**المحاضرة التاسعة تقنيات التخمر**

**\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\***

**العمليات الايضية Metabolism :**

**تنقسم تفاعلات الايض إلى:**

**1- تفاعلات الهدم Catabolism : حيث يتم تكسير المواد الغذائية الرئيسية سواء كانت كربوهيدرات أو بروتينات أو دهون خلال طرق مختلفة من التفاعلات الحيوية إلى جزيئات بسيطة وينتج عن ذلك الحصول على الطاقة.**

**2-تفاعلات البناء (Anabolism): الجزيئات البسيطة الناتجة من عملية الهدم يمكن استخدامها كنواة لبناء مواد أكثر تعقيداً سواء كانت بروتينية أو أحماض نووية من خلال سلسلة من التفاعلات وذلك لبناء الأنسجة وتستهلك طاقة في تلك التفاعلات.**

**تأخذ عمليات البناء والهدم مسارات مختلفة من ناحية التفاعلات الحيوية داخل جسم الكائن الحي، يتم فيها تحويل المواد الكيميائية عن طريق سلسلة من الأنزيمات التي تعتبر مهمة و حاسمة لعملية التمثيل الغذائي حيث تعمل على تسريع التفاعلات وتكون مهمة جداً في الحفاظ على حياة الخلية.**

 **ان أحد السمات البارزة في عملية الأيض هو التشابه في المسارات الأساسية بين كائنات تختلف اختلافاً شاسعاً عن بعضها البعض. حيث ان**

**معظم الهياكل التي تشكل الحيوانات والنباتات والميكروبات مصنوعة من ثلاث فئات أساسية من الجزيئات : الأحماض الأمينية، الكربوهيدرات، والدهون. ووظيفة التمثيل الغذائي تتركز في استخدام هذه الجزيئات في بناء الخلايا والأنسجة، أو تقسيمها واستخدامها كمصدر للطاقة. ويمكن أن تجتمع هذه المواد الكيميائية لتشكل بوليمرات مثل الحامض النووي( DNA او RNA ) والبروتينات.**

**مسارات تمثيل الكلوكوز:**

 **يوجد اربعة مسارات رئيسة لتمثيل الكلوكوز وهي :**

**1-Embden –Meyerhof –Parnas (EMP) pathway [Glycolysis]**

**2-Pentose mono- phosphate cycle**

**3-Entner –Dodoroff pathway**

**4- Phosphoketolase**

**1- الكلاكوليسز glycolysis :**

**التحلل السكري:(*Glycolysis*)هي عملية تحلل السكر وتكسره تحلل يتم فيها تحويل جزئ**[**الجلوكوز**](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AC%D9%84%D9%88%D9%83%D9%88%D8%B2)**( C 6) إلى جزئين من**[**حامض البيروفيك**](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AD%D8%A7%D9%85%D8%B6_%D8%A7%D9%84%D8%A8%D9%8A%D8%B1%D9%88%D9%81%D9%8A%D9%83)**، والكلمة مشتقة من اللاتينية وتعني تحلل السكر.**

 **تتضمن هذه الطريقة خطوات يشترك فيها عشرة انزيمات تؤدي الى تحويل الكلوكوز سداسي الكربون الى جزئتين من حامض البايروفك ثلاثي الكربون , وتحدث هذه العملية اما هوائيا او لا هوائيا . ففي الظروف الهوائية ترتبط هذه الدورة مع دورة اخرى هي الدورة التنفسية ثلاثية الكربوكسيل Tricarboxylic acid والتي تستطيع اكسدة البايروفيت الى CO2 وماء . اما تحت الظروف اللاهوائية فان البايروفيت يتحول الى حامض اللاكتيك lactic acid وايثانول .**

**وتتضمن الدورة الخطوات العشرة الاتية:**

 **1- يفسفر الكلوكوز بموقع ذرة الكربون رقم 6 C6 ) ) وتعتمد الطريقة على نوع الكائن المجهري ففي البكتريا الهوائية ومنها ال pseudomonas فانها تمتلك انزيم hexokinase والذي يحتاج الى ايونات المغنيسيوم لتنشيطه ويستهلك جزيئة واحدة من ال ATP وهذه الخطوة في الدورة غير عكسية.**

**2- يتم تحويل G-6-p الى fructose -6-p وهذا التفاعل عكسي ولا يحتاج الى عامل مساعد .**

**3- تدخل مجموعة فوسفات ثانية على موقع ذرة الكاربون رقم (1) للفركتوز بفعل انزيم phosphatofructokinase (PFK) هو الانزيم المميز للدورة وان وجوده في اي نوع من البكتريا دليل اكيد على قدرتها على تمثيل الكلوكوز .**

**4- جزيئة السكر السداسي تنشطر بفعل انزيم aldolase الى وحدتين كل منهما بها ثلاث ذرات كربون ومجموعة فوسفات واحدة والمركبان هما glyceraldehyde- 3-p و dihydroxy aceton-3-p .**

**5-يعمل انزيم dehydrogenase وبمساعدة ال NAD ومجموعة الفسفور غير العضوي pi على اكسدة المركب glyceraldehyde-3-p الى 1-3-diphosphoglyceric acid وهذا التفاعل هو التفاعل الاول والوحيد كتفاعل اكسدة .ان الNAD المستخدم في عملية الاكسدة سيختزل ويتحول الى NADH والذي يجب ان تعاد اكسدته من اجل استمرار الدورة وتتم عملية الاكسدة في الظروف الهوائية من خلال نظام انتقال الطاقة اما تحت الظروف اللاهوائية فان عملية الاكسدة تكون متزامنة مع تفاعل اختزال اخر اثناء عملية تحول البايروفيت الى اللاكتيت ويجب ملاحظة ان المركب 1-3-diphosphoglyceric acid يحتوي على اصرة عالية الطاقة في ذرة الكربون في الموقع رقم (1).**

**6- في هذه الخطوة يتم تحول الاصرة عالية الطاقة الى ATP بفعل انزيم phosphoglycerate kinase وبمساعدة العامل المساعد Mg+2 تاركا مركب 3-p-glycerate كناتج نهائي.**

**7- يتحول المركب 3-p-glycerate الى 2-p-glycerate بفعل انزيم mutase .**

**8- يزال الماء من المركب 2-p-glycerate متحولا الى المركب phosphoenolpyruvate بفعل انزيم enolase والذي يحتاج الى عامل مساعد Mg+2 .ان عملية ازالة الماء تهدف الى تكوين اصرة عالية الطاقة تخزن في المركب phosphoenolpyruvate .**

**9- يعمل الانزيم pyruvate kinase على تحويل المركب phosphoenolpyruvate الى pyruvate مع تحرر جزيئة ATP وهذه هي الخطوة الثانية في العملية التي تحصل فيها على الطاقة بنهاية هذه الخطوة تكون عملية التحلل السكري انتهت . ولما كانت كل جزئية من مركب fructose-1,6-Bisphosphate اعطت اثنين من السكريات الثلاثية Trios phosphate وبالتالي سنحصل على اربع مولات من ATP ولما كانت الدورة تستهلك اثنين مول لذلك فالناتج النهائي هو كسب 2 مول من ال ATP.**

****

**مخطط يوضح دورة الكلاكوليسز**

الحصول على الطاقة :

يعتبر التحلل السكري الطريقة المثلى للحصول على [الطاقة](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%84%D8%B7%D8%A7%D9%82%D8%A9)، وكنتيجة للتحلل اللاهوائي يمكن الحصول على جزيئين [ATP](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A3%D8%AF%D9%8A%D9%86%D9%88%D8%B3%D9%8A%D9%86_%D8%AB%D9%84%D8%A7%D8%AB%D9%8A_%D8%A7%D9%84%D9%81%D9%88%D8%B3%D9%81%D8%A7%D8%AA) وجزيئين[NADH](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AB%D9%86%D8%A7%D8%A6%D9%8A_%D9%86%D9%8A%D9%83%D9%84%D9%8A%D9%88%D8%AA%D9%8A%D8%AF%D8%A9_%D8%A7%D9%84%D8%A3%D8%AF%D9%86%D9%8A%D9%86_%D9%88%D8%A3%D9%85%D9%8A%D8%AF_%D8%A7%D9%84%D9%86%D9%8A%D9%83%D9%88%D8%AA%D9%86%D9%83). من فوائد التحلل السكري:

1- تكوين جزيئات الطاقة العالية(ATP;NADH) والتي تعتبر مصدر الطاقة في [الخلية](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AE%D9%84%D9%8A%D8%A9).

2- تكوين [حمض البيروفيك](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AD%D9%85%D8%B6_%D8%A7%D9%84%D8%A8%D9%8A%D8%B1%D9%88%D9%81%D9%8A%D9%83)(Pyruvic acid)والذي يدخل في [دورة حمض الستريك](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AF%D9%88%D8%B1%D8%A9_%D8%AD%D9%85%D8%B6_%D8%A7%D9%84%D8%B3%D8%AA%D8%B1%D9%8A%D9%83) لإنتاج الطاقة هوائيا داخل [المتقدرات](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%AA%D9%82%D8%AF%D8%B1%D8%A9%22%20%5Co%20%22%D9%85%D8%AA%D9%82%D8%AF%D8%B1%D8%A9) ( Mitochondria ).

3- إنتاج جزيئات أخرى تدخل في عمليات حيوية مختلفة.

يتكون التحلل السكري من مرحلتين: يتم في الأولى منهما استهلاك كمية من الطاقة (جزيئين ATP)لإنتاج جزيئات ذات طاقة أعلى([Glyceraldehyde-3-Phosphate](http://ar.wikipedia.org/w/index.php?title=Glyceraldehyde-3-Phosphate&action=edit&redlink=1)) والتي تتحول فيما بعد إلى جزيئات ذات طاقة اقل([حمض البيروفيك](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AD%D9%85%D8%B6_%D8%A7%D9%84%D8%A8%D9%8A%D8%B1%D9%88%D9%81%D9%8A%D9%83))، لذلك فان تحلل مول واحد من [الجلوكوز](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AC%D9%84%D9%88%D9%83%D9%88%D8%B2) إلى مولين من حمض البيروفيك يصاحبه إنتاج مولين من ATPو NADH. يستخدم ال NADH كوقود لإنتاج الATP في الميتوكندريا عن طريق [الفسفرة التاكسدية](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%84%D9%81%D8%B3%D9%81%D8%B1%D8%A9_%D8%A7%D9%84%D8%AA%D8%A7%D9%83%D8%B3%D8%AF%D9%8A%D8%A9%22%20%5Co%20%22%D8%A7%D9%84%D9%81%D8%B3%D9%81%D8%B1%D8%A9%20%D8%A7%D9%84%D8%AA%D8%A7%D9%83%D8%B3%D8%AF%D9%8A%D8%A9)، كل جزئ NADH ينتج جزيئين أو ثلاثة ATP والناتج الكلي لعملية الاكسدة لجزئ الجلوكوز هي 36 أو 38 جزئ ATP.

التفاعل الكلي

|  |
| --- |
|  |
| D-[Glucose](http://ar.wikipedia.org/wiki/Glucose) |  |  |  | [Pyruvate](http://ar.wikipedia.org/w/index.php?title=Pyruvate&action=edit&redlink=1) |  |
| D-glucose wpmp.png | + 2 [NAD](http://ar.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide_adenine_dinucleotide)+ + 2 [ADP](http://ar.wikipedia.org/w/index.php?title=Adenosine_diphosphate&action=edit&redlink=1) + 2 [P](http://ar.wikipedia.org/wiki/Phosphate)i | Biochem reaction arrow forward NNNN horiz med.png | 2 | Pyruvate wpmp.png | + 2 [NADH](http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AB%D9%86%D8%A7%D8%A6%D9%8A_%D9%86%D9%8A%D9%83%D9%84%D9%8A%D9%88%D8%AA%D9%8A%D8%AF%D8%A9_%D8%A7%D9%84%D8%A3%D8%AF%D9%86%D9%8A%D9%86_%D9%88%D8%A3%D9%85%D9%8A%D8%AF_%D8%A7%D9%84%D9%86%D9%8A%D9%83%D9%88%D8%AA%D9%86%D9%83) + 2 H+ + 2 [ATP](http://ar.wikipedia.org/wiki/Adenosine_triphosphate)+ 2 H2O |

|  |
| --- |
|  |

**Reactions of the Pentose Phosphate Pathway**

|  |
| --- |
| http://javed-abbas.tripod.com/notesonline/biochemistry/img/ppp1.gif |
| **The reactions of oxidative portion of the pentose phosphate pathway are shown. The enzymes are in green.** |

|  |
| --- |
| http://javed-abbas.tripod.com/notesonline/biochemistry/img/ppp2.gif |