جامعة تكريت / كلية التربية للبنات

القسم: **الكيمياء**

المرحلة: **الرابعة**

المادة : **الكيمياء الحياتية**

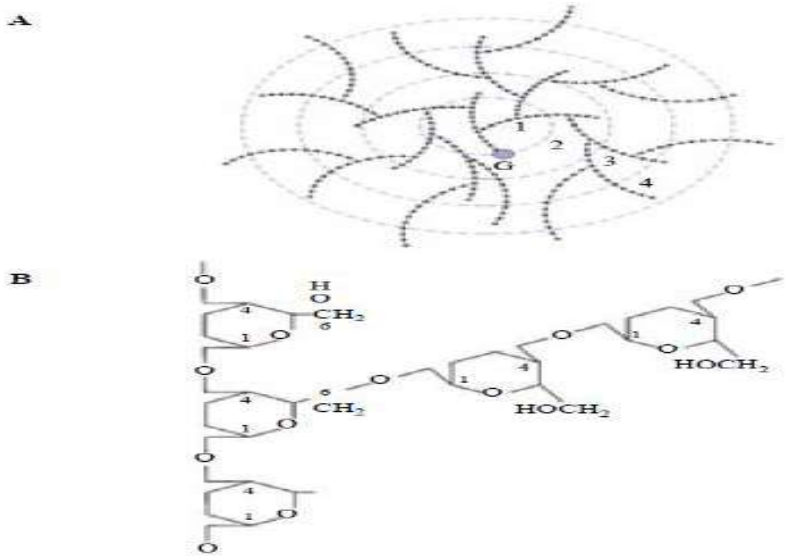
استاذ المادة : **أ.د.اسراء اسماعيل ياسين الطائي**

altaiiasr@tu.edu.iq

أيض الكلايكوجين Glycogen Metabolism:

- ✓ **هدمه** *Glycogenlysis*
- ✓ **بناءه** *Glycogenesis*

- يخزن فائض الغذاء في الجسم على هيئة دهون. وهذه المركبات أكثر ملائمة من غيرها لخزن الطاقة، لكن خزن كميات من الكلوكوز على هيئة كلايكوجين أمر ضروري أيضاً، إذ يعطي تحلل الكلايكوجين هذا إلى كلوكوز حاجة الخلايا في الفترات التي تفصل بين الوجبات الغذائية حيث يتوقف ورود الكلوكوز من الأمعاء.
- ومن جهة ثانية يساعد خزن الكلايكوجين على المحافظة على تركيز كلوكوز الدم ضمن الحدود الطبيعية في الفترة التي تلي الطعام مباشرة اذ يزداد معدل ورود الكلوكوز من الأمعاء. والفضل في ذلك يعود إلى الكفاءة العالية والسرعة في تحويل الكلوكوز إلى كلايكوجين.((الشكل ادناه يوضح تركيب الكلايكوجين))



- يخزن الكلايكوجين بصورة رئيسية في **الكبد والعضلات**.
- أما ما يخزن في العضلات فيستهلك من قبل العضلات نفسها لإنتاج الطاقة الكيميائية اللازمة للتقلص العضلي.
- وأما ما يخزن في الكبد فإنه يتحلل إلى كلوكوز وينطلق هذا إلى الدم ليسد حاجة الخلايا إليه.
- والمعنى الحرفي لكلمة كلايكوجين هو مولد السكر، إذ أن الكلوكوز هو الناتج الوحيد لتحطم الكلايكوجين.

تنظيم تمثيل الكلايكوجين

A. عند الصوم : هرمونين هما الكلوكاكون والابنفرين

(الكلوكاكون هدف الكلايكوجين الكبد ، والابنفرين هدف الكلايكوجين العضلة)

تحث هذه الهرمونات إنزيمات استحداث الكلوكوز gluconeogenic (أنزيمات هدم الكلايكوجين)

- تثبط إنزيمات تحلل الجلوكوز.

هنالك ميكانيكية أخرى لتكسير الكلايكوجين بإطلاق ايونات الكالسيوم عند تقلص العضلة وعند بلوغها مستوى معين تنشط عملية الفسفرة ربما زيادة ايونات الكالسيوم يطلق بروتين معين تحتاجه العضلة بالتقلص وهو بنفس الوقت منشط للفسفرة .

إضافة لذلك فان زيادة AMP ينشط الفسفرة (هدم الكلايكوجين) فتطلق Glucose-1-P الذي يتحول إلى Glucose-6-P ويدخل في عمليات الأكسدة وإنتاج الطاقة

B. عند التغذية :هرمون الأنسولين (يفرز عند المستوى العالي للكلوكوز في الدم)

- تحث إنزيمات تحلل الكلوكوز(ينشط عملية بناء الكلايكوجين)
- تثبط إنزيمات استحداث الكلوكوز gluconeogenic

تصنيع الكلايكوجين Glycogen synthesis (Glycogenesis)

. ينشط تركيب الكلايكوجين في الفترة بعد وجبات الطعام مباشرة ، اذ يأخذ تركيز كلوكوز الدم بالازدياد نتيجة وروده من الأمعاء. فيزداد إفراز الأنسولين من البنكرياس، ويساعد هذا على دخول الكلوكوز إلى الخلايا وتنشيط صنع الكلايكوجين منه.

يساعد على صنع الكلايكوجين انزيمين :

- **الانزيم الأول** يحفز إضافة جزيء الكلوكوز إلى النهاية الحرة لإحدى السلاسل الفرعية الكثيرة في جزيء الكلايكوجين والارتباط المتكون في هذه الحالة هو ارتباط كلايكوسيدي (α -1,4)

ويسمى الإنزيم **كلايكوجين سيثتيز Glycogen synthetase** ويعمل الأنسولين على تنشيط هذا الإنزيم.

- أما **الإنزيم الثاني** فيعمل على تكوين السلاسل الفرعية أي تشعيب الكلايكوجين، ويعرف بإنزيم **التشعب او التفرع Branching enzyme**، وطريقة عمله تتلخص بنقل قطعة من إحدى السلاسل (مؤلفة من عدة جزيئات من الكلوكوز)، وربطها بارتباط كلايكوسيدي (α −1,6) مع ذرة الكربون السادسة لأحد جزيئات الجلوكوز في السلسلة الأصلية، أو في سلسلة فرعية مجاورة. وبفعل هذين الإنزيمين ينمو جزيء الكلايكوجين ويزداد تفرعا.

. عملية صناعة الكلايكوجين من **العمليات الماصة للطاقة**، ولذا لابد من تنشيط جزيئات الكلوكوز قبل إضافتها إلى الكلايكوجين ويلاحظ أن **إضافة جزيء من الكلوكوز إلى الكلايكوجين يستهلك 2 جزيء من ATP**

ويتم ذلك من خلال التفاعلات التالية:

1- تنقل إلى الكلوكوز مجموعة فوسفات من جزيء ATP بمساعدة إنزيم هكسوكينيز أو كلوكوكينيز فيتكون كلوكوز – 6– فوسفات.

كلوكوز + ATP ← كلوكوز – 6– فوسفات + ADP

2– ثم تنتقل هذه المجموعة إلى الكربون الأول من جزيء الكلوكوز نفسه فينتج كلوكوز – 1– فوسفات.

كلوكوز – 6– فوسفات ← كلوكوز – 1– فوسفات

3– يتفاعل المركب الأخير مع النيوكليوتيد يوريدين ثلاثي الفوسفات UTP فينتج **مركب يوريدين ثنائي فوسفات الجلوكوز (UDP–G)** **وهو الشكل المنشط للكلوكوز.**

UTP← +G–1–P يوريدين ثنائي فوسفات الكلوكوز (UDP– G)

4– بعد ذلك ينتقل الكلوكوز المنشط هذا إلى نهاية إحدى السلاسل الفرعية في جزيء الكلايكوجين تاركاً النيوكليوتيد يوريدين ثنائي الفوسفات UDP

. (UDP–G) + كلايكوجين (n) ← كلايكوجين (n+1) + UDP

(ترمز n لعدد جزيئات الجلوكوز في جزيء الكلايكوجين.)

5- ولكي يتم نقل جزيء كلوكوز آخر لا بد من إعادة تكوين اليوريدين ثلاثي الفوسفات UTP ويتم ذلك بانتقال مجموعة فوسفات من ATP إلى UDP

UTP + ADP ← ATP + UDP

تكسير الكليكوجين(Glycogenlysis): Glycogen degradation

يتم تكسير الكلايكوجين الموجود بالكبد لإمداد الجسم بالكلوكوز عند إنخفاض مستواه فى الدم وهذه العملية تتم كالأتى:

1- يبدأ إنزيم Glycogen phosphorylase بإزالة وحدات الكلوكوز وينتج Glucose- 1-P الذى يمكن أن يتحول إلى Glucose-6-P وبذلك يشارك فى مسار الـ Glycolysis لإنتاج الطاقة أو يتحول إلى Free Glucose من خلال الـ Gluconeogenesis لإمداد الدم بالكلوكوز عند إنخفاض مستواه ويستمر عمل الإنزيم حتى الوصول إلى 4 وحدات كلوكوز متبقية من نقطة التفرع وهنا يتوقف عمل هذا الإنزيم.

2- يشارك إنزيم: (Debranching enzyme)

- كإنزيم ناقل (Transferase) وذلك من خلال نقل ثلاث وحدات كلوكوز Glucose residues من الـ 4 residues إلى النهايات غير مختزلة(Non-reducing end)
- انزيم Glucosidase والذى يقوم بإزالة الـ Glucose residue الرابعة الموجودة عند نقط التفرع على صورة كلوكوز حر (Free Glucose) ثم يعود مرة أخرى إنزيم الـ Glycogen phosphorylase لإزالة باقى وحدات الكلوكوز على صورة.Glucose- 1-P

الناتج الرئيسى لعملية الهدم هو Glucose-1-P وقليل من الـ Free Glucose .