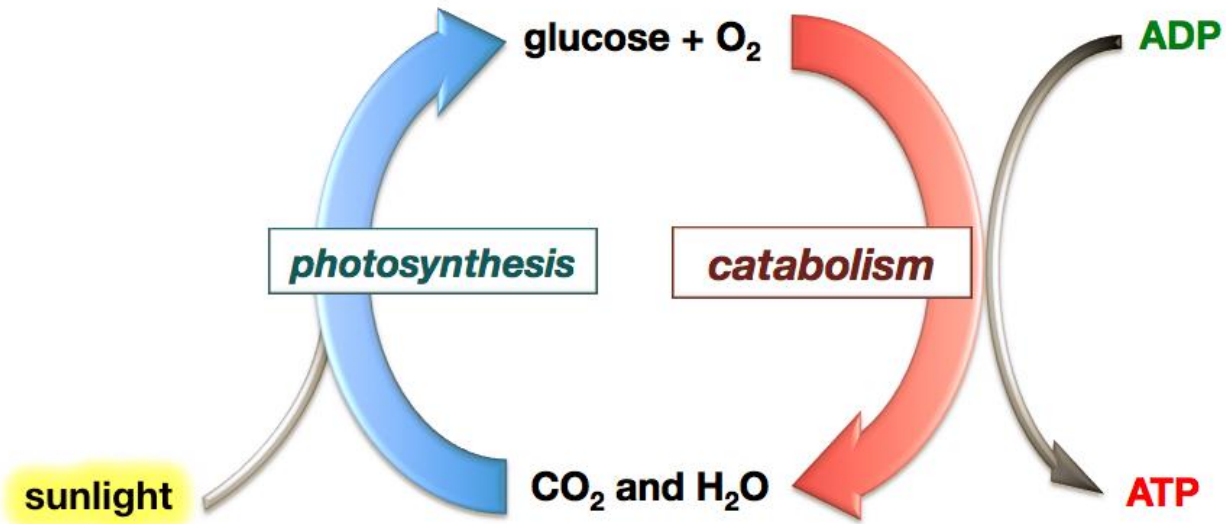


## التمثيل الغذائي للكربوهيدرات (أيض الكربوهيدرات) Carbohydrate Metabolism

يمكن إرجاع الطاقة الموجودة في الطعام إلى عملية التمثيل الضوئي photosynthesis.

1. تلتقط النباتات الطاقة من ضوء الشمس أثناء عملية التمثيل الضوئي لأنها تحول ثاني أكسيد الكربون و  $H_2O$  إلى جلوكوز وأوكسجين.
2. بدون طاقة من ضوء الشمس يكون تفاعل ثاني أكسيد الكربون مع  $H_2O$  لإنتاج الجلوكوز والأوكسجين ليس تلقائيًا.
3. توفر مدخلات الطاقة من ضوء الشمس الطاقة المطلوبة لتحويل ثاني أكسيد الكربون و  $H_2O$  إلى جلوكوز وأوكسجين.



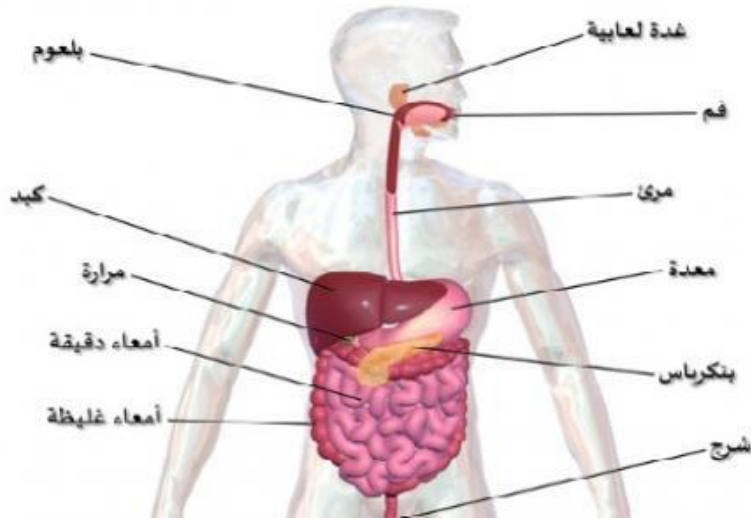
تستخدم الكائنات الحية ، بما في ذلك البشر ، سلسلة من التفاعلات الكيميائية التقويضية (الهدم أو الاكسدة) لاستقلاب الكربوهيدرات وغيرها من الأطعمة ببطء وتحويلها في النهاية إلى ثاني أكسيد الكربون و  $H_2O$ . يتم تقويض أو هدم الفئات الثلاثة من المغذيات الرئيسية في الطعام الكربوهيدرات والدهون والبروتينات على أربعة مراحل:

Stage 1: Digestion	المرحلة 1: الهضم
Stage 2: Acetyl-Coenzyme A Production	المرحلة 2: إنتاج أسيتيل أنزيم أ
Stage 3: The Citric Acid Cycle	المرحلة 3: دورة حامض الستريك
Stage 4: Oxidative Phosphorylation	المرحلة 4: الفسفرة المؤكسدة

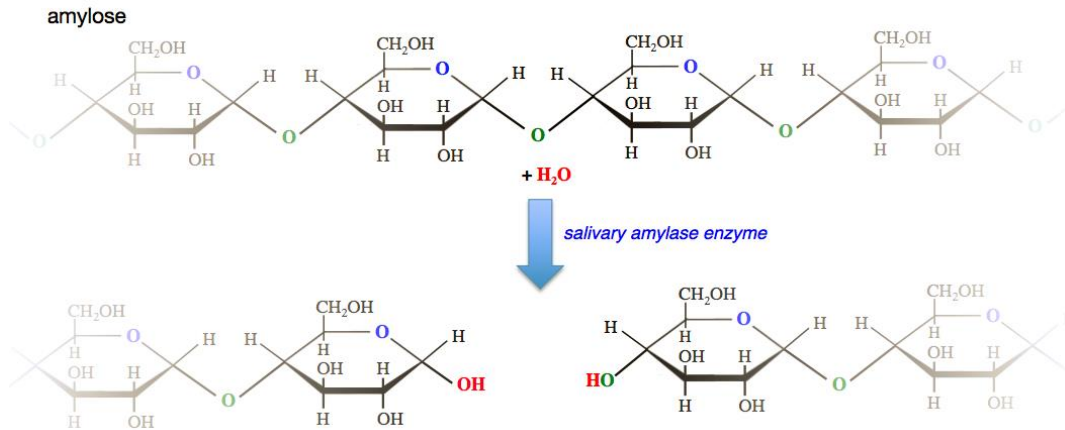
## المرحلة 1: الهضم Digestion

الهضم هو العملية التي يقوم فيها الجسم بتفكيك الكربوهيدرات والبروتينات وبوليمرات الدهون الثلاثية إلى بقايا المونومر الخاصة بهم على سبيل المثال يتم تحويل بوليمرات الكربوهيدرات إلى سكريات أحادية ويحدث الهضم في الجهاز الهضمي.

يشمل الجهاز الهضمي الذي يشار إليه أحياناً باسم المسار الهضمي أو مسار الجهاز الهضمي الأعضاء المسؤولة عن هضم الطعام والتخلص من مكونات الطعام غير القابلة للهضم.

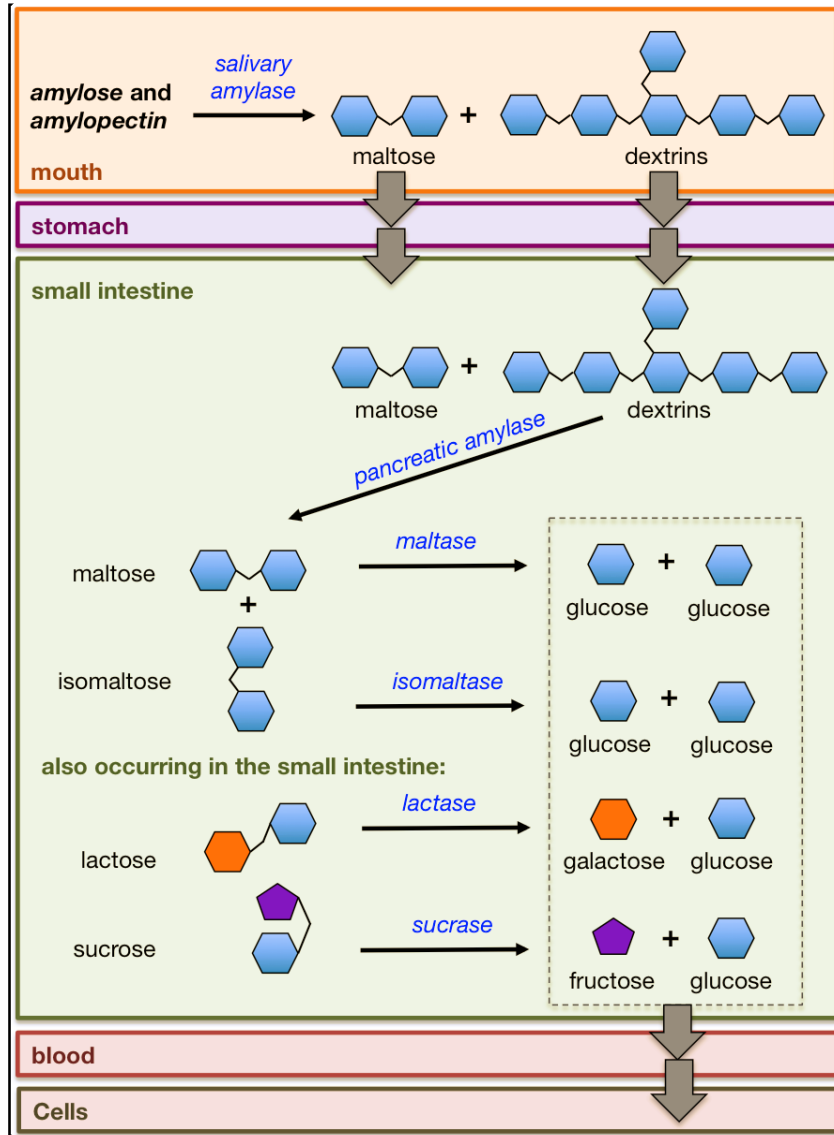


أثناء هضم بوليمرات الكربوهيدرات يتم تحويل معظم السكريات معدودة والسكريات متعددة إلى سكريات أحادية. ما يقرب من 50% من الكربوهيدرات الغذائية لدينا على شكل نشأ. النشأ يحتوي على مكونين هما الأميلوز والأميلوبكتين ، وكلاهما يتكون بالكامل من سكريات أحادية. يبدأ هضم الأميلوز والأميلوبكتين (النشأ) في الفم. يحتوي اللعاب إنزيمات الأميليز اللعابية **salivary amylase enzymes** التي تحفز التحلل المائي لبعض روابط  $\alpha$ - (1 → 4) الجليكوسيدية في الأميلوز والأميلوبكتين. في التحلل المائي للكربوهيدرات تُستخدم جزيئات الماء لتحليل (تكسير) روابط الجليكوسيد.



## نظرة عامة توضيحية لهضم الكربوهيدرات

- يحفز الأميليز اللعابي التحلل المائي للأميلوز والأميلوبكتين لتشكيل المالتوز ( $\alpha$ - (1 → 4) ثنائي سكاريد الجلوكوز الجلوكوز) والسكريات الصغيرة التي تسمى ديكستريين.
- الدكستريينات عبارة عن سكريات قليلة التعدد تحتوي بشكل عام على ما بين ثلاثة إلى ثمانية وحدات من الكلوكوز.
- يمر المالتوز والدكستريين والكربوهيدرات الغذائية الأخرى غير النشا عبر المعدة حيث يتوقف هضم الكربوهيدرات مؤقتاً لأن الأميليز اللعابي يتحول إلى طبيعته بسبب بيئة المعدة المنخفضة درجة الحموضة (شديدة الحموضة).
- يستمر الهضم في الأمعاء الدقيقة بمساعدة المزيد من إنزيمات الجهاز الهضمي. يحفز أميليز البنكرياس **pancreatic amylase enzymes** التحلل المائي للدكستريين لتشكيل المالتوز والإيزومالتوز Isomaltose هو مركب ألفا (1 → 6) سكر ثنائي. تحفز إنزيمات Maltase و isomaltase التحلل المائي للمالتوز والإيزومالتوز في الجلوكوز.
- يتم تحويل الكربوهيدرات الغذائية غير النشوية اللاكتوز والسكروز إلى السكريات الأحادية بوجود إنزيمات اللاكتيز والسكريز .

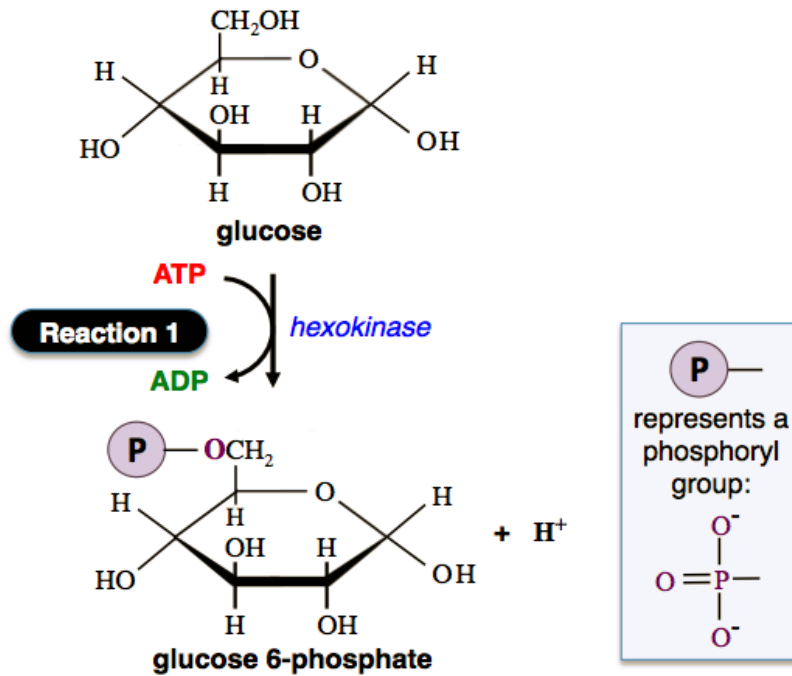


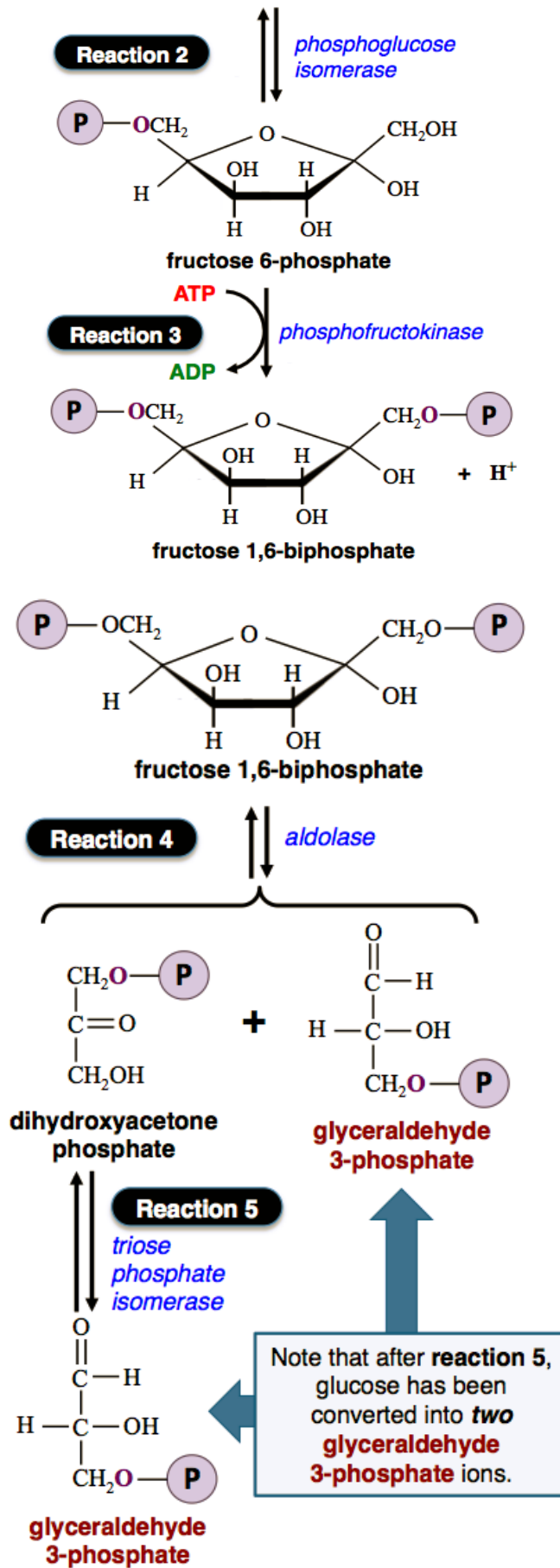
تكمن أهمية الهضم بتحويل السكريات المعدودة والمتعددة إلى السكريات الأحادية من أجل أن تمر السكريات عبر جدار الأمعاء وإلى مجرى الدم بحيث تكون متاحة للخلايا في جميع أنحاء الجسم. يتم نقل السكريات الأحادية إلى الخلايا عن طريق الانتشار السلبي عبر بروتينات الغشاء. لا يمكن هضم كل الكربوهيدرات الغذائية. على سبيل المثال ، لا يمكن هضم السليلوز لأن البشر ليس لديهم إنزيم غذائي قادر على التحلل المائي  $\beta$ - (1 → 4) روابط الكلوكوز الكلوكوز الجليكوسيدية. لا يمكن أن يمر السليلوز عبر الأمعاء الدقيقة وبالتالي يمر عبر المسار الهضمي حتى يتم إفرازه في البراز.

## المرحلة 2: إنتاج أسيتيل أنزيم أ Acetyl-Coenzyme A Production

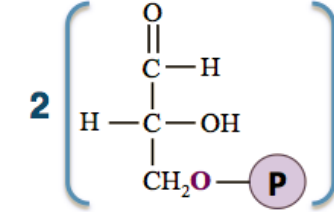
عندما يدخل الكلوكوز إلى الخلية يمكن أن يخضع بعد ذلك للمراحل 2 و 3 و 4 من الهدم. في المرحلة 2 من هدم الكربوهيدرات يتم تحويل الكلوكوز إلى أسيتيل أنزيم أ Acetyl-Coenzyme A و  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$ . تبدأ هذه العملية بمسار تقويضي يسمى تحلل السكر **Glycolysis**. التحلل السكري عبارة عن سلسلة من العديد من التفاعلات المتسلسلة التي تحول في النهاية جزيئة كلوكوز واحدة إلى أيوني بيروفات واثنين من جزيئات  $\text{H}_2\text{O}$ .

### The reactions of glycolysis:

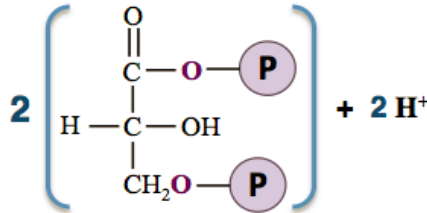
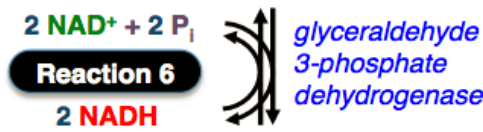




لاحظ أنه يتم إنتاج واحد من جليسيرالديهيد 3-فوسفات في التفاعل 4 ويتم إنتاج جليسيرالديهيد 3-فوسفات ثانيًا في التفاعل 5. لذلك ، ستحدث كل تفاعلات لاحقة في المسار مرتين لكل جزيء كلوكوز يخضع لتحلل الكلوكوز. ولهذا السبب فإن المواد المتفاعلة والمنتجات في المعادلات الكيميائية التالية لها معامل متكافئ "2".

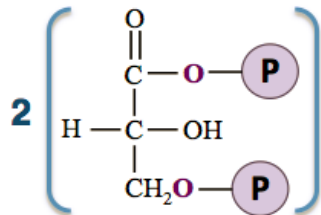


glyceraldehyde 3-phosphate

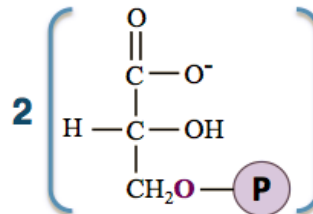


1,3-biphosphoglycerate

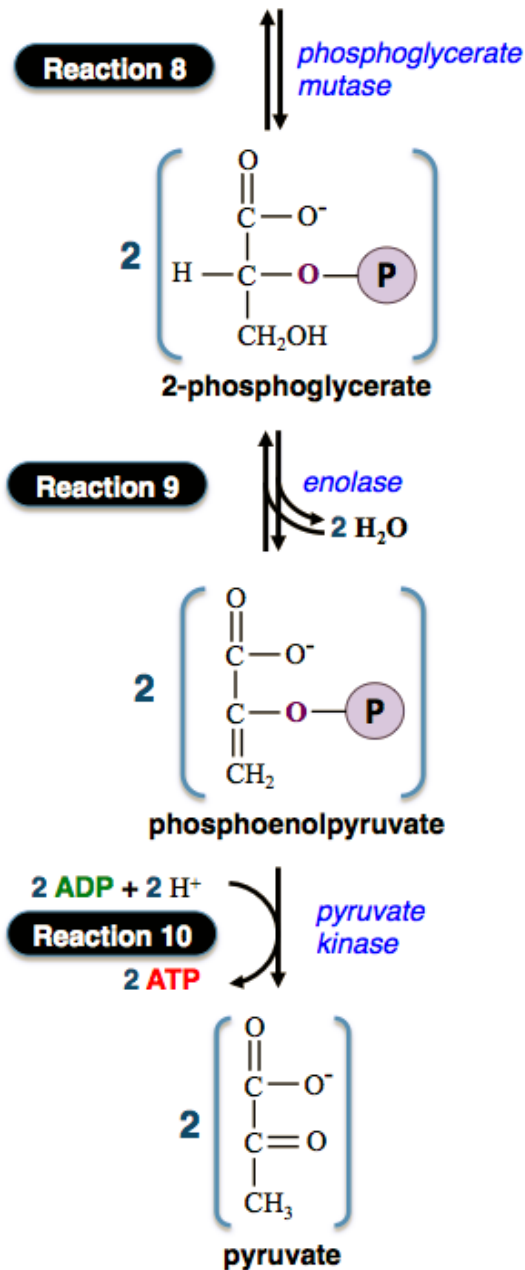
في التفاعل 6 يتأكسد جليسيرالديهيد 3 فوسفات ومن الثابت انه لا يمكن أن تحدث الأكسدة بدون اختزال. في هذه الحالة يتم اختزال  $\text{NAD}^+$  إلى  $\text{NADH}$  يحدث هذا عندما يكون أيون الهيدريد ( $\text{H}^-$ ) المنقولة من الجليسيرالدهيد 3-كربونيل الفوسفات إلى  $\text{NAD}^+$  ، يتطلب اختزال  $\text{NAD}^+$  إلى  $\text{NADH}$  هذه الطاقة تأتي من جليسيرالدهيد 3 فوسفات. و يمكن للطاقة التي يكتسبها  $\text{NADH}$  تستخدم لاحقًا لتحويل  $\text{ADP}$  إلى  $\text{ATP}$ .



1,3-biphosphoglycerate



3-phosphoglycerate



ينتج عن تفاعلات تحلل السكر ربح صافٍ لاثنتين من ATP واثنين من NADH عندما يكون هناك تركيز عالٍ بما فيه الكفاية من ATP أو البيروفات أو أي من منتجات المسار الأخرى فيمكن إبطاء معدل تحلل السكر. إذا أصبح تركيز ATP منخفضًا يمكن تسريع تحلل السكر. يتم التحكم في معدل مسار تحلل الكلوكوز عن طريق مثبطات الإنزيم ومنشطات الإنزيم للإنزيمات المشاركة في التفاعلات غير القابلة للعكس (1 ، 3 ، 10). على سبيل المثال ، يعمل ATP و phosphoenol pyruvate (نتاج التفاعل 9) كمثبطات لإنزيم phosphofructokinase الذي يحفز التفاعل .3

## Summary of Glycolysis

The chemical equation for the **overall** glycolysis pathway is:

