

HELLO





## مقدم من فريق أفق الطبي





"في الطب ، لا نستمر لأن الطريق  
معبد بالورود ، بل لأننا نؤمن أن  
النفس الطويل هو أولى خطوات  
الشفاء الإستمرار هنا ليس مجرد  
دراسة 🔥

، بل هو عقيدة صمود تُبنى يوماً  
بعد يوم" ✨ ✨ ❤️



أيُّهالك الإنسان في بحر التمني  
أم مشقة الوصول ؟





AFOOQ  
SUMMARIES

﴿وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا﴾

 DR. HALA

## Chapter I

### Introduction

ال Kinase يقوم بنقل الفوسفات من جزئ لجزئ آخر غالباً يستخدم ال

I- **Enzymology:** ATP ليتحول  $ADP + P_i$

ويمكن أن يستخدم نوع آخر من مركبات الطاقة GTP وبواسطة إنزيم

Kinase يحوله إلى  $GDP + P_i$

### Enzyme terminology:

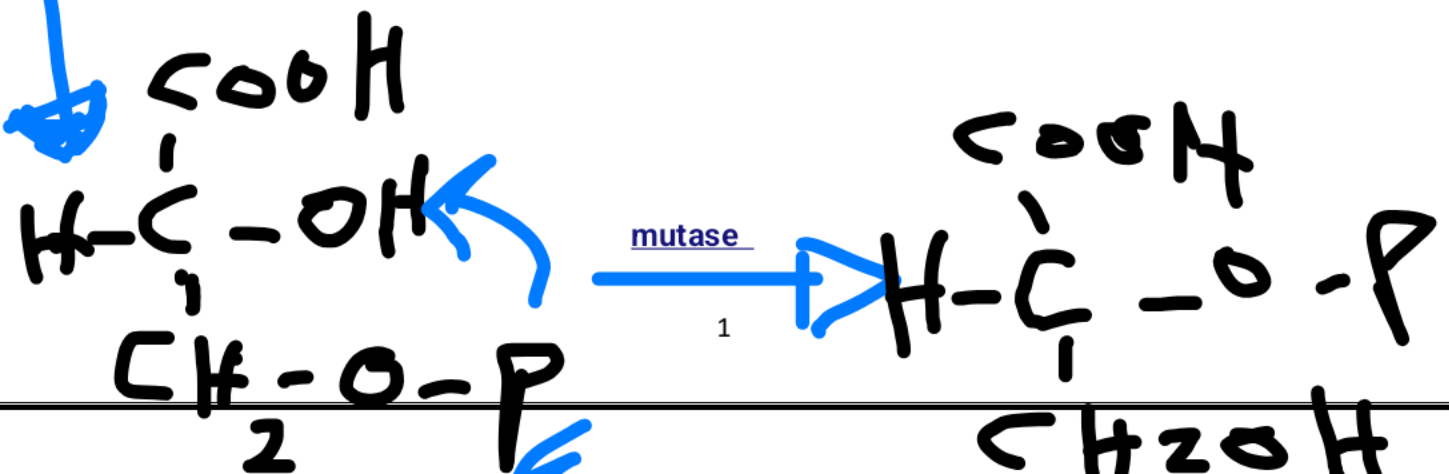
- Kinase = Phosphate transfer حيث يتم إضافة الفوسفات الناتج إلى مادة أخرى
- Phosphatase = Remove phosphate from a substrate يوجد إنزيم ال phosphatase  
Substrate-Phosphate → Substrate + Phosphate
- Dehydrogenase = Add or remove hydrogen molecules from a compound
- Hydroxylase = Add hydroxyl group to a substrate **OH**
- Carboxylase = Transfer COOH group  $CO_2$  يعمل على نقل مجموعة الكربوكسيل على شكل
- Mutase = Relocate a side group in the same substrate
- Synthase/synthetase = Synthesize a product from different substrates

### Maximum velocity ( $V_{max}$ )

**Def:** the point where any further increase in the amount of substrate causes no increase in the velocity of the reaction (Fig.1: A). ذلك لأن كل إنزيم يشغل مع وحدة Substrate لذلك أي  
زيادة عن الحد لا يؤثر على سرعة التفاعل

### Michaelis constant $K_m$

- **Def:** It is substrate concentration that produces half maximum velocity (Fig.1: B).
- $K_m$  reflects the affinity of the enzyme for the substrate.
- $K_m$  is used to compare the affinity of different enzymes to the same substance.





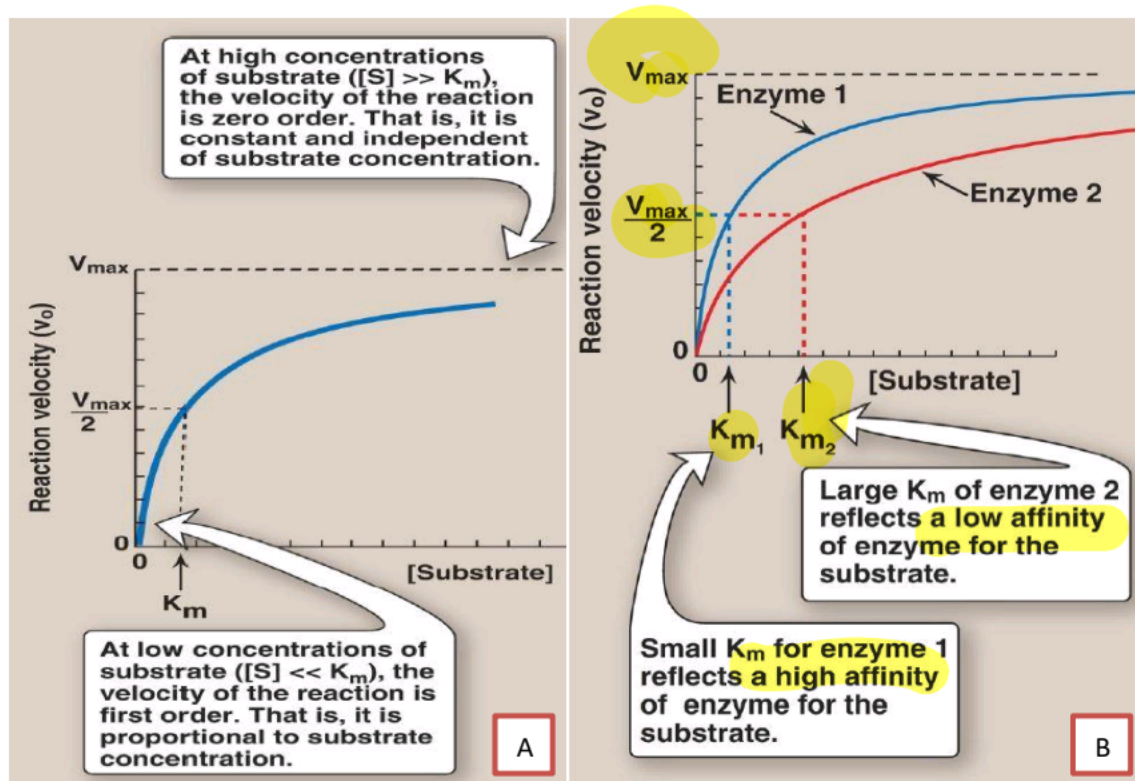


Fig.1: A. Maximum velocity & Michaelis constant; B.  $V_{max}$  &  $K_m$  vs affinity

العلاقة بين  $K_m$  وال affinity  
عكسية

### Example Hexokinase and glucokinase

#### Affinity $\propto 1/k_m$

- Low  $k_m$  &  $V_{max}$  reflects a high affinity of the enzyme for substrate i.e. low of concentration of substrate is needed to half saturate the enzyme.
- High  $k_m$  &  $V_{max}$  reflects a low affinity to the enzyme for substrate i.e. high concentration of substrate is needed to half saturate the enzyme.

## II- Transport Across a Cell Membrane

### 1. Passive transport:

- The movement of substances across a cell membrane without the input of energy, from an area of higher concentration to an area of lower concentration.

### 2. Active transport:

- The movement of substances across a cell membrane against their concentration gradient, from an area of lower concentration to an area of higher concentration.

This process requires the input of energy, usually in the form of ATP.

- Secondary active transport: The transport of an ion (glucose) in the direction of its increasing electrochemical gradient coupled to the facilitated diffusion of a second ion ( $\text{Na}^+$ ) in the direction of its decreasing electrochemical gradient (Fig.2).

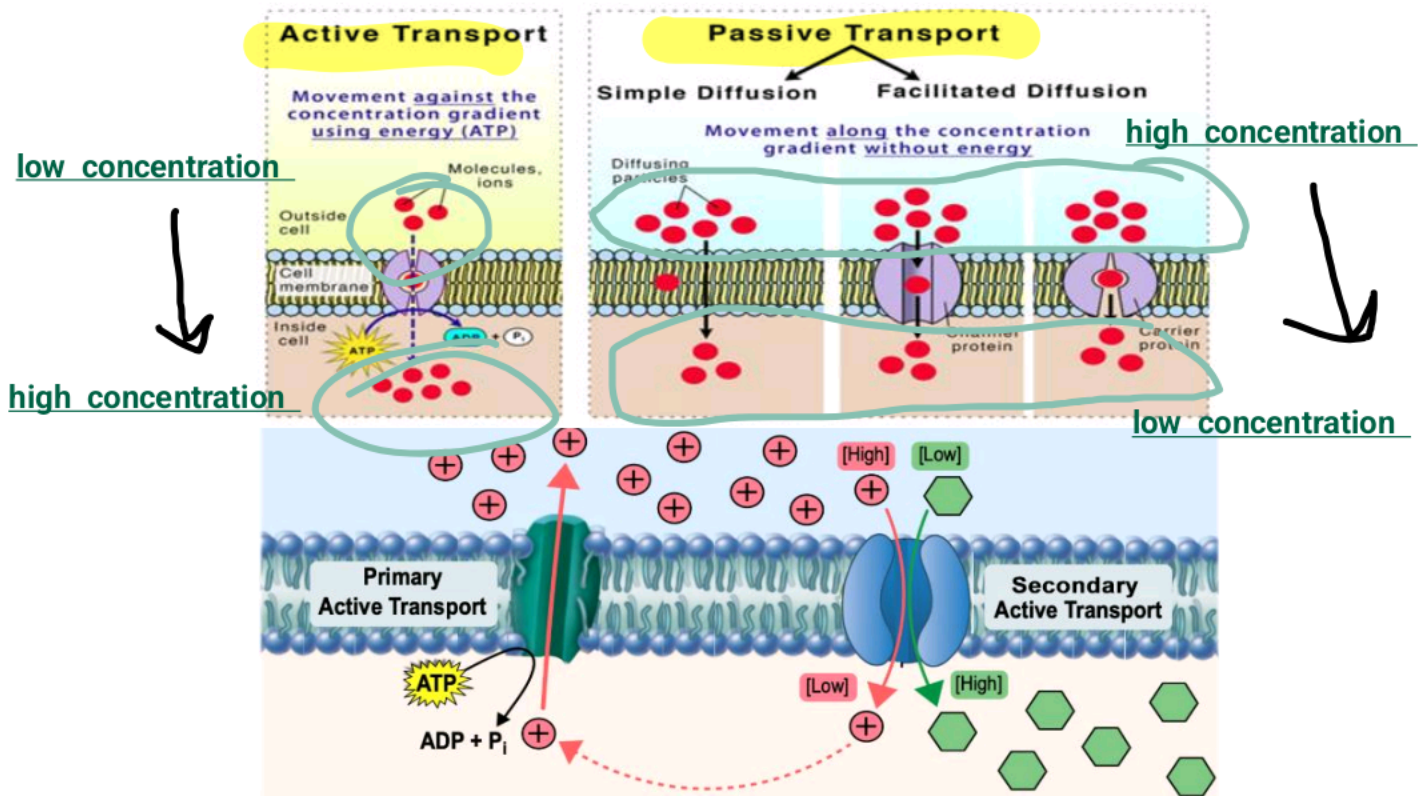


Fig.2: Transport Across a Cell Membrane



# Transport

**active**

**passive**

**secondary**

**primary**

**facilitated**

**simple**

\*يحتاج طاقة

\*يحتاج طاقة

\*لا تحتاج

\*لا تحتاج طاقة

بشكل غير

بشكل مباشر

طاقة

\*لا تحتاج إلى

مباشر

\*النقل من

\*تحتاج إلى

carrier protein

and channel

\*النقل من

التركيز

carrier and

\*النقل من التركيز

التركيز

channel

المرتفع إلى

المنخفض

\*النقل من

المنخفض إلى

التركيز المرتفع

المنخفض

للمرتفع

المرتفع.

إلى المنخفض

Example to the secondary active transport

الجلوكوز حيث أنه يرتبط مع Na

حيث يحدث كالتالي

يرتبط الجلوكوز مع الNa

الجلوكوز ينتقل من التركيز المنخفض إلى المرتفع عبر secondary active بينما الNa من

التركيز المرتفع إلى المنخفض

عبر facilitated diffusion

بالتالي إعادة خروج الNa من التركيز المنخفض إلى المرتفع

عبر الprimary active transport وبالتالي الNa هو الذي استهلك الطاقة وليس الجلوكوز



## **Enzymology Question**

**1. Which of the following correctly describes the action of a kinase?**

- A. Removal of a phosphate group from a substrate**
- B. Transfer of a phosphate group**
- C. Transfer of a carboxyl group**
- D. Relocation of a side group within the same substrate**

**2. An enzyme that removes a phosphate group from a substrate is classified as a:**

- A. Kinase**
- B. Phosphatase**
- C. Hydroxylase**
- D. Carboxylase**

**3. Which of the following enzyme–function combinations is CORRECT?**

- A. Dehydrogenase – transfers a COOH group**
- B. Hydroxylase – removes phosphate from a substrate**
- C. Dehydrogenase – adds or removes hydrogen molecules from a compound**
- D. Mutase – synthesizes a product from different substrates**

**4. An enzyme catalyzes the addition of a hydroxyl group to a substrate. This enzyme is most likely a:**

- A. Hydroxylase**
- B. Phosphatase**
- C. Carboxylase**
- D. Synthetase**



5. Which of the following statements regarding enzyme terminology is CORRECT?
- A. Carboxylase transfers a COOH group
  - B. Mutase removes a phosphate group
  - C. Phosphatase transfers a phosphate group
  - D. Hydroxylase transfers hydrogen molecules only
6. An enzyme relocates a side group from one position to another within the same substrate. This enzyme is classified as a:
- A. Synthase
  - B. Mutase
  - C. Dehydrogenase
  - D. Kinase
7. Synthase and synthetase are enzymes that primarily:
- A. Remove phosphate groups from substrates
  - B. Transfer hydrogen molecules
  - C. Synthesize a product from different substrates
  - D. Relocate a side group within the same substrate

## **V<sub>max</sub>, K<sub>m</sub> and Enzyme Affinity**

8. Maximum velocity (V<sub>max</sub>) is best defined as:
- A. The substrate concentration that produces half-maximal velocity
  - B. The velocity measured in the absence of substrate
  - C. The point beyond which increasing substrate concentration causes no further increase in reaction velocity
  - D. The minimum velocity required for enzyme activation

9. The Michaelis constant ( $K_m$ ) represents:

- A. The enzyme concentration required to reach  $V_{max}$
- B. The substrate concentration that produces half of  $V_{max}$
- C. The maximum amount of substrate metabolized
- D. The amount of ATP required for the reaction

10.  $K_m$  is particularly useful for comparing:

- A. The energy requirements of different transport systems
- B. The affinity of different enzymes for the same substrate
- C. The number of products formed by different enzymes
- D. The ATP concentration inside and outside the cell

11. Enzyme A has a  $K_m$  of 2 mmol/L, whereas enzyme B has a  $K_m$  of 8 mmol/L for the same substrate. Which statement is CORRECT?

- A. Enzyme B has a higher affinity for the substrate
- B. Enzyme A has a higher affinity for the substrate
- C. Both enzymes have the same affinity
- D. Affinity cannot be compared using  $K_m$

12. Which of the following relationships between  $K_m$  and enzyme affinity is CORRECT?

- A. Affinity is directly proportional to  $K_m$
- B. Affinity is inversely proportional to  $K_m$
- C. Affinity is equal to  $V_{max}$
- D. Affinity is independent of  $K_m$



13. A small  $K_m$  indicates that:

- A. A high substrate concentration is required to reach half of  $V_{max}$
- B. The enzyme has a low affinity for its substrate
- C. A low substrate concentration is sufficient to reach half of  $V_{max}$
- D. The enzyme cannot reach  $V_{max}$

### Transport Across a Cell Membrane

14. Which of the following best describes passive transport?

- A. Movement from lower to higher concentration with ATP consumption
- B. Movement against the concentration gradient without energy
- C. Movement from higher to lower concentration without energy input
- D. Movement that always requires a carrier protein and ATP

15. Which of the following is characteristic of active transport?

- A. It occurs only from higher to lower concentration
- B. It does not require energy
- C. It moves substances against their concentration gradient
- D. It occurs only through simple diffusion

16. A molecule moves from an area of high concentration to an area of low concentration through a carrier protein without ATP consumption. This process is classified as:
- A. Primary active transport
  - B. Secondary active transport
  - C. Facilitated diffusion
  - D. Simple diffusion
17. Which of the following transport mechanisms directly uses ATP, as illustrated in the slide?
- A. Simple diffusion
  - B. Facilitated diffusion
  - C. Primary active transport
  - D. Passive transport
18. Secondary active transport is best described as:
- A. The direct use of ATP to transport two substances down their gradients
  - B. The movement of a substance against its electrochemical gradient coupled to the movement of another ion down its electrochemical gradient
  - C. The movement of two substances by simple diffusion
  - D. The transport of glucose without the involvement of another ion

**Answers Let's GO**





# Answer Key

1.**B**

6.**B**

11.**B**

16.**C**

2.**B**

7.**C**

12.**B**

17.**C**

3.**C**

8.**C**

13.**C**

18.**B**

4.**A**

9.**B**

14.**C**

5.**A**

10.**B**

15.**C**

ختامًا، ثق تمامًا أن كل معلومةٍ تتقنونها اليوم قد  
تصنع فرقًا في حياة إنسانٍ غدًا.   
فإستمرررر 

—  —  
تَمَّ بِحَمْدِ اللَّهِ وَفَضْلِهِ،

فلا تنسوني من

صالح دعائكم 

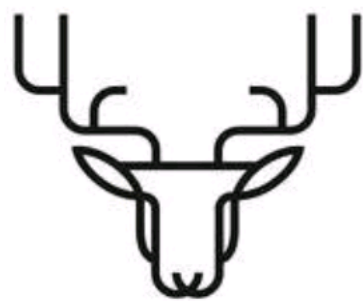
—  —





**NOTE**

*Hello everyone* ✨🌸







AFOQ  
SUMMARIES

﴿وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا﴾

DR. HALA 



مو مهم توصل بسرعة 🐢  
المهم يكون الطريق بيشتهيك..❤️





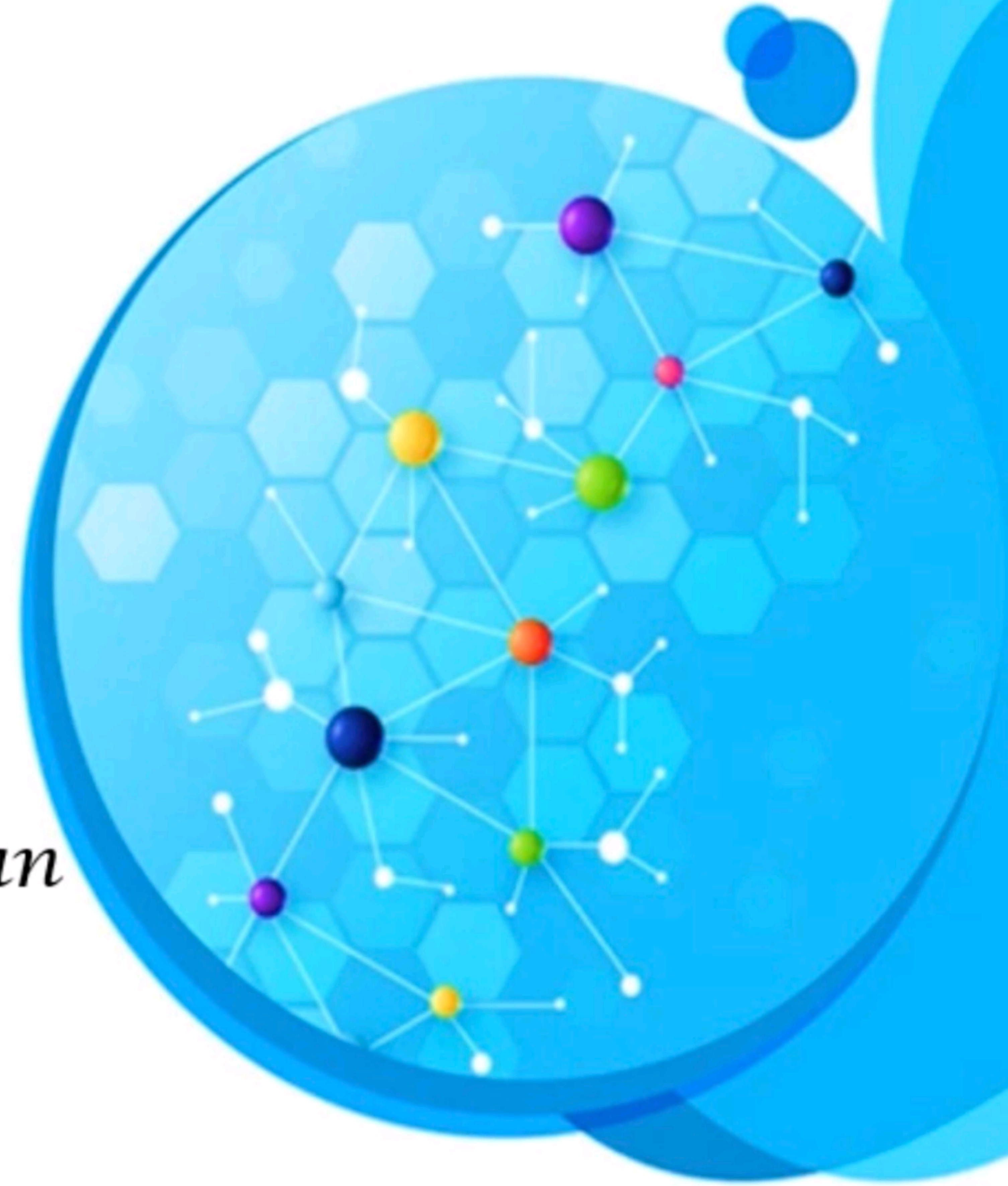
*Medical Biochemistry*

*Carbohydrate Metabolism*

*Asst. Prof. Mohammed Hasan Eleyan*

*Faculty of Medicine*

*Al-Azhar University-Gaza*



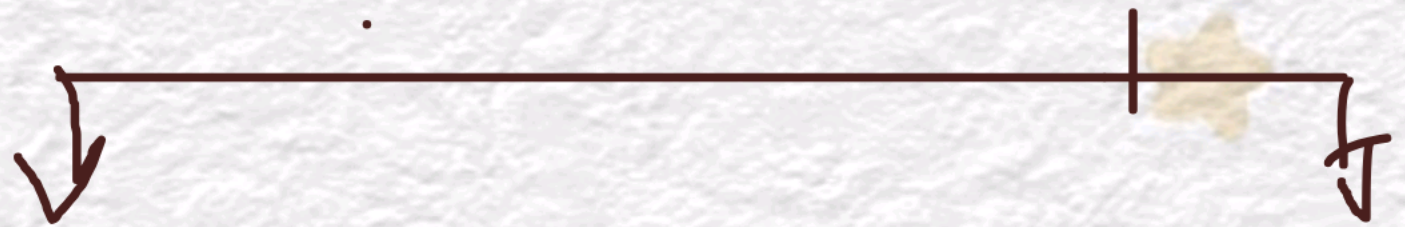


نبدأ محاضرتنا من خلال السؤال  
كيفية وصول الجلوكوز للخلايا؟!



أغلب طعامنا عبارة عن

**Polysaccharides**



**starch**

**Glycogen**

يحدث له digestive (هضم) في

ال GIT (الجهاز الهضمي)

ويتحول في النهاية لجلوكوز

**example**

لو كان الطعام يحتوي على لاكتوز عند الهضم

يصبح جلوكوز + جالاكتوز

والسكروز يتحلل إلى فركتوز وجلوكوز

أما بالنسبة لجالاكتوز والفركتوز يتجهوا إلى ال

liver ويحدث لهم convergen إلى جلوكوز ثم

يخرج الجلوكوز للخلايا.



طبعاً إلي بتحكم في

ال Fate of glucose هو ال

حسب حاجة ( Body need  
( الجسم

بمعنى مصير الجلوكوز Fate of glucose

الهدم الأيضي للجلوكوز  
Catabolism to the glucose

|       | 1 Oxidation pathways                                                                                     | 2 Storage                      | 3 Conversion                                      |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------|
| Major | Glycolysis (Production of Acetyl Co-A)..... ATP<br>يستخدم في أنشطة الجسم المختلفة                        | Glycogenesis (liver & Muscles) | lipogenesis<br>بتحول الجلوكوز<br>لليبيد أو بروتين |
| Minor | 1. Pentose phosphate pathway (PPP)<br>2. Uronic acid pathway<br>لإنتاج<br>هان بكسر الجلوكوز مشان بدي ATP |                                | هان يستخدم الجلوكوز لتصنيع<br>مواد ثانية          |



# Introduction:

- The end products of carbohydrate digestion are monosaccharides: glucose, galactose and fructose.
- They are absorbed from the jejunum to portal veins to the liver, where fructose and galactose are transformed into glucose.
- Two mechanisms are responsible for absorption of monosaccharides: active transport and passive transport



## Glycolysis (Embden Meyerhof Pathway)

تحلل جزيئ واحد من الجلوكوز

• Definition: Breakdown of glucose:

1. Into 2 molecules of pyruvate aerobically (in the presence of  $O_2$  and mitochondria) **OR**

2. Into 2 molecules of lactate anaerobically (in the lack of  $O_2$  or absence of mitochondria). **مثل خلايا RBCS**

• Site: **Essentially** all cells carry out glycolysis in the cytosol.

تحدث في كل  
الخلايا في  
سيتوسول الخلية

جزيئين من  
**lactat**

في حال غياب  
الميتوكوندريا  
والأكسجين

جزيئين من  
**pyruvate**

في حال وجود  
الميتوكوندريا  
وأكسجين



# phase 1

## The Overall Pathway of Glycolysis

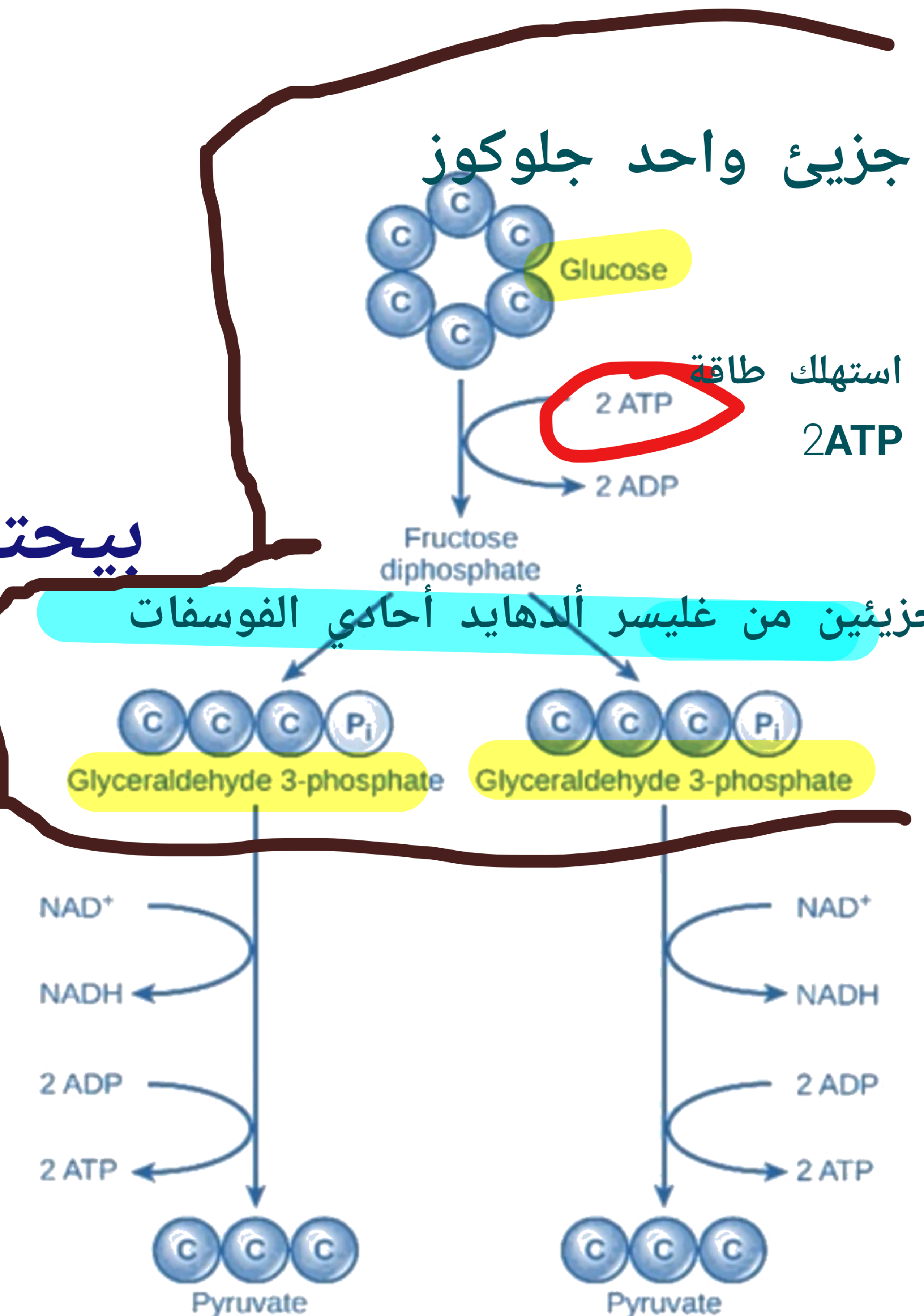
- Glycolysis is divided into two phases.

- The first phase converts glucose to two glyceraldehyde-3-phosphates and is the energy requiring phase.

- The second phase conversion of two molecules of glyceraldehyde-3-phosphate into pyruvate (aerobic glycolysis) or lactate (anaerobic glycolysis) and is the energy producing phase.

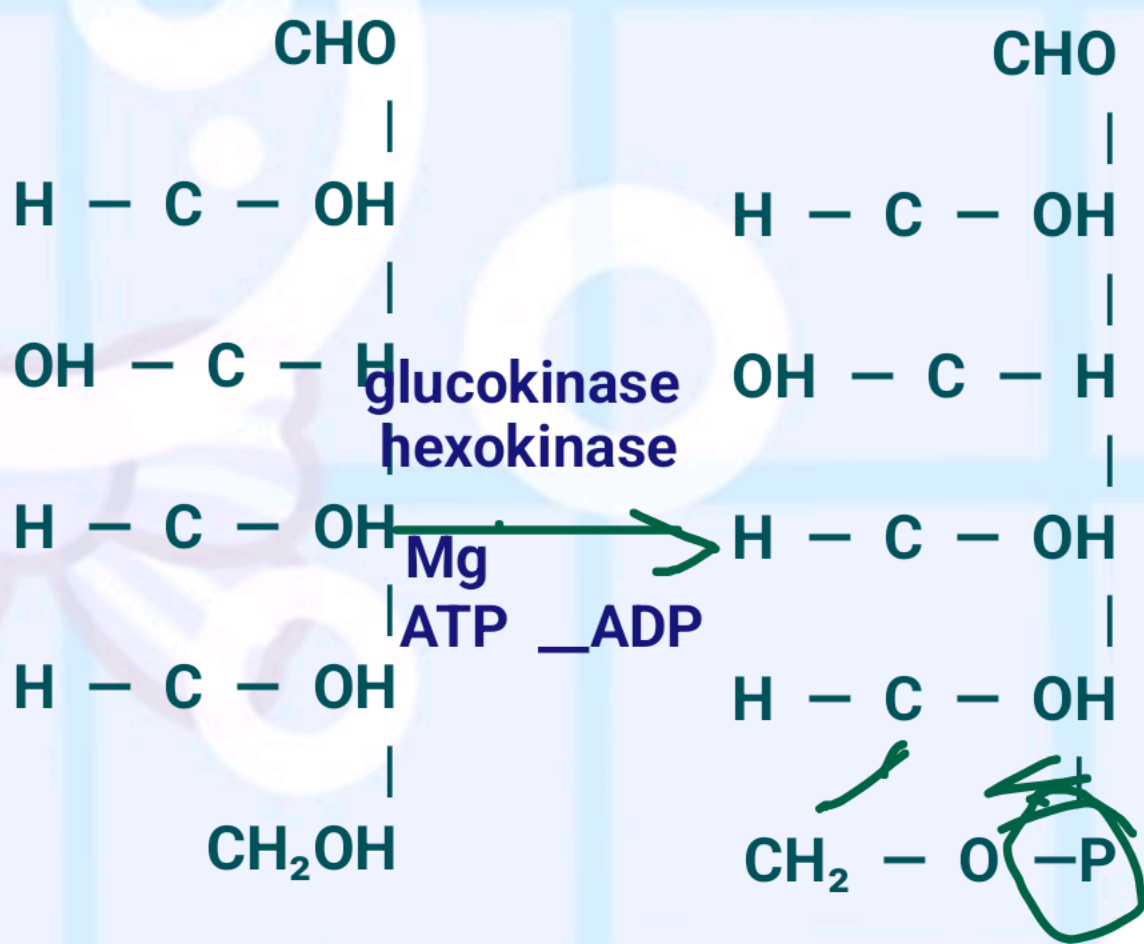
يحتاج طاقة

ينتج طاقة





## الخطوة الأولى



glucose      glucose \_6\_phosphate

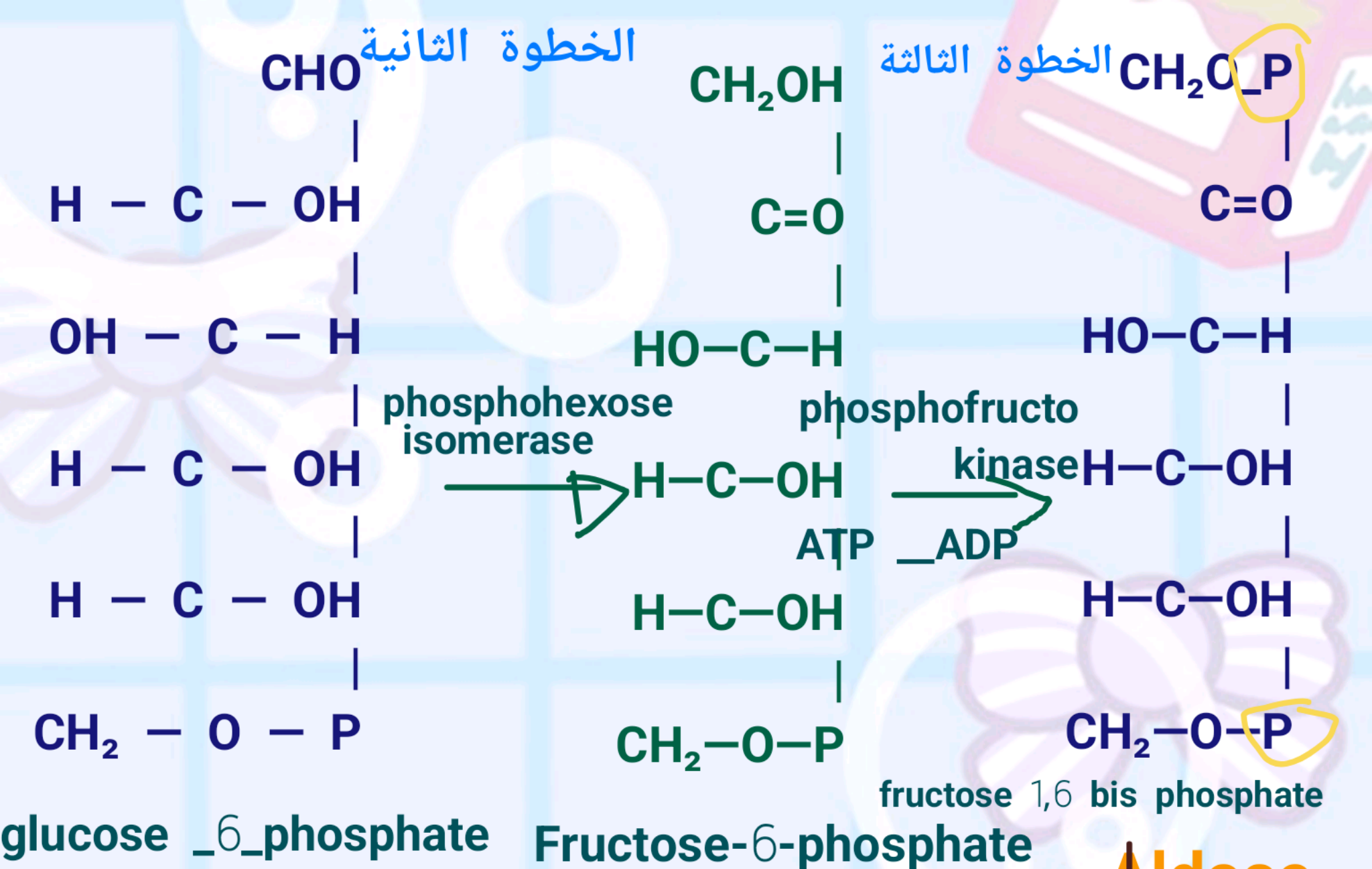
عملية ال glycolysis

يقوم بها ال hexokinase بضيف فوسفات  
 بشتغل على مركب سداسي الكربون و انزيم  
 ال glucokinase خاص في ال liver  
 والاثنين بشتغله على نفس المادة .

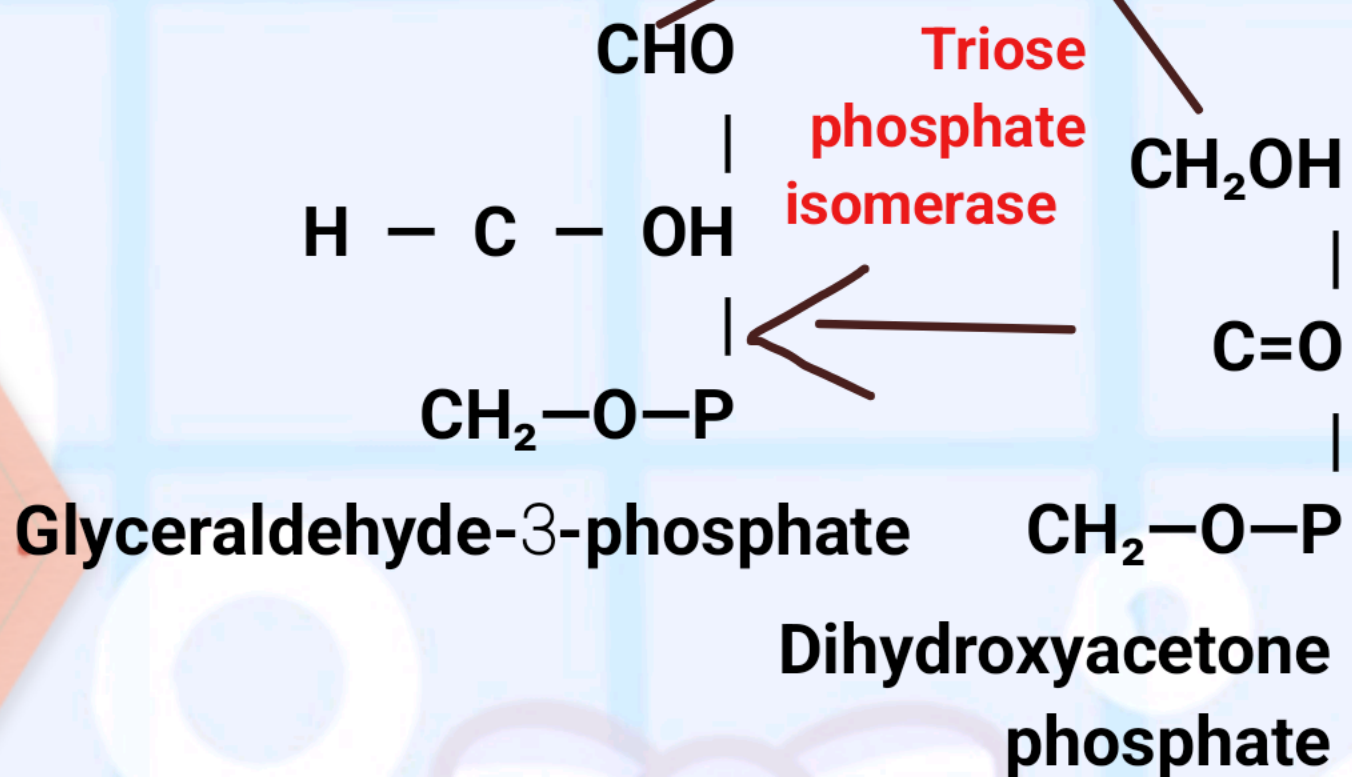
بحتاج في العملية أيضاً coenzyme ( Mg )  
 وأيضاً ATP

عشان أدخل الجلوكوز داخل الخلية ويبقى في  
 الداخل بضيف فوسفات (فسفر ومسمر 😊)





**Aldose**  
الخطوة الرابعة



هادي الخطوة  
لاني بدي مجموعة  
OH عشان أضيف  
عليها مجموعة  
فوسفات ثانية  
فأكون جزيئين  
غليسر ألدهايد

هكذا انتهى ال phase 1



## : Notes

في 2 phase يتم تصنيع ATP

فبالتالي بحتاج 1. ATP

2.  $P_i$

3. High energy bond

ال high energy bond

هي الرابطة لما بعملها hydrolysis

بتعطيني three energy

more than 7.3kcal/mol

example

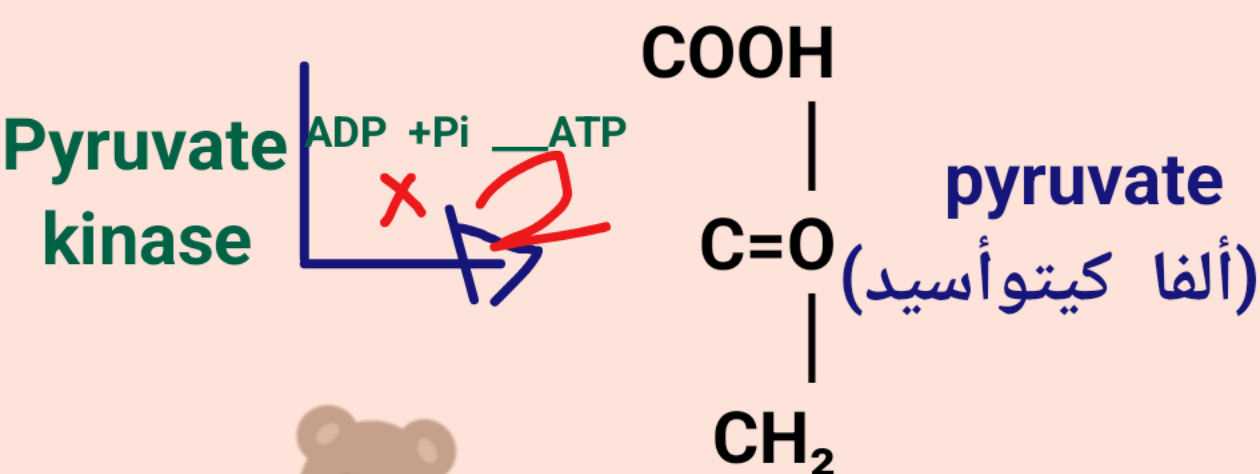
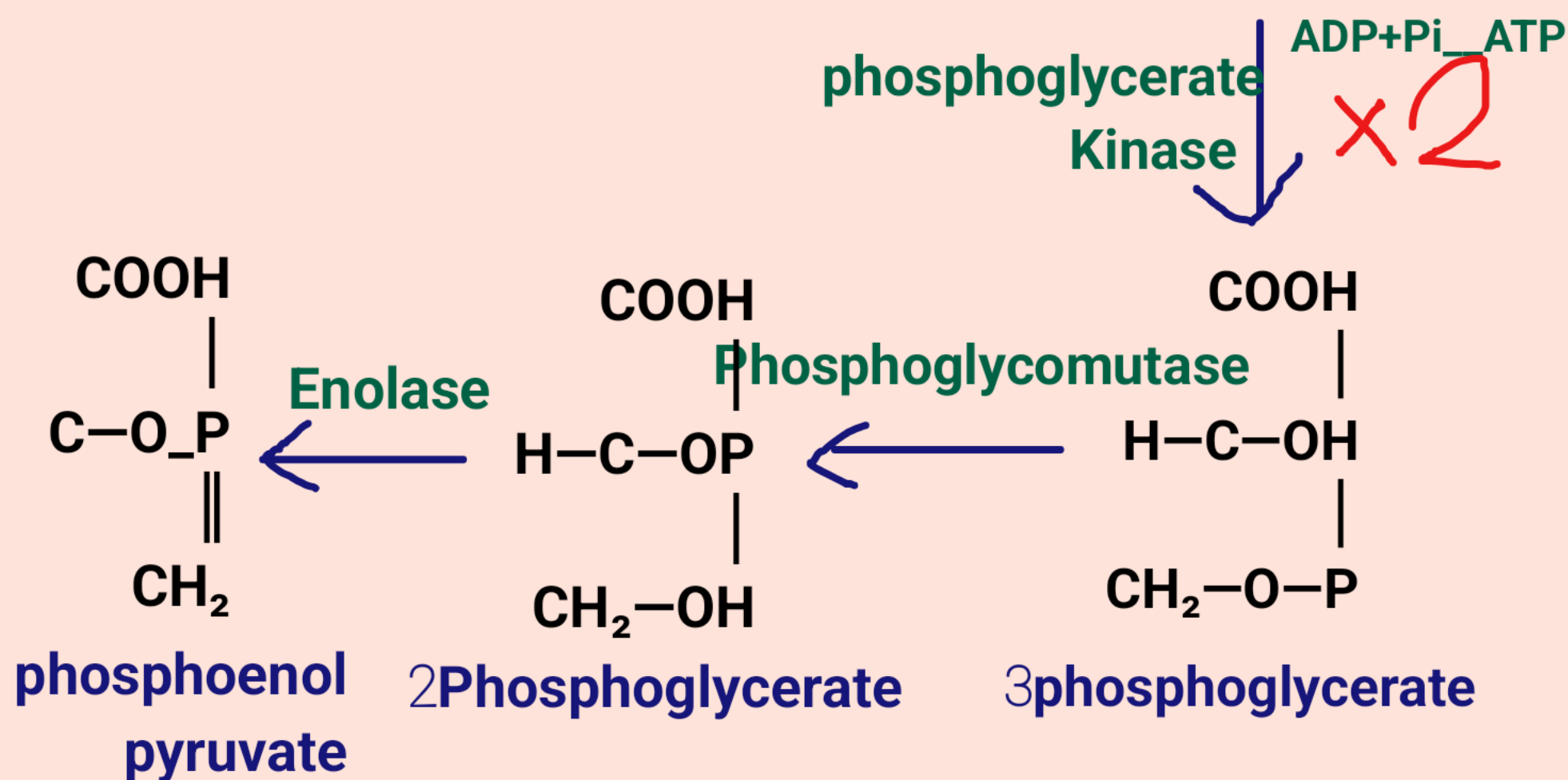
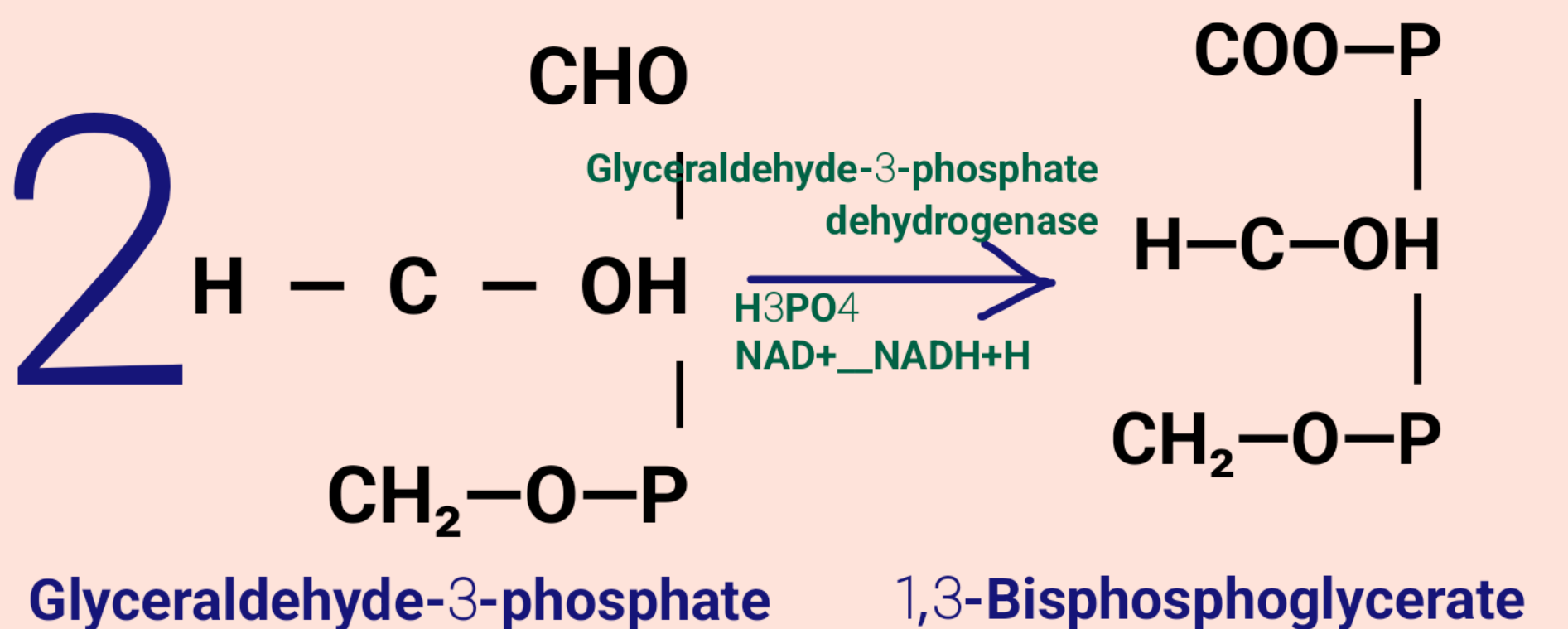
enol phosphate bond



Carboxyl phosphate bond







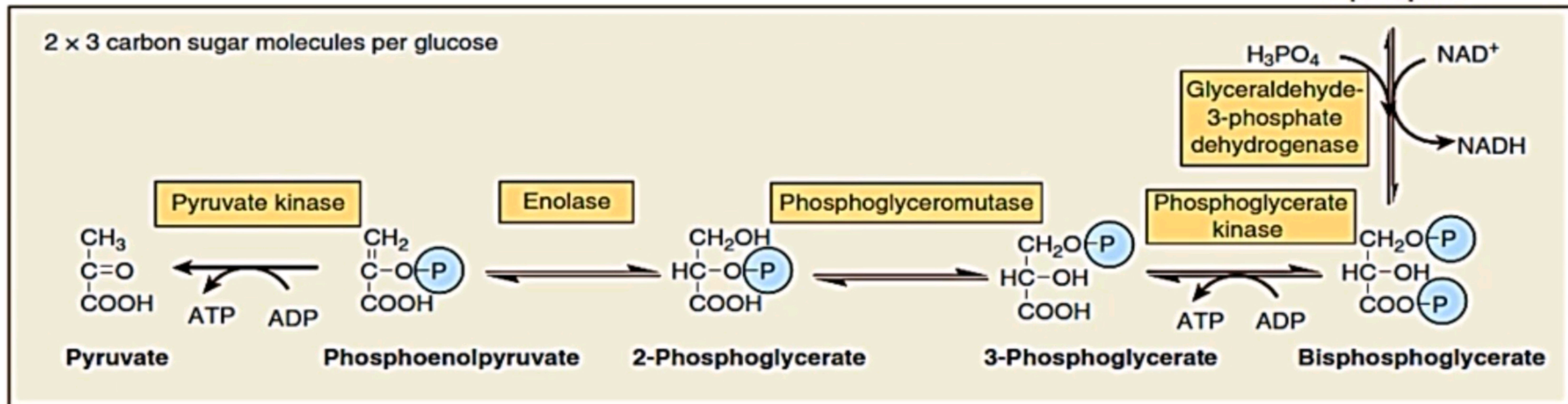
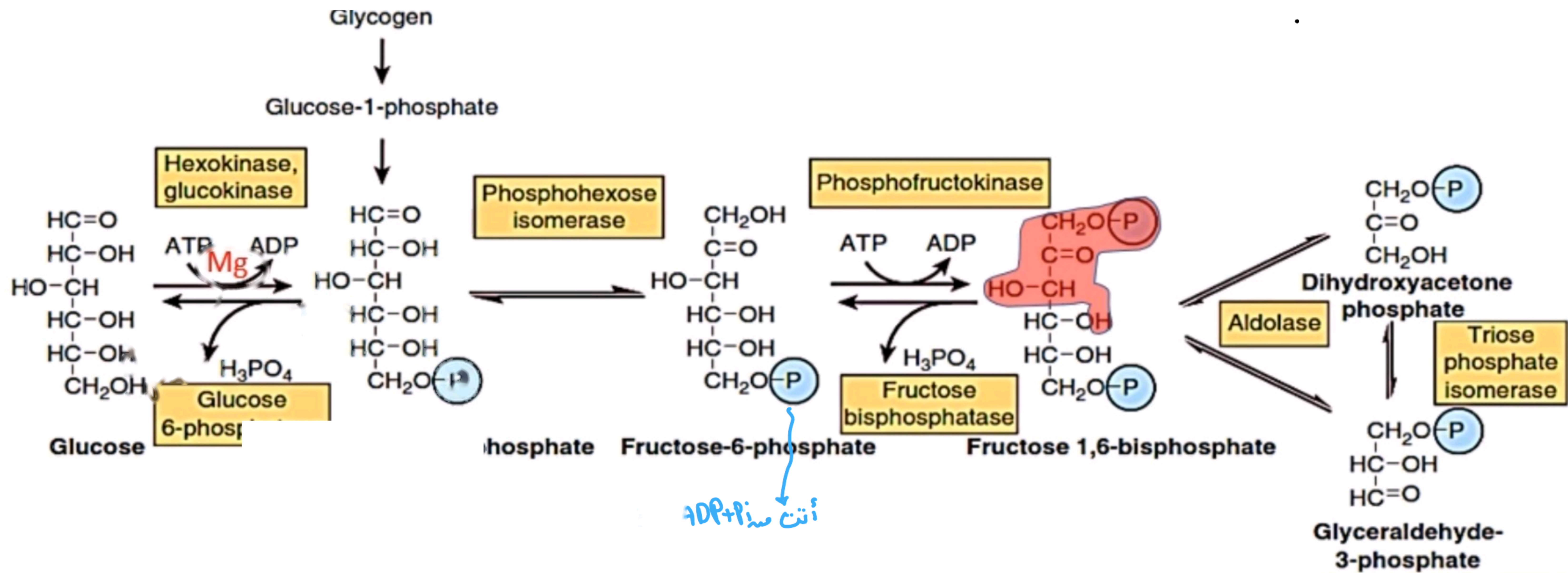
الآن انتقلت من سكر لحمض لأنه في النهاية انت بدك  
تطلع pyruvate وهو acid .

الخطوة التالية تكوين high energy bond لأكسرها  
وأخذ ال energy لربط الفوسفات مع ال ADP

فيتحول ل ATP







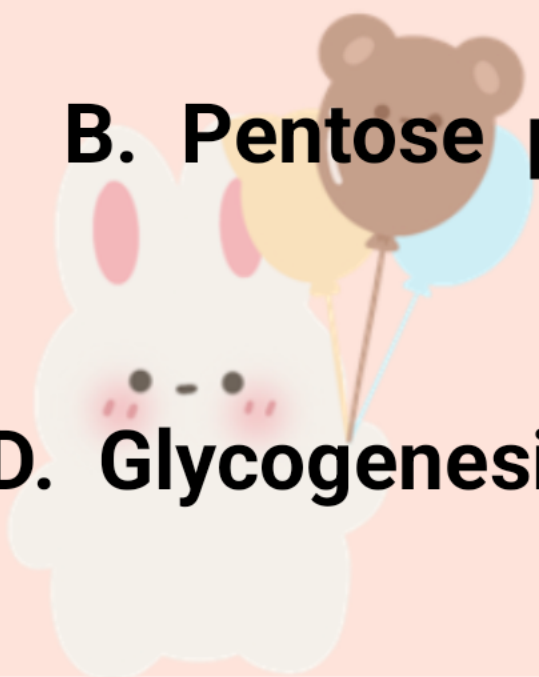


1. What are the final products of carbohydrate digestion?
  - A. Amino acids, glucose, and fatty acids
  - B. Glucose, galactose, and fructose
  - C. Glucose, glycogen, and lactate
  - D. Fructose, pyruvate, and acetyl-CoA
2. Monosaccharides are mainly absorbed from the:
  - A. Stomach
  - B. Duodenum
  - C. Jejunum
  - D. Colon
3. After absorption, monosaccharides are transported to the liver through the:
  - A. Hepatic artery
  - B. Portal veins
  - C. Inferior vena cava
  - D. Lymphatic vessels
4. In the liver, fructose and galactose are mainly transformed into:
  - A. Glycogen
  - B. Lactate
  - C. Glucose
  - D. Pyruvate





5. Which two mechanisms are responsible for the absorption of monosaccharides?
- A. Endocytosis and exocytosis
  - B. Active transport and passive transport
  - C. Filtration and osmosis
  - D. Pinocytosis and diffusion only
6. Which of the following represents a major oxidation pathway of glucose?
- A. Lipogenesis
  - B. Glycogenesis
  - C. Glycolysis
  - D. Protein synthesis
7. Which of the following is considered a minor oxidation pathway of glucose?
- A. Glycogenesis
  - B. Pentose phosphate pathway
  - C. Lipogenesis
  - D. Glycogenolysis
8. Which pair represents the minor oxidation pathways of glucose mentioned in the slides?
- A. Glycolysis and glycogenesis
  - B. Pentose phosphate pathway and uronic acid pathway
  - C. Lipogenesis and glycogenolysis
  - D. Glycogenesis and gluconeogenesis uronic acid pathway





9. **Glucose is stored mainly through:**

- A. Glycolysis
- B. Lipogenesis
- C. Glycogenesis
- D. Proteolysis

10. **Glycogenesis mainly occurs in the:**

- A. Brain and kidneys
- B. Liver and muscles
- C. Intestine and stomach
- D. Lungs and heart

11. **Conversion of glucose into lipids is called:**

- A. Glycogenesis
- B. Lipogenesis
- C. Glycolysis
- D. Glycogenolysis

12. **Glycolysis is best defined as the breakdown of glucose into:**

- A. One molecule of pyruvate only
- B. Two molecules of pyruvate aerobically or two molecules of lactate anaerobically
- C. Acetyl-CoA only
- D. Glycogen and fatty acids



13. **Aerobic glycolysis produces:**

- A. Two molecules of lactate
- B. Two molecules of pyruvate
- C. One molecule of glucose
- D. Two molecules of glycogen

14. **Anaerobic glycolysis produces:**

- A. Two molecules of acetyl-CoA
- B. Two molecules of pyruvate
- C. Two molecules of lactate
- D. One molecule of citrate

15. **Glycolysis occurs mainly in the:**

- A. Mitochondrial matrix
- B. Nucleus
- C. Cytosol
- D. Lysosome

16. **Which cell type depends on anaerobic glycolysis because it lacks mitochondria?**

- A. Hepatocyte
- B. Red blood cell
- C. Skeletal muscle cell
- D. Cardiac muscle cell

17. **Glycolysis is divided into:**

- A. One phase
- B. Two phases
- C. Three phases
- D. Four phases



18. During the first phase of glycolysis, glucose is converted into:

- A. Two molecules of pyruvate
- B. Two molecules of lactate
- C. Two molecules of glyceraldehyde-3-phosphate
- D. Two molecules of acetyl-CoA

Answer: C. Two molecules of glyceraldehyde-3-phosphate

19. The first phase of glycolysis is known as the:

- A. Energy-producing phase
- B. Energy-requiring phase
- C. Oxidative phosphorylation phase
- D. Lactate-producing phase

Answer: B. Energy-requiring phase

20. Which sequence correctly represents part of the glycolytic pathway?

- A. Glucose → Fructose-1,6-bisphosphate → Glucose-6-phosphate → Pyruvate
- B. Glucose → Glucose-6-phosphate → Fructose-6-phosphate → Fructose-1,6-bisphosphate
- C. Glucose → Pyruvate → Glyceraldehyde-3-phosphate → Lactate
- D. Glucose → Glycogen → Fructose-6-phosphate → Pyruvate



# answers keys

11. **B**

1. **B**

12. **B**

2. **C**

13. **B**

3. **B**

14. **C**

4. **C**

15. **C**

5. **B**

16. **B**

6. **C**

17. **B**

7. **B**

8. **B**

18. **C**

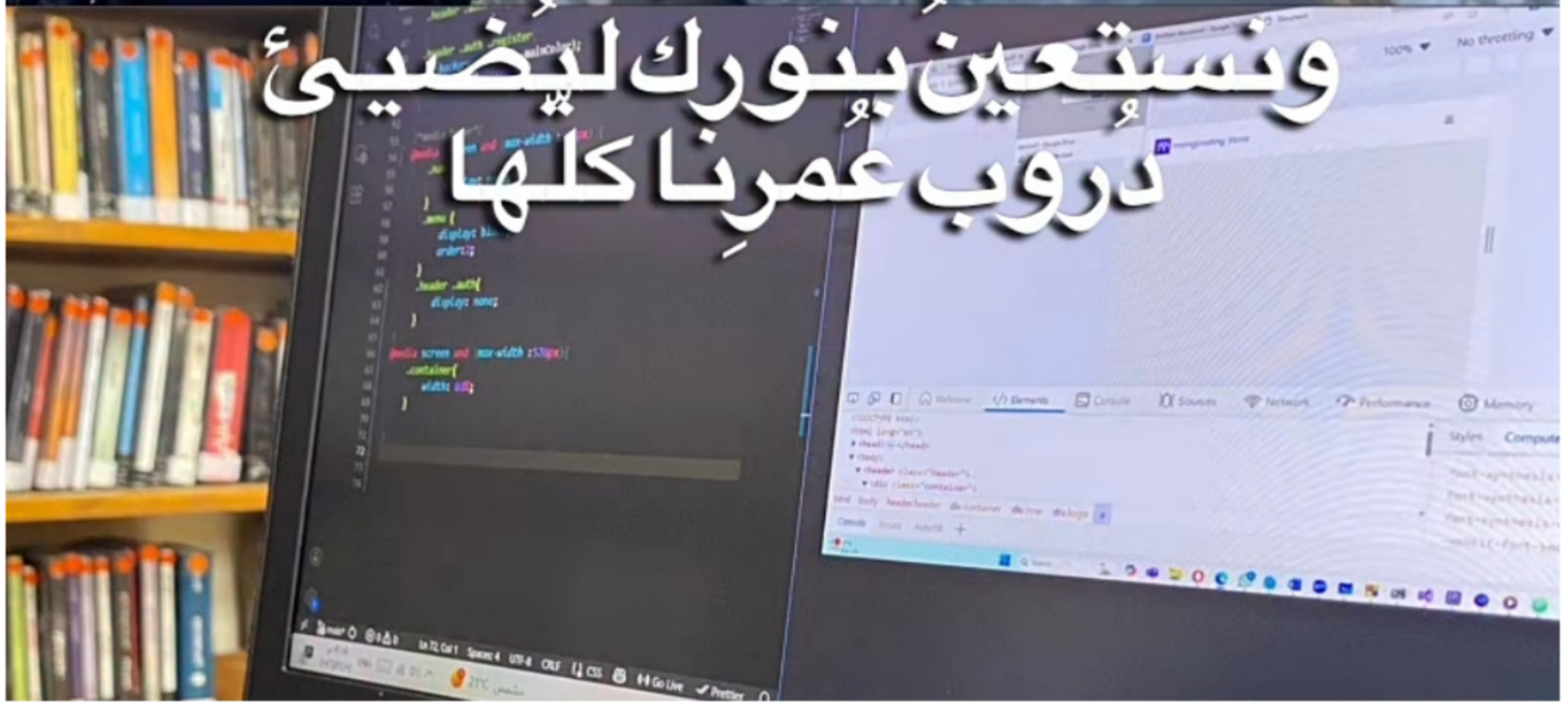
9. **C**

19. **B**

10. **B**

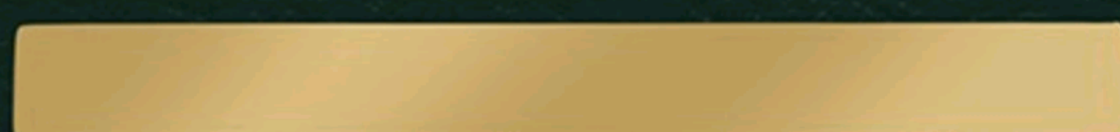
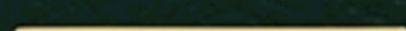
20. **B**







• WELCOME •







AFOOQ  
SUMMARIES

﴿وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا﴾

DR. HALA 



"الرَّاعِبُ فِي شَيْءٍ..  
يَسِيرُ إِلَيْهِ بِقَلْبِهِ كُلَّهُ، كُلَّهُ أَوْ فَلَيقَفْ!"







# Enzymes



Eduard Buchner in 1897

1

Cell-free yeast extracts could ferment sugar to alcohol

2

Fermentation was promoted by molecules that functioned outside cells

3

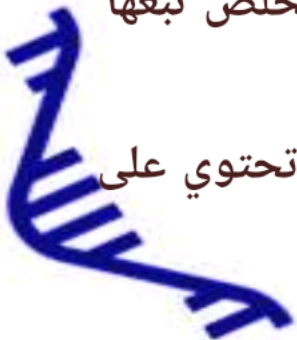
The name "enzymes" was given to these molecules



The term "enzyme" comes from the Greek words en (meaning "in") and zyme (meaning "yeast"). It reflects their role in fermentation.

هاد العالم eduard عمل تجربة قدر من خلالها يوصف الانزيمات حيث قام بطحن خلايا الخميرة وأخذ المستخلص تبعها وضافه على السكريات فوجد أن السكريات تتحول إلى كحولات بمعنى عمل عملية تخمر (fermentation) فإشنتج من ذلك أن طالما حدثت عملية ال fermentation من مستخلص الخميرة فبالتالي خلايا الخميرة تحتوي على مواد أو مركبات لها القدرة أن تعمل خارج الخلية هذه المركبات فيما بعد سماها بالإنزيمات .

MOHAMMED ELEYN





# Enzymes

## Enzymes are Biological Catalysts

Enzymes accelerate chemical reactions in living organisms without being consumed in the process. They are essential for life because they enable metabolic reactions to occur at rates compatible with cellular needs.

## Highly Specialized RNA or Proteins

Most enzymes are proteins, but some are RNA molecules (e.g., ribozymes). Their three-dimensional structures are highly specialized to perform specific functions.

## Extraordinary Catalytic Power

Increase reaction rates

Example: Carbonic anhydrase hydrates  $\text{CO}_2$   $10^7$  times faster than the uncatalyzed reaction.

## High Degree of Specificity

Enzymes bind specific substrates via precise molecular interactions. Example: Lactase hydrolyzes lactose but not other disaccharides

## Function Under Mild Conditions

Operate efficiently in aqueous solutions at physiological pH and temperature.

Example: Trypsin functions optimally at pH 8.

## Unique Properties Compared to Non-Biological Catalysts

Non-biological catalysts often require extreme conditions (e.g., high temperature, pressure).



ال catalyst هي مواد أو مركبات لها القدرة على زيادة سرعة التفاعل الكيميائي دون أن تستهلك أثناء التفاعل

ال Biological catalyst المستخدم لتعريف الإنزيمات هي مواد كيميائية أو بروتين أو RNA تستطيع أن تسرع التفاعل الكيميائي في living organisms دون أن تستهلك (consumed) خلال العملية ولها القدرة على زيادة سرعة metabolic reaction بمعدلات تتناسب مع cellular needs.



- المركبات مثل RNA والبروتين لها Special three-dimensional structure

- شكلها ثلاثي الأبعاد مهم من أجل القيام بوظيفتها

- فبالتالي لما بدى أعرف إذا الإنزيم

- وظيفي ولا لأ لازم أعرف الشكل ثلاثي

- الأبعاد فبالتالي لما يتواجد الإنزيم بشكله الخاص يستطيع القيام بوظيفته

very important note :

ليس كل إنزيم بروتين مفهوم خاطئ بسبب

وجود بعض جزيئات ال RNA



: Extraordinary catalytic power

إنزيم ال carbonic anhydrase

يحول ال



(ل كربونيك أسيد )

بمعدل أسرع ب  $10^7$  من عدم وجود

هذا الإنزيم

فالإنزيمات تسرع من سرعة التفاعل

Function under  
mild condition

الإنزيمات لا

تحتاج ظروف

قاسية

فالإنزيمات

تشتغل في ال

aqueous

solution وفي

درجات حرارة

و pH مناسبة

للجسم

مثال trypsin

يعمل عند

pH=8

High Degree of specificity

الإنزيم يرتبط ب substrate معين فبالتالي

تشتغل على مواد

خاصة بكل إنزيم فيها

example

إنزيم ال Lactase يعمل hydrolysis

(تحلل وتفكك) لسكر ال lactose

ولا يعمل لسكر ثنائي آخر



بوجود إنزيم Lactase

non biological catalyst

تحتاج ظروف قاسية

(extreme conditions)

مثل درجة حرارة عالية

وضغط مرتفع





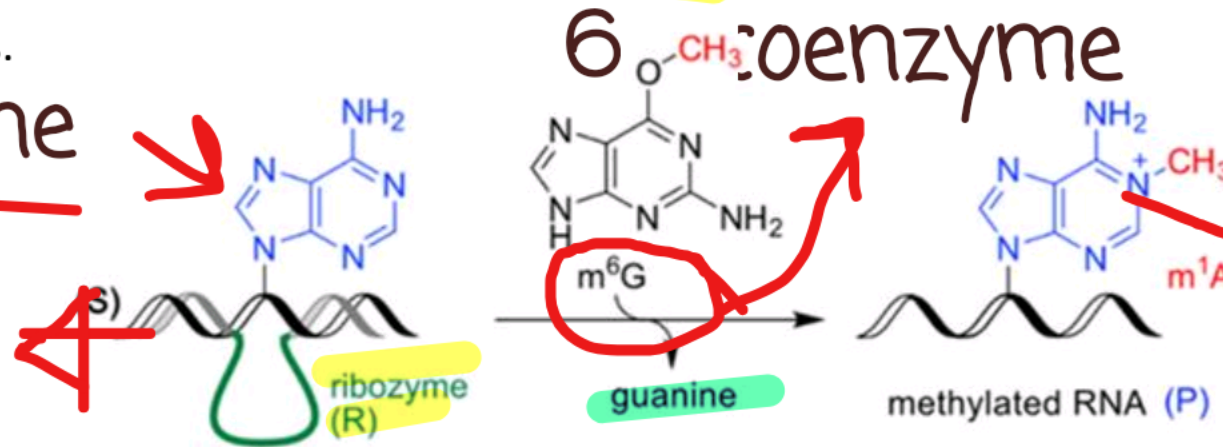
# Ribozymes



- **Ribozymes** (ribonucleic acid enzymes) are **RNA molecules** that have the ability to catalyze specific biochemical reactions.

adenosine

RNA



Methyltransferase Ribozyme (MTR1): is a ribozyme **catalyzes methyl transfer** to generate **1-methyladenosine (m1A)**.

ال ribozyme اسمه  
methyltransferase)  
(Ribozyme له القدرة على نقل  
methyl group من ال  
Coenzyme المرافق لهذا  
الإنزيم على ال substrate  
ليتكون ال product





# Some Enzymes Need Other Chemical Groups

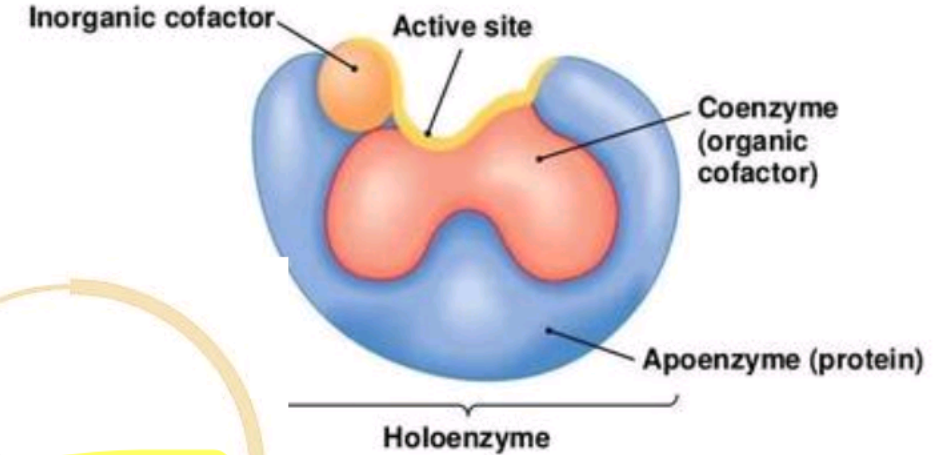
Not all enzymes are fully functional on their own. Many require additional molecules to catalyze reactions effectively.

1

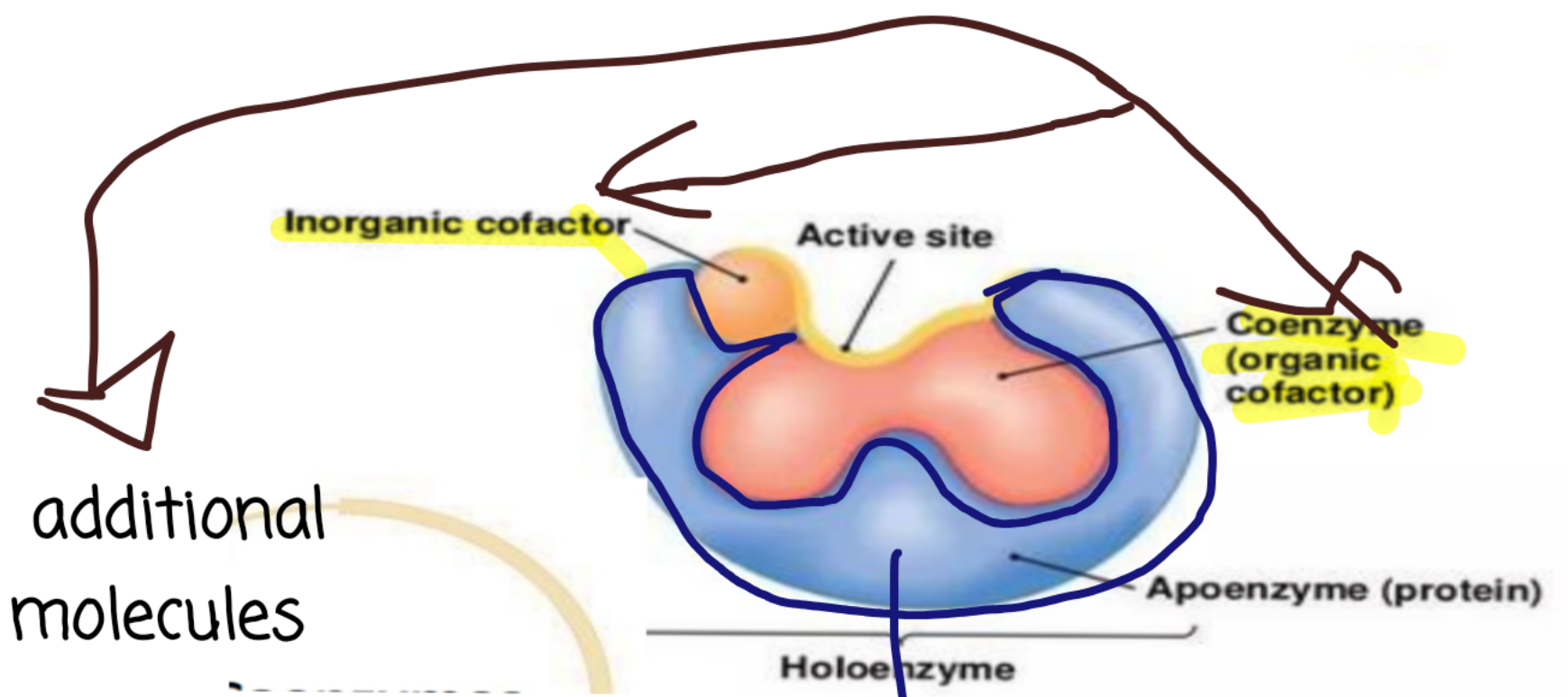
Cofactors

2

Coenzymes







- هذا الجزء البروتيني جزء من الإنزيم فبالتالي في التفاعل الكيميائي نجد أنه not effective أي أنه لا يعمل
- increase to the rate of reaction effectively
  - لأن هذا الإنزيم يحتاج لجزيئات أخرى حتى يصبح functionally active أو fully functionally active
  - functionally active ويقوم بوظيفته effectively
  - فبالتالي ليس كل الإنزيمات تستطيع القيام بوظيفتها بشكل effectively على صورتها الأصلية (بروتين أو RNA)
  - إنما في بعض الإنزيمات تحتاج ل molecules أخرى تساعد للقيام بوظيفتها بشكل فعال





# Some Enzymes Need Other Chemical Groups

Cofactors:

Inorganic ions (e.g.,  $Mg^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$ ) that assist in catalysis.

Example: Carbonic anhydrase requires  $Zn^{2+}$  for activity.

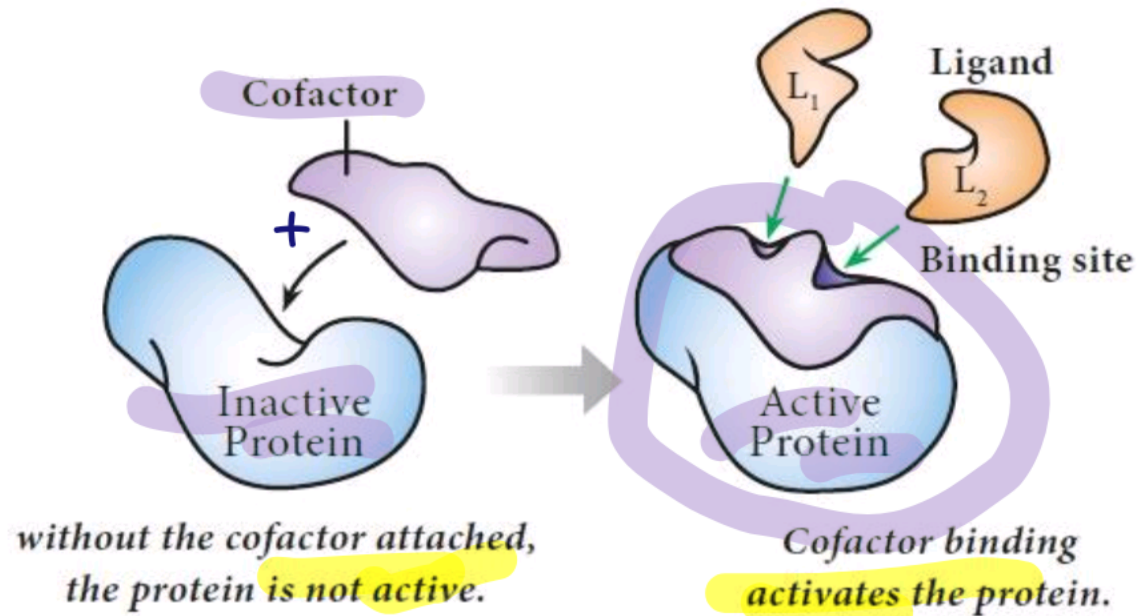
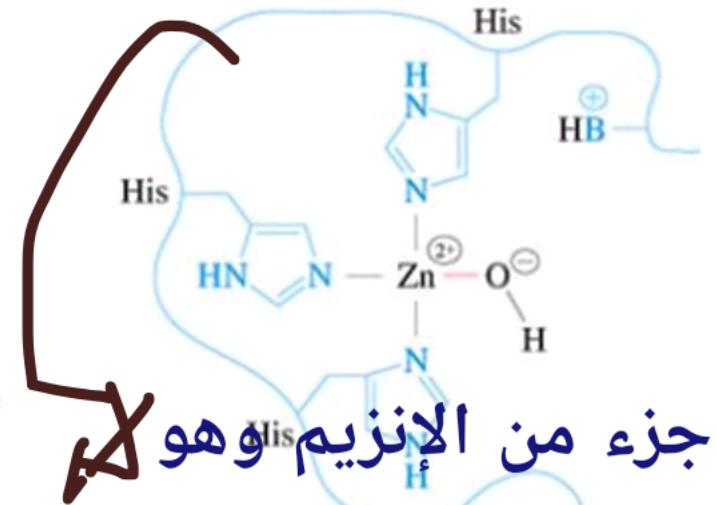


Figure 4.1 Cofactor binding

MOHAMMED ELEYAN



جزء من الإنزيم وهو  
ال active side  
amino acid residues  
ماتبقى من التفاعل أثناء  
تكوين البروتين



## Some Enzymes Need Other Chemical Groups

**Table 6-1 Some Inorganic Ions That Serve as Cofactors for Enzymes**

| Ions                                 | Enzymes                                                              |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| $\text{Cu}^{2+}$                     | Cytochrome oxidase                                                   |
| $\text{Fe}^{2+}$ or $\text{Fe}^{3+}$ | Cytochrome oxidase, catalase, peroxidase                             |
| $\text{K}^{+}$                       | Pyruvate kinase                                                      |
| $\text{Mg}^{2+}$                     | Hexokinase, glucose 6-phosphatase, pyruvate kinase                   |
| $\text{Mn}^{2+}$                     | Arginase, ribonucleotide reductase                                   |
| Mo                                   | Dinitrogenase                                                        |
| $\text{Ni}^{2+}$                     | Urease                                                               |
| $\text{Zn}^{2+}$                     | Carbonic anhydrase, alcohol dehydrogenase, carboxypeptidases A and B |

مش مطلوب

حفظها

لكن مهم تعرف

إنها بتشتغل كـ

cofactors



# Some Enzymes Need Other Chemical Groups

Coenzymes:

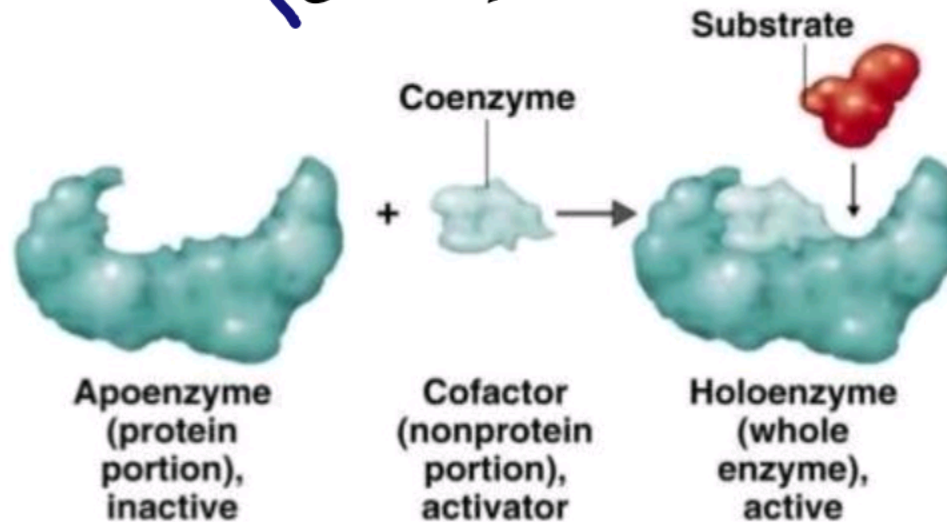
Organic or metalloorganic molecules that often act as carriers of specific functional groups (e.g., electrons, acyl groups).

Example:  $\text{NAD}^+$  (nicotinamide adenine dinucleotide) is a coenzyme involved in redox reactions

تفاعلات الأكسدة والإختزال

metalloorganic

هو عبارة عن  
part مرتبط مع  
inorganic part



MOHAMMED ELEYAN



## Some Enzymes Need Other Chemical Groups

للإطلاع

**Table 6-2 Some Coenzymes That Serve as Transient Carriers of Specific Atoms or Functional Groups**

| Coenzyme                                              | Examples of chemical groups transferred | Dietary precursor in mammals                                   |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Biotin                                                | $\text{CO}_2$                           | Biotin (vitamin B <sub>7</sub> )                               |
| Coenzyme A                                            | Acyl groups                             | Pantothenic acid (vitamin B <sub>5</sub> ) and other compounds |
| 5'-Deoxyadenosylcobalamin (coenzyme B <sub>12</sub> ) | H atoms and alkyl groups                | Vitamin B <sub>12</sub>                                        |
| Flavin adenine dinucleotide                           | Electrons                               | Riboflavin (vitamin B <sub>2</sub> )                           |
| Lipoate                                               | Electrons and acyl groups               | Not required in diet                                           |
| Nicotinamide adenine dinucleotide                     | Hydride ion ( $\text{:H}^-$ )           | Nicotinic acid (niacin, vitamin B <sub>3</sub> )               |
| Pyridoxal phosphate                                   | Amino groups                            | Pyridoxine (vitamin B <sub>6</sub> )                           |
| Tetrahydrofolate                                      | One-carbon groups                       | Folate (vitamin B <sub>9</sub> )                               |
| Thiamine pyrophosphate                                | Aldehydes                               | Thiamine (vitamin B <sub>1</sub> )                             |





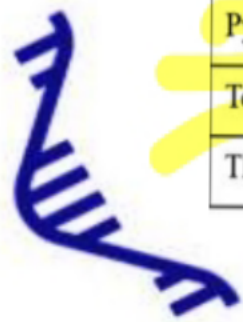
للإطلاع

## Some Enzymes Need Other Chemical Groups



Table 6-2 Some Coenzymes That Serve as Transient Carriers of Specific Atoms or Functional Groups

| Coenzyme                                              | Examples of chemical groups transferred | Dietary precursor in mammals                                   |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Biocytin                                              | CO <sub>2</sub>                         | Biotin (vitamin B <sub>7</sub> )                               |
| Coenzyme A                                            | Acyl groups                             | Pantothenic acid (vitamin B <sub>5</sub> ) and other compounds |
| 5'-Deoxyadenosylcobalamin (coenzyme B <sub>12</sub> ) | H atoms and alkyl groups                | Vitamin B <sub>12</sub>                                        |
| Flavin adenine dinucleotide                           | Electrons                               | Riboflavin (vitamin B <sub>2</sub> )                           |
| Lipoate                                               | Electrons and acyl groups               | Not required in diet                                           |
| Nicotinamide adenine dinucleotide                     | Hydride ion (:H <sup>-</sup> )          | Nicotinic acid (niacin, vitamin B <sub>3</sub> )               |
| Pyridoxal phosphate                                   | Amino groups                            | Pyridoxine (vitamin B <sub>6</sub> )                           |
| Tetrahydrofolate                                      | One-carbon groups                       | Folate (vitamin B <sub>9</sub> )                               |
| Thiamine pyrophosphate                                | Aldehydes                               | Thiamine (vitamin B <sub>1</sub> )                             |



MOHAMMED ELEYAN



المهم تعرف إنه عندي مجموعة من Coenzyme عبارة  
عن molecules هذه ال molecules إما organic أو  
metalloorganic وينقله مجموعة أو atoms وإلهم  
source وهو عبارة عن Dietary precursor





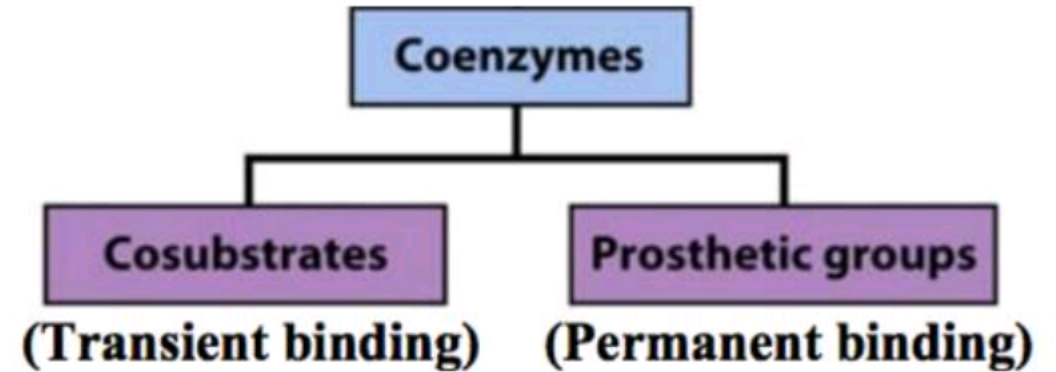
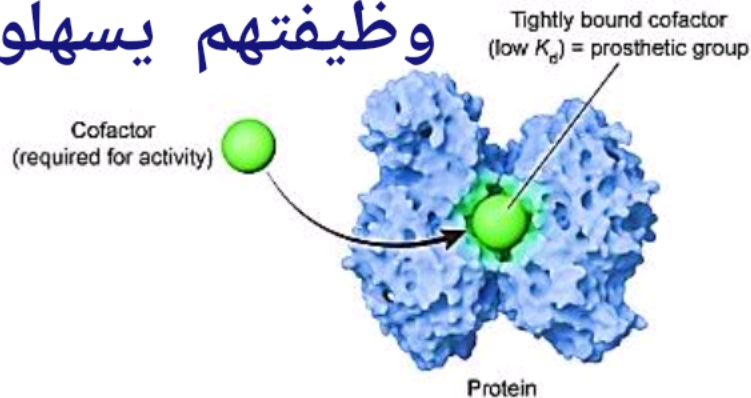
## Coenzymes are further divided into two types

**Prosthetic group:** coenzyme that is tightly (or even covalently and, therefore, permanently) bound to the enzyme.

**Cosubstrates** are transiently bound to the protein. Cosubstrates may be released from a protein at some point, and then rebind later.

Both prosthetic groups and cosubstrates have the same function, which is to facilitate the reaction of enzymes and proteins.

وظيفتهم يسهلوا التفاعل

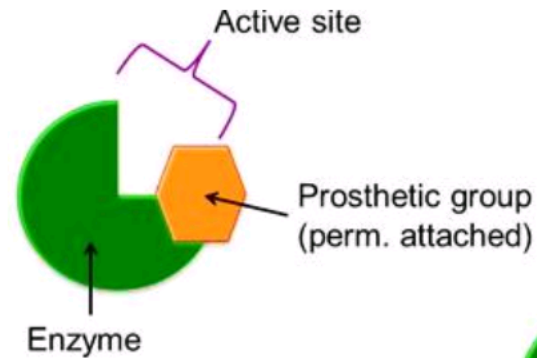






## Key Differences Between Prosthetic Groups and Cosubstrate

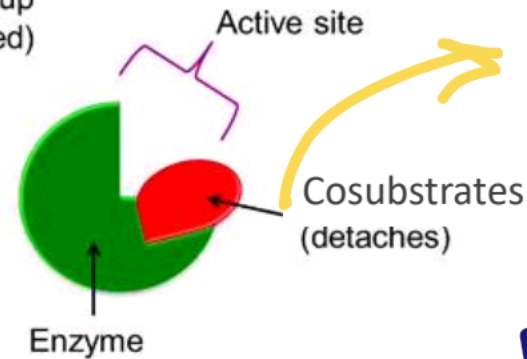
| Feature  | Prosthetic Group               | Cosubstrate                  |
|----------|--------------------------------|------------------------------|
| Binding  | Tightly bound (often covalent) | Loosely bound (non-covalent) |
| Release  | Remains attached to the enzyme | Released and regenerated     |
| Function | Permanent part of the enzyme   | Acts as a carrier or shuttle |
| Examples | Heme, FAD, biotin              | NAD <sup>+</sup> , CoA, ATP  |



**Prosthetic Groups**  
e.g., FAD

### Cosubstrates

e.g., NAD



**detachment**

بمعنى تنفصل

وترتبط ثاني

حسب التفاعل





# Holoenzyme vs. Apoenzyme

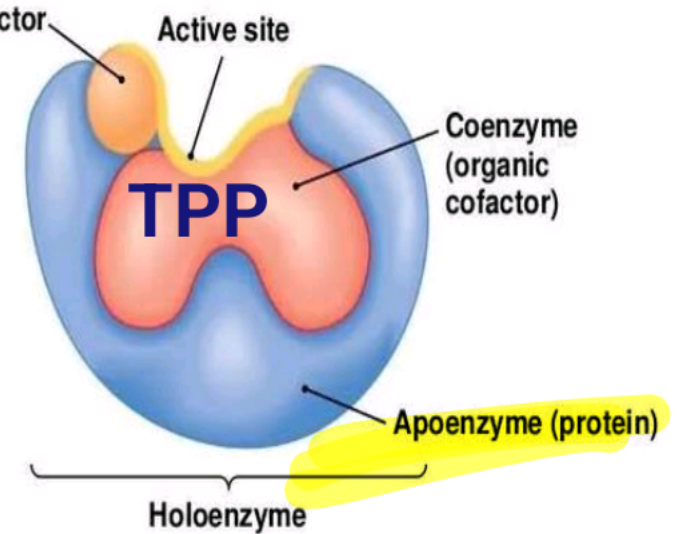
**Apoenzyme:** The protein part of the enzyme, inactive without its cofactor/coenzyme.

**Holoenzyme:** The active enzyme complex (apoenzyme + cofactor/coenzyme).

Example: Pyruvate dehydrogenase is a holoenzyme requiring thiamine pyrophosphate (TPP) as a coenzyme.

لو حده فقط مش RNA بتحتوي جزء بروتين أو enzymes  
cofactor أو Coenzyme محتاج

| Enzyme Type                                | Requires Cofactor? | Term to Use               |
|--------------------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Enzyme without cofactor                    | No                 | Enzyme (e.g., lysozyme)   |
| Enzyme with cofactor (inactive without it) | Yes                | Apoenzyme (inactive form) |
| Enzyme with cofactor (active with it)      | Yes                | Holoenzyme (active form)  |



enzymes أو cofactor تحتاج  
Coenzyme



# Active Site and Substrate

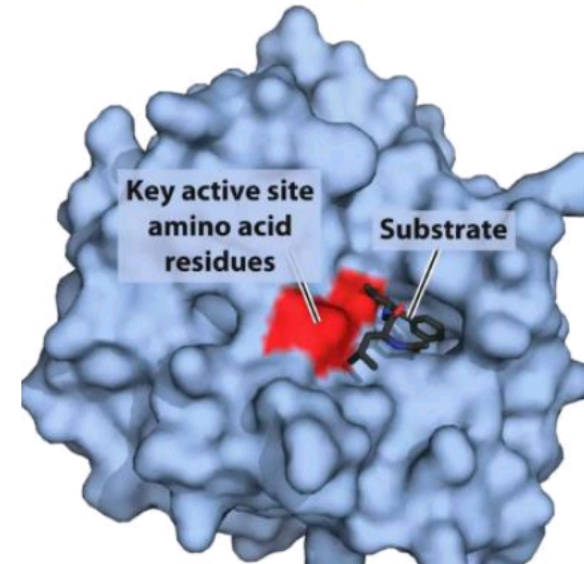
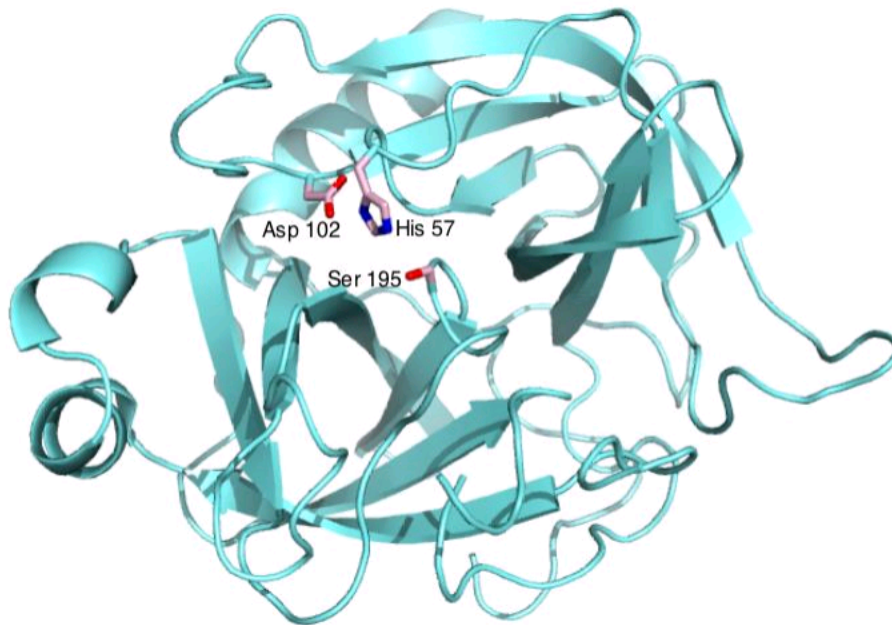
## 1. Active Site:

A specialized region of the enzyme where the substrate binds and the reaction occurs.

Provides a **unique microenvironment** (e.g., specific pH, charge distribution) to accelerate the reaction.

Contains catalytic residues that participate directly in the reaction.

Example: Chymotrypsin catalytic triad (Ser195, His57, Asp102).





ال **Active side** هي منطقة من الإنزيم يرتبط فيها ال **Substrate** أثناء التفاعل من صفات ال **Active side** يوفر **microenvironment** (ظروف مناسبة ) لل **substrate** لحدوث التفاعل توفر مثلاً **pH** مناسب للتفاعل و الإشارات  $\pm$  لترتبط معه ال **substrate** وبالتالي يحدث التفاعل وأيضاً ال **Active side** يحتوي على **catalytic residues** يعني ال **amino acids residues** المهمة التي تدخل مباشرة في التفاعل مثل **chymotrypsin** يحتوي على **histidine** , **serine 195** **Asparate** 102, 57 وعندما يحدث **folding** للبروتين الموجود عنده بياخذ ال **tertiary structure** (شكل ثالثي) وال **globular structure** (كروي) يتكون ال **Active side**





## Active Site and Substrate



### 2. Substrate

The specific molecule that binds to the active site and is transformed into the product(s).

Binding is highly specific due to complementary shape and chemical properties.

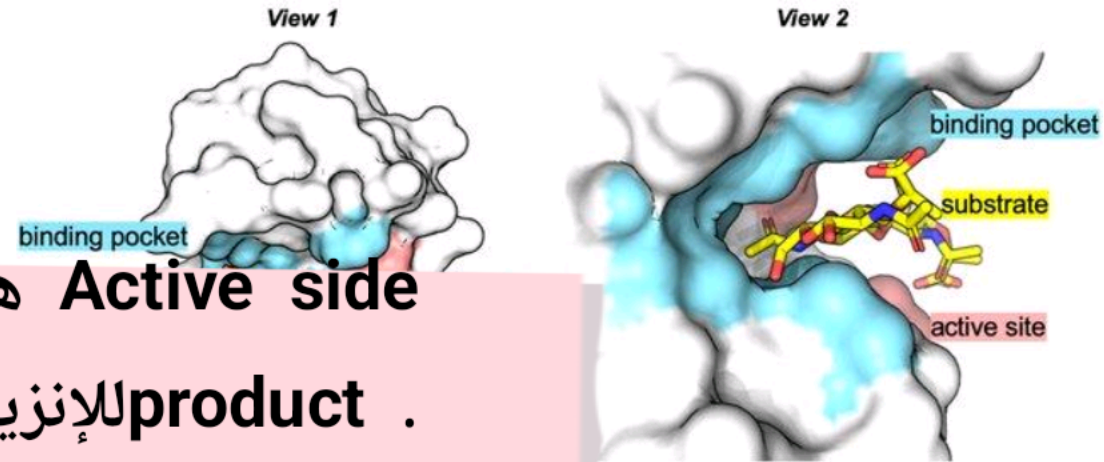
Example: Glucose is the substrate for hexokinase.

هنا موضع سؤال مين الـ +

ومين - في lysozyme

**Lysozyme** has negatively charged residues in its active site that bind to the positively charged regions of its polysaccharide substrate.

Binding groove and active site of lysozyme



**Active side** هو المادة المتفاعلة التي ترتبط مع الـ **Substrate**

. **product** للإنزيم للتحويل لـ

الارتباط بين **substrate** و الـ **active side**

بكون **high specific** بسبب **complementary shape** و

الـ **chemical properties**.

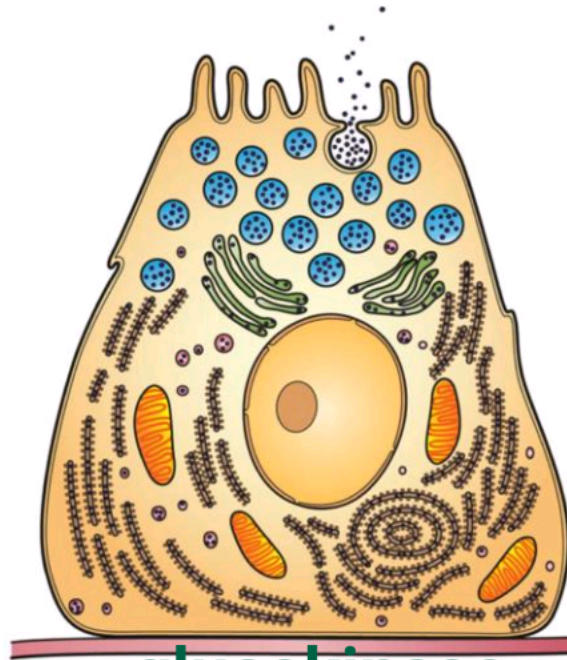






## Cellular distribution of enzymes

تقسم الإنزيمات حسب مكان عملها إلى قسمين :



اعرفلي المثال على كل قسم

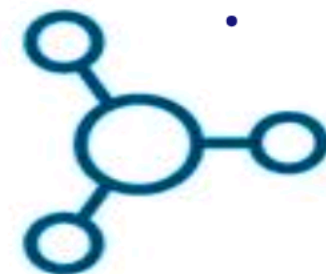
عبارة عن إنزيمات تصنع وتعمل داخل glucokinase

1- Intracellular enzymes: Produced and act inside the cells e.g. metabolic enzymes. liver الخلايا

2- Extracellular enzymes: Produced inside the cells and act outside the cells e.g. digestive enzymes

و البروتينات والليبيدات carbohydrate

MOHAMMED ELEYAN







## Enzyme specificity



- Enzyme specificity refers to the ability of an enzyme to selectively recognize and catalyze a particular substrate or a group of substrates. There are several types of enzyme specificity, each describing a different level or type of selectivity

- Optical (stereo) specificity      الخصوصية الضوئية أو الفراغية

- Group specificity      خصوصية المجموعة

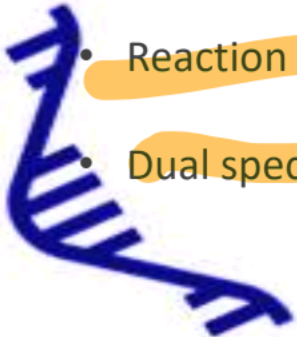
- Absolute specificity      الخصوصية المطلقة

- Relative specificity      خصوصية نسبية

- Reaction specificity      خصوصية التفاعل

- Dual specificity      خصوصية مزدوجة

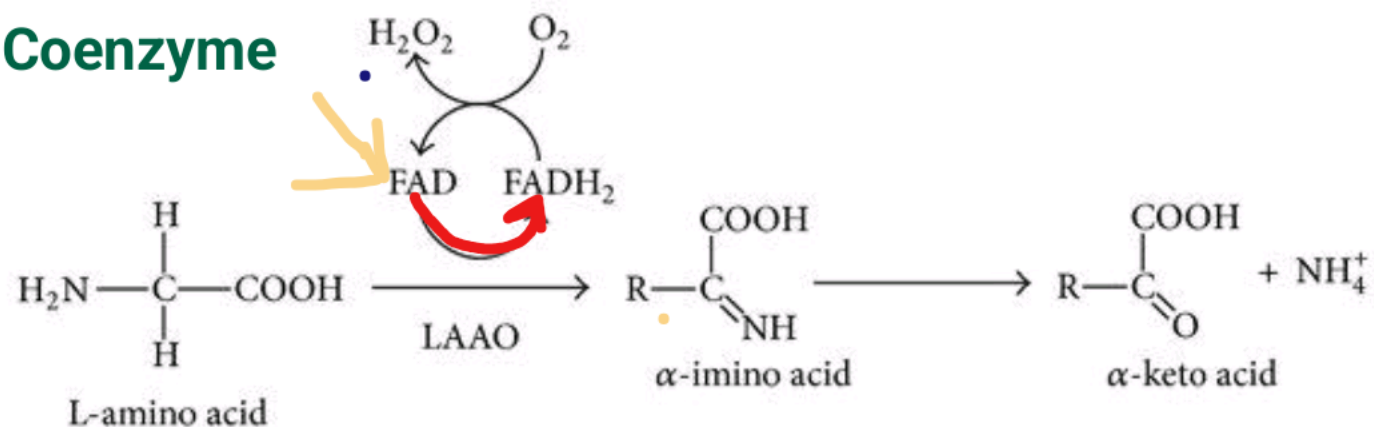
قدرة الإنزيم بشكل إختياري  
على التعرف على متفاعلاته  
( substrate ) لتحفيز  
التفاعل وحدوثه .





## Optical (stereo) specificity

Coenzyme



بتشغل على واحد فقط من الـ 2

**isomers** • Enzymes act on one of 2 isomers

- L-amino acid oxidase acts only on L-amino acids, not D-amino acids.
- D-lactate dehydrogenase acts only on D-lactate, not L-lactate.

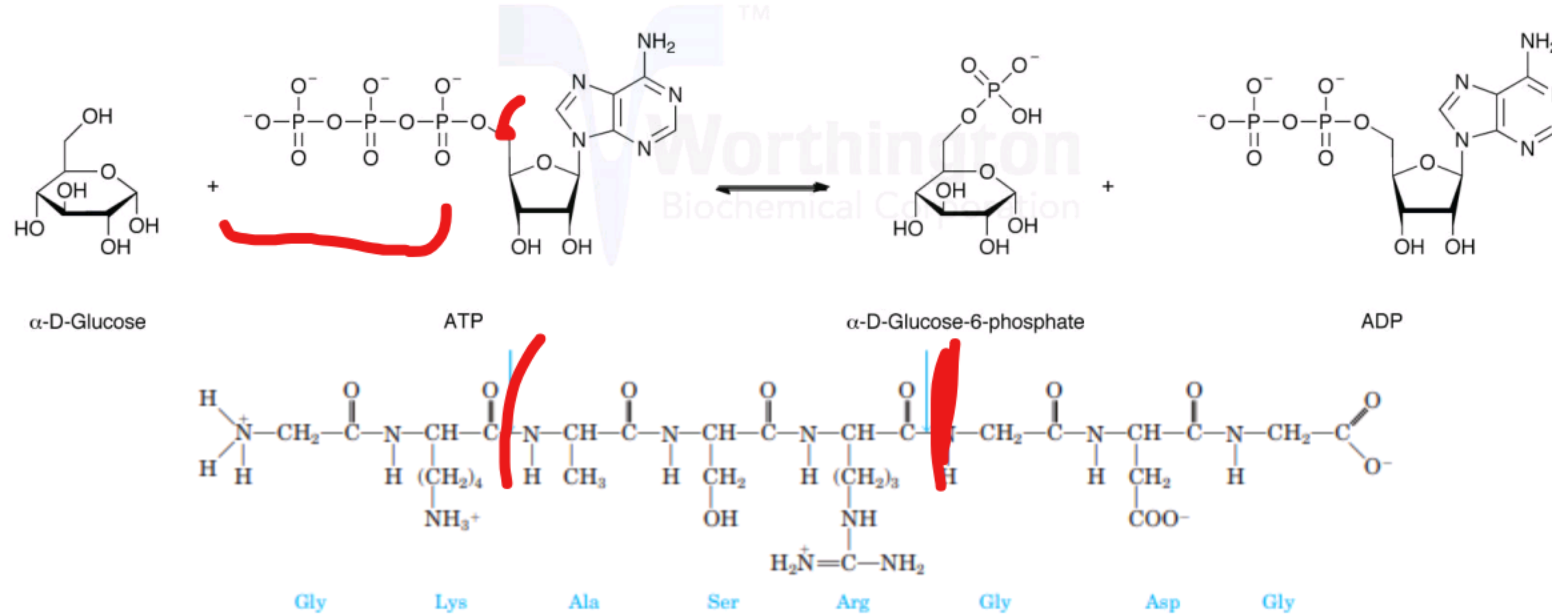
*D-lactic acid*





## Group specificity

Hexokinase



**FIGURE 15.1** A typical amino acid sequence. The enzyme trypsin catalyzes the hydrolysis of this chain only at the points marked with an arrow (the carboxyl side of lysine and arginine).

The enzyme acts on a specific functional group or chemical bond within a group of structurally related substrates.

- Example:
- Hexokinase phosphorylates hexose sugars (e.g., glucose, fructose) at the 6<sup>th</sup> carbon.
- Trypsin cleaves peptide bonds on the carboxyl side of basic amino acids (lysine and arginine).



سواء عندي glucose أو  
fructose فإن ال hexokinase  
بيعمله phosphorylation على  
position رقم ٦ لوجود  
specific function )  
group( hydroxyl group

ال hexokinase باخد مجموعة  
فوسفات من ال ATP  
وبضيفها على كربونة رقم 6  
بشرط انه ال hexokinase  
بحتوي على hydroxyl group  
على كربونة رقم 6

بشتغل على لبروتينات Trypsin  
للرابطة hydrolysis بعمل  
. الببتيدية

فال trypsin بشتغل على رابطة  
معينة ( chemical bond )

ال Trypsin له شروط  
معينة مثل أنه يقطع  
من جهة carboxyl  
side لل basic amino  
acid مثل lysine و  
ال arginine





## Absolute specificity التخصية المطلقة



Urea

One enzyme acts only on one substrate e.g. urease enzyme acts only on urea.



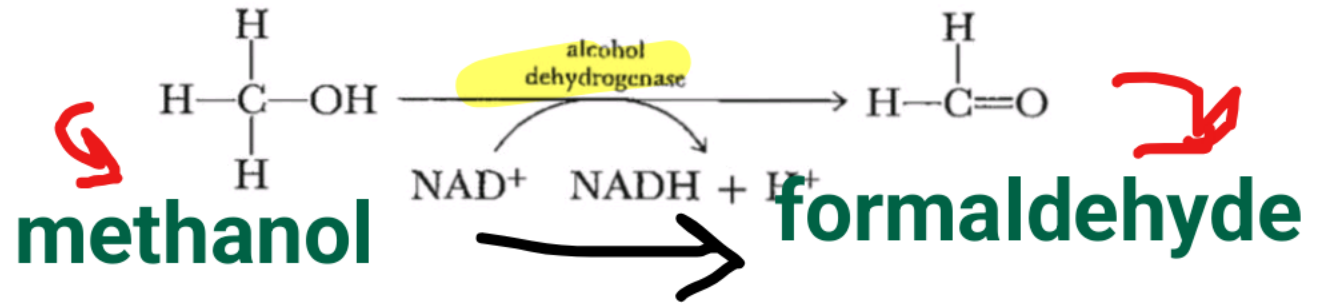
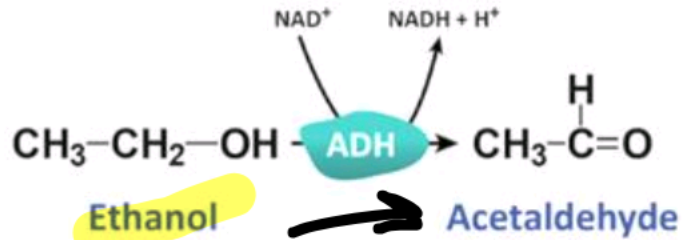


## Relative specificity

Acts on a range of related substrates.

Example: Alcohol dehydrogenase oxidizes various alcohols.

Carboxypeptidase cleaves amino acids from the C-terminus of various peptides.

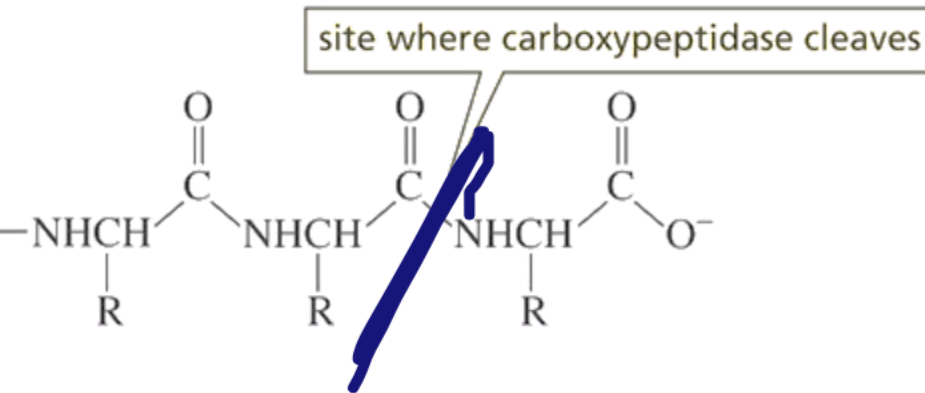


الإنزيم يشتغل على

مجموعة من

الsubstrate لها علاقة

في بعض



MOHAMMED ELEYAN

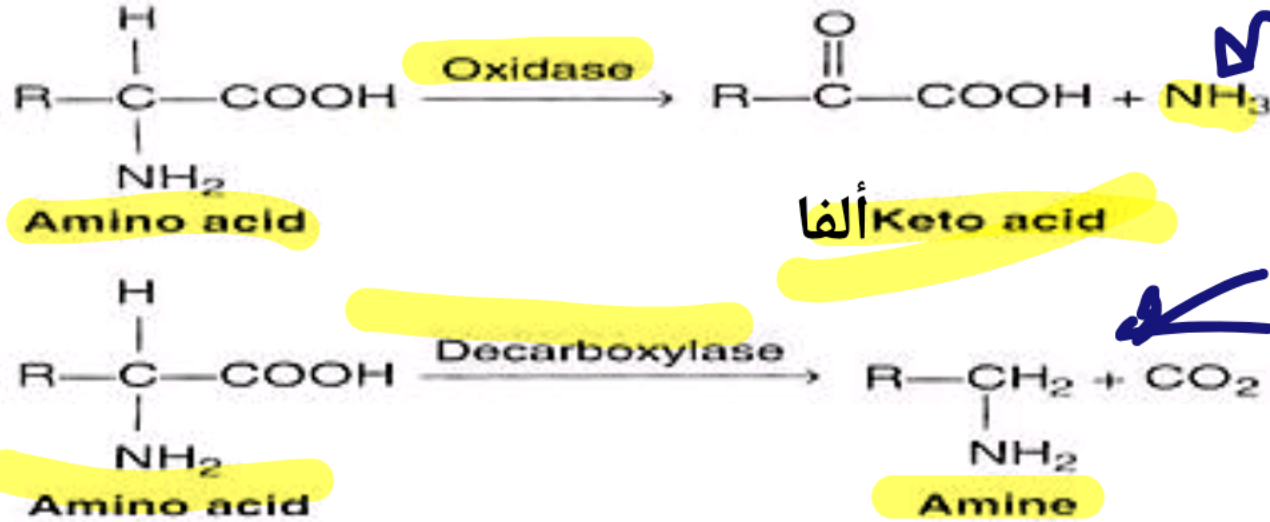




## Reaction specificity



نفس المادة المتفاعلة  
يمكن أن تدخل أكثر من  
نوع من التفاعلات لكن  
كل تفاعل له إنزيم  
خاص



بنزع

ألفا

بنزع مجموعة  
كربوكسيل

- The same substrate can undergo different types of reactions, each catalyzed by a separate enzyme and this is referred to as reaction specificity.

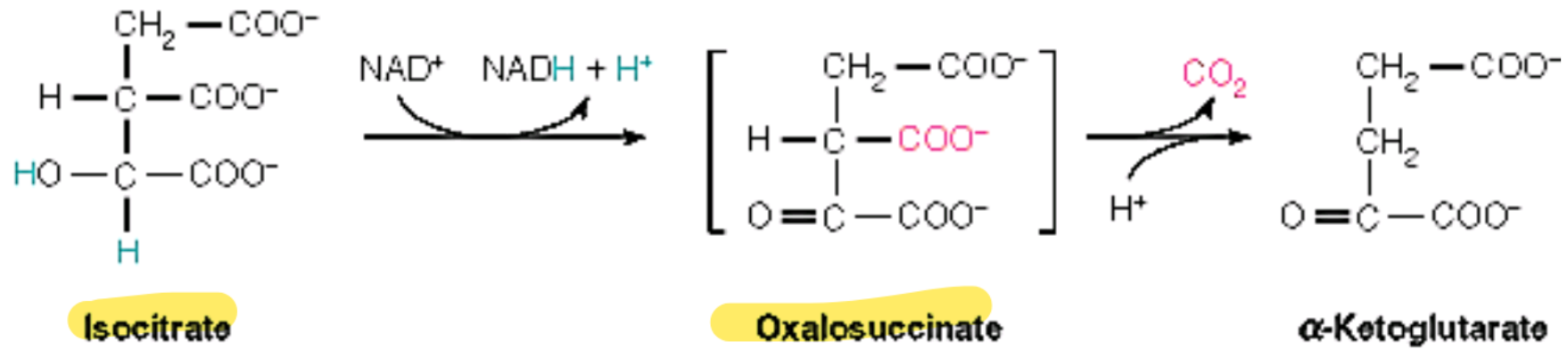
- An amino acid can undergo transamination, oxidative deamination, decarboxylation etc. The enzymes are different for each of these reactions.







## Dual specificity



One enzyme acts on 2 different substrates e.g. isocitrate dehydrogenase enzyme acts on isocitrate and oxalosuccinate.



**MOHAMMED ELEYAN**



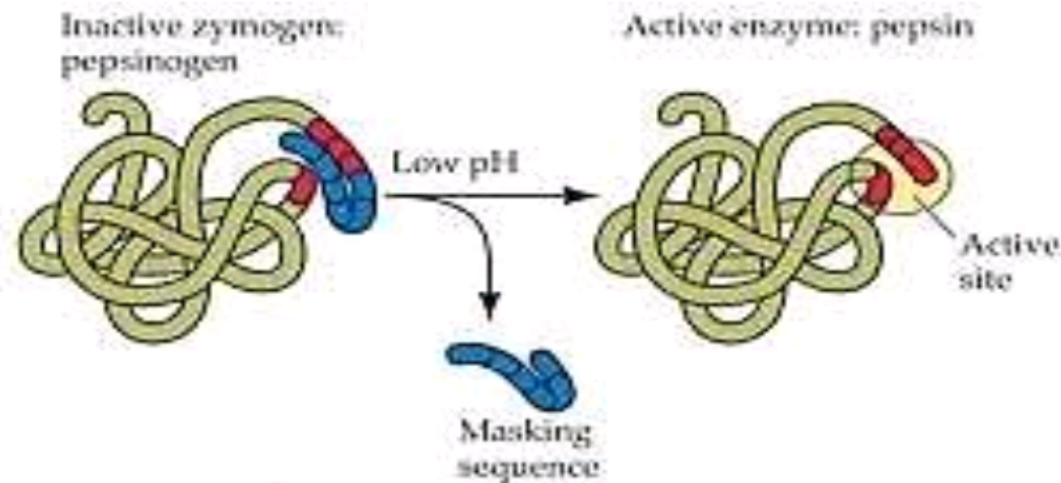


# Zymogens

Zymogens (or proenzymes) are inactive precursors of enzymes.

They are synthesized in an inactive form to prevent unwanted enzymatic activity within the cell or during secretion.

Activation of zymogens occurs through proteolytic cleavage or changing the configuration, where a portion of the polypeptide chain is removed to expose the active site.



الشرح في الصفحات القادمة 😊  
MOHAMMED ELEYAN



هل كل الإنزيمات بتصنع بشكلها ال **active** أي  
بمعنى بمجرد ما تصنع بتشتغل على ال **substrate**  
مباشرة ???

الجواب لا ، لأنه جزء كبير من الإنزيمات بتصنع على

صورة **Zymogens or proenzyme**

بمعنى أن الإنزيم يصنع على صورة غير نشطة

الجانب النشط الذي ترتبط فيه ال **substrate** يكون

مغطى وغير معرض أن ترتبط فيه ال **substrate**

يتم تصنيعها لمنع حدوث نشاط إنزيمي غير مرغوب فيه

داخل الخلية أو أثناء عملية الإفراز لو أنا عندي إنزيمات

تعمل على تكسير البروتينات مثل الإنزيمات التي تتدخل

في عمليات الموت المبرمج للخلايا ( **Apoptosis** ) هذه

الإنزيمات تسمى **Caspases** وظيفتها تكسر أي بروتينات

تلاقيها في الخلايا لو هذه الإنزيمات تصنع في شكلها

النشط فبالتالي هاي الإنزيمات راح تكسر الخلية في

الوقت التي بتتصنع فيه لكن ممكن الخلية تصنع

ال **Caspases** في حال لو كانت مش داخله مرحلة موت



فبالتالي لو كانت الإنزيمات نشطة هتكسر بروتينات  
الخلية وتسبب للخلية موت وهاد ما بدنا إياه  
فبالتالي وقت ما تتقرر الخلية تموت الخلية تنشط  
هذه الإنزيمات لكن طول ماهي الخلية عايشة وما فيها  
مشاكل الإنزيمات تتصنع بصورة **Zymogens** بصورة  
غير نشطة

والجزء النشط منها يكون مغطى وبالتالي بنكون  
محافظين على الخلية

كذلك الحال في الإنزيمات التي تشتغل على  
البروتينات بتعمل لها هضم مثل ببسين يبدأ يعمل  
عندما يحدث له **secretion** و **release** في ال  
**stomach** وهناك ينشط ويعمل على تكسير  
البروتينات القادمة من الطعام لكن داخل الخلية ما  
بشتغل







يحدث تنشيط الزيموجينات من خلال:

القطع البروتيني (Proteolytic cleavage)؛ حيث يُزال جزء من سلسلة عديد الببتيد.

أو عن طريق تغيير الشكل أو التركيب الفراغي للإنزيم.

وبذلك ينكشف الموقع النشط

(Active site) ويصبح الإنزيم

قادرًا على أداء وظيفته.

المثال في الصورة السلايد السابق :

زيموجين غير نشط : Pepsinogen

عند تعرضه لدرجة حموضة منخفضة

Low pH في المعدة، يُزال الجزء الذي

يغطي الموقع النشط.

يتحول إلى Pepsin، وهو الإنزيم

النشط





# Zymogens

المعلومات الوراثية المخزنة على  
DNA لكل البروتينات وال RNA  
التي يتصنع داخل الخلايا

يتم نسخ ال DNA  
لجزيئ RNA

mRNA

عملية النسخ  
Transcription

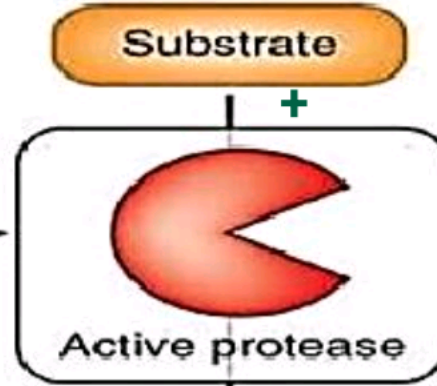
عملية ترجمة  
Translation



Zymogen

inactive

عملية نشطة  
Activation

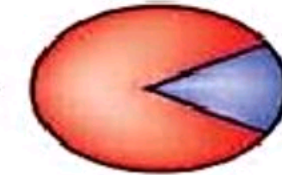


Active protease



Downstream effect

Inhibition



Protease-inhibitor complex

Degradation





مهم تعرفوهم

**Table 14.1** Gastric and pancreatic zymogens

| Site of synthesis | Zymogen             | Active enzyme    |
|-------------------|---------------------|------------------|
| Stomach           | Pepsinogen          | Pepsin           |
| Pancreas          | Chymotrypsinogen    | Chymotrypsin     |
| Pancreas          | Trypsinogen         | Trypsin          |
| Pancreas          | Procarboxypeptidase | Carboxypeptidase |
| Pancreas          | Proelastase         | Elastase         |



## Questions

1. Which scientist demonstrated in 1897 that cell-free yeast extracts could ferment sugar to alcohol?

- A. Louis Pasteur
- B. Eduard Buchner
- C. Michaelis Menten
- D. Emil Fischer

2. The term “enzyme” is derived from Greek words meaning:

- A. Outside the cell
- B. Active protein
- C. In yeast
- D. Biological catalyst

3. Which statement best describes an enzyme?

- A. It increases the equilibrium constant of a reaction.
- B. It accelerates a reaction without being consumed.
- C. It provides energy for an unfavorable reaction.
- D. It is permanently changed into the reaction product.

4. Most enzymes are composed of:

- A. Lipids
- B. Carbohydrates
- C. Proteins
- D. DNA

5. Which of the following represents a catalytic RNA molecule?

- A. Apoenzyme
- B. Ribozyme
- C. Holoenzyme
- D. Zymogen



6. Methyltransferase ribozyme MTR<sup>1</sup> catalyzes

methyl transfer to produce:

A. 5-methylcytosine

B. 1-methyladenosine

C. 7-methylguanosine

D. Thymidine monophosphate

7. Carbonic anhydrase can hydrate CO<sub>2</sub>

approximately how much faster than the uncatalyzed reaction?

A. 10<sup>2</sup> times

B. 10<sup>4</sup> times

C. 10<sup>7</sup> times

D. 10<sup>10</sup> times

8. Trypsin functions optimally at approximately:

A. pH 2

B. pH 5

C. pH 7

D. pH 8

9. Which property explains why lactase hydrolyzes

lactose but does not normally hydrolyze other disaccharides?

A. Catalytic power

B. Enzyme specificity

C. Cellular distribution

D. Proteolytic activation

10. Which of the following is an inorganic cofactor?

A. NAD<sup>+</sup>

B. Coenzyme A

C. Zn<sup>2+</sup>

D. Biotin



11. Carbonic anhydrase requires which ion for its enzymatic activity?

- A.  $\text{Cu}^{2+}$
- B.  $\text{K}^{+}$
- C.  $\text{Zn}^{2+}$
- D.  $\text{Ni}^{2+}$

12. Which ion acts as a cofactor for urease according to the slides?

- A.  $\text{Ni}^{2+}$
- B.  $\text{Mg}^{2+}$
- C.  $\text{Cu}^{2+}$
- D.  $\text{K}^{+}$

13.  $\text{Mg}^{2+}$  may serve as a cofactor for all of the following EXCEPT:

- A. Hexokinase
- B. Glucose 6-phosphatase
- C. Pyruvate kinase
- D. Urease

14. Coenzymes are best described as:

- A. Inorganic ions that permanently inhibit enzymes
- B. Organic or metalloorganic molecules that may carry functional groups
- C. Protein portions of inactive enzymes
- D. RNA molecules that degrade proteins

15.  $\text{NAD}^{+}$  mainly participates in the transfer of:

- A. Carbon dioxide
- B. Amino groups
- C. Hydride ions
- D. One-carbon groups



16. Which coenzyme carries acyl groups?

A. Coenzyme A

B. Pyridoxal phosphate

C. Tetrahydrofolate

D. Thiamine pyrophosphate

17. Which coenzyme is derived from vitamin B<sub>6</sub> and transfers amino groups?

A. Biotin

B. Pyridoxal phosphate

C. Flavin adenine dinucleotide

D. Nicotinamide adenine dinucleotide

18. A coenzyme that is tightly or covalently attached to an enzyme is called a:

A. Cosubstrate

B. Prosthetic group

C. Zymogen

D. Substrate analogue

19. Which of the following is correctly classified as a cosubstrate?

A. Heme

B. FAD

C. Biotin

D. NAD<sup>+</sup>

20. Which statement correctly distinguishes a prosthetic group from a cosubstrate?

A. A prosthetic group is released after every reaction, whereas a cosubstrate remains attached.

B. A prosthetic group is tightly bound, whereas a cosubstrate binds transiently.

C. A prosthetic group is always inorganic, whereas a cosubstrate is always a protein.

D. A prosthetic group inhibits enzymes, whereas a cosubstrate activates them.

21. The protein portion of an enzyme that is inactive without its required cofactor is called the:
- A. Holoenzyme
  - B. Apoenzyme
  - C. Coenzyme
  - D. Prosthetic group
22. Which combination forms a holoenzyme?
- A. Substrate + product
  - B. Apoenzyme + cofactor or coenzyme
  - C. Zymogen + inhibitor
  - D. Protein + substrate only
23. Pyruvate dehydrogenase requires which coenzyme according to the slides?
- A. Thiamine pyrophosphate
  - B. Tetrahydrofolate
  - C. Biotin
  - D. Vitamin C
24. Which group of amino acid residues forms the catalytic triad of chymotrypsin?
- A. Ser<sup>195</sup>, His<sup>57</sup>, Asp<sup>102</sup>
  - B. Cys<sup>195</sup>, Lys<sup>57</sup>, Glu<sup>102</sup>
  - C. Ser<sup>57</sup>, His<sup>102</sup>, Asp<sup>195</sup>
  - D. Thr<sup>195</sup>, Arg<sup>57</sup>, Asp<sup>102</sup>
25. Lysozyme binds its polysaccharide substrate partly because:
- A. Positively charged active-site residues bind negatively charged substrate regions.
  - B. Negatively charged active-site residues bind positively charged substrate regions.
  - C. Hydrophobic residues form covalent bonds with the substrate.
  - D. The substrate has no charge or structural complementarity.



26. Digestive enzymes are generally classified according to cellular distribution as:
- A. Intracellular enzymes
  - B. Nuclear enzymes
  - C. Extracellular enzymes
  - D. Membrane-bound ribozymes
27. L-amino acid oxidase acts on L-amino acids but not on D-amino acids. This is an example of:
- A. Absolute specificity
  - B. Group specificity
  - C. Optical specificity
  - D. Reaction specificity
28. Which enzyme–specificity pairing is INCORRECT?
- A. Urease acting only on urea — absolute specificity
  - B. Alcohol dehydrogenase acting on several alcohols — relative specificity
  - C. Trypsin cleaving bonds adjacent to lysine and arginine — group specificity
  - D. Isocitrate dehydrogenase acting on two substrates — optical specificity
29. The fact that an amino acid may undergo transamination, oxidative deamination, or decarboxylation through different enzymes illustrates:
- A. Reaction specificity
  - B. Absolute specificity
  - C. Optical specificity
  - D. Dual specificity
30. Which of the following zymogen–active enzyme pairs is INCORRECT?
- A. Pepsinogen → Pepsin
  - B. Trypsinogen → Trypsin
  - C. Chymotrypsinogen → Chymotrypsin
  - D. Proelastase → Carboxypeptidase

## *Answer Key*

1. *B*

6. *B*

11. *C*

16. *A*

2. *C*

7. *C*

12. *A*

17. *D*

3. *B*

8. *D*

13. *D*

18. *D*

4. *C*

9. *B*

14. *B*

19. *D*

5. *B*

10. *C*

15. *C*

20. *B*

21. *B*

26. *C*

22. *B*

27. *C*

23. *A*

28. *D*

24. *A*

29. *A*

25. *B*

30. *D*





{ وَذَكَرْ فَإِنَّ الذِّكْرَ تَنْفَعُ الْمُؤْمِنِينَ }

- شَبَّحَانَ اللَّهَ .

- الْحَمْدُ لِلَّهِ .

- لَا إِلَهَ إِلَّا اللَّهُ .

- اللَّهُ أَكْبَرُ .

- لَا حَوْلَ وَلَا قُوَّةَ إِلَّا بِاللَّهِ .

- شَبَّحَانَ اللَّهَ وَبِحَمْدِهِ .

- شَبَّحَانَ اللَّهَ الْعَظِيمَ .

- أَسْتَغْفِرُ اللَّهَ الْعَلِيِّ الْعَظِيمَ وَأُثَوِّبُ  
إِلَيْهِ .

- لَا إِلَهَ إِلَّا أَنْتَ شَبَّحَاكَ إِنِّي كُنْتُ مِنَ  
الظَّالِمِينَ .

- اللَّهُمَّ صَلِّ وَسَلِّمْ عَلَى نَبِيِّنَا مُحَمَّدٍ .

- يَا مُقَلِّبَ الْقُلُوبِ ثَبِّثْ قَلْبِي عَلَى دِينِكَ .

تَمَّ بِحَمْدِ اللَّهِ وَفَضْلِهِ،

فلا تنسوني من صالح دعائكم



The background of the image is a photograph of the interior of Antelope Canyon. The walls are made of smooth, undulating sandstone that has been eroded into flowing, wave-like patterns. The lighting is warm and golden, coming from a narrow opening at the top, which creates a strong contrast between the brightly lit areas and the deep shadows. The overall color palette is dominated by various shades of orange, red, and brown.

✨️ Hello  
everyone





AFOOQ  
SUMMARIES

﴿وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا﴾

DR. HALA 

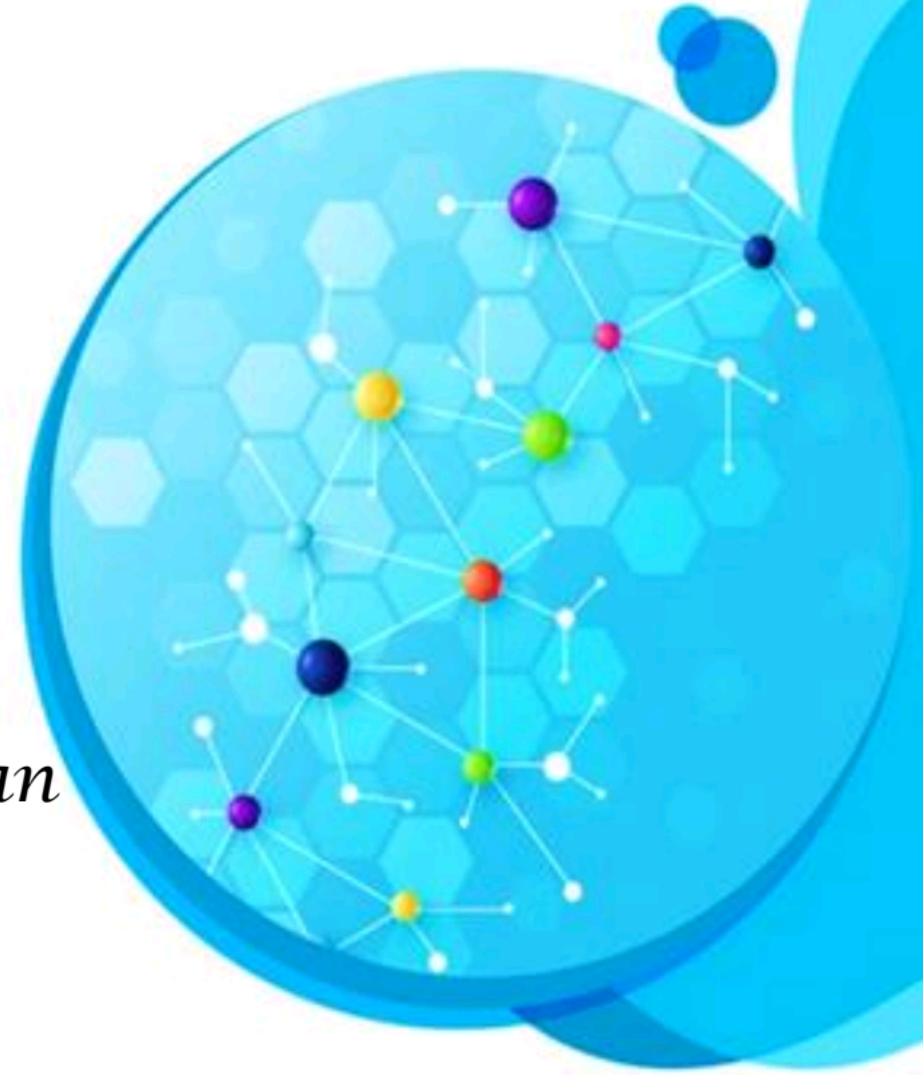


*Medical Biochemistry*  
*Carbohydrate Metabolism*

*Asst. Prof. Mohammed Hasan Eleyan*

*Faculty of Medicine*

*Al-Azhar University-Gaza*





# Important Note (Glycolysis)

Enzymes and substrates

## Phosphorylation keeps G6P in the Cell

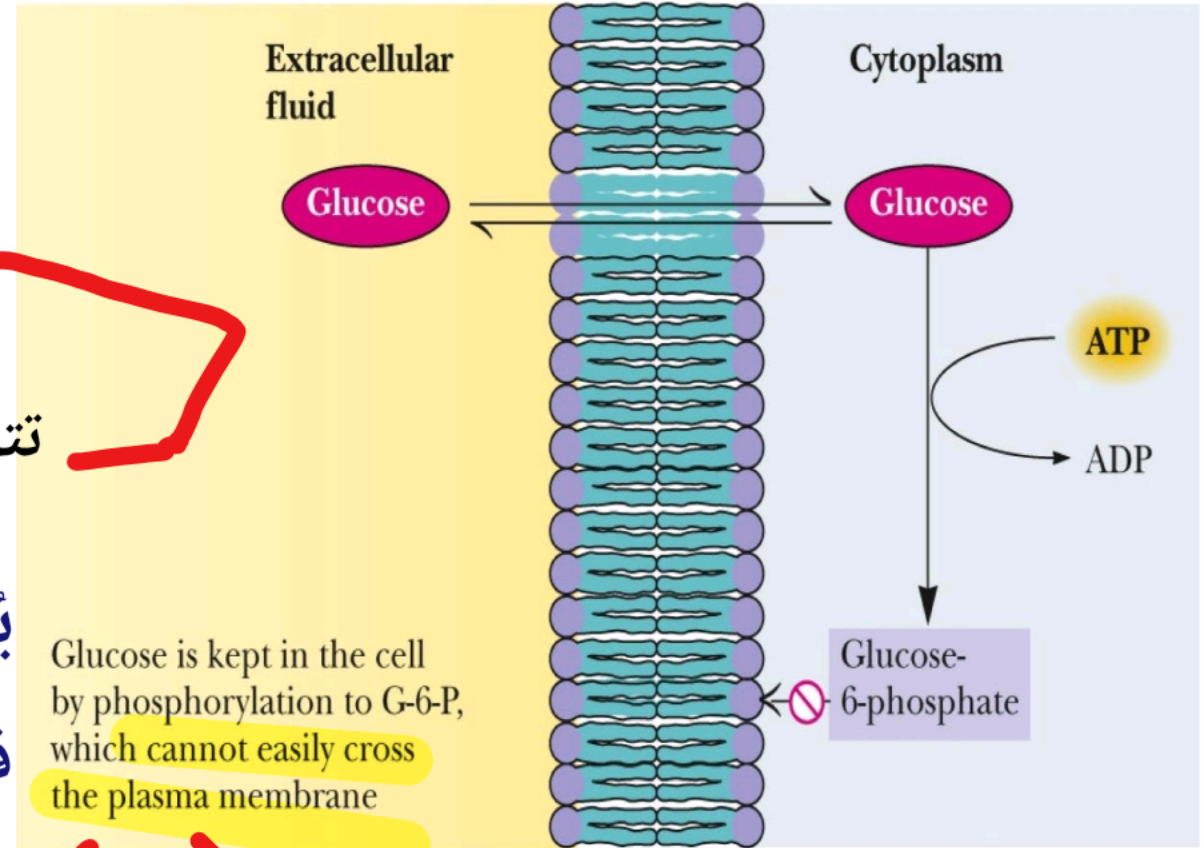
- Glucose phosphorylation for its intracellular trapping.

تتم فسفرة الغلوكوز بهدف احتجازه داخل الخلية.

يُحتجز الغلوكوز داخل الخلية عن طريق فسفرته إلى غلوكوز-6-فوسفات (G6P)،

والذي لا يستطيع عبور غشاء البلازما

بسهولة.





يوجد إنزيم الهيكسوكيناز (HK) في معظم الأنسجة،

ولديه ألفة عالية للغلوكوز، ويثبَّت بواسطة  
Glucokinase (GK)/ Hexokinase (HK) (Enzymes)  
غلوكوز-6-فوسفات (G6P).

- HK is found in most tissues and has a high glucose affinity (inhibited by G-6-P).

يوجد إنزيم الغلوكوكيناز (GK) في الكبد، ولديه

- GK is found in liver and has low glucose affinity.

ألفة منخفضة للغلوكوز.

- Insulin induces the synthesis of GK and has no direct effect on HK.

يحفّز الإنسولين تصنيع الغلوكوكيناز (GK)، وليس له تأثير مباشر على  
الهيكسوكيناز (HK).



مجرد دخول جلوكوز في الدم بنحوه بواسطة  
ال HK إلى جلوكوز ٦ فوسفات وأخذ طاقة  
لكن احنا مابدنا جلوكوز أكثر من حاجتنا  
فبالتالي الجلوكوز ٦ فوسفات بتشتغل فيدباك  
inhibition

حيث أنه جلوكوز ٦ فوسفات يرتبط على active  
side وبعمل تغيرات في ال HK فبعمله inhibition

بشتغل عندما يكون نسبة الجلوكوز في الدم مرتفع GK  
يتحول الجلوكوز إلى جلوكوز ٦ liver فبالتالي في ال  
فوسفات طبعا ثم يخزن مثل الجلايكوجين  
محسش بالجلوكوز غير لما الجلوكوز كان مرتفع GK  
جدا.

و الجلوكوز ٦ فوسفات ماعمل inhibition لل GK  
ليش؟ لأنه لو عمل inhibition لل GK مابشتغل وبالتالي  
بزيد الجلوكوز في الدم وهاد مش مطلوب .

( عدو الجلوكوز هو الأنسولين ) فبالتالي عند  
زيادة الجلوكوز في الدم يقوم الأنسولين بتحفيز  
تصنيع GK

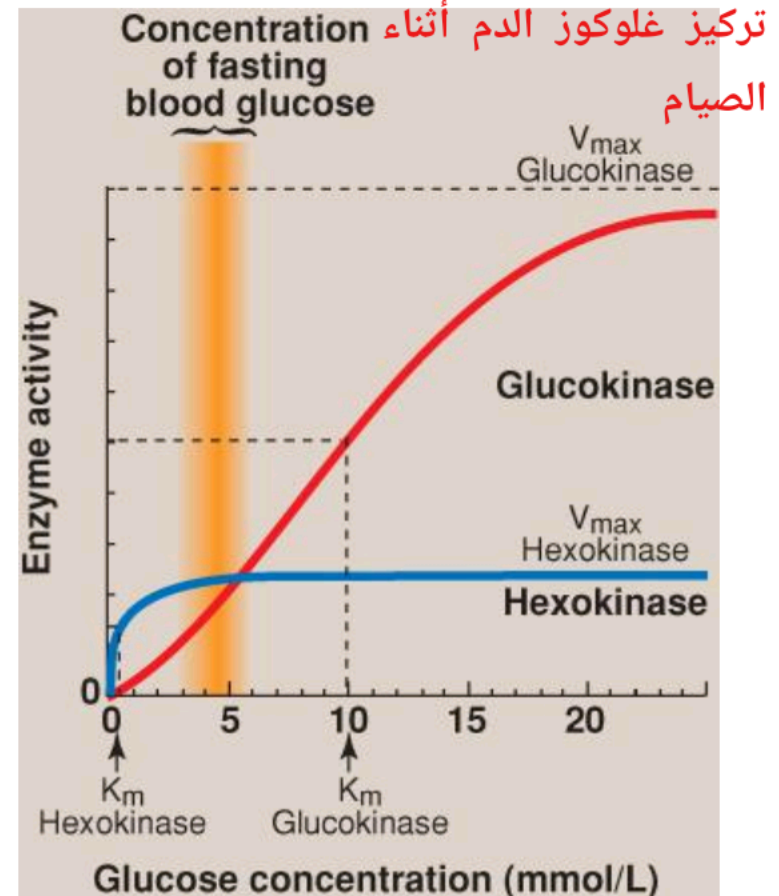


## Glucokinase (GK)/ Hexokinase (HK) (Enzymes)

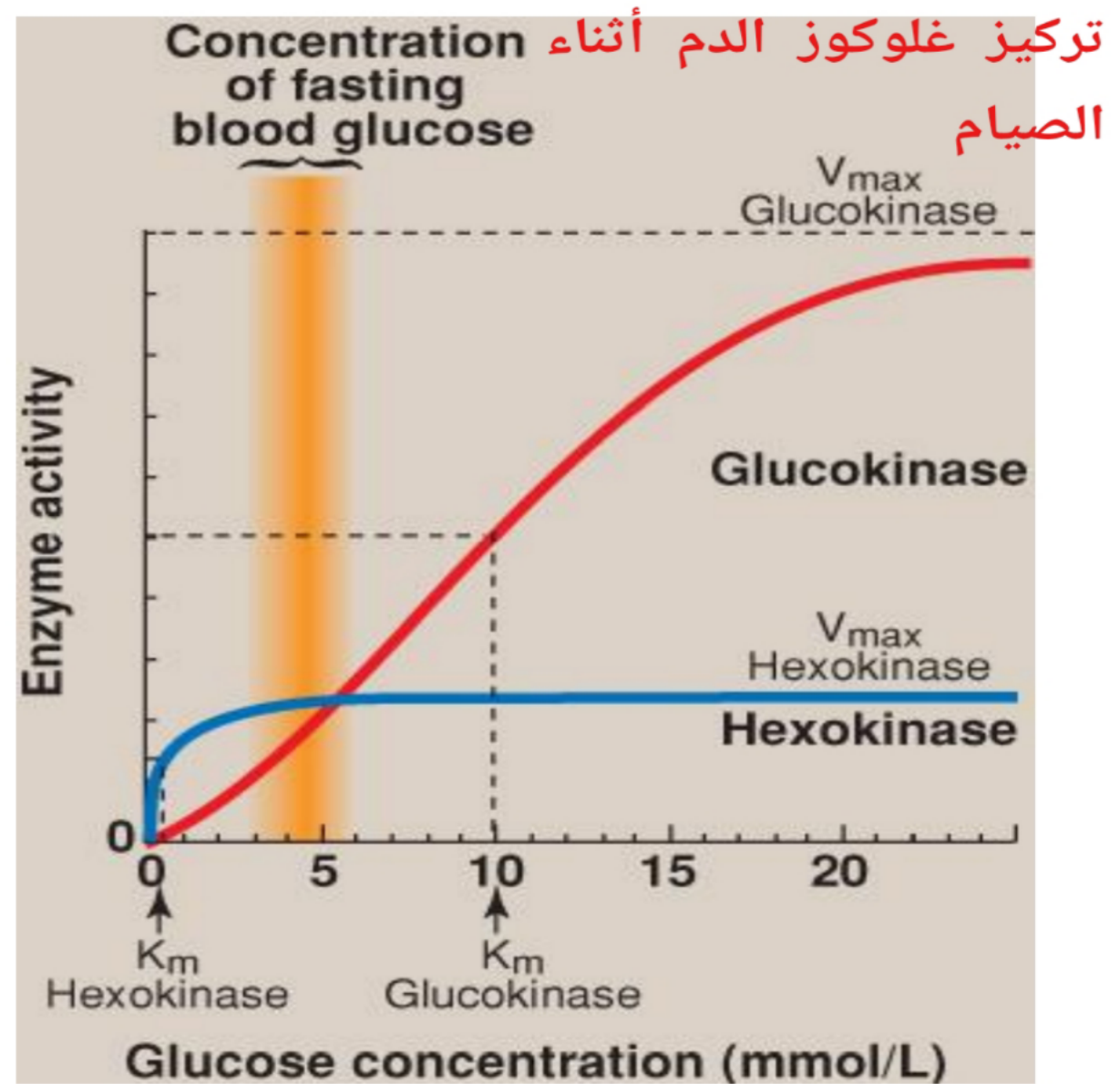
### تأثير تركيز الغلوكوز على معدل

- Effect of glucose concentration on the rate of phosphorylation catalyzed by hexokinase and glucokinase.

- $K_m$  = Michaelis constant;  $V_{max}$  = maximal velocity.







في بداية أنا عندي إنزيمين **GK**, **HK** والإنزيمين بشتغل على نفس ال **substrate** وهو الجلوكوز لكن في أماكن مختلفة فال **HK** في ال **tissue** وال **GK** في ال **liver** .

هلاً برأيكم مين إله تأثير أعلى على الجلوكوز؟

**affinity** علاقة عكسي مع ال **KM**

من المخطط وجدنا أن **HK** له أقل **km** مقارنة بال **GK**

فبالتالي نستنتج أن ال **HK** له أعلى **affinity** .



|                     | Glucokinase                                                                                             | Hexokinase                                                                                        |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Site                | Liver                                                                                                   | All tissue cell                                                                                   |
| Affinity to glucose | Low affinity i.e. it acts only in the presence of high Glucose blood concentration.                     | High affinity i.e. it acts even in the presence of low blood Glucose concentration.               |
| $V_{\max}$          | High                                                                                                    | Low                                                                                               |
| $K_m$               | High                                                                                                    | Low                                                                                               |
| Substrate           | Glucose only                                                                                            | Glucose, galactose and fructose                                                                   |
| Role                | Captures glucose from the bloodstream in the liver, facilitating glucose uptake and glycogen synthesis. | Also facilitates glucose uptake but is not primarily involved in regulating blood glucose levels. |
| Feedback Inhibition | Not subject to feedback inhibition by its product                                                       | Subject to feedback inhibition by its product (G6P)                                               |

## Phosphofructokinase-1 (PFK-1) (Enzymes)



- Also known as 1-phosphofructokinase
- PFK-1 is a key enzyme (catalyzes committed reaction: means that under physiological conditions, the reaction proceeds in the forward direction).

**يُعد PFK-1 إنزيمًا رئيسيًا؛ فهو يحفز التفاعل الملتزم (Committed reaction)، وهذا يعني أنه في الظروف الفسيولوجية يسير التفاعل في الاتجاه الأمامي.**



## Phosphofructokinase-1 (PFK-1)

التنشيط: المستويات المرتفعة من ADP و AMP، وهي

مؤشرات على انخفاض طاقة الخلية، تنشّط PFK-1، مما يعزز

### • Regulation of PFK-1:

التحلل السكري لإنتاج ATP.

1. Activation: High levels of ADP and AMP (indicators of low cellular energy) activate PFK-1, promoting glycolysis for ATP production.

2. Inhibition: Conversely, high levels of ATP (indicating sufficient energy) and citrate (a metabolite signaling abundant energy stores)

inhibit PFK-1, slowing down glycolysis to prevent energy waste.

التثبيط: على العكس، فإن المستويات المرتفعة من ATP، والتي تشير إلى توفر طاقة كافية،

والسترات (Citrate)، التي تشير إلى وفرة مخزون الطاقة، تثبط PFK-1، مما يبطئ التحلل السكري

لمنع هدر الطاقة.

# Phosphofructokinase-2/ fructose-bisphosphatase-2

ينزع فوسفات من



بضيف فوسفات على ال substrate

ال substrate

- This PFK-2/FBPase-2 has two enzymatic activities kinase [(phosphofructokinase-2)] and

phosphatase [FBPase-2 (fructose-bisphosphatase-

يملك **PFK-2/FBPase-2** نشاطين إنزيمين موجودين  
على جزيء البروتين نفسه: نشاط الكيناز  
2)] residing on the same protein molecule.

[فوسفوفرکتوکیناز-2 (PFK-2)] ونشاط الفوسفاتاز

[فرکتوز-بیسفوسفاتاز-2 (FBPase-2)].



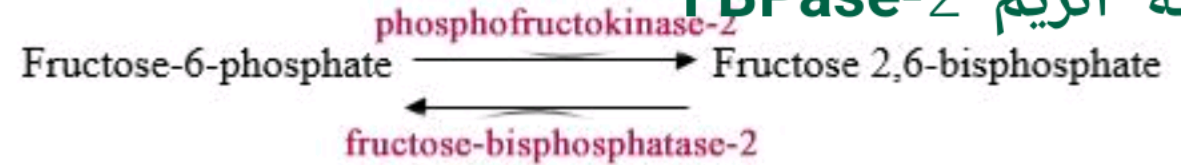
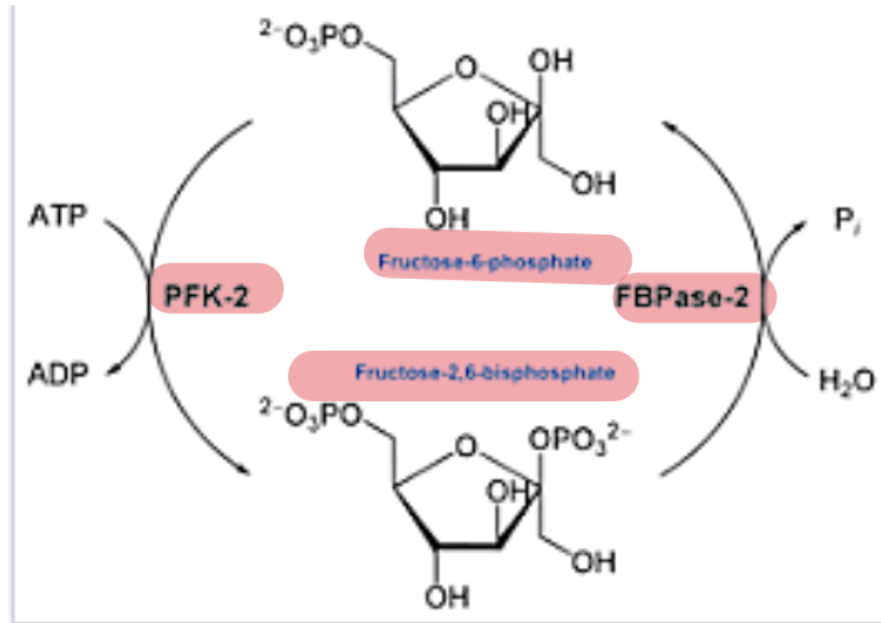


# Phosphofructokinase-2/ fructose-bisphosphatase-2

بضيف PFK-2 بواسطة انزيم fructose 6\_phosphate

على كربونة رقم ATP مجموعة فوسفات قادمة من تحلل ال  
fructose-2,6\_bisphosphate 2 فينتج .

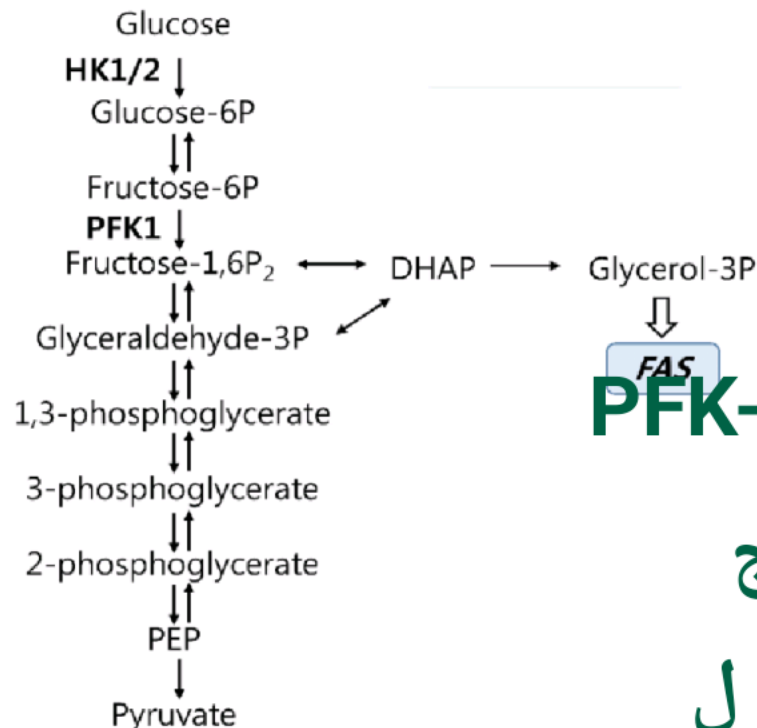
وفي حال أنا بدي fructose 6\_phosphate يتم نزع  
مجموعة فوسفات من fructose-2,6-bisphosphate  
بواسطة انزيم FBPase-2



# Phosphofructokinase-2/ fructose-bisphosphatase-2

منشطاً قوياً

- F2,6BP is a potent activator of  
PFK-1.



Fructose 6\_phosphate يشغل على PFK-2

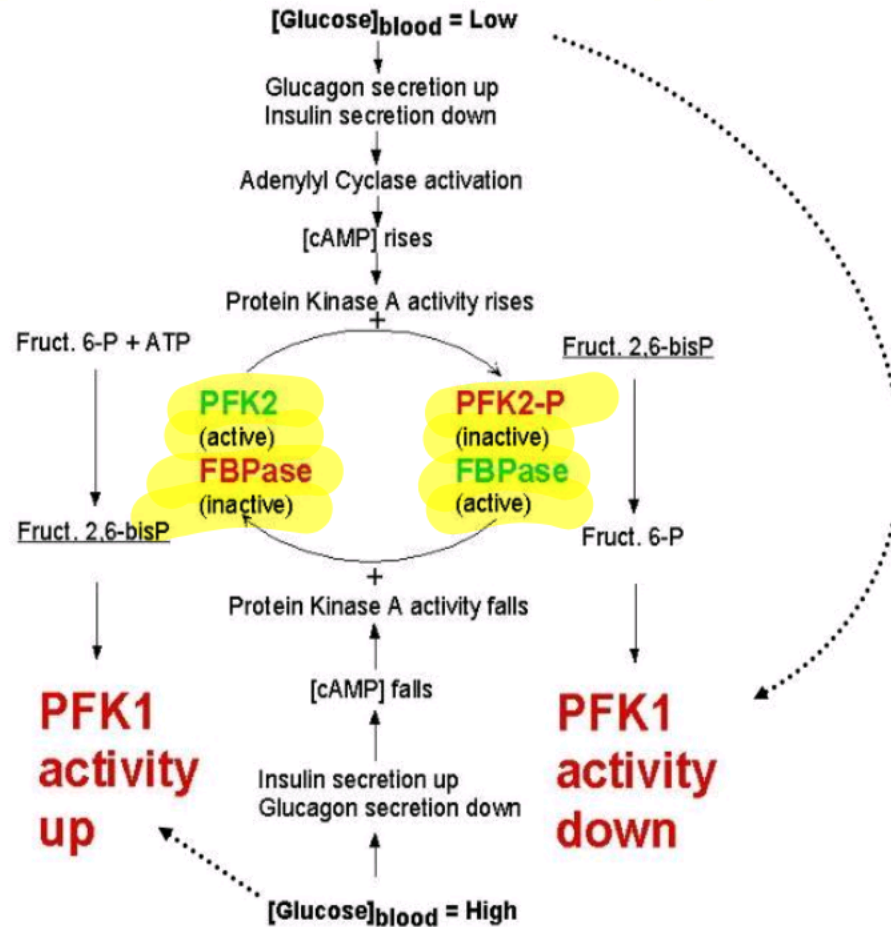
التي Fructose 2,6 bisphosphate لينتج

وبالتالي تستمر PFK-1 تشغل كمنشط قوي ل

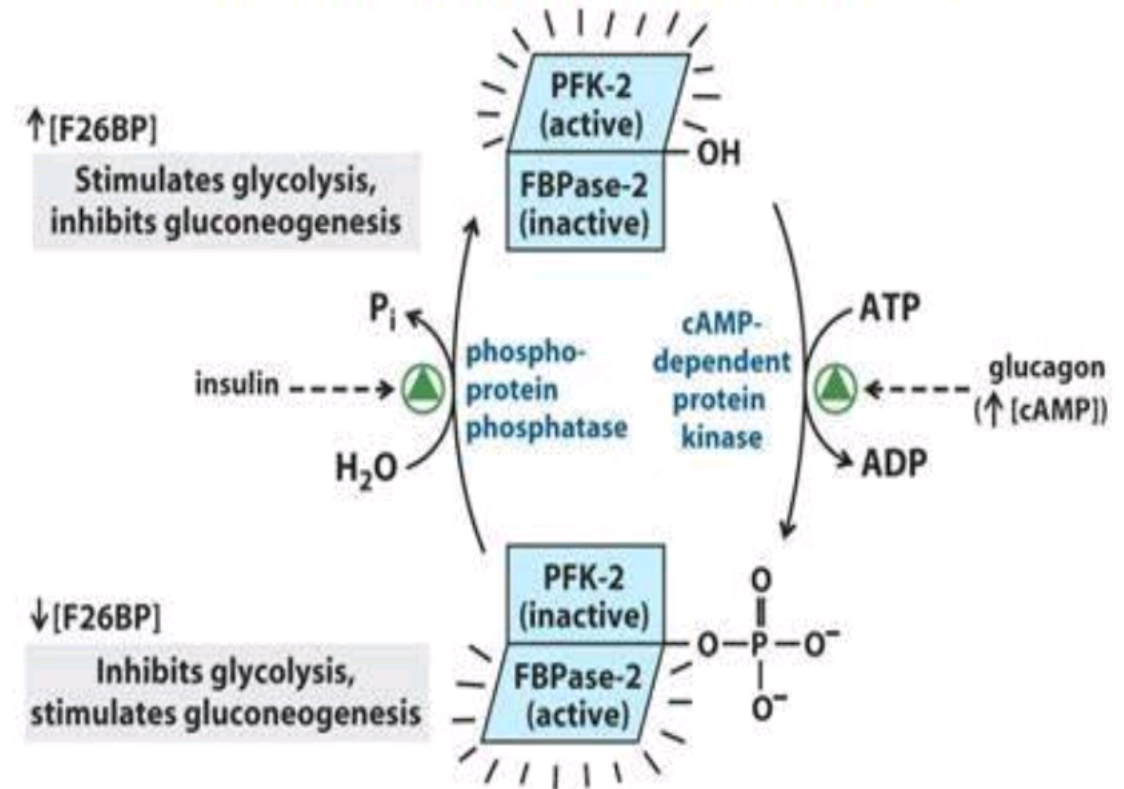
Glycolysis عملية ال



# PFK2 allows for endocrine (insulin and glucagon) regulation of glycolysis



Insulin and glucagon levels affect the balance between PFK-2/FBPase-2





\*ركزووو معي كثير منيح ♡

احنا متفقين على انه الأنسولين عدوو الجلوكوز  
تمام ؟

فلما يزيد الجلوكوز في الدم بزداد الأنسولين حلوا!  
وحكينا انه عنا عمليتين

بتكسر الجلوكوز عند زيادته Glycolysis  
وGluconeogenesis بصنع الجلوكوز

خلينا نحكي حكايتنا من البداية 😂 🚶 🚶 🚶







الكائن اللطيف 😊 نازل أكل بطيخ بطيخ  
والجلوكوز في الدم بزيد بزيد وبالتالي العدو  
(الأنسولين ) ايه ده كل ده جلوكوز؟؟!! والله  
م يحصل زودوا أنسولين يلا بدنا نحرق  
الجلوكوز والجلوكاجون يقل وي أنسولين  
بسرعة نشطوا أنزيم **PFK2** الموجود في  
ال **liver** و بشتغل على

**Fructose 6\_phosphate +ATP**  
وبحوله ل **Fructose 2,6\_bisphosphate** الي  
بتنشط انزيم **PFK1** الي بخلي عملية  
**glycolysis** تستمر .





وهان أخوكم أبو الفراجين صايم و شايف الديك  
أرنب 😂😂  
طيب شو الي بصير مع أبو الفراجين وشو دخل  
الصيام؟!!!

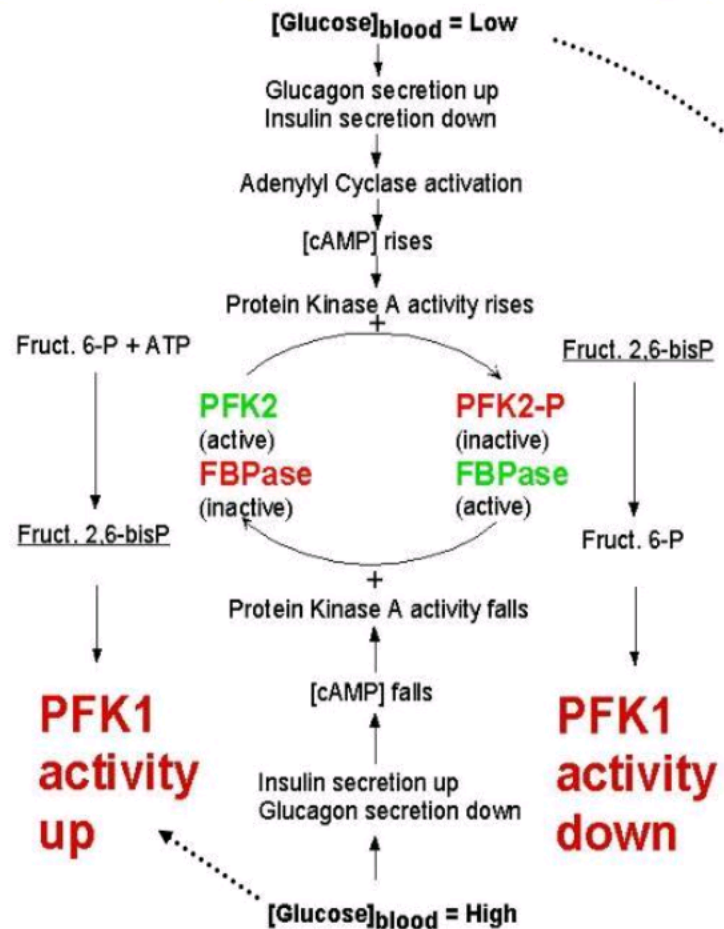
هلاً مع الصيام بقل الجلوكوز في الدم وبالتالي العدو  
(الأنسولين) بقل ويزداد افراز الجلوكاجون فبنشط  
FBPase من خلال تثبيط PFK2 بنزع مجموعة  
الفوسفات حيث ان Fructose 2,6 biphosphate  
يتحول ل

Fructose 6\_phosphate  
فبالتالي يتم تقليل نشاط PFK1 وبالتالي تم تثبيط  
عملية Glycolysis.

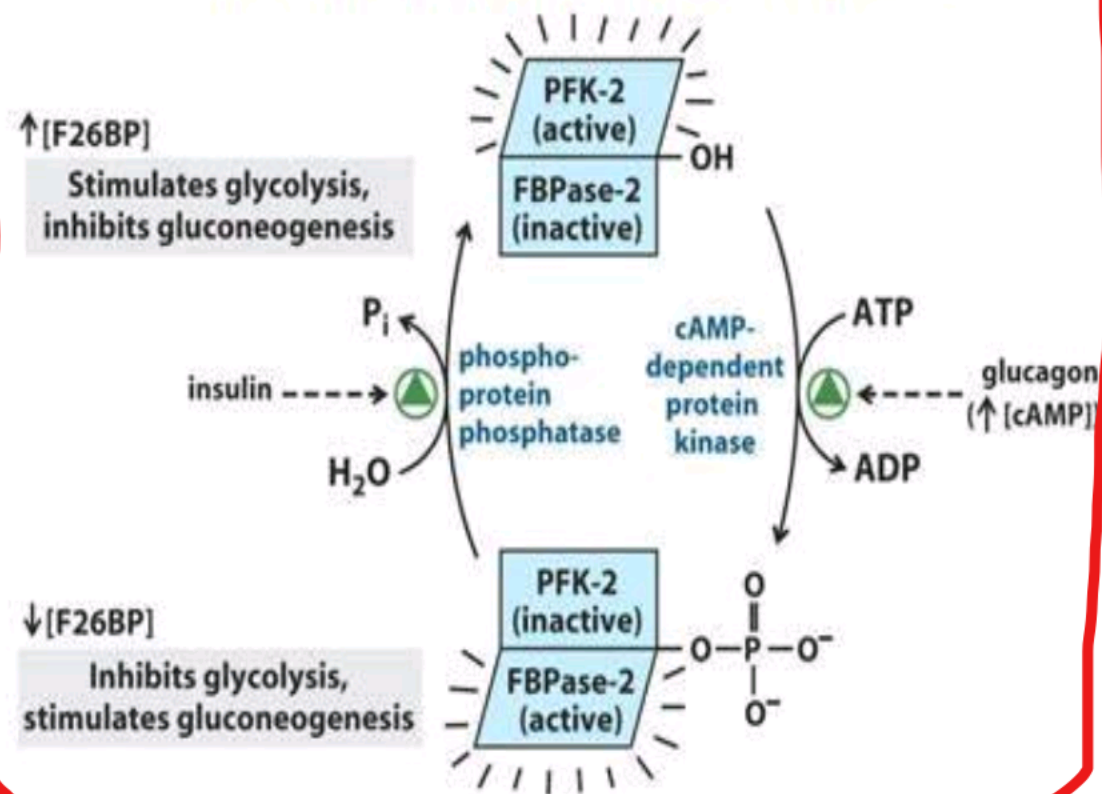


# PFK2 allows for endocrine (insulin and glucagon) regulation of glycolysis

العملية مهمة جداً في liver



Insulin and glucagon levels affect the balance between PFK-2/FBPase-2





متى بتشتغل PFK2 بمعنى متى بنضيف

فوسفات على F6P فتصبح F2,6BisP ??

لما يكون الانزيم dephosphorylated state ما عليه  
فوسفات وفي هاد الحالة الإنزيم بضيف فوسفات على  
F6P وبحوله ل F2,6bisphosphate

مين الي بحفز ال Dephosphorylated state ??  
الأنسولين من خلال أنزيم

phospho protein phosphatase  
وفي هذه الحالة بنعمل stimulate لل glycolysis  
و inhibition لل gluconeogenesis

نتيجة ارتفاع F2,6P

التي تنشط PFK1 و glycolysis

متى ال FBPase تكون نشطة ؟

عندما يكون الإنزيم في الحالة ال phosphorylated  
state بمعنى الإنزيم عليه فوسفات والذي ينشط هذه  
العملية الجلوكاجون وفي هذه الحالة بقل عندي F2,6P

فبالتالي يحدث تثبيط لل Glycolysis

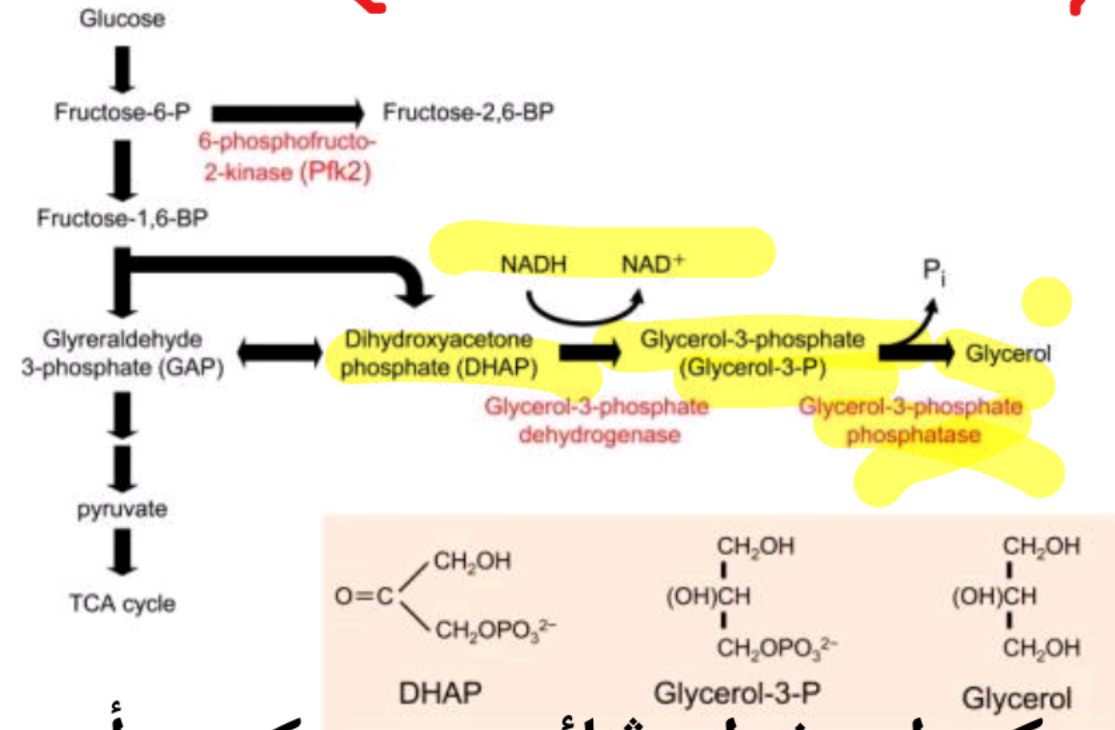
و stimulate لل glycolysis



# Dihydroxy acetone P<sub>04</sub> (Substrate)

هو حلقة وصل لتصنيع  
الليبيد من الكربوهيدرات

- can be used in liver and adipose tissues to form glycerol-3-PO<sub>4</sub> which is used to form TAGs but, that occurs with excessive glucose intake.



يمكن استخدام ثنائي هيدروكسي أسيتون فوسفات في الكبد والأنسجة الدهنية لتكوين غليسرول-3-فوسفات، والذي يُستخدم لتكوين ثلاثي الغليسرول (TAGs).

ويحدث ذلك عند الإفراط في تناول الجلوكوز.

# Thanks



1. What is the main purpose of glucose phosphorylation inside the cell?
  - A. To facilitate glucose diffusion out of the cell
  - B. To trap glucose intracellularly as glucose-6-phosphate
  - C. To convert glucose directly into pyruvate
  - D. To inhibit glucose uptake
2. Which compound is formed immediately after glucose phosphorylation?
  - A. Fructose-6-phosphate
  - B. Glucose-1-phosphate
  - C. Glucose-6-phosphate
  - D. Fructose-1,6-bisphosphate
3. Why does phosphorylation help retain glucose inside the cell?
  - A. Glucose-6-phosphate cannot easily cross the plasma membrane
  - B. Glucose-6-phosphate is rapidly converted into glycogen
  - C. Phosphorylation removes glucose transporters from the membrane
  - D. Glucose-6-phosphate is transported only by insulin
4. Which enzyme is found in most tissues and has a high affinity for glucose?
  - A. Glucokinase
  - B. Hexokinase
  - C. PFK-1
  - D. FBPase-2



**5. Which enzyme is mainly found in the liver and has a low affinity for glucose?**

**A. Hexokinase**

**B. PFK-1**

**C. Glucokinase**

**D. PFK-2**

**6. Which statement regarding insulin is correct according to the lecture?**

**A. Insulin directly activates hexokinase**

**B. Insulin inhibits glucokinase synthesis**

**C. Insulin induces glucokinase synthesis but has no direct effect on hexokinase**

**D. Insulin inhibits both glucokinase and hexokinase**

**7. Which enzyme has the higher  $K_m$  for glucose?**

**A. Hexokinase**

**B. Glucokinase**

**C. PFK-1**

**D. Both have the same  $K_m$**

**8. Which combination correctly describes glucokinase?**

**A. Low  $K_m$  and low  $V_{max}$**

**B. Low  $K_m$  and high  $V_{max}$**

**C. High  $K_m$  and high  $V_{max}$**

**D. High  $K_m$  and low  $V_{max}$**



9. Which combination correctly describes hexokinase?

- A. High  $K_m$  and high  $V_{max}$
- B. High  $K_m$  and low  $V_{max}$
- C. Low  $K_m$  and high  $V_{max}$
- D. Low  $K_m$  and low  $V_{max}$

10. Which of the following is a substrate of glucokinase according to the lecture?

- A. Glucose only
- B. Glucose and fructose only
- C. Glucose, galactose, and fructose
- D. Galactose only

11. Which of the following can be phosphorylated by hexokinase?

- A. Glucose only
- B. Fructose only
- C. Glucose, galactose, and fructose
- D. Glucose and glycogen only

12. Which enzyme is subject to feedback inhibition by glucose-6-phosphate?

- A. Glucokinase
- B. Hexokinase
- C. PFK-2
- D. FBPase-2



**13. Which statement best describes PFK-1?**

**A. It is a minor reversible enzyme of glycolysis**

**B. It catalyzes a committed reaction in glycolysis**

**C. It converts glucose directly into glucose-6-phosphate**

**D. It is primarily involved in glycogen synthesis**

**14. Which combination activates PFK-1 when cellular energy is low?**

**A. ATP and citrate**

**B. ADP and AMP**

**C. Glucose and citrate**

**D. ATP and glucose**

**15. High levels of ATP and citrate have which effect on PFK-1?**

**A. They activate PFK-1**

**B. They increase PFK-1 synthesis**

**C. They inhibit PFK-1**

**D. They have no effect on PFK-1**

**16. PFK-2/FBPase-2 is best described as:**

**A. Two completely separate proteins**

**B. A single protein possessing both kinase and phosphatase activities**

**C. An enzyme with only phosphatase activity**

**D. An enzyme involved only in glycogen breakdown**

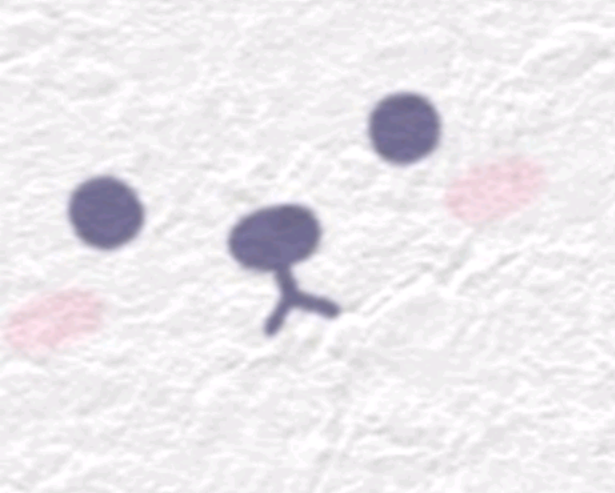


17. What reaction is catalyzed by the PFK-2 activity of the bifunctional enzyme?
- A. Fructose-2,6-bisphosphate  $\rightarrow$  fructose-6-phosphate
  - B. Glucose  $\rightarrow$  glucose-6-phosphate
  - C. Fructose-6-phosphate  $\rightarrow$  fructose-2,6-bisphosphate
  - D. Fructose-6-phosphate  $\rightarrow$  fructose-1,6-bisphosphate
18. Fructose-2,6-bisphosphate is best described as:
- A. A potent inhibitor of PFK-1
  - B. A potent activator of PFK-1
  - C. A direct inhibitor of hexokinase
  - D. A substrate of glucokinase
19. During low blood glucose, increased glucagon ultimately causes which of the following?
- A. Decreased cAMP and activation of PFK-2
  - B. Increased cAMP and activation of protein kinase A
  - C. Increased insulin secretion and activation of PFK-1
  - D. Dephosphorylation of PFK-2/FBPase-2
20. Dihydroxyacetone phosphate (DHAP) can be used in liver and adipose tissue to form:
- A. Glucose-6-phosphate for glycogen synthesis
  - B. Glycerol-3-phosphate for triacylglycerol synthesis
  - C. Fructose-2,6-bisphosphate for glycolysis
  - D. Citrate for direct ATP production



Key   
QUESTION

1. **B**
2. **C**
3. **A**
4. **B**
5. **C**
6. **C**
7. **B**
8. **C**
9. **D**
10. **A**
11. **C**
12. **B**
13. **B**
14. **B**
15. **C**
16. **B**
17. **C**
18. **B**
19. **B**
20. **B**





﴿وَقُلْ رَبِّ ادْخُلْنِيْ مُدْخَلَ صِدْقٍ  
وَاَخْرِجْنِيْ مَخْرَجَ صِدْقٍ  
وَاجْعَلْ لِّيْ مِنْ لَّدُنْكَ سُلْطٰنًا نَّصِيْرًا﴾.

Roukaya raja

﴿اَللّٰهُمَّ اِنِّيْ اَعُوْذُ بِكَ اِنْ اُضِلُّ اَوْ اُضِلَّ اَوْ اُظْلِمَ  
اَوْ اُظْلِمَ اَوْ اُزِلَّ اَوْ اُزِلَّ اَوْ اُجْهَلَ اَوْ يُجْهَلَ عَلَيَّ﴾.

♥♥♥♥♥