

حـدق 321
فـسـيـولـوجـي بـكـتـيرـيـا
Bacterial Physiology

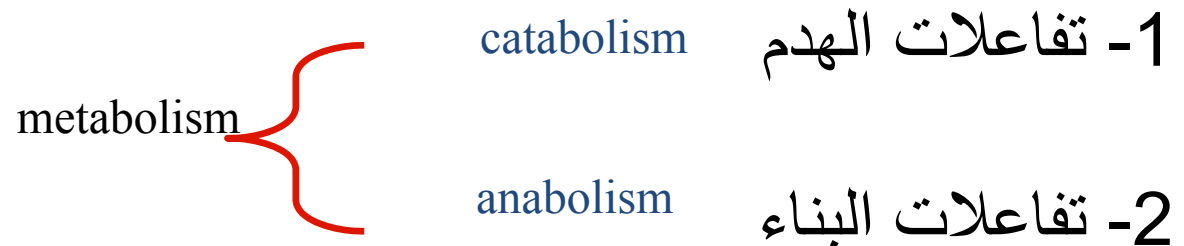
Bacterial Metabolism

Prep. By
Dr. Rabab Elamawi

Bacterial Metabolism

عمليات الايض في البكتريا

تعرف التفاعلات الايضية للخلية بأنها مجمل ما يحدث من تفاعلات كيميائية في الخلية لغرض هدم وتحليل المواد الغذائية ومن ثم اعادة بناء مكونات الخلية وتقسم عملية الايض الى ::

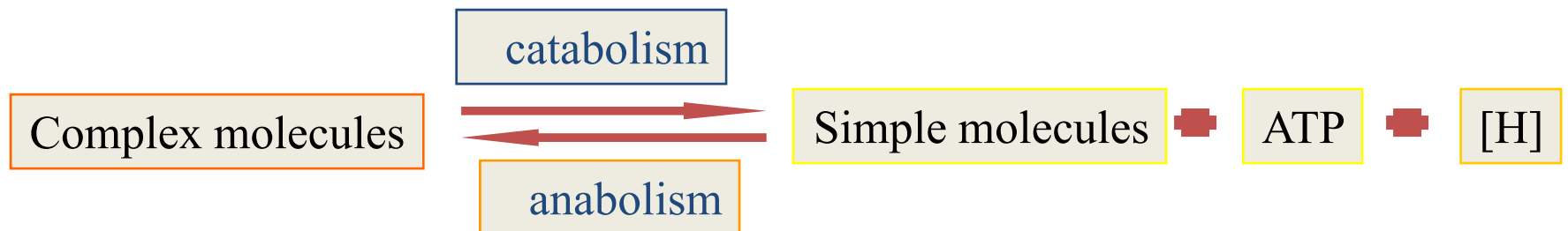


(١) عمليات الهدم dissimilation or catabolism

- وهي تتضمن تحليل مواد التفاعل المعقدة مثل البروتينات والدهون وعديدات التكسر إلى جزيئات أصغر يمكنها المرور إلى داخل الخلايا أو قيام الخلايا بهدم الجزيئات التي تدخل إليها بحيث يتم إحالتها جزيئات أصغر يمكن استخدامها من قبل الخلايا. (تبسيط الجزيئات المعقدة)

• (٢) عمليات البناء assimilation or anabolism

- تتضمن عملية بناء المكونات الخلوية مثل جدار الخلية البكتيرية الأغشية ، الأحماض النووية (تعقيد المواد البسيطة – حيث يكون الهدف منها إصلاح المكونات الخلوية للخلايا أو إنتاج خلايا جديدة أثناء عملية الانقسام)



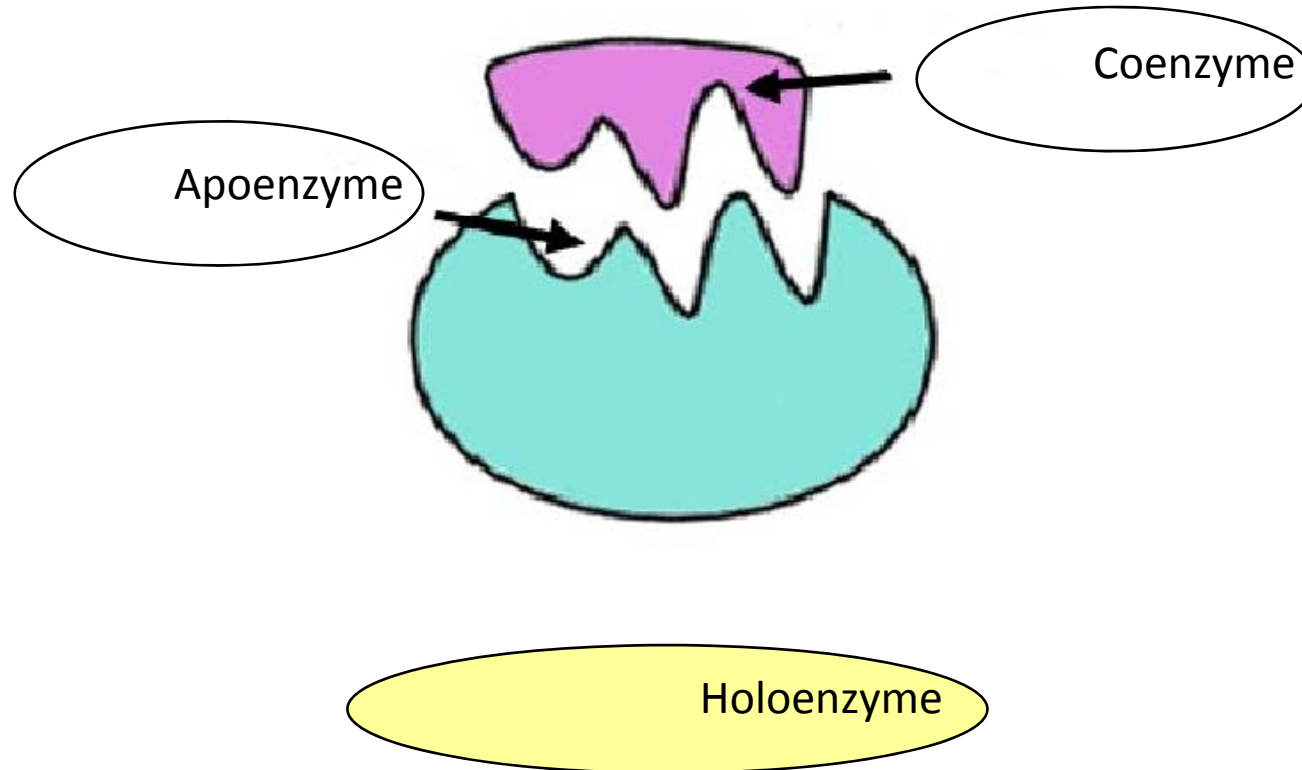
أهمية دراسة التفاعلات الأيضية البكتيرية- Metabolism

- ١- دراسة النمو والأنشطة والكيميائية (الكيموحيوية)-نمو
- ٢- تفسير سبب حدوث تفاعلات معينة أثناء إجراء الدراسة الكيموحيوية
- ٣- كثير من المنتجات الأيضية يكون لها أهمية عملية – على سبيل المثال
- * التغيرات في تركيب الغذاء وما يترتب عليه من فساد الأغذية
- * التغيرات المطلوبة في الغذاء مثل منتجات الألبان
- * إنتاج بعض المواد ذات الأهمية الاقتصادية مثل الكحولات – الأحماض العضوية – المضادات الحيوية
- * إنتاج بعض المواد الغير مرغوب فيها والمسببة للأمراض مثل إنتاج السموم والانزيمات المدمرة للخلايا.
-

لا يحدث الايض بطريقه عشوائيه و لكن يكون كل تفاعل فيه محكوم بدقه
بواسطه الانزيمات

الانزيمات عباره عن عامل مساعد حيوي اي انه ماده تزيد من معدل
تفاعل كيميحيوي نوعي من دون ان تستهلك في التفاعل ويقلل وجود
الانزيم طاقه التنشيط اللازمه لبدء اي التفاعل

وان اغلب الانزيمات تتكون من جزئين احدهما ذو طبيعة بروتينية ويعرف باسم apoenzyme والجزء الاخر غير بروتيني ويعرف بالمرافق الانزيمي coenzyme ولأجل سير التفاعل يلزم ان يكون الجزئين متحدين مكونين ما يعرف بالتركيب الانزيمي الكامل haloenzyme



تختلف قوة الرابطة التي تربط جزيئي الانزيم معا فقد يكون هذا الارتباط وثيق بين الجزيئين -وقد يكون هذا الارتباط ضعيفا بحيث يمكن للجزء الغير البروتيني (المرافق الانزيمي) ان يتجول بين الجزيئات البروتينية المختلفة و عادة يطلق علي هذا الجزء الغير بروتيني من الانزيم المرافق الانزيمي و يعمل المرافق الانزيمي كحامل متنقل لايونات الهيدروجين وغيره من الايونات او المجاميع من انزيم الي اخر

الانواع البكتيرية التي تقوم بالعديد من التفاعلات الانزيمية تحتوي بالضرورة الى على نظام انزيمي يضم العديد من الانزيمات كل منها يتخصص في تفاعل معين ،
فعندما تنمو الخلية البكتيرية في بيئة ما فان النشاط الانزيمي الكيميائي يتمثل في تحليل المواد الغذائية المكونة للبيئة ومن ثم بناء مواد خلوية جديدة ولتحقيق مثل هذه العملية تفرز البكتريا نوعين من الانزيمات

- انزيمات خارجية **exoenzymes** تقوم بتحليل مواد البيئة

- انزيمات داخلية **endoenzymes** تقوم بعملية بناء مواد الخلية الجديدة

عادة يقترن اسم الانزيم باسم مادة التفاعل التي يعمل عليها مثل

Pyruvic decarboxylases- succinic dehydrogenase

وتمتلك الخلية البكتيرية عدد كبير من الانزيمات التي تقوم بالمساعدة في العديد من التفاعلات

اقسام الانزيمات البكتيرية

تقسم الانزيمات البكتيرية تبعا للتفاعلات التي تقوم بها كعوامل مساعدة فمثلا الانزيمات التي تقوم بازالة الهيدروجين تسمى dehydrogenase والتي تقوم بازالة مجموعة هيدروكسيل تسمى decarboxylase و تمتلك الخلية البكتيرية عدد كبير من الانزيمات التي تقوم بالمساعدة في العديد من التفاعلات مثل

1- تفاعلات الاكسدة والاختزال oxidation and reduction

كيميائيا يطلق على المادة تأكسدت إذا ما فقدت الكترونات واختزلت اذا اكتسبت الكترونا وعلى العموم اذا تاكسدت مادة معينة فبالمقابل هناك مادة تختزل لان الالكترونات التي تفقدها مادة تكتسبها مادة اخرى وهي عموما تحصل بمساعدة الانزيمات المزيلة للهيدروجين dehydrogenase enzymes وان عملية الاكسدة ليست مقتصرة على اتحاد المواد بالاكسجين فانواع اخرى من البكتيريا تنمو في غياب الاوكسجين ولكنها قادرة على الحصول على طاقتها :

بعملية الاكسدة البيولوجية اللاهوائية التي لا تستعمل الاوكسجين والتي تسمى بالتخمير fermentation

اما الاكسدة البيولوجية الهوائية تسمى بالتنفس respiration

2- تفاعلات التحلل المائي hydrolysis

انزيمات التحلل المائي تعمل على تحليل البروتين الى احماض امينية والدهون الى احماض شحمية وجليسرين والكاربوهيدرات الى سكريات متعددة وسكريات احادية

3- تفاعلات ازالة مجموعة الامين deamination

وهي تتم على مرحلتين فعلى سبيل المثال يقوم انزيم L-glutamic acid deaminase بازالة الهيدروجين من الحامض الاميني ومن ثم يحدث تحلل مائي محررا الامونيا

4- ازالة مجموعة الكربوكسيل decarboxylation

حيث تتم ازالة مجموعة الكربوكسيل من الاحماض الامينية بواسطة انزيمات carboxylase

ما هي العوامل التي تؤثر علي دراسة النشاط الانزيمي ؟

- ١- سرعة مرور مواد التفاعل خلال الجدر الخلوية وإزالة نواتج التفاعل بفعل نظم إنزيمية أخرى
- ٢- أختلافات بين الظروف الفزيوكيمائية - physio-chemical conditions بداخل وخارج الخلايا
- ٣- التداخل بين التفاعلات المعقدة العديدة وهذا يسبب صعوبة في الحكم على التفاعل إذا كان تم نتيجة فعل أنزيم واحد أو مجموعة من الإنزيمات

Hydrolase

إنزيمات التحلل المائي

وهي تلامس التفاعلات التي تنكسر فيها رابطة معينة في جزيئات المادة المتفاعلة وتضاف في نفس الوقت عناصر الماء ($H-OH$) إلى المواد الناتجة، وغالباً ما تكون مثل هذه التفاعلات عكسية

تقسم إنزيمات هذه الطائفة تبعاً لطبيعة المادة المتفاعلة التي تتحلل مائياً و أهم هذه الأقسام:

الإنزيمات المحللة للبيدات (اللياز) : تحفز التحليل المائي للبيدات
تكتب المعادلة العامة للتحلل المائي للغليسيريد الثلاثي إلى غليسرول
وأحماض دهنية

الإنزيمات المحللة للإسترات الفوسفاتية (الفوسفاتاز) :
تحفز التحليل المائي للروابط الإستيرية الفوسفاتية و مثال عن ذلك التحلل
المائي للجلوكوز 6 فوسفات

❖ الإنزيمات المحللة للبروتينات : هي التي تهاجم الرابطة الببتيدية في البروتينات أو الببتيدات.

❖ كربوكسي بيبتيڊاز Carboxy Peptidases_ هي التي تحفّز التحليل المائي للروابط الببتيدية ابتداءً من الطرف الذي يحتوي على مجموعة كربوكسيل حرة

❖ و لأمينوبيبتيڊاز Amino Peptipases_ هي التي تحفّز التحليل المائي للروابط الببتيدية ابتداءً من الطرف الحاوي على مجموعة أمينو حرة

❖ أندوبيبتيڊاز Endopeptidase هي التي تحفّز التحلل المائي للروابط الببتيدية الداخلية في جزيء البروتين و تدعى الإنزيمات الببسين و التربيسين و الكيموتريبسين.

❖

Carbohydrases الأنزيمات المحللة للكربوهيدرات :

إنزيمات التحليل المائي للسكريات:

و هي التي تحفّز التحليل المائي للروابط الجليكوسيدية في السكريات المركبة و المتعددة و منها إنزيمات الأميلاز و الأنفرتاز (تحليل مائي للسكريات) و المالتاز و اللاكتاز ... الخ.

ملخص

مجموعة كبيرة من الإنزيمات التي تساعد تفاعلات التحليل المائي حيث يشمل إنزيمات الهضم مثل إنزيم الأميليز الذي يحلل النشا وأنزيم السكريز و إنزيمات الليباز و إنزيمات البروتياز.

تحليل السليلوز

تقوم الكائنات الحية الدقيقة بافراز إنزيمات سيلولاز Cellulase
تحلل السليلوز إلى سيلوبيوز Cellobiose ثم يعمل عليه أنزيم
سيلوبياز Cellobase إلى سكر جلوكوز.

أقترح حديثاً أن تحلل السليلوز يكون

سيلولوز ← سيلوبيوز ← جلوكوز ← ثاني اوكسيد الكربون

وذلك باستخدام : انزيم السيلولاز ثم انزيم السيلوبيوز ثم انزيمات مؤكسدة.

الظروف التي تؤثر علي تكوين الانزيمات بالخلايا

المحتويات الانزيمية للخلايا الحيوانية تكون ثابتة نسبيا حيث طبيعة ووضع هذه الخلايا يجعلها اقل عرضة للتغيرات البيئية الشديدة الخلايا البكتيرية تكون اكثر عرضة لتاثيرات التغيرات الحادة البيئية بدرجة واضحة

الكائن البكتيري الواحد لايمتلك كل الانزيمات اللازمة للتفاعل مع كل الظروف البيئية في وقت واحد

مثال البكتيريا تستطيع العيش في الظروف الهوائية و غير الهوائية حيث تكون مجهزة بانزيمات الاكسدة عند نموها في الظروف الهوائية و تمتلك انزيمات التخمر في الظروف الغير الهوائية

تعريف المحتوي الانزيمي الحقيقي للخلايا البكتيرية هو قدرتها الانزيمية الفعلية التي توافق العوامل البيئية التي تنمو عليه الخلية و من هذه العوامل

1- التركيب الكيماوي للبيئة

2-العوامل الفيزيوكيميائية السائدة اثناء النمو مثال التهوية و درجة الحموضة

pH

3-عمر المزرعة البكتيرية

3- عمر المزرعة البكتيرية يتأثر التكوين الانزيمي في الخلايا في المراحل النمو المختلفة و يرجع ذلك للتغيرات الفزيائية و الكيميائية التي تحدث اثناء النشاط الايضي الخلوي

- ويوجد نوعين من الاختلاف في المحتويات الانزيمية نتيجة لعمر المزرعة
- 1- تكون الخلايا ذات نشاط انزيمي مرتفع في الفترات الاولى من النمو ثم يتناقص هذا النشاط باستمرار النمو ثم ينخفض فجأة بعد حدوث الانقسام الخلوي
 - 2- ان تكون المزارع اقل نشاطا ثم يزداد النشاط تدريجيا حتي يصل الي قمته عندما تتوقف الخلايا عن الانقسام وعند نهاية النمو ينخفض النشاط الانزيمي كليا نتيجة موت الخلايا او اكسدة او هضم البروتينات من الانزيمات التي تتأثر بعمر المزرعة

Decarboxylases - proteases dehydrogenases

تختص بهدم المواد او انتاج الطاقة اي مرتبطة بالعمليات الهدمية و ليست البنائية

التركيب الكيماوي للبيئة

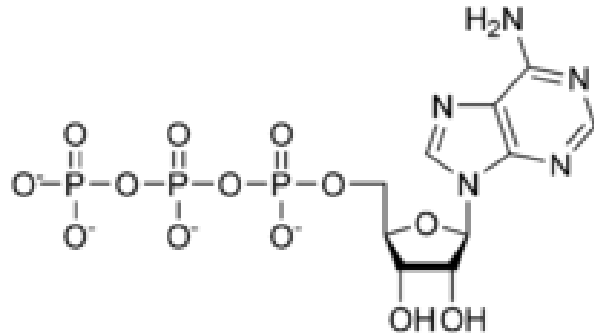
يتكون في البكتيريا نوعان من من الانزيمات هما

الانزيمات الاساسية تتكون بصفة دائمة بغض النظر عن وجود ملدة التفاعل في البيئة و لا يحدث فيه فقد

الانزيمات التكيفية

تتكون فقط في وجود مادة الفاعلها التخصصية (تتكون عند الحاجة) و يختفي نشاطها عندما يتم زراعتها علي اوساط لا تحتوي علي مادة التفاعل الجديدة وتتناسب سرعة اختفاء الانزيم طرديا مع المدة التي تستغرقها الخلية لتكوين هذه الانزيمات و تحتاج الخلية لزمان اطول لزراعتها مرات عديدة علي وسط خالي من المادة حتي تفقد قدرتها علي تكوين الانزيم التكيفي وتسمى العملية العكسية لتكوين الانزيم التكيفي باسم **فقد التكيف الانزيمي** enzymatic deadaptation

الأدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP)



هو "عملة" الطاقة في الخلية

يتألف ATP من القاعدة النيتروجينية أدينين، وسكر الريبوز، وثلاث مجموعات فوسفات،

وتحتوي الروابط بين مجموعات الفوسفات على طاقة كيميائية مختزنة بكميات كبيرة ويمكن لهذه الطاقة أن تنطلق عند تحطم إحدى روابط الفوسفات، فعند تحطم الرابطة بين مجموعتي الفوسفات الثانية والثالثة، تتحرر طاقة مقدارها 7.3 كيلو سعر / مول،

عمليات الفسفرة phosphorylation

- عمليات الأكسدة الغير هوائية للكربوهيدرات التي تحدث بخلايا الخميرة والانسجة الحيوانية نجد أنها تحتاج فسفرة هذه الكربوهيدرات عن طريق سلسلة من التفاعلات تتضمن مركب أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) والفوسفات الغير العضوى .
والمركبات المفسفرة تدخل فى تفاعلات عديدة وتكون مركب فوسفوبيروفيك والذى ينفصل منه الفوسفات فى نهاية عملية التخمر وبذلك يعتبر المصدر الرئيسى للطاقة بالخلايا .
- والخطوة الاولى فى هذا التفاعل هو انتقال الفوسفات من مركب ادينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) إلى الذرة رقم ٦ من الجلوكوز بواسطة أنزيم Hexokinase .
- * عملية الفسفرة فى حالة الأكسدة غير الهوائية للكربوهيدراتية تمثل المصدر الرئيسى للطاقة فى الكائنات الغير هوائية. وتنطلق الطاقة عن طريق أدماج الفوسفات بالمركبات العضوية على درجات منخفضة من الطاقة ثم انفصالها عنها فى الخطوات النهائية لعمليات التخمر من المركبات التى يكون الفوسفات مرتبطا بها عن طريق الروابط البيروفسفاتية الغنية بالطاقة.

التغذية في البكتيريا

عند تصنيف البكتيريا في مجاميع الغذائية يتوقف ذلك علي عاملين
اساسيين هما

(1) مصدر الطاقة

(2) مصدر الكربون الاساسي الذي تعتمد عليه البكتيريا

(1) بناء علي مصدر الطاقة

**Chemosynthetic
(Chemotrophic)**

البكتيريا الكيميائية
تستعمل المواد الكيميائية
كمصدر للطاقة

**Photosynthetic
(phototrophic)**

البكتيريا الممثلة للضوء
تستعمل الضوء
كمصدر للطاقة

(2) بناء علي مصدر الكربون الاساسي الذي تعتمد عليه البكتيريا

**Heterototrophic
bacteria**

بكتيريا غير ذاتية التغذية
تستخدم المواد العضوية
كمصدر للكربون

**Autototrophic
bacteria**

بكتيريا ذاتية التغذية
تستخدم ثاني اكسيد الكربون
كمصدر وحيد واساسي للكربون

اولا: البكتيريا اتي تستخدم CO2 كمصدر وحيد واساسي للكربون اي انها تستطيع تكوين مواد عضوية من ثاني اكسيد الكربون ومادة مانحة للهيدروجين و ذلك باستخدام طاقة من اي من المصدرين الاتيين :
1- ضوء الشمس وتعرف باسم البكتيريا ذاتية التغذية الضوئية

Photosynthetic Autotrophic bacteria

2- كيميائية نتيجة اكسدة بعض المواد الاعضوية البسيطة و تعرف باسم البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية

Chemosynthetic Autotrophic bacteria

ثانيا : البكتيريا التي لا تستخدم CO2 كمصدر وحيد واساسي للكربون لكنها تستخدم مصادر كربونية عضوية كمصدر للكربون تعرف باسم البكتيريا غير ذاتية التغذية Heterototrophic bacteria

وتستخدم الطاقة من اي من المصدرين الاتيين:
3- طاقة مصدرها ضوء الشمس وتعرف باسم البكتيريا غير ذاتية التغذية الضوئية

Photosynthetic Heterototrophic bacteria

4- طاقة مصدرها الكربون العضوي وتعتمد علي طاقة كيميائية وتعمل المادة الكربونية العضوية في هذه الحالة كمصدر للكربون و الطاقة و تعرف باسم البكتيريا غير ذاتية التغذية الكيميائية

Chemosynthetic Heterototrophic bacteria

البناء الضوئي و البناء الكيميائي البكتيري

من المعروف ان البلاستيدات الخضراء التي توجد في الطحالب و النباتات فقط و لا توجد في البكتيريا و الفطريات . لذا فان البكتيريا الخضراء المزرقه و بقية البكتيريا التي تقوم بعملية البناء الضوئي توجد بها صبغيات صغيرة هي المسئولة عن عملية البناء الضوئي و ذلك في اغشية مميزة يطلق عليها الحوامل الصبغية Chromotrophs

هناك مجموعة من البكتيريا تستطيع ان تكون المواد العضوية اللازمة لها من خلال تثبيت الكربون ضوئيا او كيميائيا و لهاتين العمليتين مواصفات خاصة و تختلف كل منهما عن عملية البناء الضوئي في النباتات الراقية

اولا بكتيريا البناء الضوئي

1- بكتيريا الكبريت الخضراء 2- بكتيريا الكبريت الارجوانية

3- البكتيريا اللاكبريتية

تتميز هذه الانواع من البكتيريا بتواجد الاصباغ البنائية فيما يسمى الحاملات الملونة وهي جسيمات تحتوي علي اغشية يصل قطرها من 500 – 600 انجستروم و تقوم هذه الاجسام الحاملة الملونة بعملية الفسفرة الضوئية Photophosphorylation و تحتوي علي كلوروفيلات و كاروتينيدات و سيتوكرومات و كينونات و بروتينات و مركبات اخري متعددة لازمة لاتمام عملية البناء الضوئي و تختلف في اشكالها بحسب نوع البكتيريا ولا توجد بها جرنات

و صبغات بكتيريا البناء الضوئي تتتركب اساسا من الكلورفيل البكتيري
Bacterialchlorophyll 650

وفي حالة البكتيريا الخضراء فانها تحتوي علي نوعيين من الكلوروفيلات

Chlorobium chlorophyll 660 & Chlorobium chlorophyll 650

وهذه البكتيريا تحتوي علي ما يسمى بالوحدة البنائية مثلها في ذلك
النباتات الراقية و تحتوي علي بعض الكاروتينيدات (32 نوعا)

Mechanism of bacterial photosynthesis

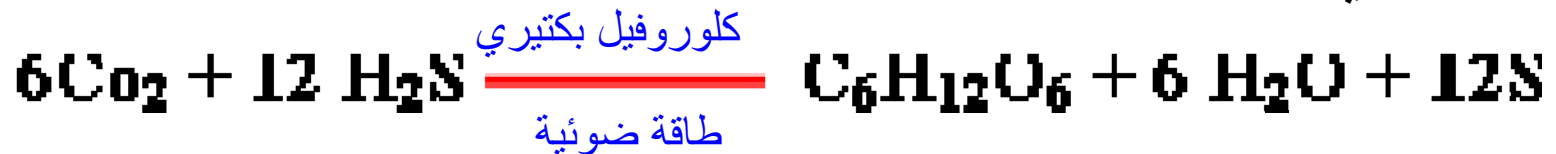
ميكانيكية البناء الضوئي البكتيري

تنقسم عملية البناء الضوئي الي

1- تفاعل الضوئي light reaction 2- تثبيت الكربون CO2

1- تفاعل الضوئي

تقوم بكتيريا البناء الضوئي باستخدام H2S بدلا من الماء و الطاقة الضوئية بتثبيت الكربون العضوي و لذلك لايتصاعد الاكسجين ولكن يتحرر الكبريت كما يتضح من المعادلة التالية



الضوء يعمل على تحليل H2S إلى هيدروجين وكبريت ثم يستعمل الهيدروجين في تفاعلات لا ضوئية لإختزال CO2 إلى كربوهيدرات مع تحرر الكبريت

تفاعل الضوئي يتم فيها امتصاص الطاقة الضوئية بواسطة الصبغات وتحويلها إلى طاقة كيميائية تختزن مؤقتاً في جزيئات غنية بالطاقة

بالنسبة لحركة الالكترونات فانه يعتقد ان في بعض انواع بكتيريا البناء الضوئي هناك مسار واحد للاكترونات . ويقوم هذا المسار بما يعادل المسارين في النبات الراقى (مسار الالكترونات في البناء و مسار الالكترونات في السلسلة التنفسية)

الفسفرة الضوئية الدائرية هي التي تسود في بكتيريا البناء الضوئي علي عكس النبات الذي يسود فيه الفسفرة الضوئية اللادائرية حيث تتم هذه الفسفرة الدائرية في غياب الاكسجين .

الوظيفة المفترضة للكلوروفيل البكتيري في البكتيريا ذاتية التغذية الضوئية الهوائية هو تنفيذ الفسفرة الضوئية حيث ان الأكسجين ينظم تكوين الصبغات في البكتيريا

البكتيريا الأرجوانية والخضراء تنمو بالتغذية الضوئية فقط تحت ظروف لاهوائية بسبب أن تكوين الصبغات في هذه الكائنات يثبط بواسطة الأكسجين

- تعيش هذه البكتريا فى طين البرك والمستنقعات حيث يتوافر كبريتيد الهيدروجين H_2S وهو مصدر للهيدروجين اللازم لإختزال CO_2 لبناء الكربوهيدرات .

2- تثبيت الكربون CO2 او تفاعل الظلام

تتم التفاعلات التالية في عدم وجود الضوء اي في الظلام
يتطلب التفاعل 3 جزيئات ATP و جزيئين من NADPH كي يتم اختزال جزئ
واحد من ثاني اكسيد الكربون ومن ثم يستخدمه في تخليق الكربوهيدرات CH2O



اختزال ثاني اكسيد الكربون

: التفاعلات اللاضوئية : تستخدم الجزيئات الغنية بالطاقة في بناء مركبات سكر ثلاثية
الكربون بإضافة ثاني أكسيد الكربون الجوي في سلسلة من تفاعلات تشكل حلقة كالفن
او احدي المسارات الاخرى ويتم في هذه المرحلة خزن الطاقة في السكريات والمركبات
العضوية الأخرى الناتجة منها. مع ملاحظة أن التفاعلات الضوئية تحتاج للضوء و
التفاعلات اللاضوئية لا تحتاج للضوء ، وتعتمد على نواتج التفاعلات الضوئية

2- تثبيت الكربون CO2 او تفاعل الظلام

المصدر الرئيس للكربون في بكتيريا البناء الضوئي هو ثاني اكسيد الكربون و بالمقارنة مع النباتات الراقية نجد ان :

1- تتم دورة كالفن في بعض البكتيريا البناء الضوئي (تفاعلات الظلام) مثل البكتيريا

Rhodospirillum rubrum , *Thiobacillus sp*

2- هناك مسار اخر لتثبيت الكربون وهو مسار الاحماض الكربوكسيلية الاختزالية حيث يتم تثبيت اربعة جزيئات في ثاني اكسيد الكربون . و فية يكون الناتج حمض الاكسالواسيتك و تحتاج هذه الدورة الي انزيمات دورة كريس ونجدها في لبكتيريا

Chlorobium and chromatium

3- بعض البكتيريا تستعمل مركبات عضوية لاختزال ثاني اكسيد الكربون اثناء عملية البناء الضوئي بها , حيث تستعمل هذه المركبات العضوية لانتاج الهيدروجين والذي يستغل في اختزال ثاني اكسيد الكربون

عملية البناء الضوئي

البكتيريا

النبات الاخضر

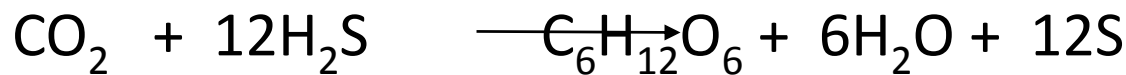
تتم في وجود الضوء فقط و غياب الاكسجين	تتم في وجود الضوء و الاكسجين
توجد حوامل صبغية	توجد بلاستيدات
تمتص موجات طويلة 800-900 نانوميتر	تمتص موجات قصيرة 450-700 نانوميتر
لا تحتوي علي كلوروفيل (أ) ولكن يوجد كلوروفيل بكتيري	تحتوي علي كلوروفيل (أ)
الفسفرة الضوئية الدائرية هي السائدة	الفسفرة الضوئية اللادائرية هي السائدة
الكاروتينويدات علي شكل سلاسل كربونية	الكاروتينويدات بها حلقات كربونية
لا يتصاعد الاكسجين	يتصاعد O ₂ اثناء عملية البناء الضوئي
الماء غير مانح للاكترونات	الماء هو المانح للاكترونات
CO ₂ هو و مواد عضوية اخري مصدر الكربون	CO ₂ هو مصدر الكربون
المستقبل النهائي للاكترونات NAD	المستقبل النهائي للاكترونات NADH

ناقشي الفروق بين التفاعلات الضوئية التي تحدث في النباتات الخضراء وتلك التي تحدث في بكتيريا الكبريت الأرجوانية والخضراء ؟

ج/ في النبات الأخضر: يحلل الضوء الماء إلى أكسجين يتصاعد وغاز هيدروجين يختزل CO_2 إلى مواد كربوهيدراتية



في بكتيريا الكبريت الأرجوانية والخضراء: يحلل الضوء كبريتيد الهيدروجين إلى كبريت وهيدروجين وبناء على ذلك فإن الأكسجين المتصاعد يأتي من الماء والكبريت يتحرر من كبريتيد الهيدروجين



ثانيا : البناء الكيميائي Chemosynthesis

هناك تثبيت لثاني اكسيد الكربون باستعمال الطاقة الكيميائية التي تنتج من اكسدة بعض المركبات غير العضوية , وهو ما يحدث في البكتيريا عديمة اللون و تنتج سكريات و تسمى هذه العملية لتخليق السكريات بالبناء الكيميائي و هو ما يعني بناء الكربون خلال اختزال ثاني اكسيد الكربون في الظلام باستغلال الطاقة الناتجة

عن عملية الاكسدة Oxidation

من امثلة البكتيريا التي تقوم بالبناء الكيميائي

- 1- بكتيريا الكبريت الكيميائية -
- 2- بكتيريا الحديد الكيميائية -
- 3- بكتيريا النيترة
- 4- بكتيريا الهيدروجين و الميثان تستطيع اكسدة الهيدروجين ويتكون الماء وتنطلق طاقة التي تستخدم في اختزال ثاني اكسيد الكربون

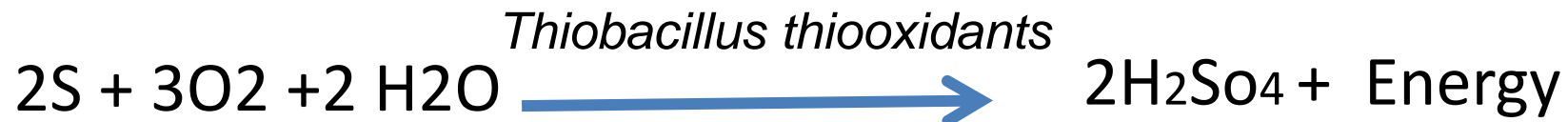
بكتيريا النيترة (المواد النيتروجينية غير العضوية البسيطة)

بكتيريا النيتروزوموناس تستفيد من أكسدة الأمونيا الى نيتريت وتنطلق طاقة في تستخدم في اختزال (تثبيت) ثاني أكسيد الكربون .
ثم قوم بكتيريا نيتروباكتير باكسدة النيتريت الي نترات و تعرفان ببكتيريا النيترة Nitrifying bacteria

البكتيريا الكبريتية الكيميائية (كبريتيد الهيدروجين)

تختلف عن البكتيريا ذاتية التغذية الضوئية في عدم احتوائها علي صبغات تمثيلية و تستطيع اكسدة الكبريت للحصول علي الطاقة اللازمة مثل

Thiobacillus thiooxidans



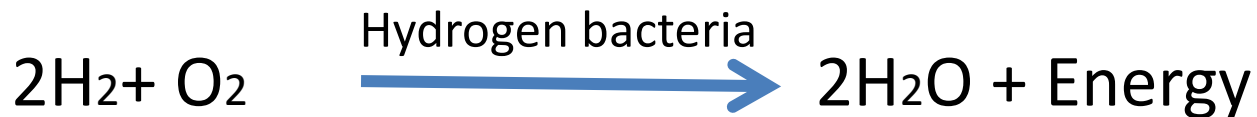
بكتيريا الحديد الكيميائية

تستطيع اكسده الحديد و مركباته و تنطلق الطاقه حيث تستغل في اختزال ثاني اكسيد الكربون مثل بكتيريا جاليونيلا Galionella



بكتيريا الهيدروجين الكيميائية

تستطيع اكسده الهيدروجين ويتكون الماء و تنطلق الطاقه التي اختزال ثاني اكسيد الكربون



البكتيريا غير ذاتية التغذية الضوئية

البكتيريا غير الكبريتية الارجوانية
تستخدم الكحولات او الاحماض الدهنية كمصدر للهيدروجين لاختزال (تثبيت) ثاني
أكسيد الكربون

البكتيريا غير ذاتية التغذية الكيميائية

تعد غالبية انواع البكتيريا غير ذاتية التغذية , حيث تستمد الطاقة اللازمة لبناء مادتها
البرتوبلازمية من تكسير مواد عضوية من الكائنات الحية الأخرى .

مثال

البكتيريا الرمية مثال - بكتيريا التحلل
البكتيريا المتطفلة مثال - جميع البكتيريا المسببة للأمراض .
البكتيريا المعيشة تكافلية مع غيرها من الأحياء مثال - بكتيريا العقد الجذرية

المراجع