جامعة تكريت / كلية التربية للبنات

القسم: الكيمياء

المرحلة: الرابعة

المادة : الكيمياء الحياتية

استاذ المادة : أ.د.اسراء اسماعيل ياسين الطائي

altaiiasr@tu.edu.iq

Digestion Of Carbohydrates هضم الكاربوهيدرات

Glycolysis والتحلل السكري

Digestion الهضم هو المرحلة الأولى من عملية التمثيل الغذائي التي يتم فيها تكسير الجزيئات الكبيرة في جزيئات صغيرة يمكن امتصاصها في الدم في الأمعاء الدقيقة.

- معظم هذه التفاعلات هي تفاعلات تحلل مائي
- تتحلل البروتينات إلى أحماض أمينية
- يتم تحلل السكريات المتعددة الى السكريات الأحادية
- يتم تحلل الدهون الثلاثية الى أحماض دهنية والكليسرول

ايض الكربوهيدرات Carbohydrate metabolism

جميع الخلايا سواء البكتيرية والطحلبية والفطرية والنباتية أو الحيوانية تهدم المركبات الكربوهيدراتية (سكر الكلوكوز) بنفس الطريقة الي تسمى تحلل الكلوكوز اللاهوائي (التحلل السكري)glycolysis وبنفس الإنزيمات وبغض النظر عما اذا كانت الخلية هوائية أو لا هوائية التنفس.

يعتمد تنفس الخلية على تحلل الكلوكوز ولذا ينقسم التنفس الى قسمين:

أ- التنفس اللاهوائي Anaerobic respiration

يحدث تحلل الكلوكوز لاهوائيا ويوصف أيضا بالتخمر fermentation (في غياب الاوكسجين) ، من جزيء يحتوي على ستة ذرات من الكربون الى جزيئين يحتوي كل منهما على ثلاث ذرات من الكربون يعرف بحامض البايروفيك الذي يختزل الى اللاكتيك

يتم ذلك عبر سلسلة تتألف من عشرة تفاعلات محفزة بأنزيمات بحيث يتحول في نهايتها سكر الكلوكوز الى حامض البايروفيك لذلك فالطاقة المنطلقة منه منخفضة لعدم تحلل الكلوكوز الى ماء وثاني اوكسيد الكربون.

- ✓ يعد حامض البيروفيك وقود دورة كربس والتنفس الهوائي في وجود الأوكسجين اذ يتكون Acetyl Co-enzyme.

ب- التنفس الهوائي Aerobic respiration

يحتاج هذا النوع من التنفس الى اوكسجين وتكون النتيجة تحول سكر الكلوكوز الى ماء وثاني اوكسيد الكربون وتنطلق منه طاقة تخزن في مركب ATP.

وتتم هذه العملية في مرحلتين: المرحلة الأولى في السيتوبلازم والمرحلة الثانية في الميتوكوندريا في الخلايا حقيقية النواة

ويلخص كما يلي:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

وينطلق من هذا التنفس كمية كبيرة من الطاقة تقدر بحوالي **687** كيلو كالورى بالمقارنة مع التنفس اللاهوائي الذي ينتج كمية قليلة من الطاقة تقدر بحوالي **58** كيلو كالورى.

علاقة الميتوكوندريا بإنتاج الطاقة

تتحلل معظم المواد الأيضية في سيتوبلازم الخلية إلى كلوكوز، يستهلك منها جزيئتان ATP وينتج حامض البايروفيك.

- حامض **البيروفيك** لا يمكن دخوله الى الميتوكوندريا ، لذلك يمر بخطوات تحضيرية تشمل :
- أكسدته واختزالNADH الى NAD^+
- نزع ثاني اكسيد الكربون بوجود المرافق (Co-enzyme A) -A والانزيم Pyruvate dehydrogenase وينتج مركب ثنائي الكربونAcetyl Co-enzyme A وهذا المركب ينفذ عبر الغشاء ويشترك في دورة **كربس**

يتكون خلال الدورة مركبات وسطية (NADH , FADH2) حاملة للطاقة تنقل الى **السلسلة التنفسية** (ETS).

- ✓ وبعد تحلل الكلوكوز تصبح المحصلة النهائية 36 جزيء من ATP

التحلل السكري Glycolysis

- تحلل السكر Glycolysis عبارة عن سلسلة من 10 تفاعلات مقترنة
- يبدأ المسار بجزيئة كلوكوز تدخل إلى الخلية من الدم ويتحول على الفور إلى الكلوكوز 6 فوسفات.
- تحدث فسفرة الكلوكوز في الخلية.
- يستمر المسار بعد ذلك في تقسيم لجزيء الكلوكوز المكون من 6 كربون إلى جزيئين من 3 كربون وأكسدة هذه الجزيئات إلى أحماض ألفا كيتو (حامض بيروفيك). α-keto acids (Pyruvic acid
- تُستخدم الطاقة المنبعثة في المسار لإنتاج نوعين من الجزيئات الغنية بالطاقة:

* يتم فسفرة جزيئين من ADP إلى ATP.

* يتم تقليل جزيئين من NAD^+ إلى $NADH / H^+$

- الخطوة 1: إدخال الكلوكوز في الخلية وتفسفره ، تقترن الفسفرة phosphorylation بالتحلل المائي hydrolysis لجزيئة ATP ، يحدث التفاعل بمساعدة الانزيم **Hexokinase / Glucokinase**

- الخطوة 2: يتم تحويل الجلوكوز-6-فوسفات (ألدوهكسوز) إلى فركتوز-6-فوسفات (كيتوهكسوز). هذا التفاعل له حالة من التوازن ، مما يسمح له بالذهاب في أي اتجاه.

- الخطوة 3: فسفرة جزيئة فركتوز-6-فوسفات إلى فركتوز-1،6-بس فوسفات. يقترن هذا التفاعل بالتحلل المائي لـ ATP ، ويهيئ للانقسام الذي يحدث في الخطوة التالية. حتى الآن تم استخدام اي استهلاك جزيئتين من ATP بدلاً من إنتاجها.

تتمثل التفاعلات في الخطوات اعلاه (المرحلة الأولى مرحلة الاستهلاك)

- الخطوة 4: ينقسم الفركتوز 1،6- ثنائي الفوسفات إلى جزيئتين من سكريات أحادية ثلاثية الكاربون.
- الخطوة 5: تحويل فوسفات ثنائي هيدروكسي أسيتون إلى جليسيرالديهايد -3- فوسفات.

✓ **تبدأ التفاعلات الخمسة الأخيرة في الكلايكوليسز من glyceraldehyde-3-phosphate.**

✓ تقترن تفاعلات أكسدة glyceraldhyde−3−phosphate لإنتاج ATP و.+ NADH / H

- الخطوة6: يتأكسد Glyceraldehyde−3−phosphate إلى 1,3−Bisphosphoglycerate.

✓ تقترن أكسدة الألديهايد إلى حامض باختزال + NAD إلى + NADH / H وفسفرة الحامض إلى أنهيدريد فوسفات مختلط.

✓ التحلل المائي في أنهيدريد الفوسفات يمتلك ΔG سالب عالي.

- الخطوة 7: يقترن التحلل المائي للفوسفات من 1,3−bisphosphoglycerate بفسفرة ADP لتوليد ATP

✓ نظرًا لإنتاج جزيئتين من 1,3-bisphosphoglycerates لكل جزيء كلوكوز ، فقد تم الآن انتاج جزيئتين من ATP اللذين تم استثمارهما في الجزء الأول من تحلل السكري (مرحلة الاستهلاك)

- الخطوة 8: 3−فوسفوكليسيرات متناظر لـ 2−فوسفوكليسيرات.

✓ يتم نقل إستر الفوسفات من ذرة الكاربون رقم 3 إلى ذرة الكاربون رقم 2.

✓ مثل معظم تفاعلات التناظر ، يمكن أن يذهب هذا التفاعل في أي اتجاه ، اذ انه تفاعل عكسي.

- الخطوة 9: 2− يتم سحب جزيئة ماء من فوسفوكليسيرات لتكوين Phosphoenolpyruvate (PEP).

✓ ينتج عن الخطوة اعلاه فوسفات ذو طاقة حرة سالبة عالية ، والذي يمكن أن يقترن بفسفرة.ADP

✓ يعد PEP من المركبات العالية الطاقة.

- الخطوة 10: يقترن التحلل المائي للفوسفات من phosphoenolpyruvate بفسفرة.ADP

✓ جميع المركبات الوسيطة في التحلل السكري عبارة عن جزيئات متكونة من 3 أو 6 ذرات كاربون .

✓ **كل تفاعلاته تتضمن 5 أنواع :**

- **phosphoryl transfer**
- **phosphoryl shift**
- **isomerization**
- **dehydration**
- **aldol cleavage**