلى للنشاط الأنزيمي الخلوي**

- **درجة الحرارة القصوى Maximum Temperature: هي أعلى درجة حرارة التي يمكن ان يحدث عندها النمو. وهي تزيد بضع درجات عن الحرارة المثلى، ويكون معدل النمو عندها سريعا لمدة قصيرة**

- **درجة الحرارة الصغرى Minimum Temperature: هي اقل درجة حرارة يمكن ان يحدث عندها النمو. وهي تقل بضع درجات عن درجة الحرارة المثلى. يكون معدل النمو عندها بطيء ولمدة طويلة. وكمية النمو فيها اكثر عند مقارنتها بالدرجة المثلى**

على اساس المجال الحراري الخاص الذي تنمو في نطاقه البكتيريا، امكن تقسيم البكتيريا الى المجاميع التالية:

- **١- بكتيريا محبة للحرارة المنخفضة اجبارا Strict Psychrotrophic :**
- **المجال الحراري: (٠ – ٢٠ °م)**
- **درجة الحرارة المثالية: ١٥ °م او اقل قليلا**
- **تتواجد في المياه الباردة في البحار القطبية**

- **٢- بكتيريا محبة للحرارة المنخفضة اختيارا Facultative Psychrotrophic:**
- **المجال الحراري: (٠- ٢٠ °م) او اعلى قليلا**
- **درجة الحرارة المثالية : ١٥ °م او اعلى قليلا**

- **٣- بكتيريا محبة للحرارة المتوسطة Mesophiles:**
- **المدى الحراري (٢٥-٤٥ °م)**
- **الحرارة المثلى: ٣٧ °م**
- **تشمل اغلب البكتيريا الممرضة للإنسان والحيوان**

- **٤- بكتيريا محبة للحرارة المرتفعة Thermophiles: المدى الحراري (٤٥-٨٠م)- تنقسم لمجموعتين:**
- **البعض قد يمتد مجالها الحراري الى مجال البكتيريا المحبة للحرارة المعتدلة والمرتفعة - حرارتها المثالية تقع بين (٥٥-٧٥ °م)**

Facultative thermophiles او Eurithermophiles

البعض الاخر يكون افضل نمو لها عند درجة حرارةاعلى (60°م)- لاتنمو على درجات الحرارة الواقعة في مجال البكتيريا المحبة للحرارة المتوسطة

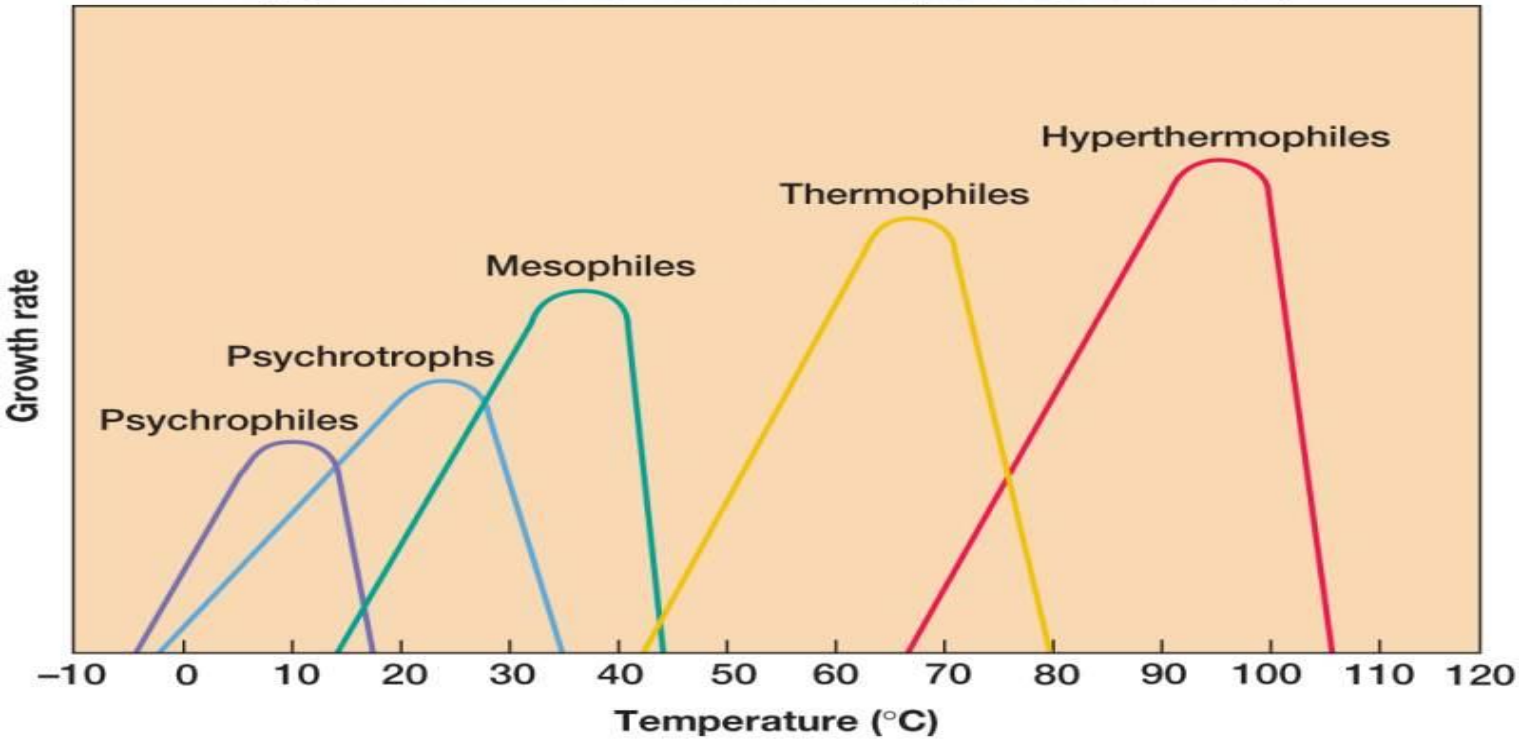
True thermophiles او Stonothermophiles

٥ - بكتيريا متحملة للحرارة المرتفعة Thermoduric :

يطلق عليها الخلايا البكتيرية التي تقاوم الحرارة وهي في حالتها الخضرية

Temperature range for bacteria

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



تأثير درجات الحرارة المنخفضة

- عند انخفاض درجة الحرارة فان النشاط الأيضى للخلايا يقل بسرعة ملحوظة ويحدث ذلك عند الاقتراب من درجة حرارة التجمد.

- هذه التفاعلات لا تتوقف كلياً عند هذه الدرجة من الحرارة، حيث يمكن لبعض الميكروبات ان تنمو على اللحوم المحفوظة عند درجة
- (-١٠°م)
- أن الأغذية المجمدة والثلج يمكنها أن تحمل ميكروبات ممرضة بالرغم من درجتها المنخفضة . فبكتيريا التيفوئيد يمكن عزلها من الأغذية المجمدة التي أمكن حفظها لمدة عام على درجة (-٢٥°م)

- كما أمكن عزل بعض البكتيريا التابعة لجنس *Bacillus* على درجات من الحرارة تتراوح بين(- ٢ و - ٤°م).

- وعموما فان تعريض خلايا البكتيريا إلى درجات من الحرارة دون درجة التجمد لا يقتلها كلياً، فبالرغم من سرعة موت غالبية الخلايا هذه الدرجات إلا أن أعدادا متوسطة منها تظل حية.

- وجد أن خلايا ***E. coli*** قد تتحمل الحرارة شديدة الانخفاض (درجة -٢ الى -٢٠°م)

- بكتيريا ***Treponema pallidum*** يكنها أن تعيش لمدة طويلة على درجة حرارة -٧٨ °م دون أن تتأثر قدرتها الممرضة

- وجد أن عددا من البكتيريا يمكنها أن تقاوم درجات حرارة الغازات السائلة. فقد وجد أن البكتريا ***Streptococcus lactis*** يمكنها أن تتحمل درجة حرارة الهواء السائل (-١٩١°م) لمدة ١٠٠ يوما ثم تتمكن بعدها أن تواصل نموها بنفس السرعة

- أن عدم تأثر الخلايا البكتيرية الملوثة للأغذية المجمدة يرجع إلى انفصال بلورات الثلج جزئيا والتي تكون عادة خالية من خلايا البكتيريا تاركة هذه الخلايا مركزة في الجزء السائل من الغذاء والذي لا يتجمد عادة على درجات التجمد العادية. وتعرض الخلايا البكتيرية إلى التجميد والإسالة المتكررة يحدث تأثيرا ضارا بالخلايا البكتيرية عنه في حالة التجميد البسيط.
- عند بدرجات الحرارة المنخفضة يقل التأثير الضار على البروتين الخلوي إذا لم تصل درجة الحرارة إلى ما دون التجميد بدرجات كبيره. وإذ حدث التجمد بسرعة فائقة يتكون نتيجتها بلورات ثلجية صغيرة جداً فان ذلك يضمن الاحتفاظ بحيوية الخلايا. وقد أمكن إيجاد طريقة لحفظ الخلايا البكتيرية لمدد طويلة جداً تصل إلى ٢٠ سنة أو أكثر، وذلك بتجميد وتجفيف المزارع بسرعة، وتعرف الطريقة باسم **الليفزة Lyophilized**

تأثير درجات الحرارة المرتفعة

- تزداد سرعة العمليات الأيضية الخلوية بازدياد درجة الحرارة إلى حد معين حيث أن الزيادة في النشاط الأيضى عند الدرجات المرتفعة من الحرارة يكون مصحوباً بزيادة في فساد البروتين الأنزيمي أيضا.

- فحدوث النمو عند الدرجات المرتفعة من الحرارة يعني حدوث توازن بين العمليات الحيوية المختلفة بمعنى أن العمليات التي من شأنها تعويض البروتين بالخلية تفوق سرعة فساد البروتين نفسه نتيجة للحرارة المرتفعة.

- ومقاومة الخلايا البكتيرية لدرجات الحرارة المرتفعة (أعلى من الحد الأقصى للنمو) تعنى أن الفساد الذي قد يحدث للبروتين الخلوي لم يشمل البروتين الأنزيمي الخاص بعملية التعويض أو الإصلاح prepare process بحيث أنه لو أعيدت الخلايا إلى الدرجات الملائمة للنمو يمكنها أن تستأنف نشاطها.

- وقد أظهرت الأبحاث أن درجة الحرارة القصوى لأي نوع بكتيرى تقع مباشرة تحت درجة الحرارة الدنيا لتثبيط البروتين الأنزيمي الخلوي. (بمعنى آخر أن أقل درجة من الحرارة يمكنها أن تثبط الأنزيمات تكون أعلى قليلا من درجة الحرارة القصوى للنمو).

- بما أن لكل نوع بكتيرى درجة حرارة قصوى خاصة به ، فان درجة الحرارة التي تتثبط عندها الإنزيمات البكتيرية تختلف تبعاً للنوع البكتيرى. فقد وجد أن انزيمات البكتيريا *Bacillus mycoides* يقل نشاطها على درجة حرارة ٤١ °م في حين أن الخلايا تنمو على درجة ٤٠ °م وليس على درجة ٤١ °م وفي حالة *Bacillus subtilis* تثبط أنزيماتها عندما تصل درجة الحرارة إلى ٥٥ °م في حين أن الخلايا يمكنها أن تستمر في نموها على درجة ٤٥ °م وتتوقف عن النمو في الدرجات الأعلى من الحرارة.

- لا توجد ادلة على ما إذا كانت كل الإنزيمات الخلوية تتأثر أو تتثبط بنفس الدرجة المرتفعة من الحرارة.

تأثير درجات الحرارة المرتفعة

- وجد أن أنزيمات البكتيريا المحبة للحرارة وخاصة أنزيم cytochrome oxidase وأنزيم hexokinases تكون مقاومة للتثبيط الحراري حتى بعد عزلها من الخلايا في صور نقية.

- و يمكن القول أن مثل هذه الأنزيمات تكون محمية من الحرارة المرتفعة من خلال اتحادها مع بعض البروتينات الغروية بالخلية والمقاومة للحرارة بل يعزى مقاومة هذه الانزيمات للتثبيط الحراري إلى تركيب الأنزيم في حد ذاته فان هذا التركيب يساعد على مقاومتها للحرارة، علاوة على أن هذه الأنزيمات تعمل في ظروف الحرارة المرتفعة بدرجة أسرع منها في الدرجات المتوسطة من الحرارة.

- ومن الملاحظ أنه إذا توقف نشاط أنزيم معين، مسئول عن تكوين مادة ايضية ضرورية للنمو، نتيجة لارتفاع درجة حرارة البيئة، فان الكائن البكتيرى يتوقف نموه كلياً ما لم تضاف إلى بيئته الغذائية تلك المادة الأيضية التي امتنع تكوينها بالرغم من وجود النظام الانزيمى الخاص بتجهيزها بالخلية والذي يعمل على الدرجات المنخفضة من الحرارة.

- على سبيل المثال: عند تنمية البكتيريا ***Lactobacillus arabinosus*** على درجة حرارة ٢٦ °م في وجود الهواء الجوى فأنها تنمو بدون الحاجة إلى إضافة الأحماض الأمينية: التايروسين، والفينيل الانين وحمض الاسبارتيك، ولكن إذا نميت هذه البكتيريا على درجة حرارة ٣٧ °م فانه يلزم إضافة التايروسين والفينيل الانين إلى بيئة نموها. أما إذا نميت على درجة ٣٩ °م فأنه يلزم إضافة حمض الاسبارتيك علاوة على الحمضين الامينيين المذكورين.

- وعند درجات الحرارة فوق الحد الأقصى للنمو لا يمكن لعمليات التعويض أو الإصلاح بداخل الخلية أن تعوض كل البروتينات التي تفسد، فيقل بذلك عدد الخلايا الحية.

- وقد وجد أن موت الخلايا نتيجة لارتفاع درجة الحرارة يتم طبقاً لنظام لوغاريتمى بمعنى أن معدل الموات يزداد باضطراد بارتفاع درجة الحرارة.

- أن الفعل المميت للحرارة يزداد بدرجة واضحة في وجود الماء حيث أن البروتينات عموماً تتأثر وتفسد بدرجة أسرع في الحرارة الرطبة أكثر منها في الحرارة الجافة.

المقاومة الحرارية للجراثيم البكتيرية والبكتيريات الثرموفيلية :

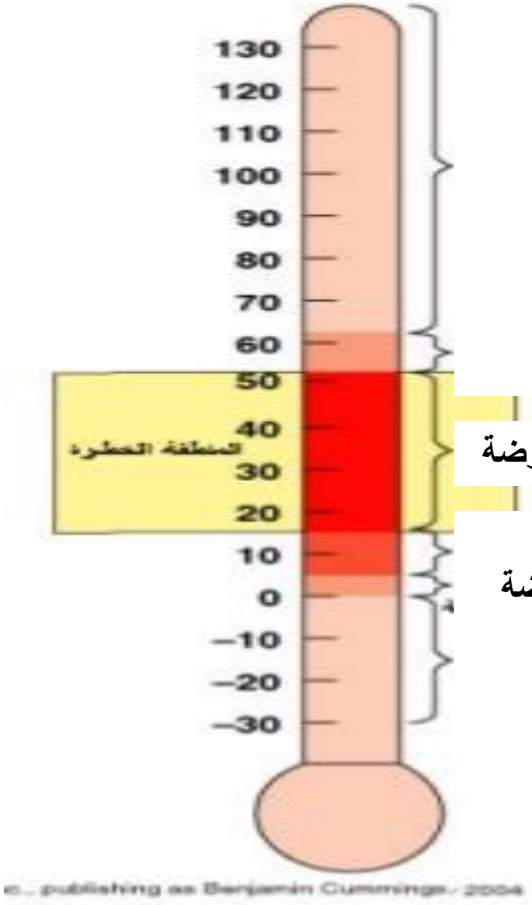
- من الصعب فهم الطريقة التي تقاوم بها الجراثيم البكتيرية درجات الحرارة المرتفعة فالجراثيم لا تكون معزولة عن فعل الحرارة حيث أن أغلفة الجرثومة التي لا يزيد سمكها عن ٠,٠٢ من الميكرون لا تكون عاملا عازلا لها عن حرارة البيئة. إلا أن الإنزيمات الجرثومية عادة تفسد بروتينها في درجات الحرارة الأقل من ١٠٠°م في حين أن بعض البروتينات مثل الالبيومين تتجمع بسرعة في درجة حرارة ٧٠°م.

- كما وجد أن البروتينات تكون مقاومة للتجمع الحراري عندما تكون في صورة جافة، فالالبيومين المجفف يمكن أن يسخن إلى درجة ١٧٠°م دون أن يفقد قدرته على الذوبان في الماء البارد.

- هذا ووجد أن الإنزيمات عندما تكون في صورة جافة تظهر نفس المقاومة الحرارية، لذلك فقد اقترح البعض أن درجات الجفاف العالية التي تتميز بها الجراثيم البكتيرية تجعلها أكثر مقاومة للحرارة المرتفعة. الا ان هذا الاقتراح لم يؤيد بدليل قاطع. فعند مقارنة محتويات الجراثيم بمحتويات الخلايا الخضرية بعد توحيد المحتويات المائية في كل منها لم يلاحظ اختلاف في درجة مقاومتها للحرارة المرتفعة. ويقترح البعض أن ما تحتويه الجراثيم البكتيرية من الماء، وهو عادة قليل جدا، يكون مرتبطا بالبروتينات بطريقة غير صالحة للتفاعلات الكيماوية تماما كالماء البلوري في بلورات المواد الكيماوية. هذا والمحتويات الأنزيمية القليلة بالجراثيم البكتيرية تكون أكثر قدرة على مقاومة الحرارة المرتفعة.

- وهناك اقتراح آخر هو أن مقاومة الجراثيم أو الخلايا الثرموفيلية للحرارة المرتفعة يحدث نتيجة لوقاية البروتين الجرثومى بواسطة البروتينات أو الدهون الغروية.

- تزداد مقاومة جراثيم البكتيريا ***Clostridium botulinum*** إذا نميت في بيئة تحتوى على أحماض دهنية ذات سلاسل كربونية طويلة ويرجع ذلك إلى زيادة محتويات الجراثيم من الدهون تحت هذه الظروف.



*درجات الحرارة لتي تقضي على معظم البكتيريا

*نمو بطيء جدا

*نمو سريع للبكتيريا المسببة للتسمم الغذائي والممرضة

* كثير من البكتيريا قد تتحمل هذه المنطقة، والبعض قد ينمو
* تنمو البكتيريا المسببة للفساد الغذائي وبعض البكتيريا الممرضة

* نمو بطيء جدا