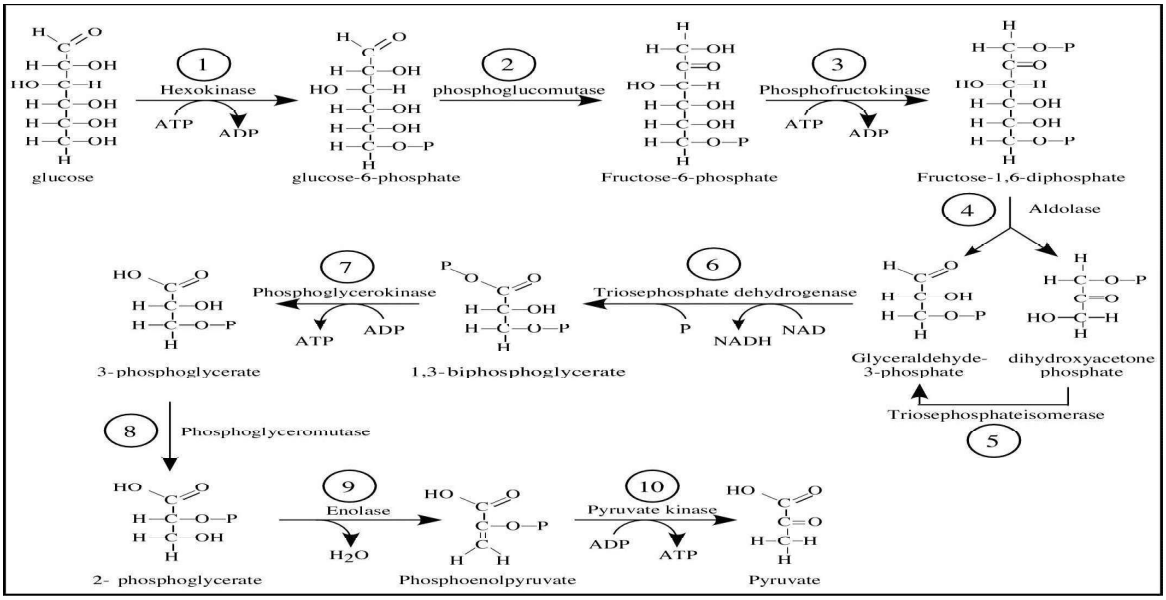
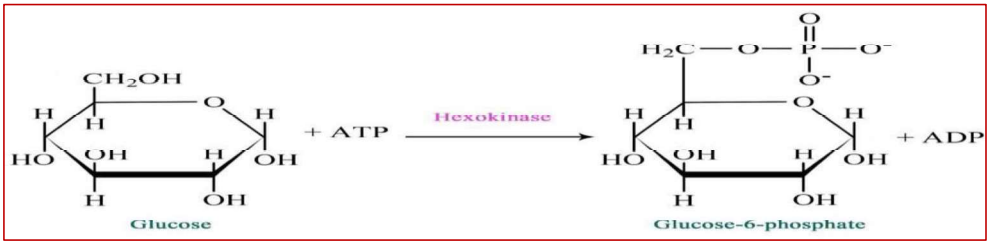
Glycolysis (تحلل الجلوكوز)



Glycolysis (خطوات تحلل الكلوكوز)

1) تحويل الكلوكوز إلى كلوكوز 6 -فوسفات:

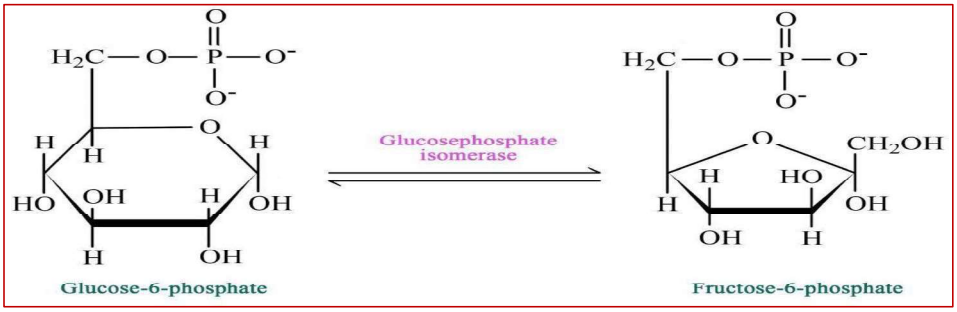
- يتم إستهلاك جزيء ATPلتحويل جزيء كلوكوز إلى كلوكوز 6 -فوسفات بواسطة إنزيم الهكسوكينيز Hexokinaseفي تفاعل غير عكسي في وجود أيون الماغنسيوم Mg+2 أو المنغنيز Mn+2
- إذا زاد تركيز الكلوكوز 6 -فوسفات المنتج فإنه يُثبط عمل إنزيم الهكسوكينيز، لذلك فهو يُمثل أحد نقاط التحكم في عملية تحلل الجلوكوز.



خطوات تحلل الكلوكوز Glycolysis

2) تحويل الكلوكوز 6 -فوسفات إلى فركتوز 6 -فوسفات:

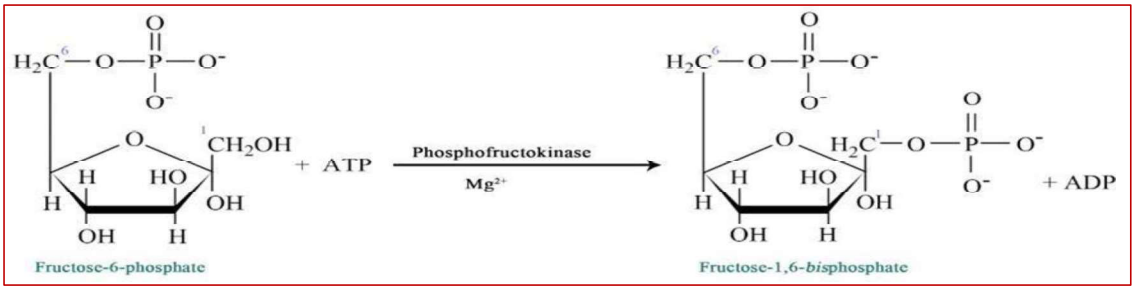
- يُحفز إنزيم الفوسفوكلوكوزأيسومريز Phosphoglucoseisomerase تحويل الكلوكوز 6 -فوسفات إلى فركتوز 6 -فوسفات في تفاعل عكسي.
- يحتاج هذا الإنزيم إلى أيونات الماغنسيوم Mg+2أو المنغنيز Mn+2



خطوات تحلل الكلوكوز Glycolysis

3) تحويل الفركتوز 6 -فوسفات إلى فركتوز 6،1 ثنائي الفوسفات:

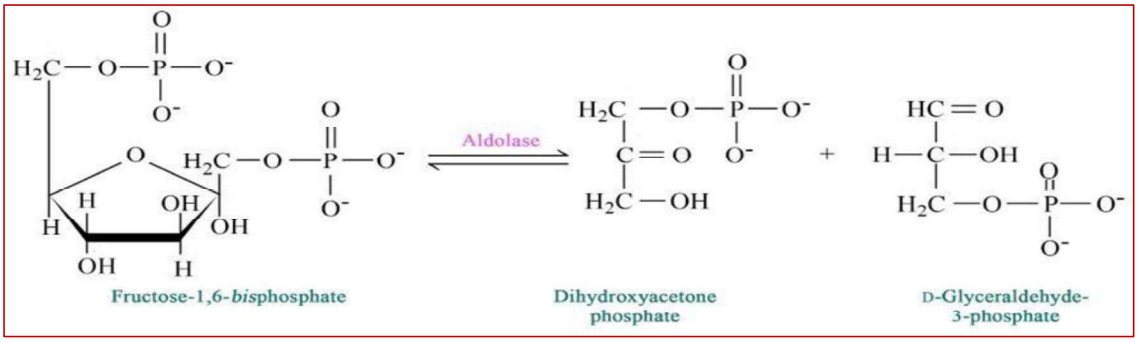
- يحتاج إنزيم الفوسفوفركتو كاينيز إلى أيونات الماغنسيوم Mg+2 حيث يُستهلك جزيء واحد من الطاقة ATPلإنتاج الفركتوز 6،1 ثنائي الفوسفات.
- يُعتبر هذا التفاعل تفاعل غير عكسي حيث يُمثل هذا الإنزيم أحد نقاط التحكم في عملية تحلل الكلوكوز.



خطوات تحلل الكلوكوز Glycolysis

4) إنشطار مركب الفركتوز 6،1 ثنائي الفوسفات:

• ينشطر الفركتوز 6،1 ثنائي الفوسفات **(6 ذرات كربون)** ليعطي جزيئين سكر ثلاثي وهما ثنائي هيدروكسي أسيتون فوسفات **(3 ذرات كربون)** وكليسر ألدهيد 3 -فوسفات **(3 ذرات كربون)** بواسطة إنزيم الألدوليز . Aldolase

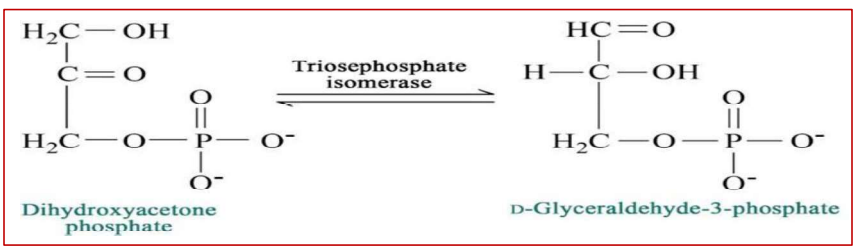


خطوات تحلل الكلوكوز Glycolysis

5) تحول السكريات الثلاثية الفوسفاتية:

• بواسطة إنزيم الترايوز فوسفات أيزوميراز Triose Phosphate Isomeraseيتم تحويل ثنائي هيدروكسي أسيتون فوسفات إلى كليسر ألدهيد 3 –فوسفات الذي يقوم بدوره بإكمال عملية تحلل الكلوكوز.

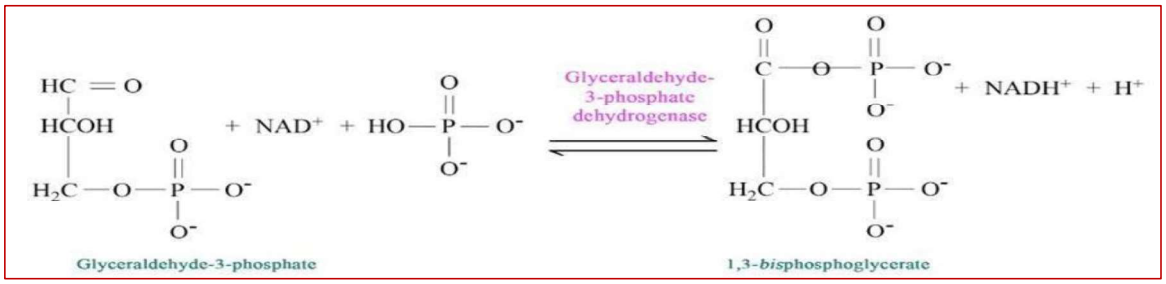
• وبهذا تكون حصيلة المرحلة التحضيرية هي تحلل جزيء جلوكوز إلى جزيئيين من الكليسر ألدهيد 3 -فوسفات وإستهلاك جزيئيين من الطاقة ATP



خطوات تحلل الكلوكوز Glycolysis

6) تحول الجليسر ألدهيد 3 -فوسفات إلى 3،1 ثنائي فوسفوكليسيريت:

- يُحفز إنزيم الكليسرألدهيد 3 -فوسفيت ديهيدروجينيز تحويل جزيئيين من كليسر ألدهيد 3 -فوسفات إلى جزيئين من 3،1 ثنائي فوسفوكليسيريت (مركب عالي الطاقة).
- هذا التفاعل يتم في وجود العامل المساعد نيكوتين أميد أدينين ثنائي النيوكليوتيد +NAD حيث ينتقل إلكترون من الكليسر ألدهيد 3 -فوسفات إلى ال . +NAD

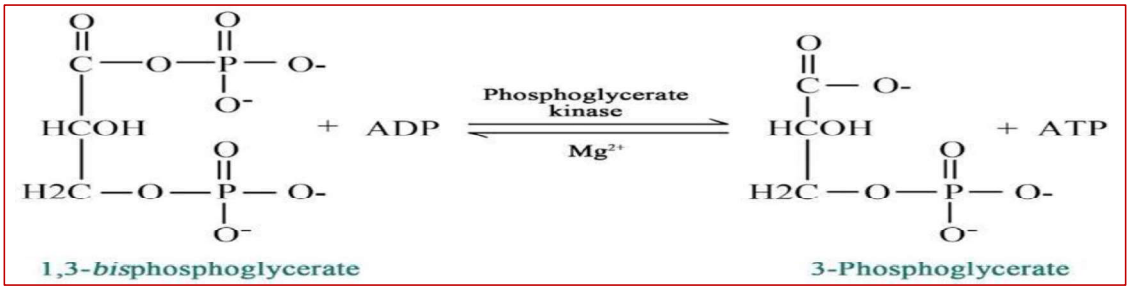


خطوات تحلل الكلوكوز Glycolysis

7) تحول 3،1 ثنائي فوسفوكليسيريت إلى 3 -فوسفوكليسيريت:

- يُحفز إنزيم فوسفوكلسيريد كينيز Phosphoglycerate Kinase تحويل جزيئيين من 3،1 ثنائي فوسفوكليسيريت إلى 3 -فوسفوكليسيريت وتكوين جزيئيين من ال ATP

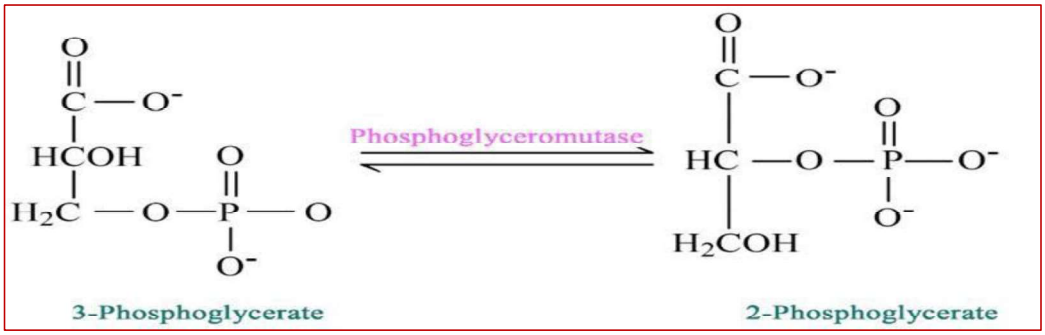
ملاحظة: تنتقل مجموعة الفوسفات من المادة الأساس إلى ال ADP بدون نقل لكترونات.



خطوات تحلل الكلوكوز Glycolysis

8) تحول 3 -فوسفوكليسيريت إلى 2 -فوسفوكليسيريت:

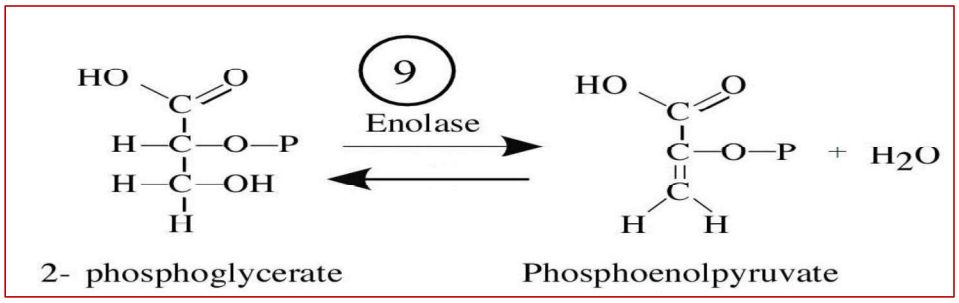
- يُحفز إنزيم فوسفوكليسروميوتيز (Phosphoglyceromutase) تحويل 3 - فوسفوكليسيريت إلى 2 -فوسفوكليسيريت عن طريق نقل مجموعة الفوسفات من ذرة الكربون رقم 3 إلى رقم 2 في وجود أيونات الماغنسيوم.



خطوات تحلل الكلوكوز Glycolysis

9) إزالة جزيء ماء من 2 -فوسفوكليسيريت:

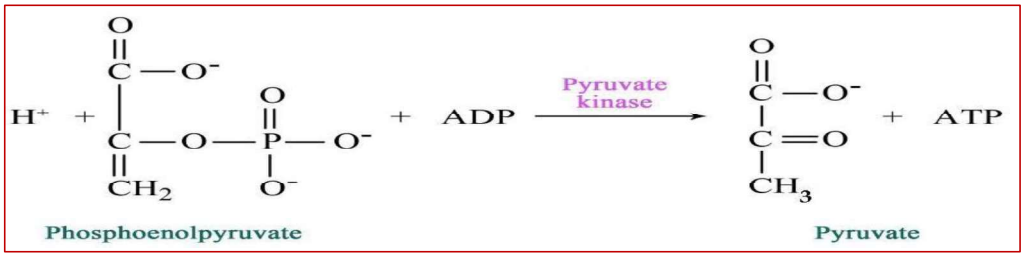
- يُحفز إنزيم الإنوليز (Enolase)إزالة جزيء ماء من 2 –فوسفوكليسيريت وتكوين الفوسفوإينول بايروفيت (مركب عالي الطاقة).
- يحتاج هذا الإنزيم إلى وجود أيون الماغنسيوم (Mg+2)أو المنغنيز (Mn+2)



خطوات تحلل الكلوكوز Glycolysis

10) تكوين البيروفيت:

- يُحفز إنزيم البيروفيت كاينيز (Pyruvate Kinase) إنتقال مجموعة الفوسفات ذات الطاقة العالية من مركب الفوسفوإينول بايروفيت إلى ال ADPوإنتاج البيروفيت في تفاعل غير عكسي.
- يحتاج هذا الإنزيم إلى وجود أيون البوتاسيوم (K+)بالإضافة إلى الماغنسيوم Mg+2والمنجنيز (Mn+2)



محصلة الطاقة الناتجة من تحلل جزيء من الكلوكوز إلى جزيئين من البيروفيت:

إستهلاك 1 ATPفي الخطوة رقم 1 .

- إستهلاك 1 ATPفي الخطوة رقم 3 .
- إنتاج جزيئين من ال (NADHباعتبار أن الكلوكوز إنشطر إلى جزئيين) في الخطوة رقم 6 . كل جزيء من ال NADHعند أكسدته يعطي 3 . ATP
- إنتاج 2 ATPفي الخطوة رقم 7 (باعتبار أن الكلوكوز إنشطر إلى جزئيين من الكليسر ألدهيد 3 -فوسفات وكل جزء يعطي 1 ATP)
- إنتاج 2 ATPفي الخطوة رقم 10 (باعتبار وجود جزئيين من 3 -فوسفو إنول بيروفيت ليعطي كلا منهما 1 ATP)

وبالتالي يكون الناتج: ATP8 = 6+2+2+1-1-

تنظيم عملية تحلل الجلوكوز

يُلاحظ أن جميع المركبات الوسيطة بين الكلوكوز والبيروفيت هي مركبات مفسفرة.

- أي أنها متأينة عند درجة حموضة الخلية مما يجعلها مشحونة بشحنة سالبة تمنعها من المرور خلال الأغشية الخلوية لتظل في سيتوبلازم الخلية.
- أما البيروفيت أو اللاكتيت المتكون يمكن أن يمر خلال الأغشية الخلوية؛ فنظرا لعدم فسفرة البيروفيت فإنه يمتلك القدرة على الإنتقال من السيتوبلازم إلى الميتوكوندريا ليبدأ الأكسدة الهوائية (دورة كربس).

تنظيم عملية تحلل الكلوكوز

- يُلاحظ أن جميع التفاعلات الإنزيمية في الكليكوليسيس هي تفاعلات عكسية ماعدا ثلاثة تفاعلات غير عكسية.
- هذه التفاعلات الثلاث هي تفاعلات منظمة لعملية تحلل الكلوكوز وتُسمى (Rate-Limitting-Steps) بالتفاعلات المحددة لمعدل التفاعل

هذه التفاعلات المنظمة تتم بواسطة الإنزيمات التالية :

هكسوكاينيز

فوسفوفركتوكاينيز

بيروفيت كاينيز