ايض الكربوهيدرات

الكلايكوليسس ودورة كربس

Ph.D. Lecture

Dr. Sarmad Ghazi

الأيض الخلوي..

الاستقلاب أو الأيض أو عملية التمثيل الغذائي (الإستقلاب Metabolism) هي مجموعة من التفاعلات الكيميائية التي تحدث في الكائنات الحية على المواد الغذائية المختلفة بواسطة العوامل الإنزيمية بغرض الحصول على الطاقة أو بناء الأنسجة وينقسم التمثيل الغذائي إلى:

عمليات الهدم : Catabolism

عمليات ابتناء (أو **البناء**) : Anabolism

عمليات الهدم : Catabolism

حيث يتم تكسير المواد الغذائية الرئيسية سواء كانت كربوهيدرات أو بروتينات أو دهون خلال طرق مختلفة من التفاعلات الحيوية إلى جزيئات بسيطة وينتج عن ذلك الحصول على الطاقة.

عمليات ابتناء (أو البناء) : Anabolism

الجزيئات البسيطة الناتجة من عملية الهدم يمكن استخدامها كنواة لبناء مواد أكثر تعقيدا سواء كانت بروتينية أو أحماض نووية من خلال سلسلة من التفاعلات وذلك لبناء الأنسجة وتستهلك طاقة في تلك التفاعلات.

التفاعلات الحيوية

تأخذ عمليات البناء والهدم مسارات مختلفة من ناحية التفاعلات الحيوية داخل جسم الكائن الحي، يتم فيها تحويل المواد الكيميائية عن طريق سلسلة من الأنزيمات . هذه الأنزيمات هي حاسمة لعملية التمثيل الغذائي حيث تعمل كمحفزات للسماح لهذه التفاعلات على المضي قدما بسرعة وكفاءة.

أحد السمات البارزة في عملية الأيض هو التشابه في المسارات الأيضية الأساسية بين كائنات تختلف اختلافا شاسعا عن بعضها البعض.معظم الهياكل التي تشكل الحيوانات والنباتات والميكروبات مصنوعة من ثلاث فئات أساسية من الجزيئات :

A.الأحماض الأمينية.

B.الكربوهيدرات.

C.والدهون.

ووظيفة التمثيل الغذائي

تتركز في استخدام هذه الجزيئات في بناء الخلايا والأنسجة، أو تقسيمها واستخدامها كمصدر للطاقة. ويمكن أن تجتمع هذه المواد الكيميائية لتشكل بوليمرات مثل الحمض النووي والبروتينات.

يقصد بالاستقلاب

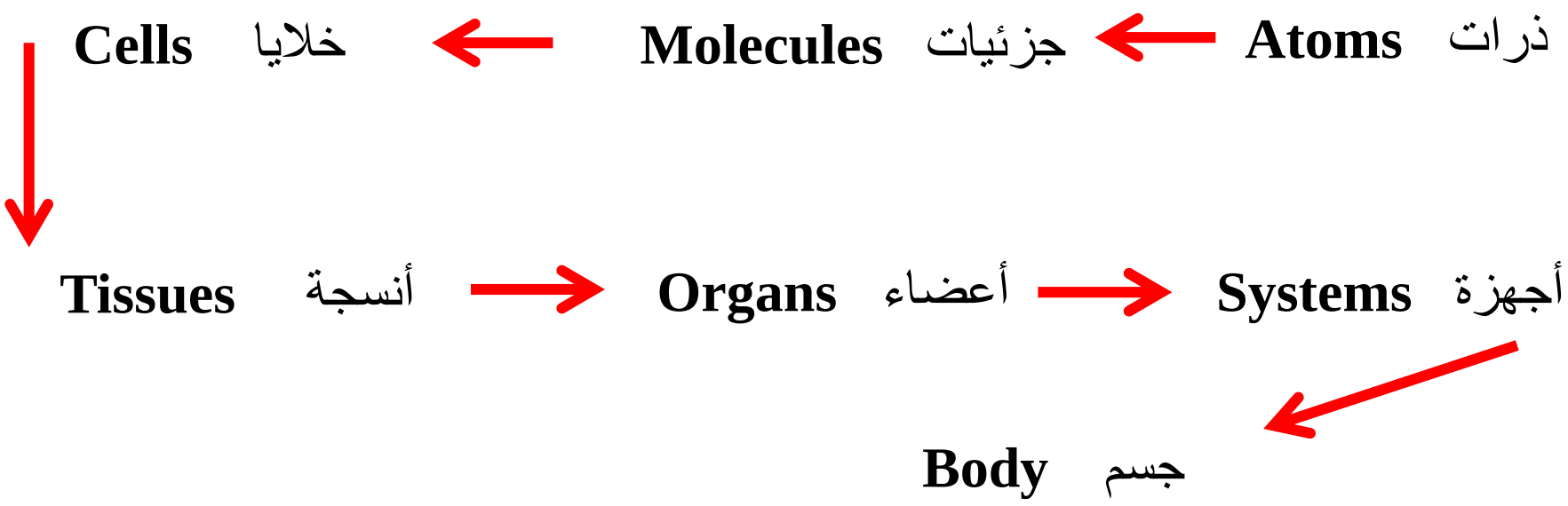
تلك العمليات البيوكميائية التي تتم داخل الجسم عندما يقوم ببناء الأنسجة الحية من مواد الطعام الأساسية ومن ثم يفككها لينتج منها الطاقة, ويحتاج ذلك إلي عملية هضم الطعام في الأمعاء وامتصاص خلاصاتها وتخزينها كمرحلة انتقالية لدمجها في أنسجة الجسم ثم تفكيكها إلى ماء وثاني أكسيد الكربون فالطاقة التي تتولد من الاستقلاب لا تتحول كلها الي حرارة بل تخزن داخل الخلايا وتستخدم عند الحاجة.

متى يبدأ الإستقلاب

و يبدأ استقلاب الكاربوهيدرات مع امتصاص الجلوكوز عبر جدران الأمعاء الي الدم فيحمل البعض منه الي مختلف أنحاء الجسم حيث يتم استقلابه في حين يتم تخزين البعض الآخر في الكبد والعضلات علي شكل سكر أو جلوكوجين وتتفكك بعد ذلك عند الحاجة .

التركيب الكيميائي للكائنات الحية :

يعرف تدرج الكائنات الحية في تركيبها بمبدأ التسلسل التركيبي للكائنات الحية أو التعضي كما سبق. ويمكن تلخيص مبدأ التسلسل التركيبي أو التعضي كالتالي:



العمليات الأيضيه

تعريف: هي المجموع الكلى لكافة التفاعلات الأنزيميه التي تحدث في الخليه

<u>الوظائف النوعيه للعمليات الحيويه:</u>

1. **استخلاص الطاقه الكيميائيه من الأغذيه العضويه أو اشعة الشمس**
2. **تحويل المواد الغذائيه من المحيط الى مواد بنائيه أوليه للجزيئات الكبيره المكونه للخلايا**
3. **تجميع المواد البنائيه للبروتينات الاحماض الامينيه الدهون السكريات المتعدده والمكونات الاخرى المتميزه في الخليه**
4. **تكوين أو تحطيم هذه الجزيئات الحيويه الضروريه كوظيفه معينه في الخلايا**

تتكون العمليات الأيضيه من شبكتين:

1. **شبكة تعمل لإنتاج الطاقه الكيميائيه ATP من تحلل جزيئات الوقود او من اشعة الشمس**
2. **شبكة تسخير الطاقه الكيميائيه ATP لغرض صنع مكونات خلويه جديده**

التمثيل الغذائي للكربوهيدرات

في الفم: يتم تحليل النشاء إلى مالتوز وسلاسل من عديدات السكريات بواسطة انزيم اميليز اللعاب وذلك بكسر الرابطه الجلايكوسيديه α(1→4)

يتوقف عمل الأنزيم عند وصوله مع الطعام الى المعده نظرا لأنها شديدة الحموضه

في المعده: لا يوجد هضم للكربوهيدرات

في الأمعاء: يوجد أنزيم الأمليز الامعاء الذي يكمل ما ابتدأ به اميليز اللعاب ويحطم المزيد من الروابط الجلاكوسيديه

وينتج منها خليط من السكريات الثنائيه.

تفرز الانزيمات الخاصه بهضم السكريات الثنائيه مثل أنزيم اللاكتيز,السكريز, مالتييز.

لايمكن هضم السليلوز لعدم وجود الأنزيمات المخصصه لذلك.

يكون الناتج سكريات احاديه

امتصاص الكربوهيدرات

في الأمعاء يتم امتصاص السكريات الأحاديه خلال الغشاء الطلائى المبطن للأمعاء الدقيقه وبعد الأمتصاص يتم نقلها في الدم الى الكبد

يعمل الكبد على تحويل السكريات الأحاديه مثل الفركتوز و الجالاكتوز الى الجلوكوز لتستفيد منه باقي الخلايا

مصير الجلوكوز في الدم

1. **يتم نقله بواسطة الدم الى الأنسجة المختلفه في الجسم.**
2. **يتم استغلاله في الأنسجة المختلفه بالطرق التاليه:**

- اكسدة الجلوكوز لانتاج الماء وثاني اكسيد الكربون والطاقه عن طريق الجلايكوليسس ودورة كربس.
- تحويل الجلوكوز الى مكونات اخرى ذات اهميه بيولوجيه مثل:
  - الريبوز والديوكسي رابيوز لتصنيع الاحماض النووية
  - الفركتوز يدخل في تكوين السائل المنوي
  - حمض الجلوكيورنيك في الكبد وهو هام للتفاعلات التى يتم فيها تحويل المواد السامه الى مواد غير سامه
  - سكريات امينيه لصنع السكريات المخاطيه

3. **التخزين: يتم تخزين الجلوكوز في الكبد والعضلات على هيئة جلايكوجين بواسطة عملية تسمى الجليكوجينسيس**

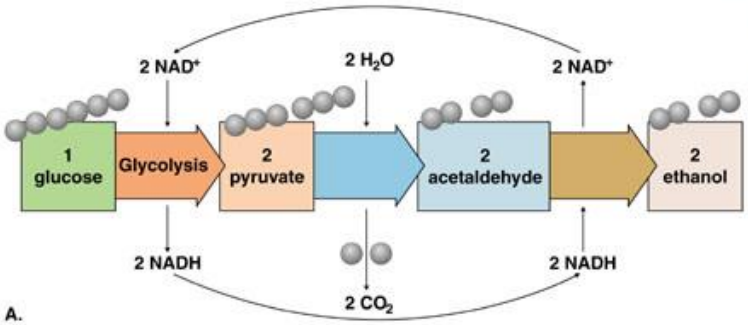
ويتم تخزينه في الكبد والنسيج الشحمي على هيئة دهون متعادله عن طريق عملية تسمى ليبوجنيسس

تحلل السكر الكلايكوليسس
GLYCOLYSIS

هي العمليه التى يقوم بها الكائن الحي بتحطيم سكر الجلوكوز وتحويله الى بيروفيت ومن ثم الى

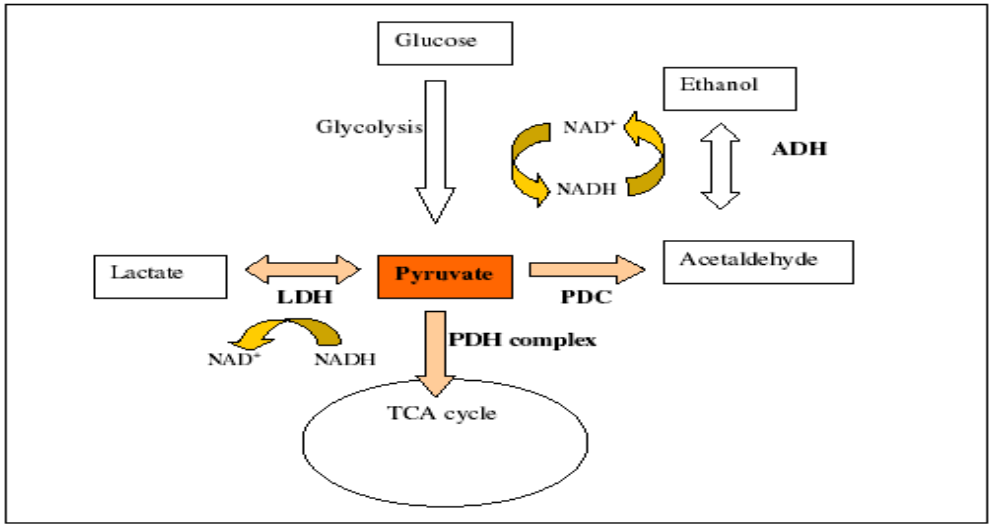
1. **حمض اللاكتيت في عدم وجود الهواء في الكائنات الراقيه اما في الخمائر والفطريات يتم تحويلها الى كحول الإيثانول وتسمى بالتخمر.**
2. **اسيتل – CoAفي وجود الهواء وتسمى الجلايكوليسس**

Tobin/Dusheck, Asking About Life, 2/e
Figure 6.7A



A.

Copyright © 2001 by



عند تحويل الجلوكوز الى البيروفيت :

تتم هذه العمليه في السيتوبلازم

بشكل عام جميع المركبات الوسطيه بين الجلوكوز والبايروفيت

ترتبط برابط استرى مع مجموعة فوسفات واحده على الأقل

مجموعات الفوسفات تساعد على عدم خروج المركبات الوسطيه الى الخارج بسبب وجود الشحنات السالبه.

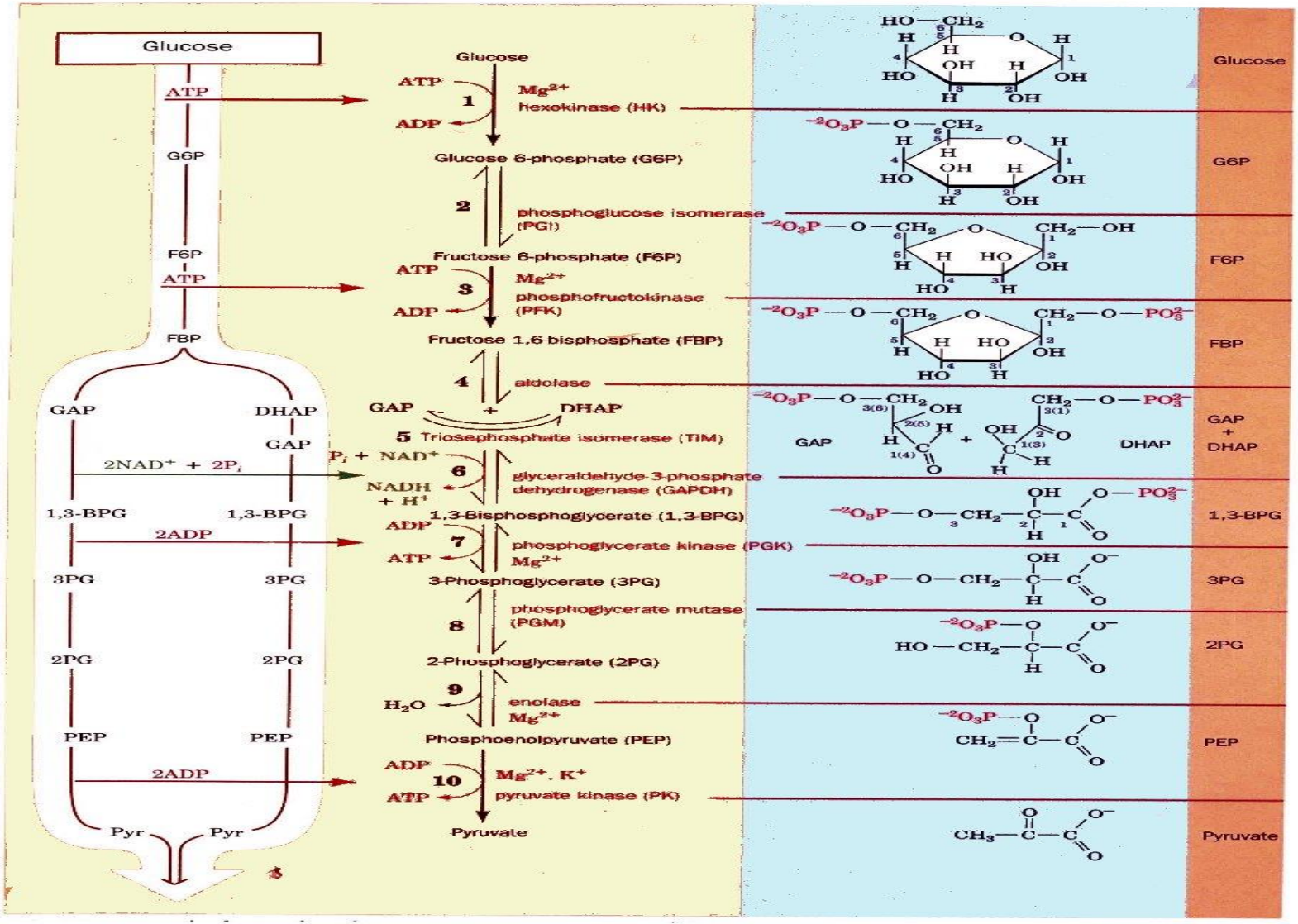
يمكن نقل مجموعة الفوسفات ذات الطاقه العالية من المركبات الوسطيه الى ADPمباشرة لاعطاء ATP

تحتوي على عشر خطوات وتقسم الى مرحلتين:

المرحله الاولى:تبدأ بالجلوكوز وتنتهي بالجليسر ألدهيد-3- فوسفيت وتسخدم فيها طاقة ATP

المرحلة الثانيه : تبدء بالجليسيرألدهيد-3-فوسفيت وتنتهي بالبيروفيت وتنتج فيها طاقه ATP

Glycolysis


Glucose
ATP
G6P
F6P
ATP
FBP
GAP
DHAP
GAP
2NAD+ + 2Pi
1,3-BPG
1,3-BPG
2ADP
3PG
3PG
2PG
2PG
PEP
PEP
2ADP
Pyr
Pyr
Glucose
ATP
1
Mg2+
hexokinase (HK)
ADP
Glucose 6-phosphate (G6P)
2
phosphoglucose isomerase (PGI)
Fructose 6-phosphate (F6P)
ATP
3
Mg2+
phosphofructokinase (PFK)
ADP
Fructose 1,6-bisphosphate (FBP)
4
aldolase
GAP + DHAP
5 Triosephosphate isomerase (TIM)
Pi + NAD+
6
glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase (GAPDH)
NADH + H+
1,3-Bisphosphoglycerate (1,3-BPG)
ADP
7
phosphoglycerate kinase (PGK)
ATP
Mg2+
3-Phosphoglycerate (3PG)
phosphoglycerate mutase (PGM)
8
2-Phosphoglycerate (2PG)
H2O
9
enolase
Mg2+
Phosphoenolpyruvate (PEP)
ADP
Mg2+, K+
10
pyruvate kinase (PK)
ATP
Pyruvate
Glucose
G6P
F6P
FBP
GAP
DHAP
GAP + DHAP
1,3-BPG
3PG
2PG
PEP
Pyruvate

المرحلة الاولى

تبدأ بتجميع السكريات البسيطه وتنتهي بتحويلها الى جليسرألدهيد-3-فوسفيت.

في التفاعل الاول :انزيم الهكسوكينيز يحفز التفاعلات في جميع الانسجه اما انزيم الجلكوكينيز يعمل في الكبد

- تفاعل غير عكسي, منظم يثبط بالزيادة في الجلوكوز-6-فوسفيت.تفاعل يحتاج الى طاقه تفاعل فسفره يحتاج الى مغنسيوم كعامل مساعد

في التفاعل الثاني : أنزيم الفسفوهكسوزأيزوميريز تفاعل عكسي

يتحول من ألدوز الى كيتوز

في التفاعل الثالث تفاعل يحتاج الى طاقه تفاعل فسفره يحتاج الى مغنسيوم كعامل مساعد.

تفاعل غير عكسي, تفاعل منظم يحفز AMP&ADP و الفركتوز-6-فوسفيت يثبط بالزيادة ATPاي ان الخلية لا تحتاج الى المزيد من الطاقه

المرحلة الاولى

التفاعل الرابع: يتم كسرجزيء الفركتوز-1,6-فوسفيت (سداسي الكربون) الى مركبين الجليسر الدهيد-3-فوسفيت وثنائي هيدروكسي اسيتون (ثلاثيات الكربون)

تفاعل عكسي

التفاعل الخامس: تحويل ثنائي هيدروكسي اسيتون الى جزيء ثاني من الجليسر الدهيد-3-فوسفيت

<u>نهاية المرحلة الاولى</u>

بجزئين من الجليسر الدهيد-3-فوسفيت (C3)

استهلاك جزيئين من الطاقه على شكل ATP وتحويلها الى ADP

المرحلة الثانية

تتضمن خطوات الاكسدة والاختزال والفسفره وانتاج الطاقه

هذه التفاعلات تكون لجزيئين

في التفاعل السادس: تتأكسد مجموعة الكربونيل الى مجموعة كربوكسيل, الطاقة تختزن على شكل مجموعة فوسفات الكربوكسيل , يتم نزع هيدروجين واختزال جزي NADالى NADH مركب طاقه.

في التفاعل السابع: تنقل الطاقه من مجموعة الفوسفات الى ADPوتنتج ATP

في التفاعل الثامن:اعادة ترتيب مجموعة الفوسفات من ذرة الكربون الطرفيه الثالثه الى ذرة الكربون الثانيه

في التفاعل التاسع: يتم نزع جزي ماء, ينتج مركب غير مشبع, يحتوي على مجموعة فوسفات عالية الطاقه

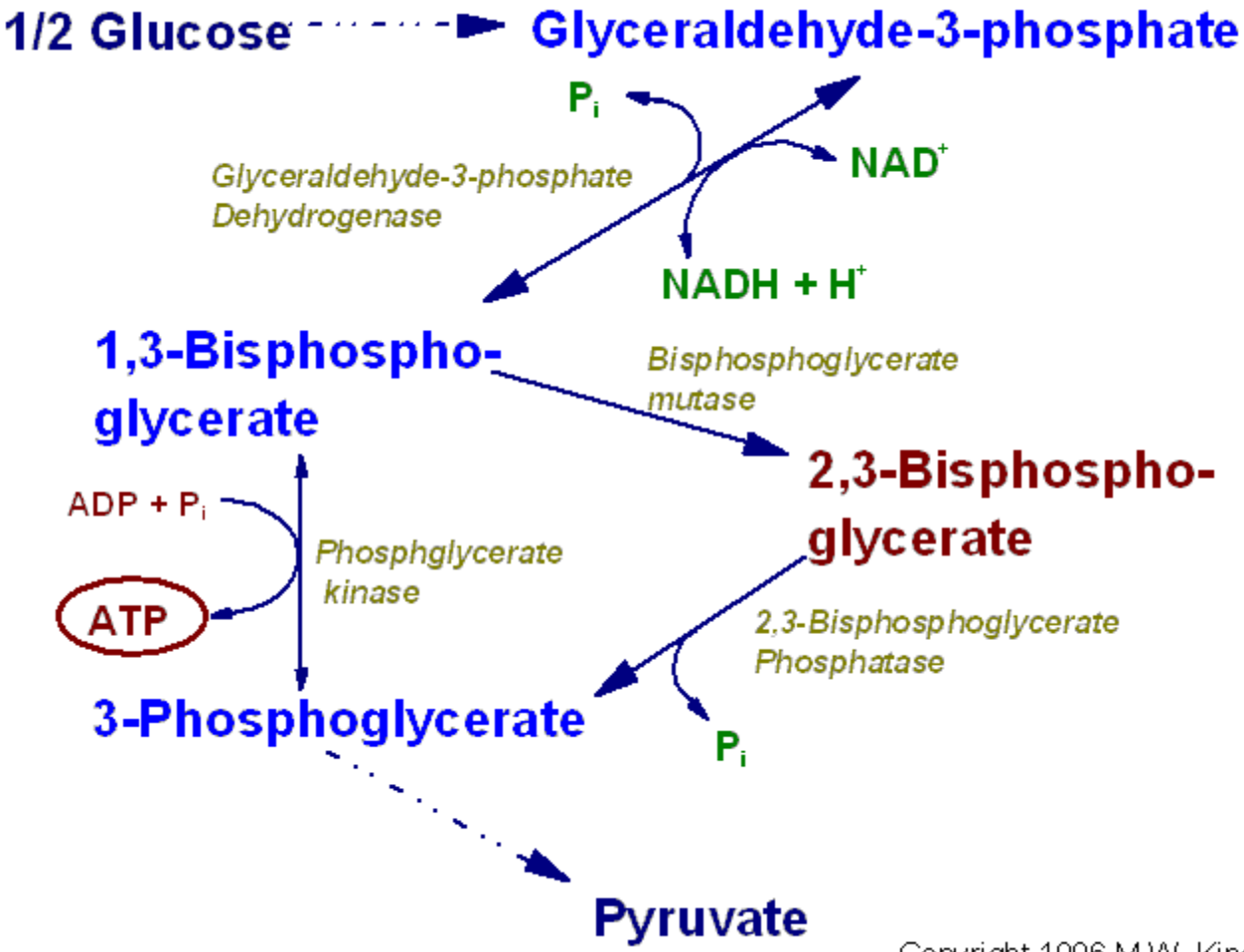
في التفاعل العاشر : تنقل الطاقه من مجموعة الفوسفات الى ADPوتنتج ATP

(حساب الطاقة) من تفاعل ايض جزي واحد من جلوكوز

تم استهلاك جزيئين من الطاقه ATP وانتاج اربعة جزيئات من الطاقه ATP وتكون المحصلة النهائيه انتاج جزيئين من الطاقه ATP

جزيئين من الطاقه NADH الذي تتم اكسدته في المايتوكوندريا ليعطي ATP (كل جزي NADH يعطي 3 جزيئات ATP)

العدد الكلي لجزيئات الطاقه ATP الناتجه هي 8 : 2 في السايتوبلازم و 6 في المايتوكوندريا.



Q-

احسب الطاقه ل 1\2 جلوكوز

تنظيم الجلايكوليسس

يتم التنظيم خلال ثلاث نقاط:

1. **عند تحويل الجلايكوجين الى جلوكوز-6-فوسفيت عن طريق انزيم الجلايكوجين فوسفورليز.**
2. **عند تحول الجلوكوز الى جلوكوز-6-فوسفيت عن طريق انزيم الهكسوكينيز**
3. **عند تحول الفركتوز-6-فوسفيت الى فركتوز1,6 –ثنائي الفوسفيت بواسطة فوسفوفركتوكينيز**

يتم التثبيط من خلال:

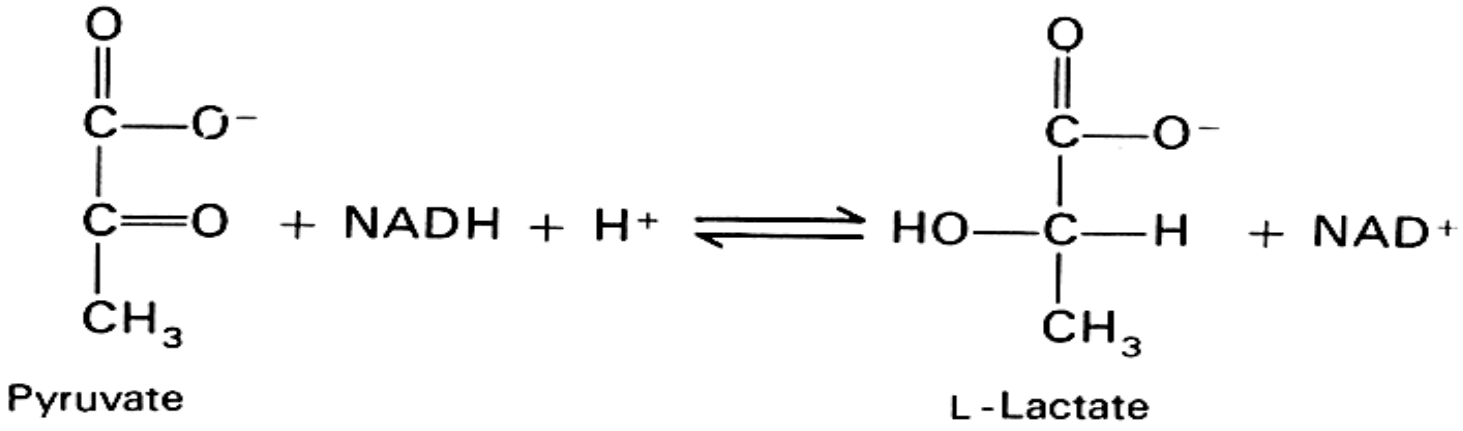
- تثبيط هذه الأنزيمات بالتغذيه المرتده بواسطة النتائج النهائيه للمسار
- نسبة ADP/ATP
- اذا كانت النسبه ADP/ATP مرتفعه (اي ATP قليل) ذلك يحفز الجلايكوليسس لتزويد الطاقه
- اذا كانت النسبه ADP/ATP منخفضه (اي ATP عالي) ذلك يثبط الجلايكوليسس

الهرمونات تقوم بدور تنظيمي

تحلل السكر في عدم وجود الهواء

في الكائنات الراقيه : يتم اختزال البيروفيت الى اللاكتيت ويرافقه اكسدة الـ NADH الى NAD

يتم بمساعدة انزيم اللاكتيت ديهيدروجينز



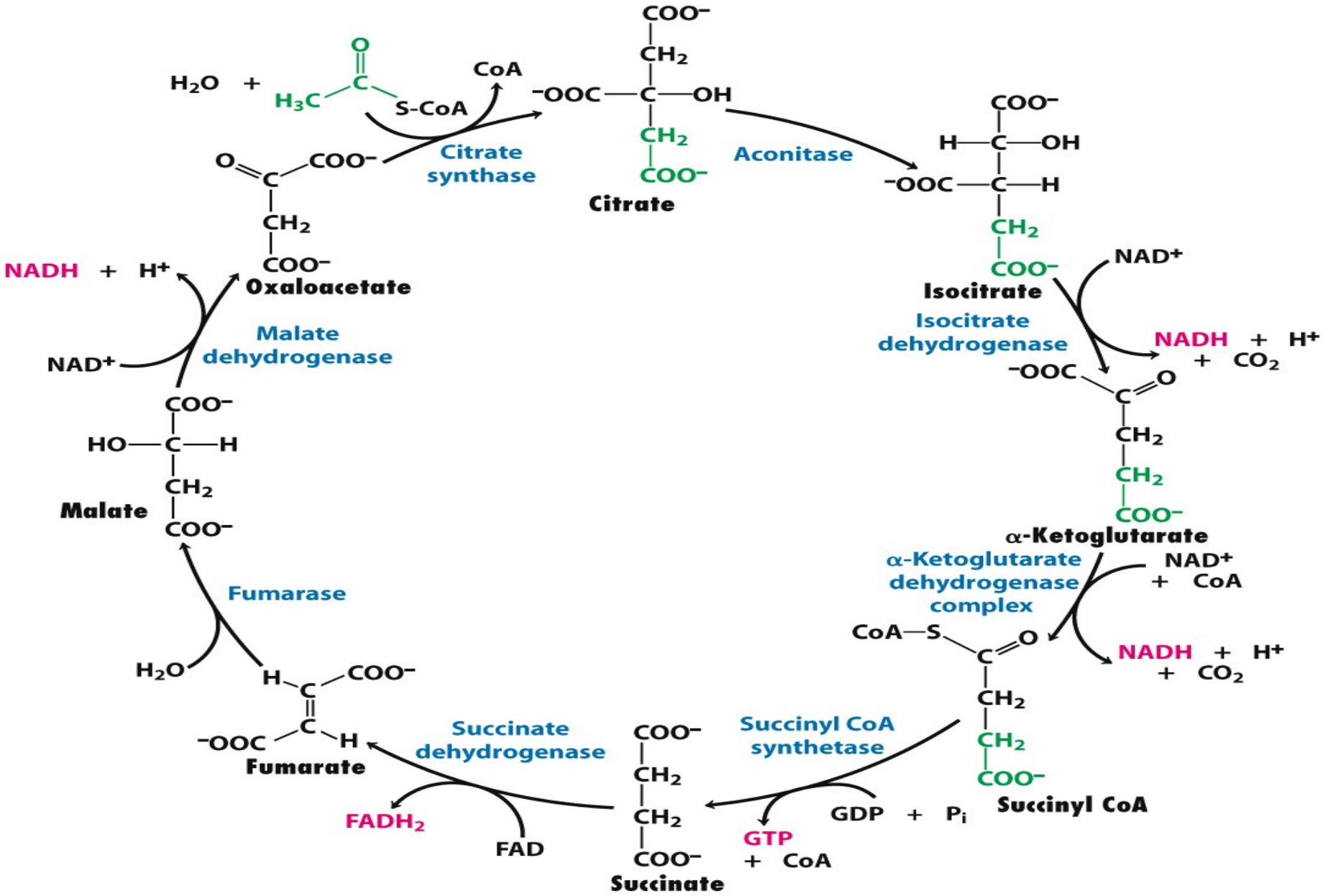
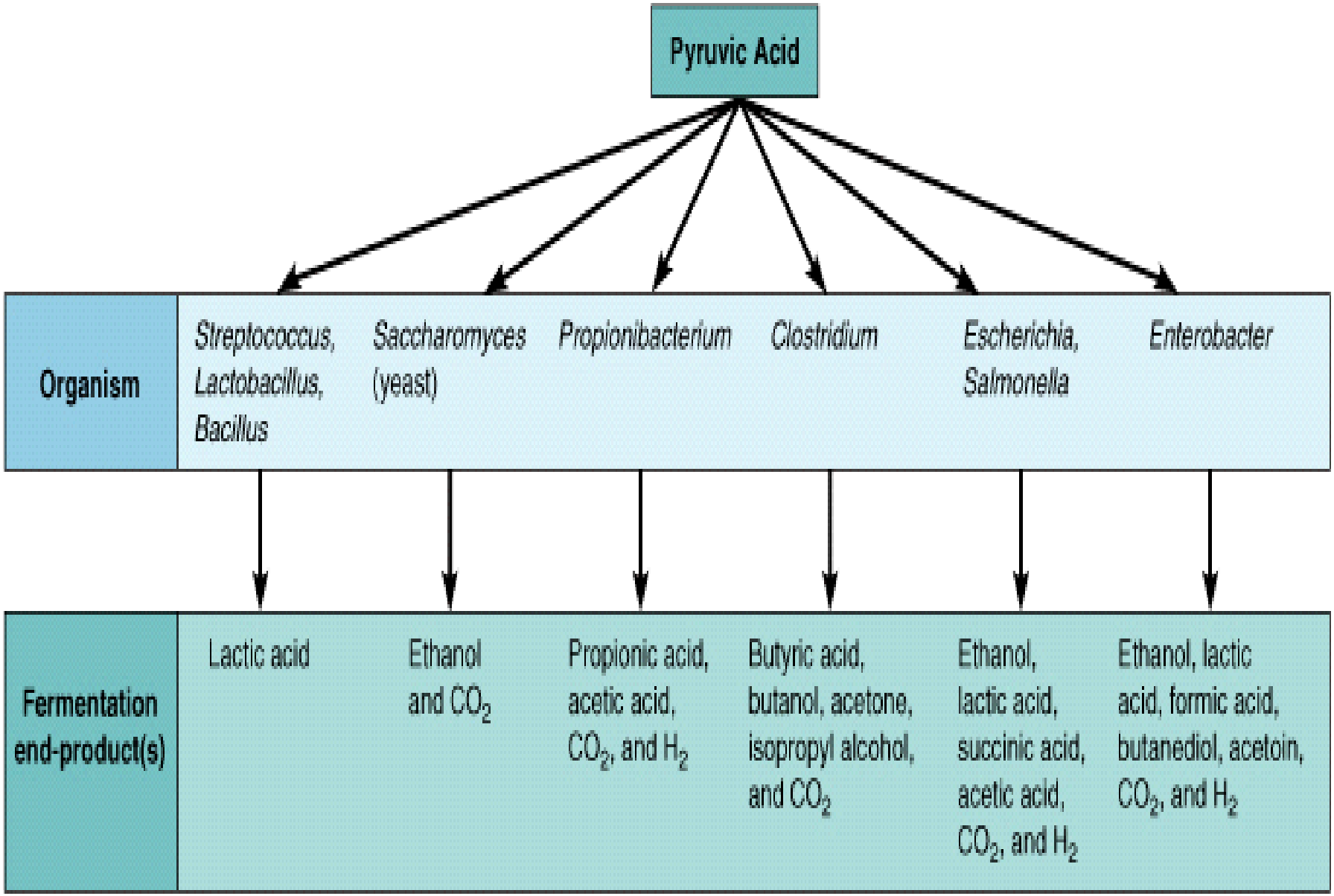


Figure 17.15
***Biochemistry*, Seventh Edition**
© 2012 W. H. Freeman and Company


Pyruvic Acid
Organism
Streptococcus, Lactobacillus, Bacillus
Saccharomyces (yeast)
Propionibacterium
Clostridium
Escherichia, Salmonella
Enterobacter
Fermentation end-product(s)
Lactic acid
Ethanol and CO_2
Propionic acid, acetic acid, CO_2, and H_2
Butyric acid, butanol, acetone, isopropyl alcohol, and CO_2
Ethanol, lactic acid, succinic acid, acetic acid, CO_2, and H_2
Ethanol, lactic acid, formic acid, butanediol, acetoin, CO_2, and H_2

MACROMOLECULES

Carbohydrates:

- Some monosaccharides may require interconversion to glucose or other sugar intermediate.
- C5 & C4 sugars to PPP. (phosphate pentose pathway)

Proteins:

- Amino acid deamination and transamination.
- Mostly enter pathways as carboxylic acid intermediates.

Nucleic Acids

- Ribose sugar to PPP
- Purines and Pyrimidines to component amino acids.

Lipids

- Glycerol and fatty acids
- Fatty acids to acetyl-CoA via β-oxidation.