جامعة الانبار/ كلية الزراعة
قسم الإنتاج الحيواني / المرحلة الثانية
الكيمياء الحياتية / الجزء النظري
مدرس المادة : أ.م.د. براء حميد موسى

# المحاضرة الخامسة
# دورة تحلل الكلوكوز

# Lecture 5
# Glycolysis

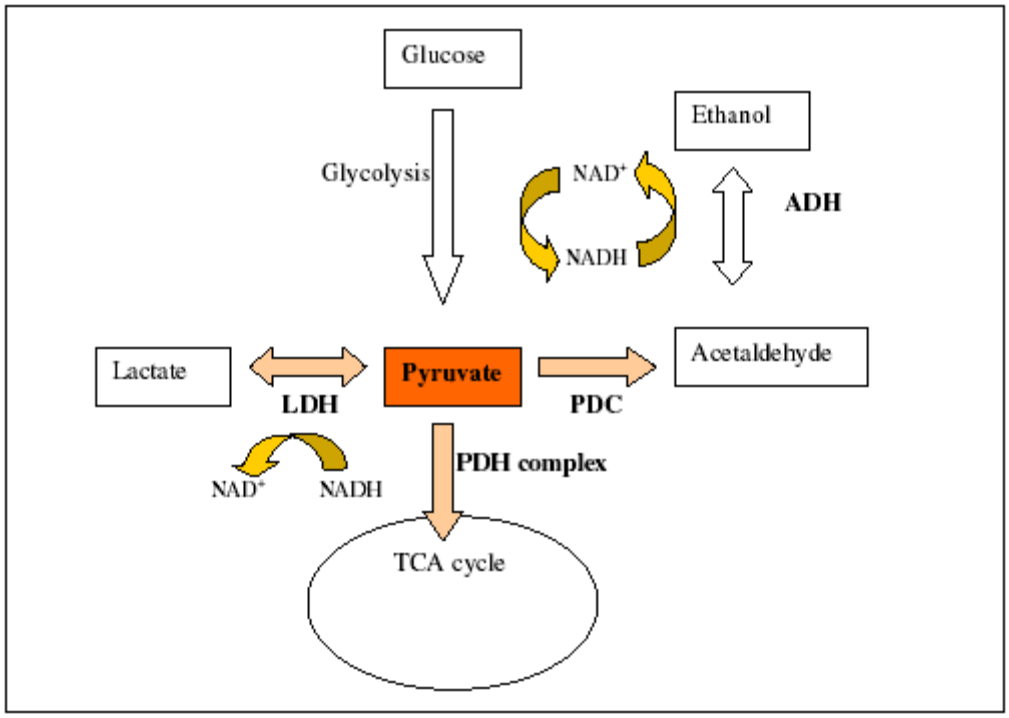
Dr.Baraa Hameed Mousa

- **نبذة تعريفية عن دورة تحلل الكلوكوز .**
- **مراحل دورة الكلوكوز .**
- **المرحلة التمهيدية مع التفاعلات الخاصة .**
- **المرحلة التكميلية مع التفاعلات الخاصة .**
- **إنتاج الطاقة خلال دورة تحلل الكلوكوز.**

## تحلل سكر الكلوكوز Glycolysis

يقوم الكائن الحي بتحطيم سكر الكلوكوز وتحويله الى بايروفيت ومن ثم الى :-

1. حامض اللاكتيت في عدم وجود الهواء في الكائنات الراقية كما في العضلات الهيكلية اما في الخمائر والفطريات يتم تحويلها الى كحول الإيثانول وتسمى بالتخمر الكحولي alcoholic fermentation .
2. acetyle Co A في وجود الاوكسجين وتسمى Glycolysis .




**تحويل الكلوكوز الى البيروفيت:**

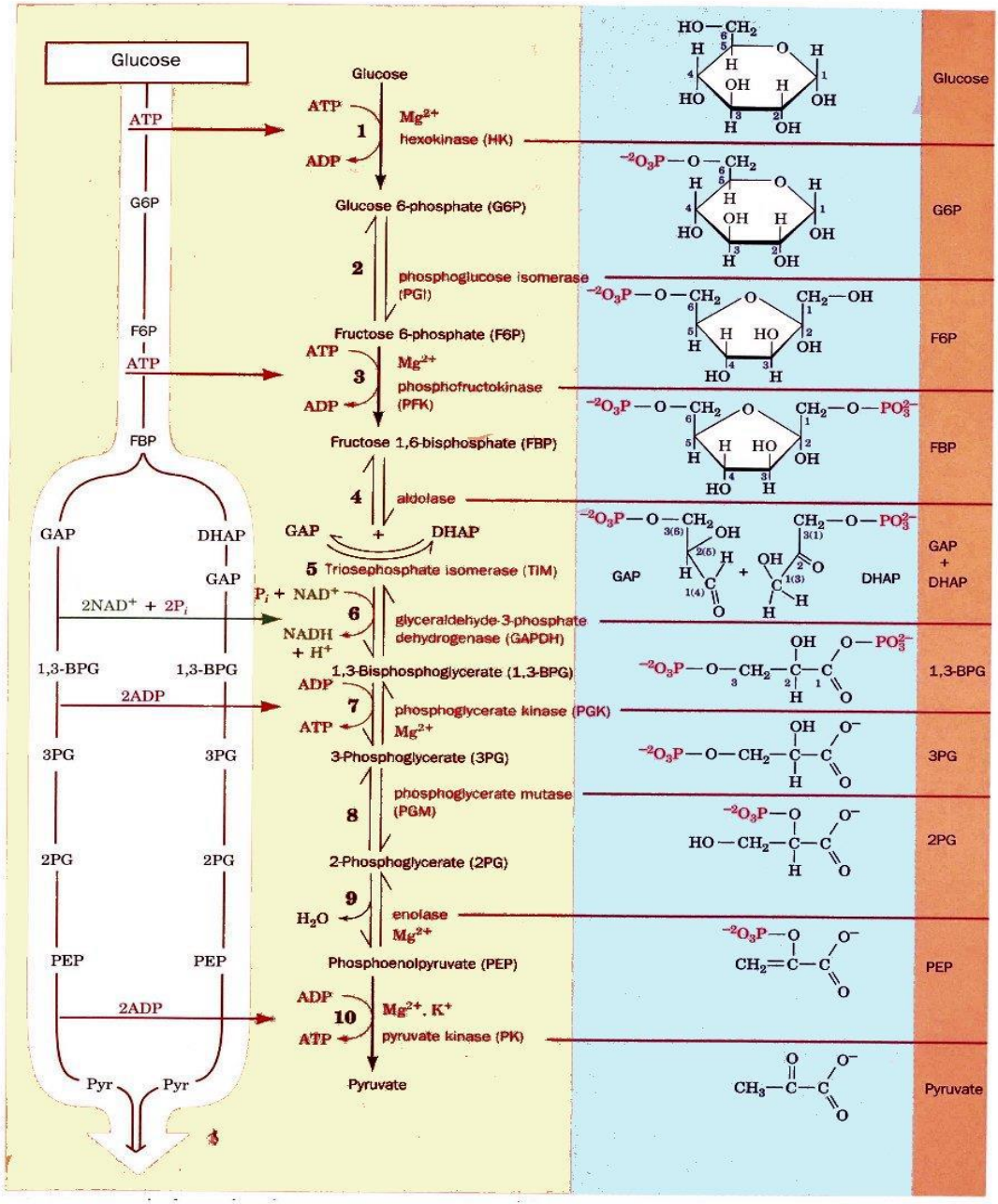
تتم هذه العملية في السايتوبلازم بشكل عام جميع المركبات الوسطيه بين الكلوكوز والبايروفيت ترتبط برابط استيري مع مجموعة فوسفات واحدة على الأقل , مجموعات الفوسفات تساعد على عدم خروج المركبات الوسطية الى الخارج بسبب وجود الشحنات السالبة. يمكن نقل مجموعة الفوسفات ذات الطاقة العالية من المركبات الوسطية الى ADP مباشرة لانتاج ATP .
تحتوي دورة تحلل الكلوكوز على عشر خطوات انزيمية وتقسم الى مرحلتين:

المرحلة الاولى: وتسمى المرحلة التمهيدية وتبدأ بالكلوكوز وتنتهي بالكليسيرألديهايد – 3 - فوسفيت وتسخدم فيها طاقة ATP .

المرحلة الثانية : وتسمى المرحلة التكميلية (مرحلة حفظ الطاقة) وتبدأ بالكليسيرألديهايد- 3 -فوسفيت وتنتهي بالبيروفيت وتنتج فيها طاقة **ATP** .

Dr.Baraa Hameed

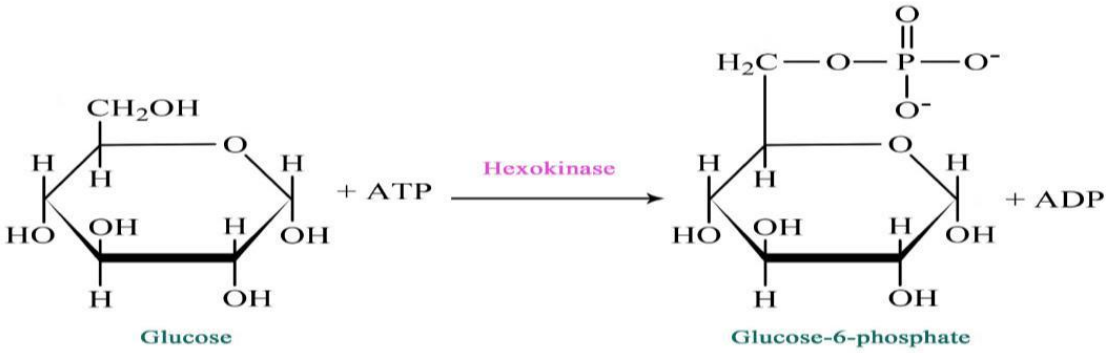
# Glycolysis




**خطوات تحلل سكر الكلوكوز (Glycolysis)**

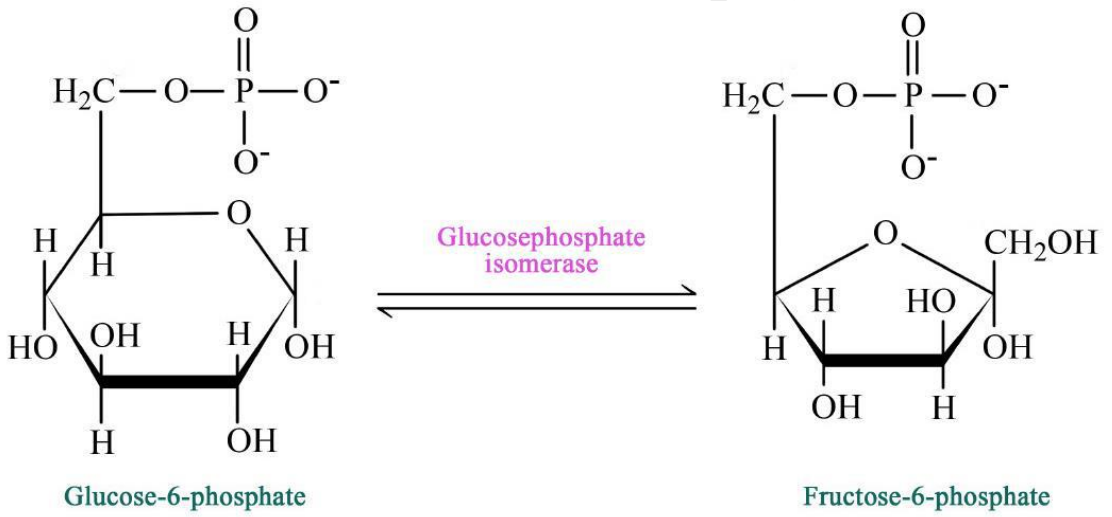
**1. تحويل الكلوكوز إلى كلوكوز- 6 فوسفات:**

يتم إستهلاك ATP 1 لتحويل جزيء كلوكوز إلى كلوكوز– 6 فوسفات بواسطة إنزيم الهكسوكينيز (Hexokinase) في تفاعل غير عكسي في وجود أيون المغنيسيوم (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 الكلوكوز.



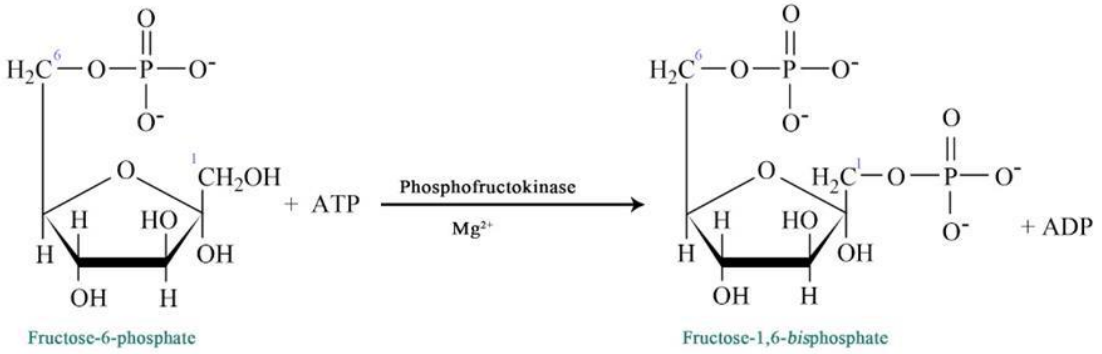

### 2. تحويل الكلوكوز- 6 فوسفات إلى فركتوز- 6 فوسفات:

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



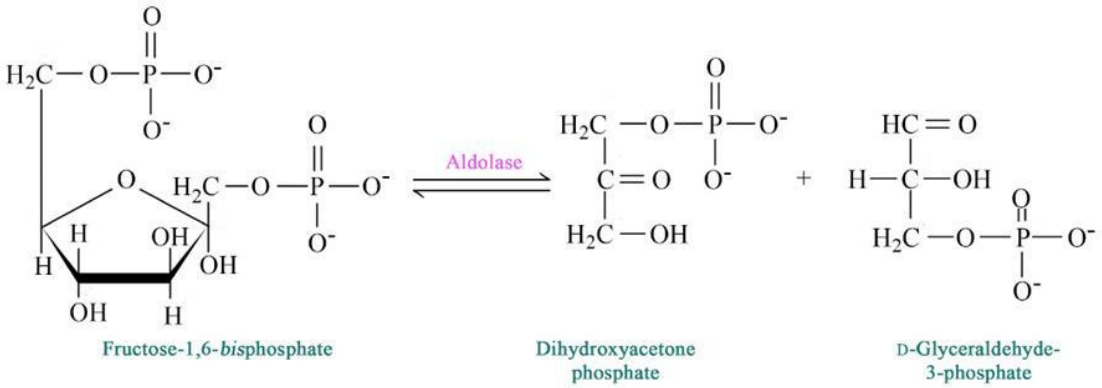

### 3. تحويل الفركتوز- 6 فوسفات إلى فركتوز6 ، 1ثنائي الفوسفات:

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



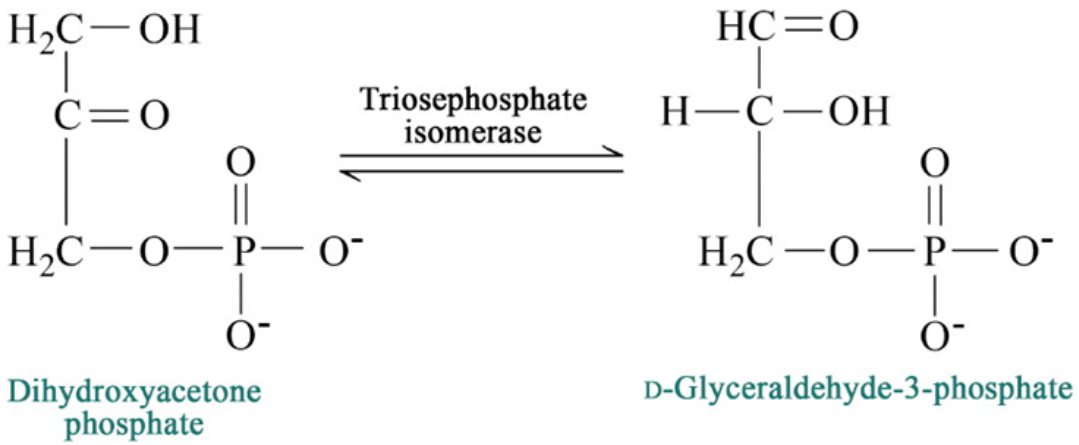

### 4. إنشطار مركب الفركتوز 1،6 ثنائي الفوسفات:

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



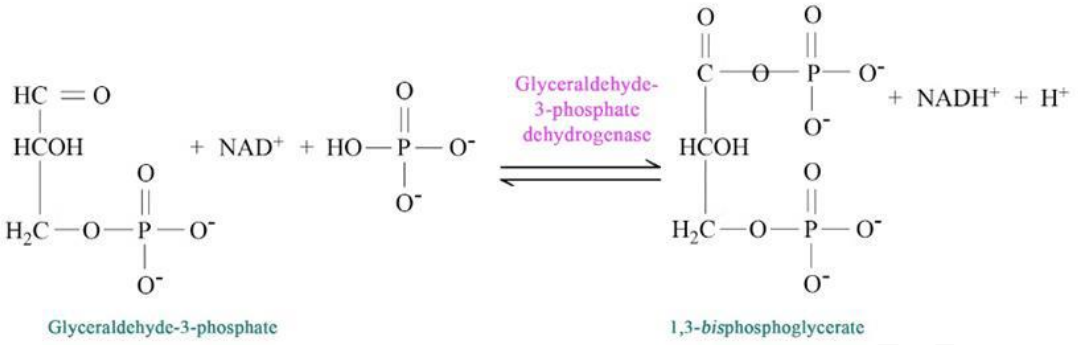

### 5. تحول السكريات الثلاثية الفوسفاتية:

بواسطة إنزيم الترايوز فوسفات أيزوميراز( Triose Phosphate Isomerase ) يتم تحويل ثنائي هيدروكسي أسيتون فوسفات إلى كليسيرألديهايد– 3 فوسفات الذي يقوم بدوره بإكمال عملية تحلل الكلوكوز. وبهذا تكون حصيلة المرحلة التحضيرية هي تحلل جزيء جلوكوز إلى جزيئيين من الكليسيرألديهايد- 3 فوسفات وإستهلاك جزيئيين من الطاقة ATP .



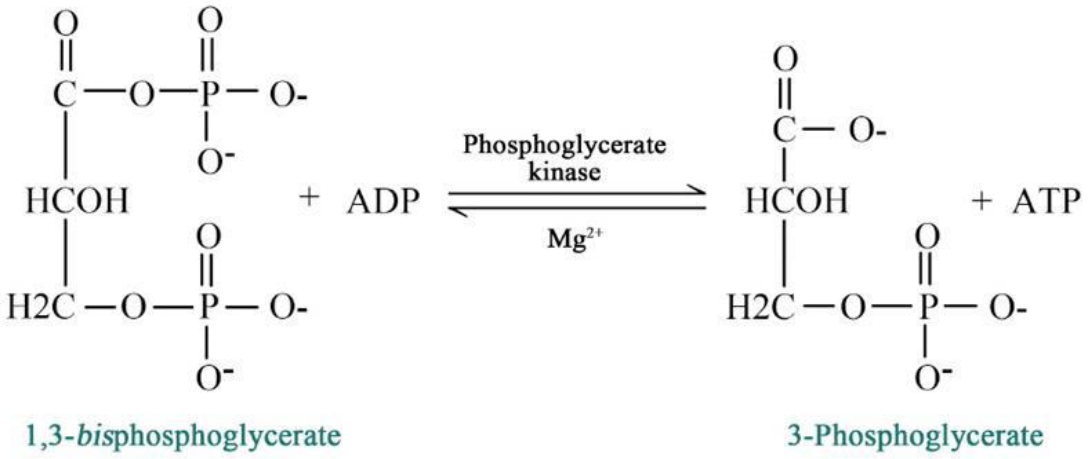

### 6. تحول الكليسيرالديهايد- 3 فوسفات إلى3 ، 1 ثنائي فوسفوكليسيريت:

يُحفز إنزيم **الكليسيرالديهايد**- 3 فوسفيت ديهيدروجينيز تحويل جزيئيين من **كليسيرالديهايد** - 3 فوسفات إلى جزيئين من 3 ، 1 ثنائي فوسفوكليسيريت ( مركب عالي الطاقة) وهذا التفاعل يتم في وجود العامل المساعد نيكوتين أميد أدينين ثنائي النيوكليوتيد (NAD+) حيث ينتقل إلكترون من **الكليسيرالديهايد**- 3 فوسفات إلى NAD+ .



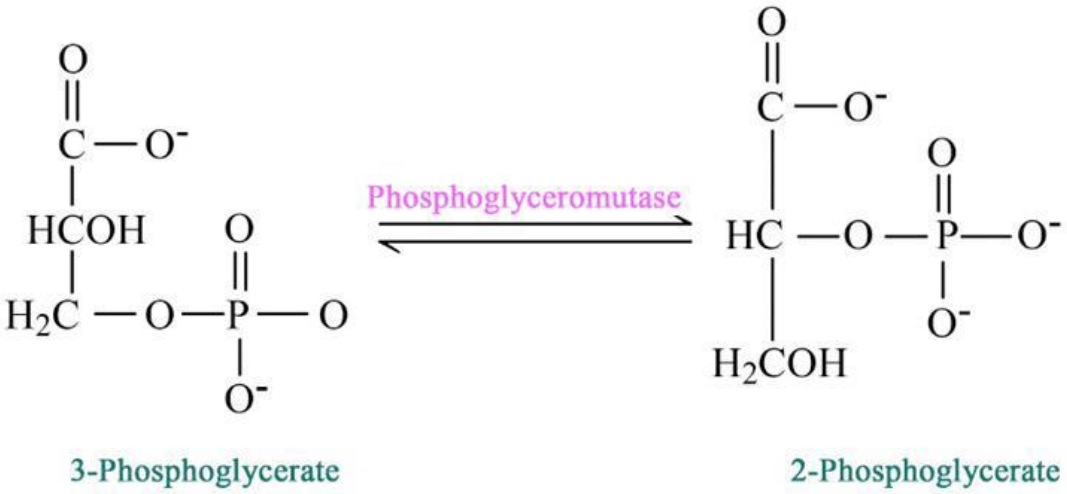

### 7. تحول 3 ، 1 ثنائي فوسفوكليسيريت إلى- 3 فوسفوكليسيريت:

يُحفز إنزيم فوسفوكلسيريد كينيز ( Phosphoglycerate Kinase ) تحويل جزيئيين من3 ، 1 ثنائي فوسفوكليسيريت إلى- 3 فوسفوكليسيريت وتكوين جزيئيين من ATP تنتقل مجموعة الفوسفات من المادة الأساس إلى ADP بدون نقل إلكترونات.



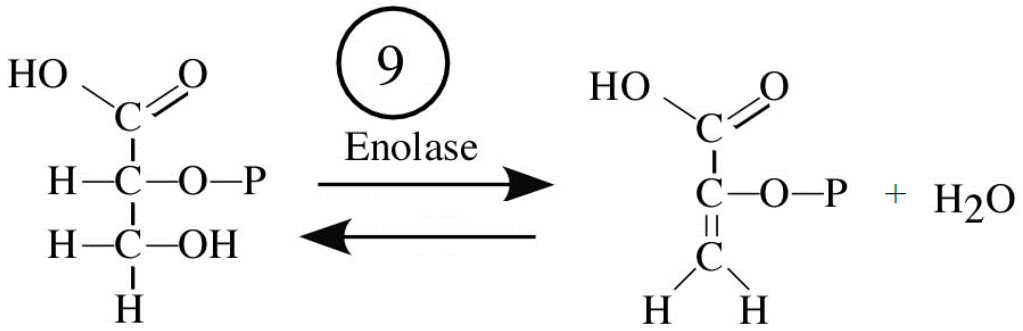

### 8. تحول- 3 فوسفوكليسيريت إلى- 2 فوسفوكليسيريت:

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




### 9. إزالة جزيئة 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 المغنيسيوم (Mg+2) أو المنغنيز (Mn+2).

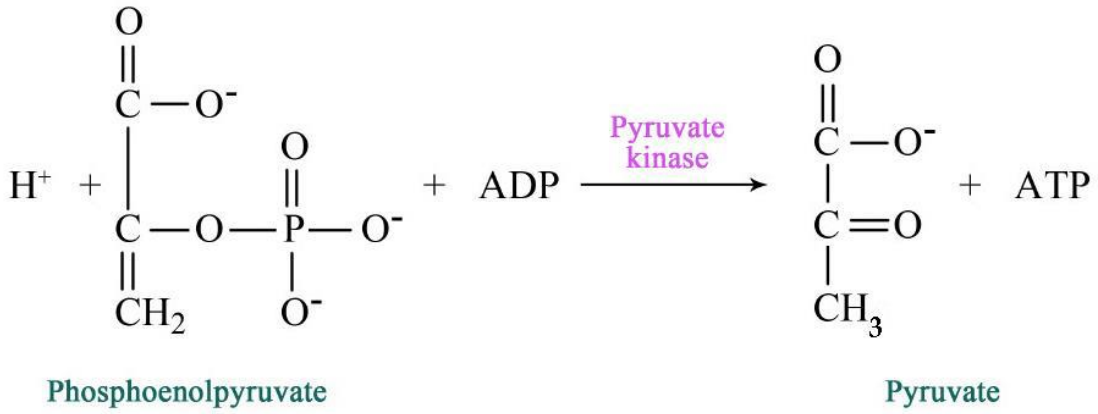



2- phosphoglycerate Phosphoenolpyruvate

### 10. تكوين البيروفيت:

يُحفز إنزيم البيروفيت كاينيز (Pyruvate Kinase) إنتقال مجموعة الفوسفات ذات الطاقة العالية من مركب الفوسفوإينول بايروفيت إلى ال ADP وإنتاج البيروفيت في تفاعل غير عكسي.

يحتاج هذا الإنزيم إلى وجود أيون البوتاسيوم ( K+ ) بالإضافة إلى المغنيسيوم ( Mg+2) والمنغنيز(Mn+2) .




**محصلة الطاقة الناتجة من تحلل جزيئة من الكلوكوز إلى جزيئتين من البيروفيت:**

- استهلاك 1 ATP في الخطوة رقم 1 .
- استهلاك 1 ATP في الخطوة رقم 3 .
- إنتاج جزيئيين من NADH باعتبار أن الكلوكوز إنشطر إلى جزئيين في الخطوة رقم 6 كل جزيء من NADH عند أكسدته يعطي 3 ATP .
- إنتاج 2 ATP في الخطوة رقم 7 باعتبار أن الكلوكوز إنشطر إلى جزئيين من الكليسرألديهايد 3 -فوسفات وكل جزء يعطي 1 ATP .
- إنتاج 2 ATP في الخطوة رقم 10 باعتبار وجود جزئيين من- 3 فوسفو إنول بيروفيت ليعطي كلا منهما 1 ATP .

**وبالتالي يكون الناتج 6+2+2+1-1= ATP** 8

Dr.Baraa Hamed Mousa

**المصادر والمراجع :-**


| المراجع العلمية | اسم المؤلف | السنة |
|---|---|---|
| أساسيات الكيمياء الحيوية الزراعية | باسل كامل دلالي | 1992 |
| الكيمياء الحياتية | د. سامي عبدالمهدي | 2000 |
| أساسيات الكيمياء الحيوية | د. جاسم جندل | 2006 |
| أساسيات الكيمياء الحياتية | د. سامي المظفر | 1990 |

| | | |
|---|---|---|
| علم الكيمياء الحياتية الزراعية الجزء الأول | علي محمد حسن الداوودي | 2004 |
| الكيمياء الحياتية | طلال سعيد النجفي | 1987 |

Dr.Baraa Hameed Mousa