كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الرابعة

المادة : تنفس نباتي

المحاضرة : السادسة /نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

٥

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

مراحل تحلل الكلايكولي Glycolysis

المرحلة الأولى (المرحلة التحضيرية):

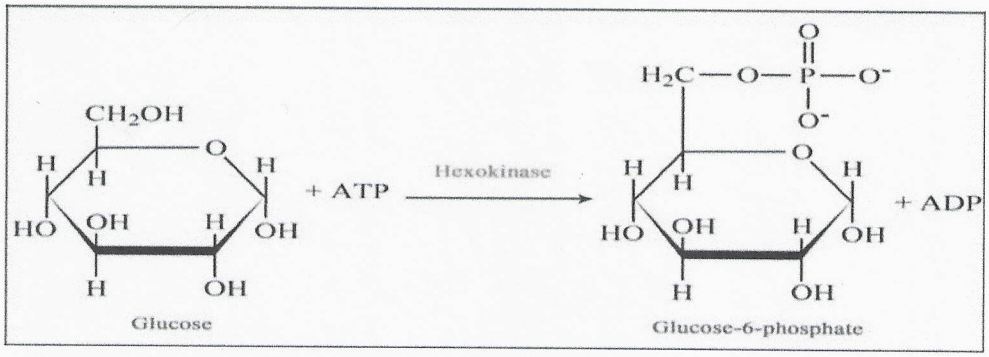
تتكون من خمسة تفاعلات إنزيمية (1 إلى 5) تبدأ بالجلوكوز وتنتهي بالجليسرألدهيد3-فوسفات ويتم في هذه التفاعلات استهلاك للطاقة.

المرحلة الثانية (مرحلة حفظ الطاقة) :

تتكون من خمسة تفاعلات إنزيمية (6 إلى10) تبدأ بتحول الجليسر ألدهيد 3-فوسفات وتنتهي بتكوين البيروفيت ويتم فيها إنتاج الطاقة.

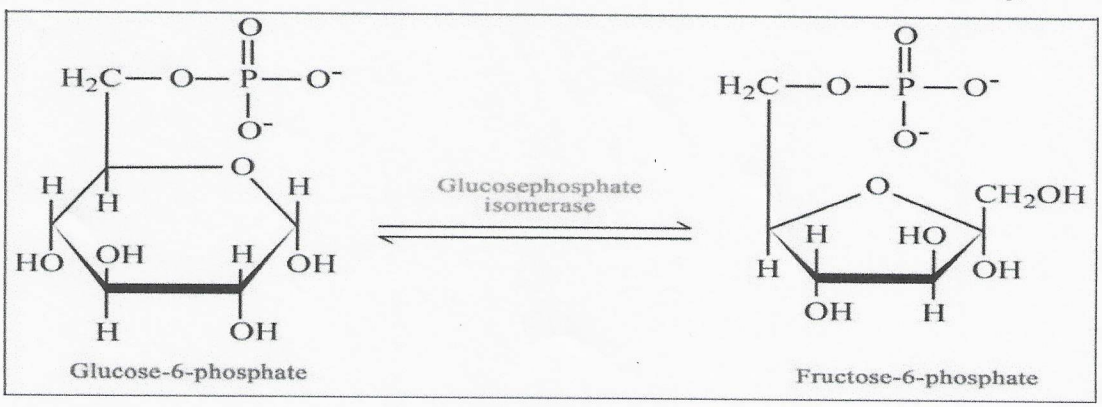
1- تحويل الجلوكوز إلى جلوكوز 6-فوسفات:

يتم إستهلاك جزيء ATP لتحويل جزيء جلوكوز إلى جلوكوز 6-فوسفات بواسطة إنزيم الهكسوكينيز Hexokinase (في تفاعل غير عكسي) في وجود أيون المغنسيوم Mg^{+2} أو المنجنيز Mn^{+2} .إذا زاد تركيز الجلوكوز 6-فوسفات المنتج فإنهُ يثبط عمل إنزيم الهكسوكينيز، لذلك فهوُ يمثل أحد نقاط التحكم في عملية تحلل الجلوكوز.



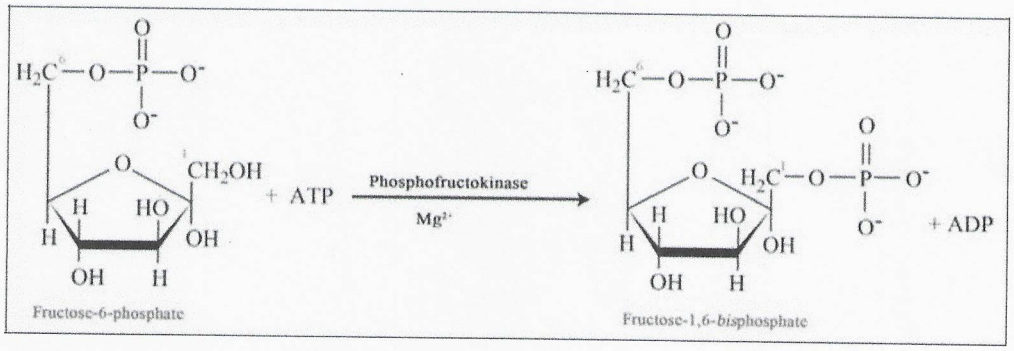
2- تحويل الجلوكوز 6-فوسفات إلى فركتوز 6-فوسفات:

يحفز إنزيم الفوسفوجلوكوزأيسومريز Phosphoglucoseisomerase تحويل الجلوكوز 6-فوسفات إلى فركتوز 6-فوسفات في تفاعل عكسي. يحتاج هذا الإنزيم إلى أيونات المغنسيوم Mg^{+2} أو المنجنيز Mn^{+2} .



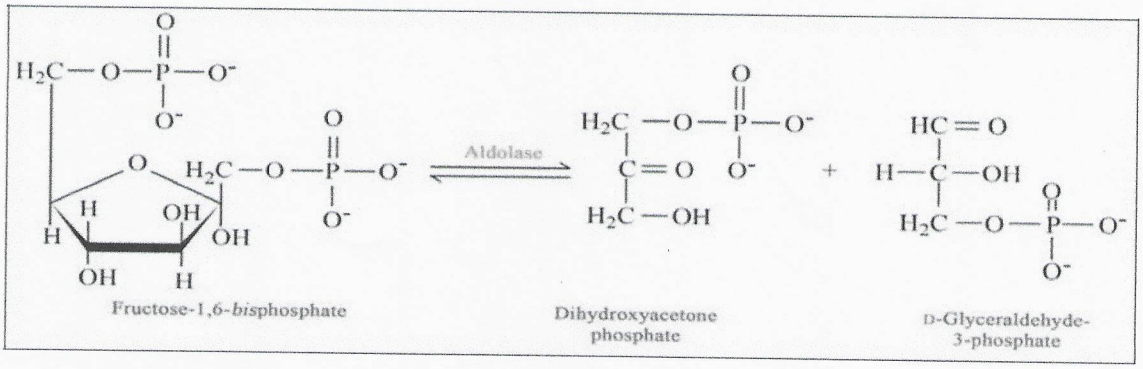
3-تحويل الفركتوز 6-فوسفات إلى فركتوز 6،1 ثنائي الفوسفات:

يحتاج إنزيم الفوسفوفركتو كاينيز إلى أيونات المغنسيوم Mg^{+2} حيثُ يستهلك جزيء واحد من الطاقة ATP لإنتاج الفركتوز 6،1 ثنائي الفوسفات. يعتبر هذا التفاعل تفاعل غير عكسي حيثُ يمثل هذا الإنزيم أحد نقاط التحكم في عملية تحلل الجلوكوز.



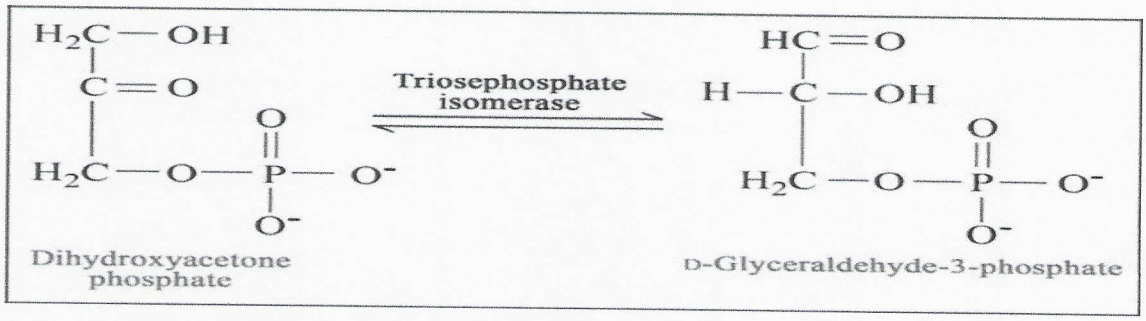
إنشطار مركب الفركتوز 6،1 ثنائي الفوسفات:

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



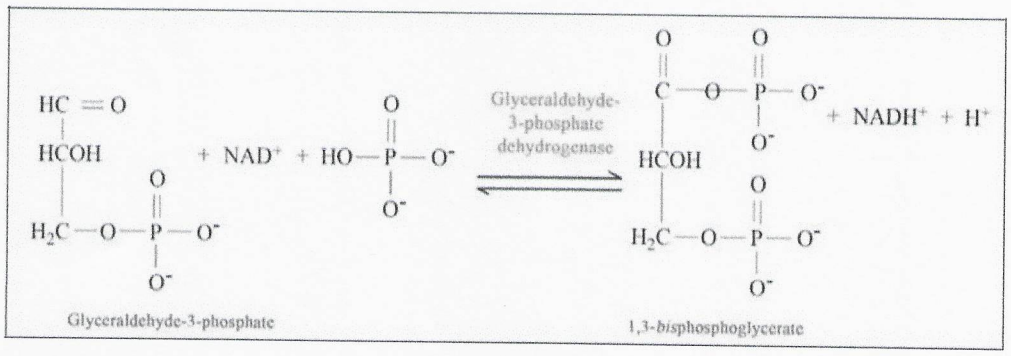
4-تحول السكريات الثلاثية الفوسفاتية:

بواسطة إنزيم الترايوز فوسفات أيزوميراز Triose Phosphate Isomerase يتم تحويل ثنائي هيدروكسي أسيتون فوسفات إلى جليسر ألدهيد 3-فوسفات الذي يقوم بدوره بإكمال عملية تحلل الجلوكوز. وبهذا تكون حصيلة المرحلة التحضيرية هي تحلل جزيء جلوكوز إلى جزيئيين من الجليسر ألدهيد 3-فوسفات وإستهلاك جزيئيين من الطاقة ATP .



5-تحول الجليسرألدهيد 3-فوسفات إلى 3،1 ثنائي فوسفوجليسيريت:

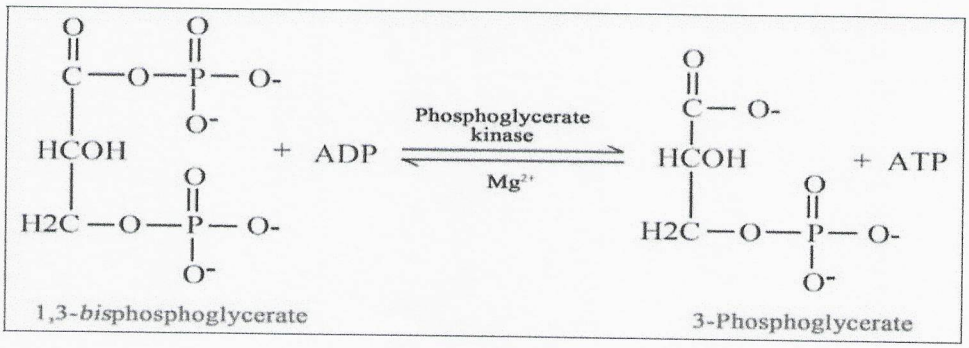
يحفز إنزيم الجليسرألدهايد 3-فوسفيت ديهيدروجينيز تحويل جزيئيين من جليسر ألدهيد-3فوسفات إلى جزيئين من 3،1 ثنائي فوسفوجليسيريت (مركب عالي الطاقة) .هذا التفاعل يتم في وجود العامل المساعد نيكوتين أميد أدينين ثنائي النيوكليوتيد (NAD^+) حيث ينتقل إلكترون من الجليسر ألدهيد 3-فوسفات إلى الـ NAD^+.



6-تحول 3،1 ثنائي فوسفوجليسيريت إلى 3-فوسفوجليسيريت:

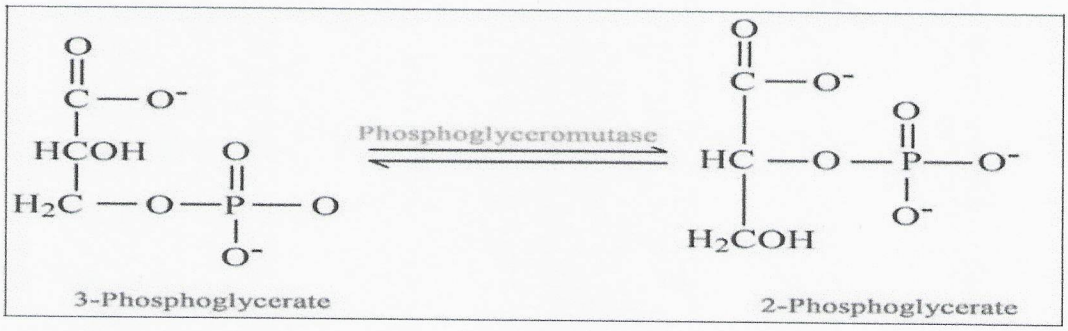
يحفز إنزيم فوسفوجلسيريد كاينيز Phosphoglycerate Kinase تحويل جزيئيين من 3،1 ثنائي فوسفوجليسيريت إلى 3-فوسفوجليسيريت وتكوين جزيئيين من الـ ATP.

ملاحظة: تنتقل مجموعة الفوسفات من المادة الأساس إلى الـ ADP بدون نقل إلكترونات.



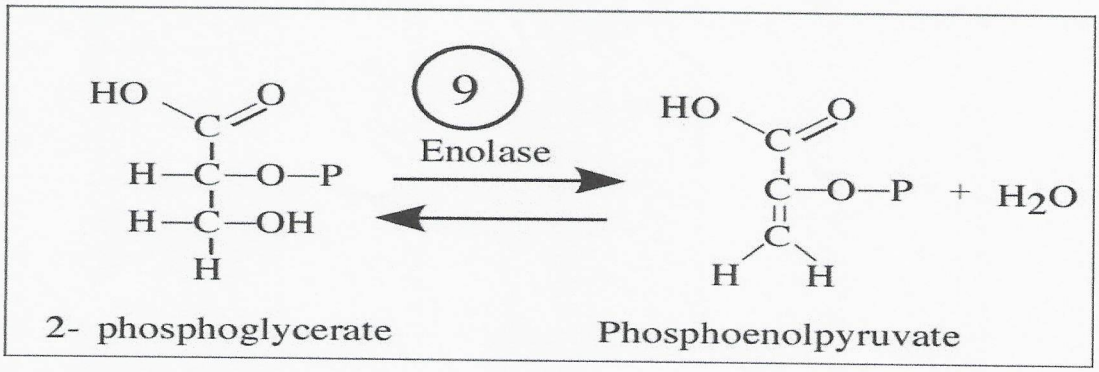
7-تحول 3-فوسفوجليسيريت إلى 2-فوسفوجليسيريت:

يحفز إنزيم فوسفوجليسروميوتيز Phosphoglyceromutase تحويل 3-فوسفو كليسريت إلى 2-فوسفوجليسيريت عن طريق نقل مجموعة الفوسفات من ذرة الكربون رقم 3 إلى رقم 2 في وجود أيونات المغنسيوم.



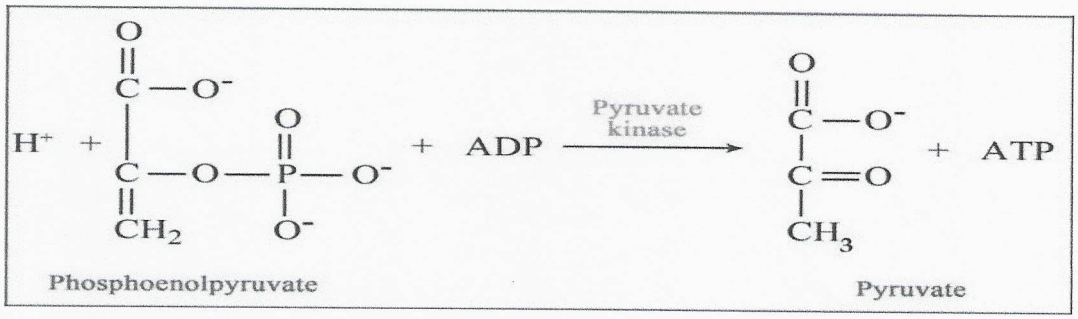
8-إزالة جزيء ماء من 2-فوسفوجليسيريت:

يحفز إنزيم الإنوليز)Enolase(إزالة جزيء ماء من 2-فوسفوجليسيريت وتكوين الفوسفوإينول بايروفيت (مركب عالي الطاقة) يحتاج هذا الإنزيم إلى وجود أيون الماغنسيوم Mg^{+2} أو المنغنيز .



9- تكوين البيروفيت:

يحفز إنزيم البيروفيت كاينيز Pyruvate Kinase إنتقال مجموعة الفوسفات ذات الطاقة العالية من مركب الفوسفوإينول بايروفيت إلى الـ ADP وإنتاج البيروفيت في تفاعل غير عكسي. يحتاج هذا الإنزيم إلى وجود أيون البوتاسيوم K^{+} بالإضافة إلى المغنسيوم Mg^{+2} والمنجنيز . Mn^{+2}



محصلة الطاقة الناتجة من تحلل جزيء من الجلوكوز إلى جزيئيين من البيروفيت:

- استهلاك 1 ATP في الخطوة رقم 1.
- استهلاك 1 ATP في الخطوة رقم 3.
- إنتاج جزيئيين من الـ NADH (باعتبار أن الجلوكوز إنشطر إلى جزئيين) في الخطوة رقم 6. كل جزيء من الـ NADH عند أكسدته يعطي 3 ATP .
- إنتاج 2 ATP في الخطوة رقم 7 (باعتبار أن الجلوكوز إنشطر إلى جزئيين من الجليسر ألدهيد 3-فوسفات) وكل جزء يعطي 1 ATP .
- إنتاج 2 ATP في الخطوة رقم 10 (باعتبار وجود جزئيين من 3-فوسفو إنول بيروفيت) ليعطي كال منهما 1 ATP .

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

تنظيم عملية تحلل الكلوكوز

يلاحظ أن جميع المركبات الوسيطة بين الجلوكوز والبيروفيت هي مركبات مفسفرة.أي أنها متأينة عند درجة حموضة الخلية مما يجعلها مشحونة بشحنة سالبة تمنعها من المرور خلال الأغشية الخلوية لتظل في سايتوبلازم الخلية.أما البيروفيت أو الاكتيت المتكون يمكن أن يمر خلال الأغشية الخلوية؛ فنظرا لعدم فسفرة البيروفيت فإنه يمتلك القدرة على الانتقال من السيتوبلازم إلى الميتوكوندريا ليبدأ الأكسدة الهوائية (دورة كربس) .

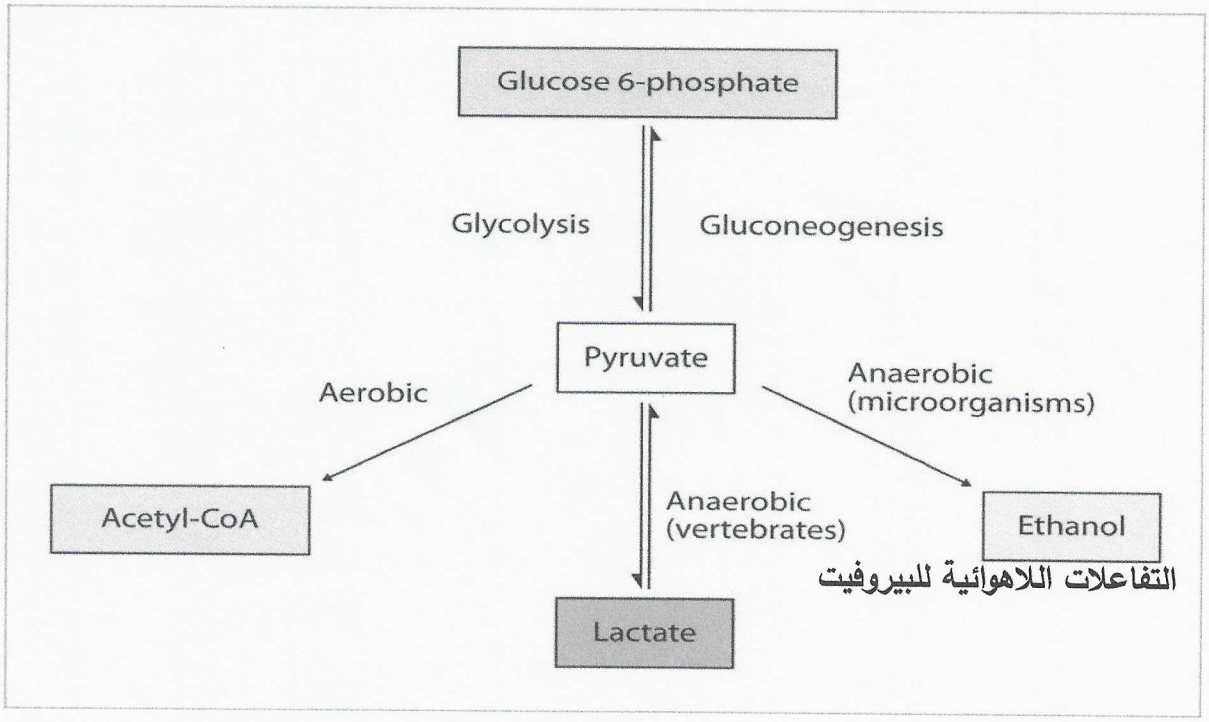
يلاحظ أن جميع التفاعلات الإنزيمية في الجليكوليسيس هي تفاعلات عكسية ماعدا ثلاثة تفاعلات غير عكسية . هذه التفاعلات الثلاث هي تفاعلات منظمة لعملية تحلل الجلوكوز وُتسمى بالتفاعلات المحددة لمعدل التفاعل (Rate-Limitting-Steps).هذه التفاعلات المنظمة تتم بواسطة انزيمات :

-هكسوكاينيز

-فوسفوفركتوكاينيز

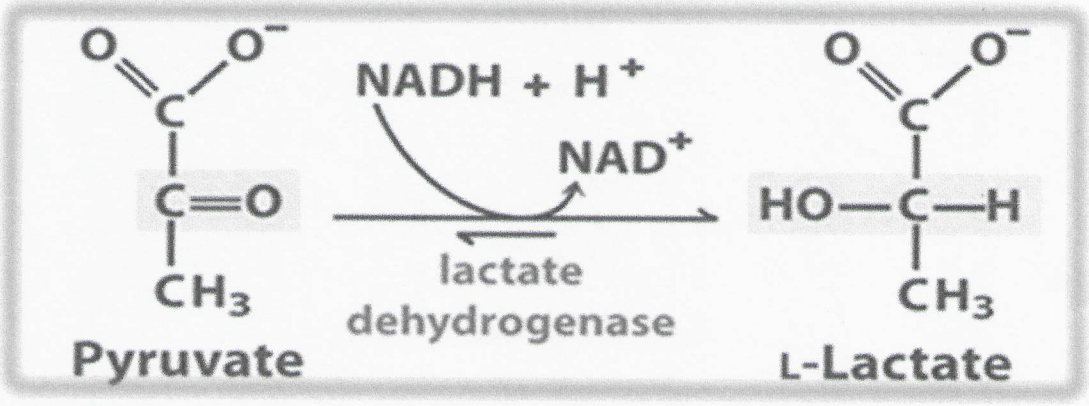
-بيروفيت كاينيز

مصير البيروفيت الناتج من تحلل الجلوكوز



التفاعلات اللاهوائية للبيروفيت

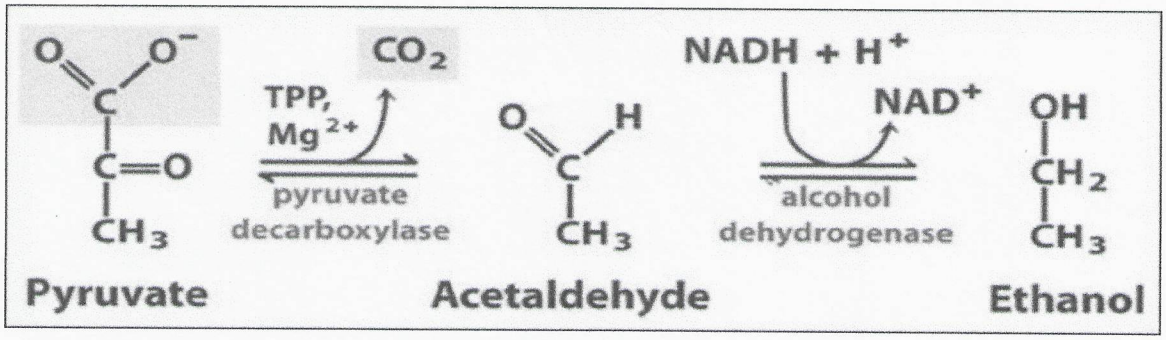
يحول إلى البيوفيت , وعند غياب الأكسجين (ظروف لا هوائية), في كل من العضلات أو في البكتيريا إلى حامض اللاكتيك Lactic acid بواسطة إنزيم الاكتيت ديهيدروجينيز LDH

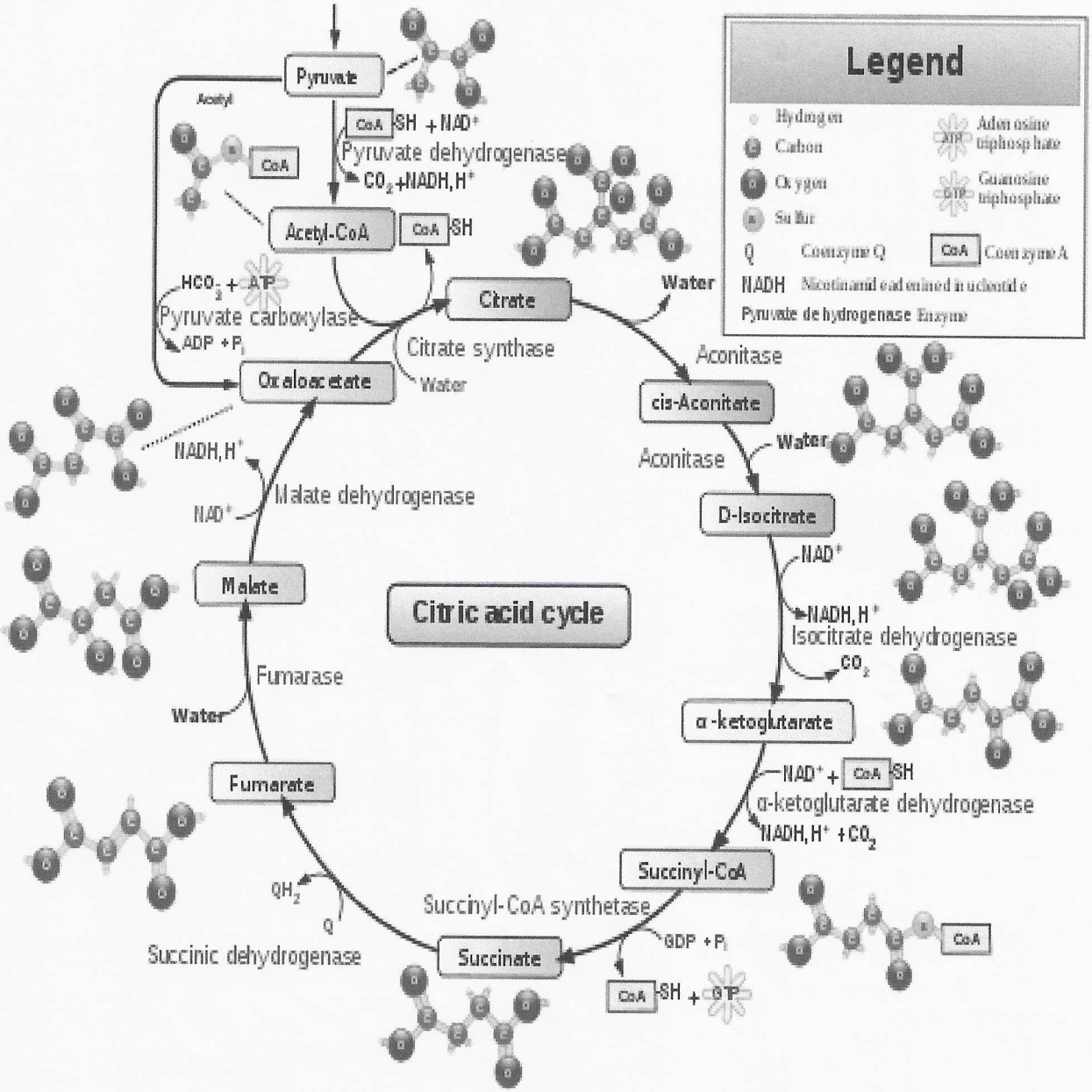


يحول إلى إيثانول: يتم في بعض الكائنات الدقيقة مثل الخميرة وفي غياب الأكسجين تحويل أي (تخمُر) البيروفيت إلى كحول الايثانول في خطوتين:

1- تحويل البيروفيت إلى أسيتلدهيد بفقد ثاني أكسيد الكربون بواسطة إنزيم بيروفيت ديكربوكسيليز في وجود أيونات المغنيسيوم.

2- إختزال الاسيتلدهيد إلى كحول إيثيلي مع أكسدة الـ NADH إلى NAD^+.




Legend
Hydrogen
Carbon
Oxygen
Sulfur
Adenosine triphosphate
Guanosine triphosphate
Q Coenzyme Q
CoA Coenzyme A
NADH Nicotinamid e ad enin e d in u cleotid e
Pyruvate dehydrogenase Enzyme
Pyruvate
Acetyl
CoA
SH + NAD+
Pyruvate dehydrogenase
CO2 + NADH, H+
Acetyl-CoA
CoA
SH
HCO3 + ATP
Pyruvate carboxylase
ADP + Pi
Citrate
Water
Citrate synthase
Water
Oxaloacetate
Aconitase
cis-Aconitate
Water
Aconitase
D-Isocitrate
NAD+
NADH, H+
Isocitrate dehydrogenase
CO2
α-ketoglutarate
NAD+ + CoA SH
α-ketoglutarate dehydrogenase
NADH, H+ + CO2
Succinyl-CoA
Succinyl-CoA synthetase
GDP + Pi
CoA SH + GTP
Succinate
QH2
Q
Succinic dehydrogenase
Fumarate
Fumarase
Water
Malate
NADH, H+
NAD+
Malate dehydrogenase
Citric acid cycle

مكتبة A to Z