فسيولوجى نبات

المحاضرة الثالثة

التحولات الغذائية (الأيض) فى النبات

شاهد المحاضرة فيديو على الروابط التالية:
https://youtu.be/3Dl8voTv7kQ
https://youtu.be/iqO7JFg_cCk
https://youtu.be/dQBEkA1Wz9c

الهدم (التنفس)

إعداد

أ.د/ أحمد لطفى ونس

أستاذ النبات وعميد الكلية

Prof. Ahmed Lotfy Wanas

الهدم Catabolism

الهدم هو القسم الثاني من أيض النبات وهو من أهم العمليات الحيوية التي تحدث في الخلايا النباتية وهى عملية معقدة تحدث في الخلايا الحية ليلاً ونهاراً حيث يتم البناء والتنفس في خلايا النبات في وقت واحد. ويشمل الهدم جميع العمليات التي تتكسر أو تتحطم خلالها المواد العضوية المعقدة خاصة المواد الكربوهيدراتية إلى مواد بسيطة مع إنطلاق الطاقة الكامنة فيها واللازمة للعمليات الحيوية المختلفة التى تتم في الخلية النباتية، وتعتبر عملية التنفس هى أهم عمليات الهدم.

التنفس Respiration

التنفس عبارة عن سلسلة من عمليات الأكسدة والإختزال المتتابعة تتم في جميع الخلايا الحية وعن طريقها تحصل خلايا الكائن الحى على الطاقة اللازمة للإستفادة منها في جميع العمليات الحيوية المختلفة وكذلك في بناء مركبات جديدة لتستفيد منها الخلايا والنبات، بمعنى أخر هو عملية أكسدة أو هدم للمواد العضوية المعقدة "الكربوهيدرات" إلى مواد بسيطة مع إنطلاق الطاقة المخزنة بها للإستفادة منها فى جميع العمليات البنائية في الخلايا والنبات، ويرمز له بالمعادلة الإجمالية التالية:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 38\ ADP + 38\ Pi \xrightarrow{Resp.} 6CO_2 + 6H_2O + 38\ ATP.$$

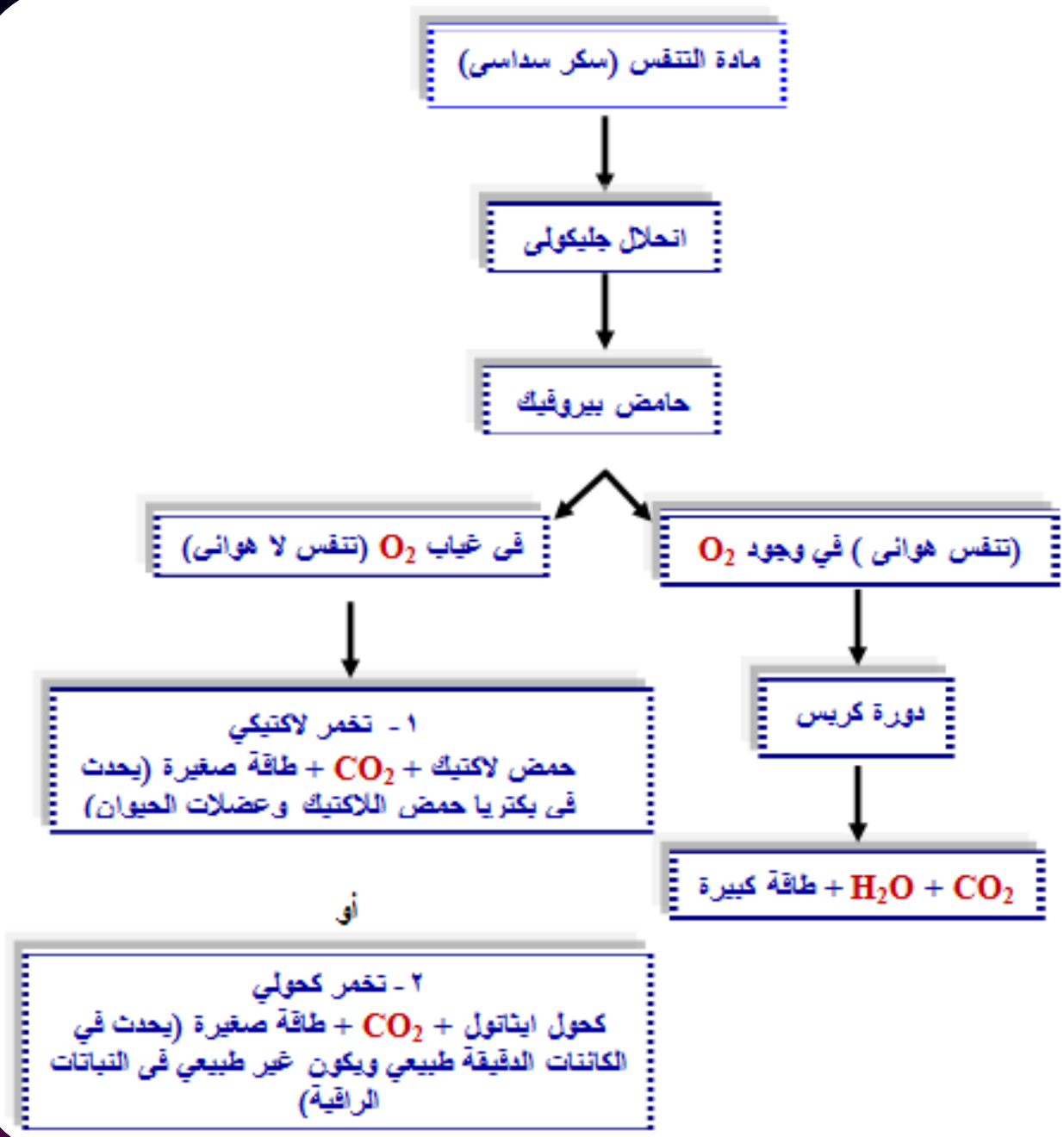
وينقسم التنفس إلى نوعين هما:

١. التنفس الهوائي Aerobic respiration: يحدث في وجود أكسجين الهواء الجوي (O_2) وفيه يتم أكسدة جزئ السكر السداسى أو الهكسوزات مثل الجلوكوز أكسدة كاملة إلى CO_2 وماء H_2O مع إنطلاق جميع الطاقة المخزنة فيه والمعادلة السابقة توضح ذلك.

٢. التنفس اللاهوائي Anaerobic respiration أو التخمر Fermentation: وفيه يتم هدم السكريات السداسية (الهكسوزات مثل الجلوكوز) في غياب أكسجين الهواء الجوي، وهو نادر الحدوث في النباتات الراقية وإن حدث يكون لفترة وجيزة (غير طبيعي) ولكنه يحدث في كثير من الكائنات الدقيقة وفى بعض خلايا العضلات فى الحيوان وتكون نواتجه هى CO_2 + كحول أو حمض لاكتيك + كمية ضئيلة من الطاقة.

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + \text{energy (21 kcal).}$$

فى حالة التخمر التى تتم فى الكائنات الدقيقة لا تتكون المادة العضوية المستعملة فى التخمر فى الخلايا نفسها، ولذا فإن هذه العملية تتم خارج الخلايا وهذا عكس التنفس الذى يحدث فى خلايا النباتات الراقية، ورغم ذلك توجد علاقة مشتركة بين هذين النوعين من التنفس كما في المخطط التالى.


مادة التنفس (سكر سداسى)
انحلال جليكولى
حامض بيروفيك
(تنفس هوائى) في وجود O_2
فى غياب O_2 (تنفس لا هوائى)
دورة كريس
$CO_2 + H_2O$ + طاقة كبيرة
١ - تخمر لاكتيكي
حمض لاكتيك + CO_2 + طاقة صغيرة (يحدث فى بكتريا حمض اللاكتيك وعضلات الحيوان)
أو
٢ - تخمر كحولي
كحول ايثانول + CO_2 + طاقة صغيرة (يحدث في الكائنات الدقيقة طبيعي ويكون غير طبيعي فى النباتات الراقية)

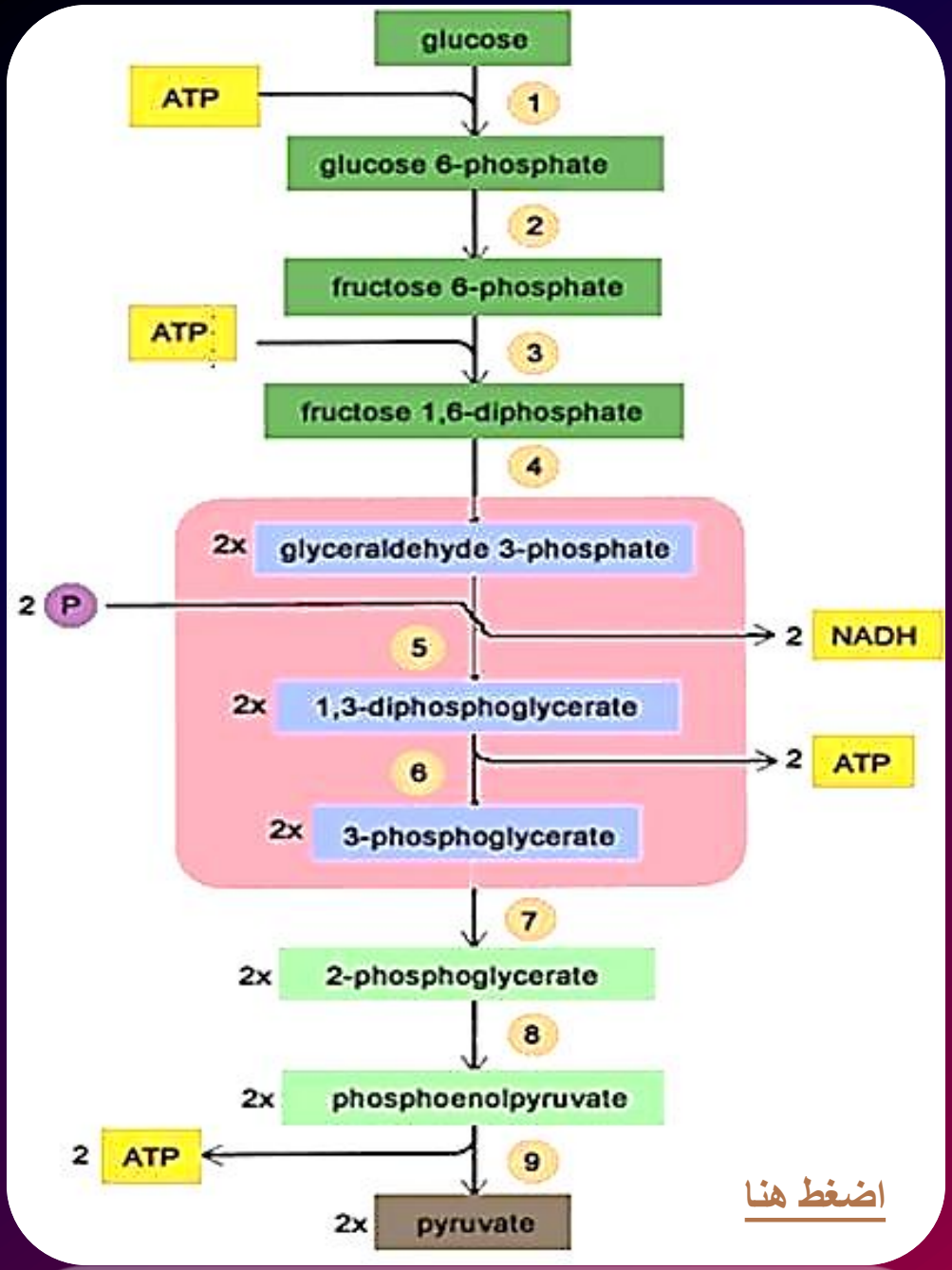
ميكانيكية التنفس

Mechanism of respiration

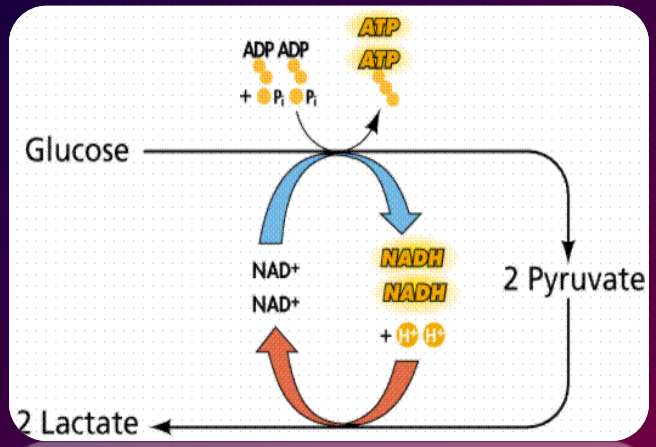
تتم عملية هدم أو أكسدة المركبات العضوية المعقدة (الكربوهيدرات – الدهون – البروتينات) فى النباتات الراقية داخل الخلايا الحية وتعرف بالأكسدة البيولوجية. وتتضمن عملية التنفس سلسلة من التفاعلات المتتابعة يتم خلالها أكسدة جزئ الجلوكوز وإنطلاق الطاقة على دفعات صغيرة حتى يمكن إستغلالها أول بأول في الخلية. عملية أكسدة جزئ الجلوكوز أكسدة تامة إلى ماء و ك أ٢ (CO_2) وكمية كبيرة من الطاقة تحدث خلال مسالك الإنحلال الجليكولي ودورة كربس ونظام نقل الإلكترون.

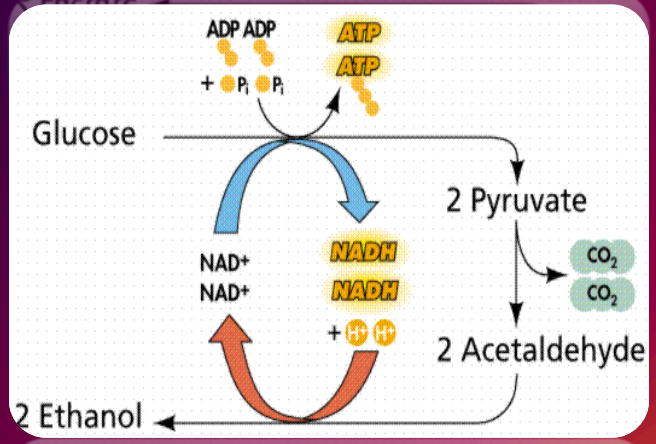
١. المرحلة الأولى: (الإنحلال الجليكولى Glycolysis)

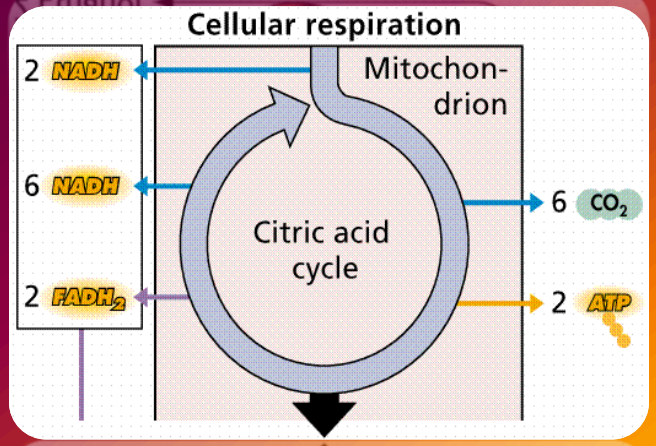
تتضمن سلسلة تفاعلات متتابعة يتم خلالها تحويل جزىء الجلوكوز إلى ٢ جزئ حمض البيروفيك وهو الناتج النهائي للإنحلال الجليكولى، وتتم هذه التفاعلات في سيتوبلازم الخلايا ولا تحتاج إلى توفر أكسجين الهواء الجوى أى تحدث في وجود أو عدم وجود (O_2)، لذا تحدث تفاعلات الإنحلال الجليكولى في كلا حالتى التنفس (الهوائى واللاهوائى)، وتسمى (بمسلك أمبدن – مايرهوف – بارنس) Embden – Meyerhof – Parnas Pathway (EMP) وهى تفاعلات غير دائرية.

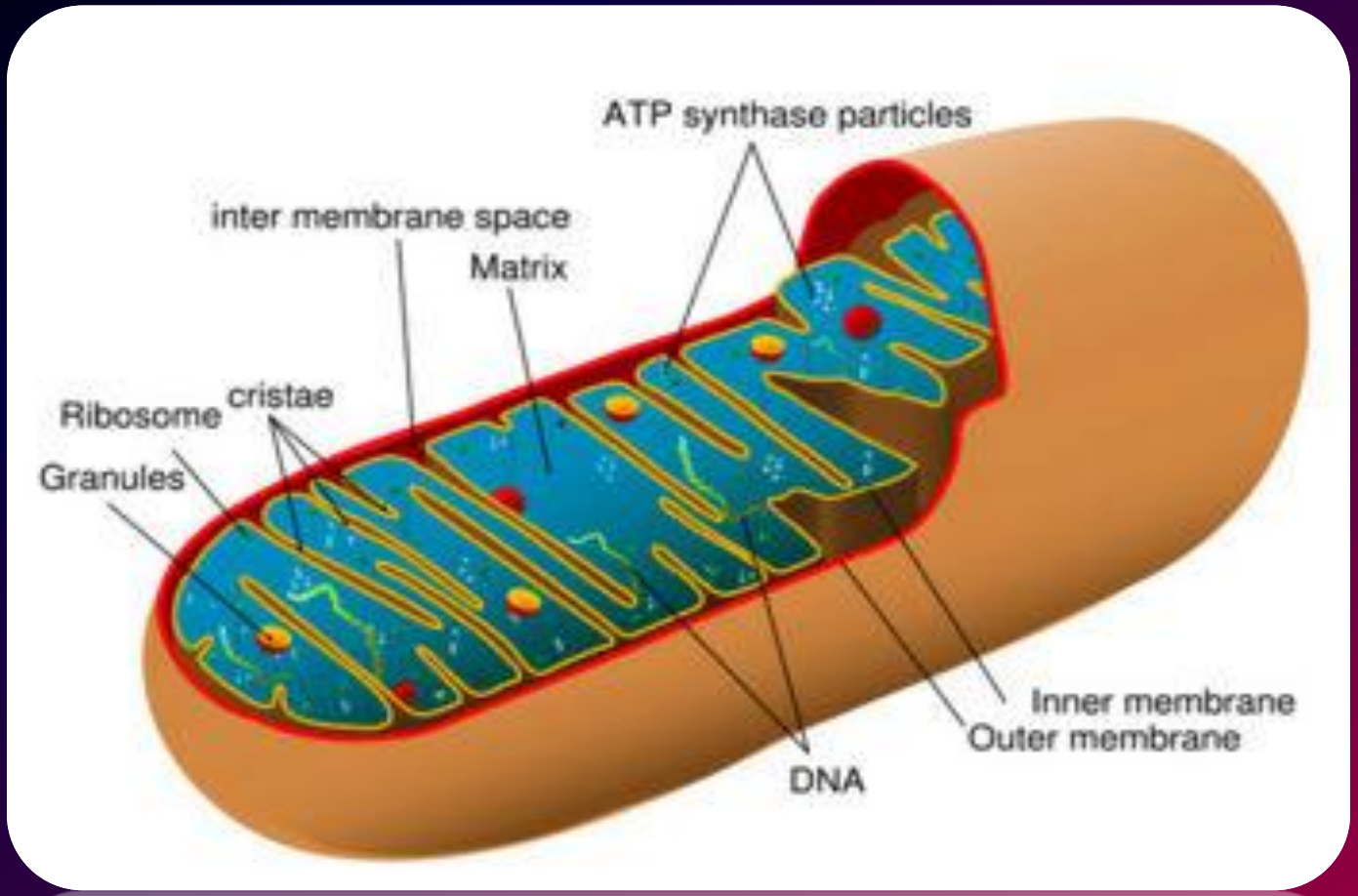

glucose
ATP
1
glucose 6-phosphate
2
fructose 6-phosphate
ATP
3
fructose 1,6-diphosphate
4
2x glyceraldehyde 3-phosphate
2 P
5
2 NADH
2x 1,3-diphosphoglycerate
6
2 ATP
2x 3-phosphoglycerate
7
2x 2-phosphoglycerate
8
2x phosphoenolpyruvate
2 ATP
9
2x pyruvate

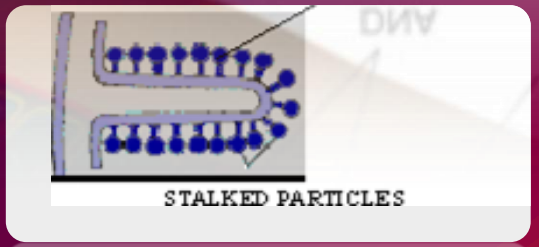
اضغط هنا


ADP ADP
ATP
ATP
Glucose
NAD+
NAD+
NADH
NADH
2 Pyruvate
2 Lactate


ADP ADP
ATP
ATP
Glucose
2 Pyruvate
NAD+
NAD+
NADH
NADH
CO_2
CO_2
2 Acetaldehyde
2 Ethanol


Cellular respiration
2 NADH
6 NADH
2 $FADH_2$
Mitochon-
drion
Citric acid
cycle
6 CO_2
2 ATP



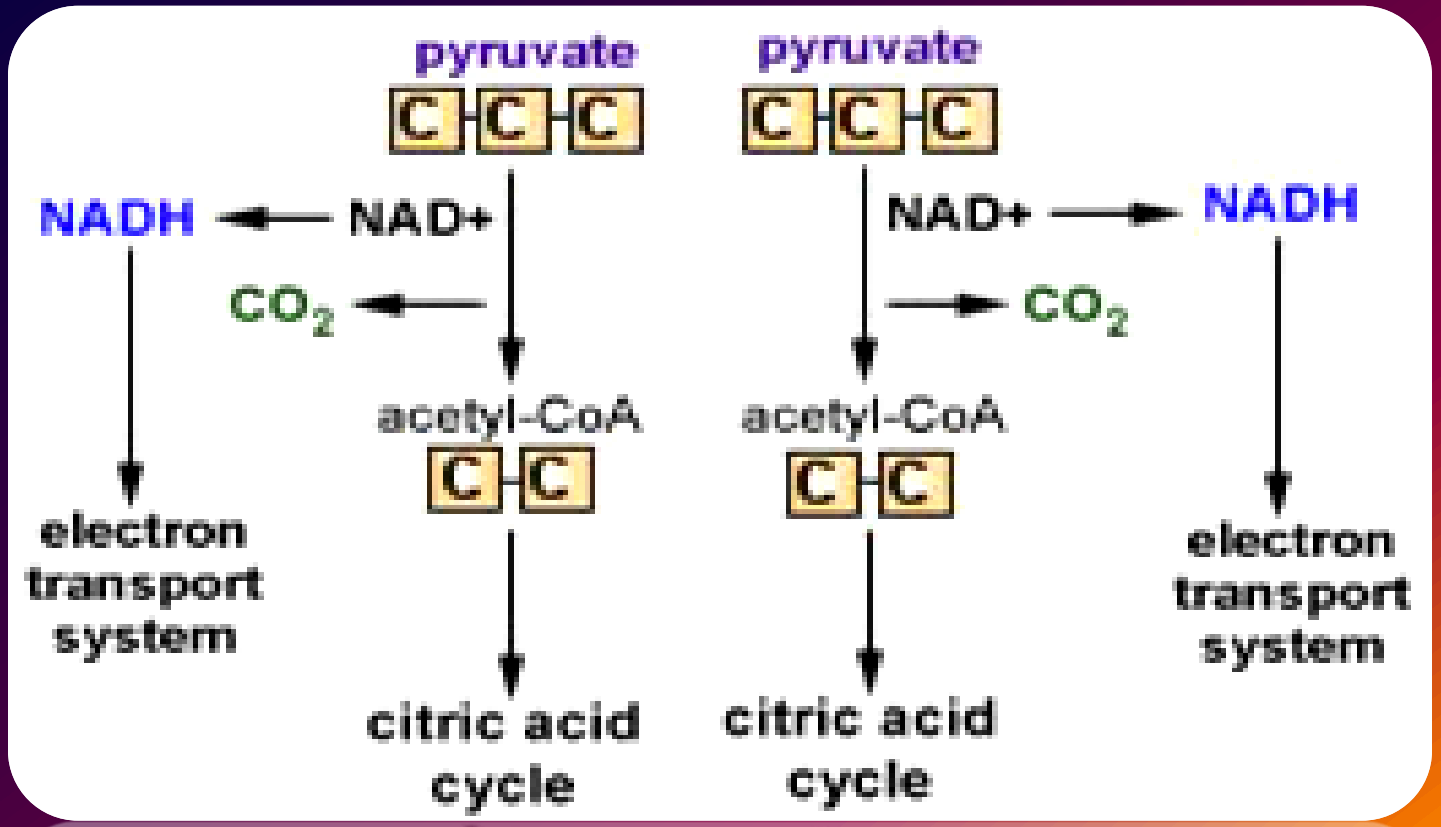


Prof. Ahmed Lotfy Wanas

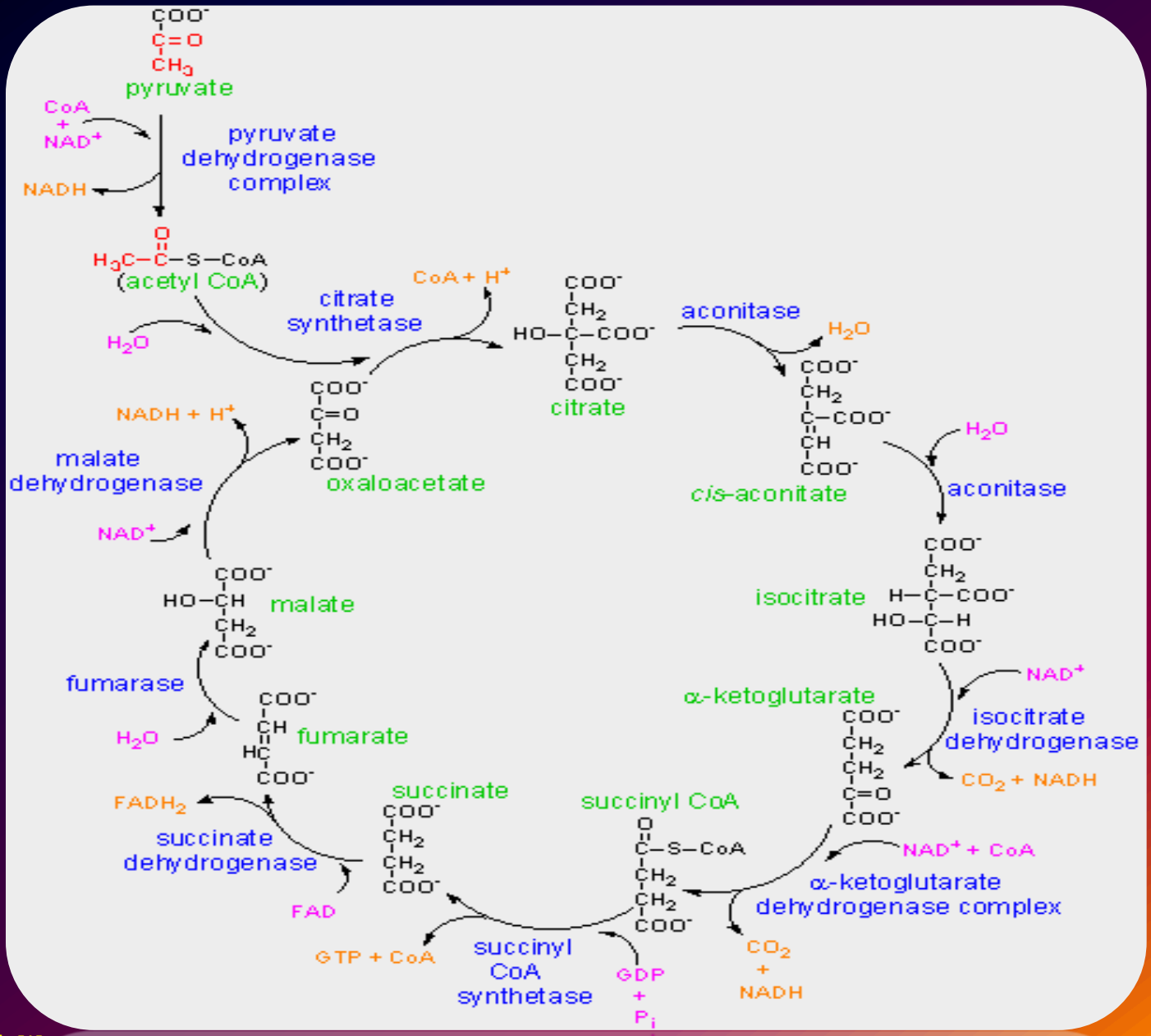
ب- أكسدة حمض البيروفيك هوائياً:

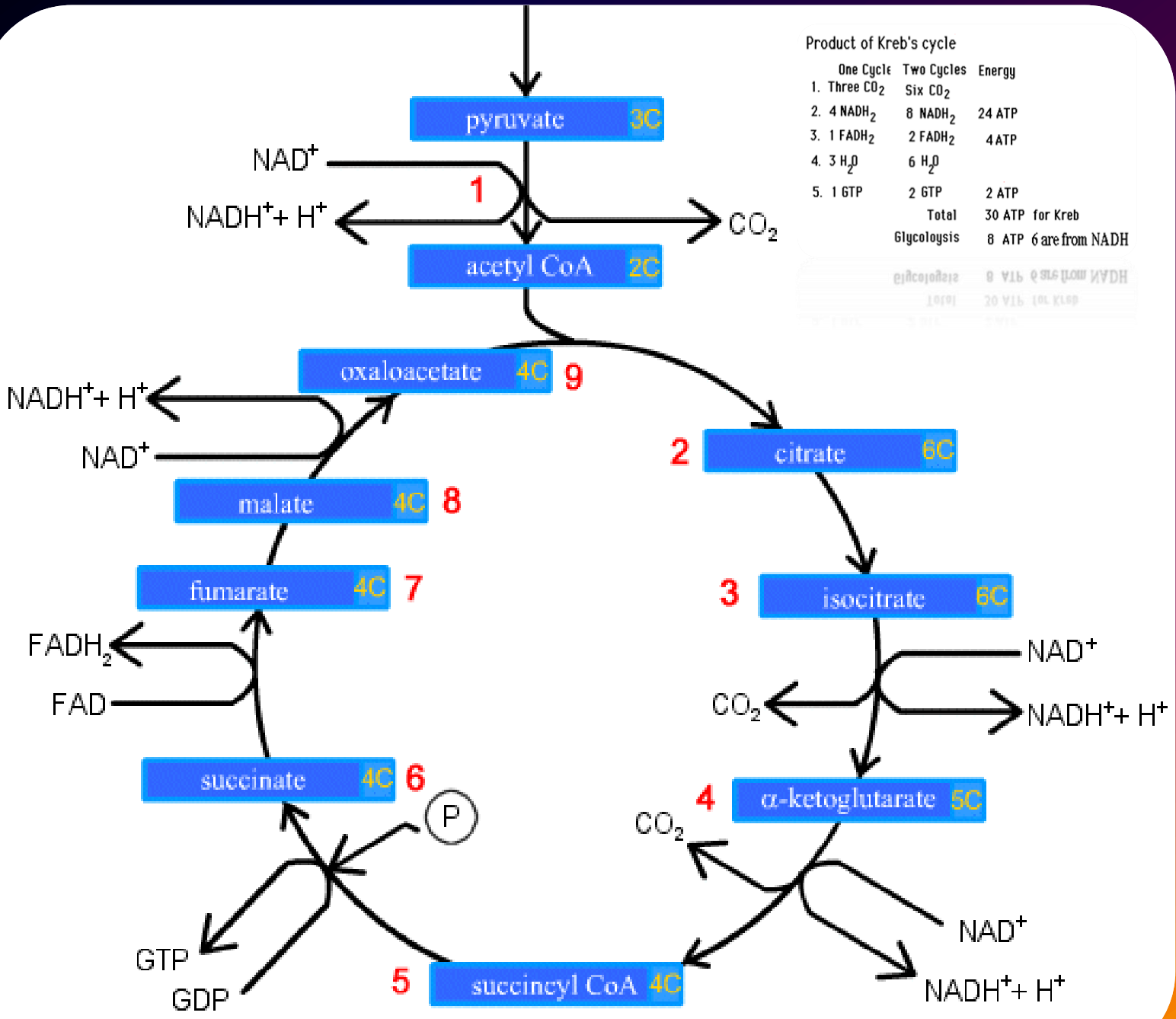
بعد تكوين حمض البيروفيك من أكسدة جزئ الجلوكوز يتم أكسدة جزئ حمض البيروفيك خلال عدة خطوات متتالية عن طريق دورة كربس التى تتم فى الميتوكوندريا وتوجد خطوة وسطية أو تنشيطية لحمض البيروفيك قبل دخوله دورة كربس وهى تكوين الخلات النشطة.

١- تكوين الخلات النشطة Acetyl CoA



٢- دورة كربس أو دورة حمض الستريك أو دورة الأحماض ثلاثية الكربوكسيل:



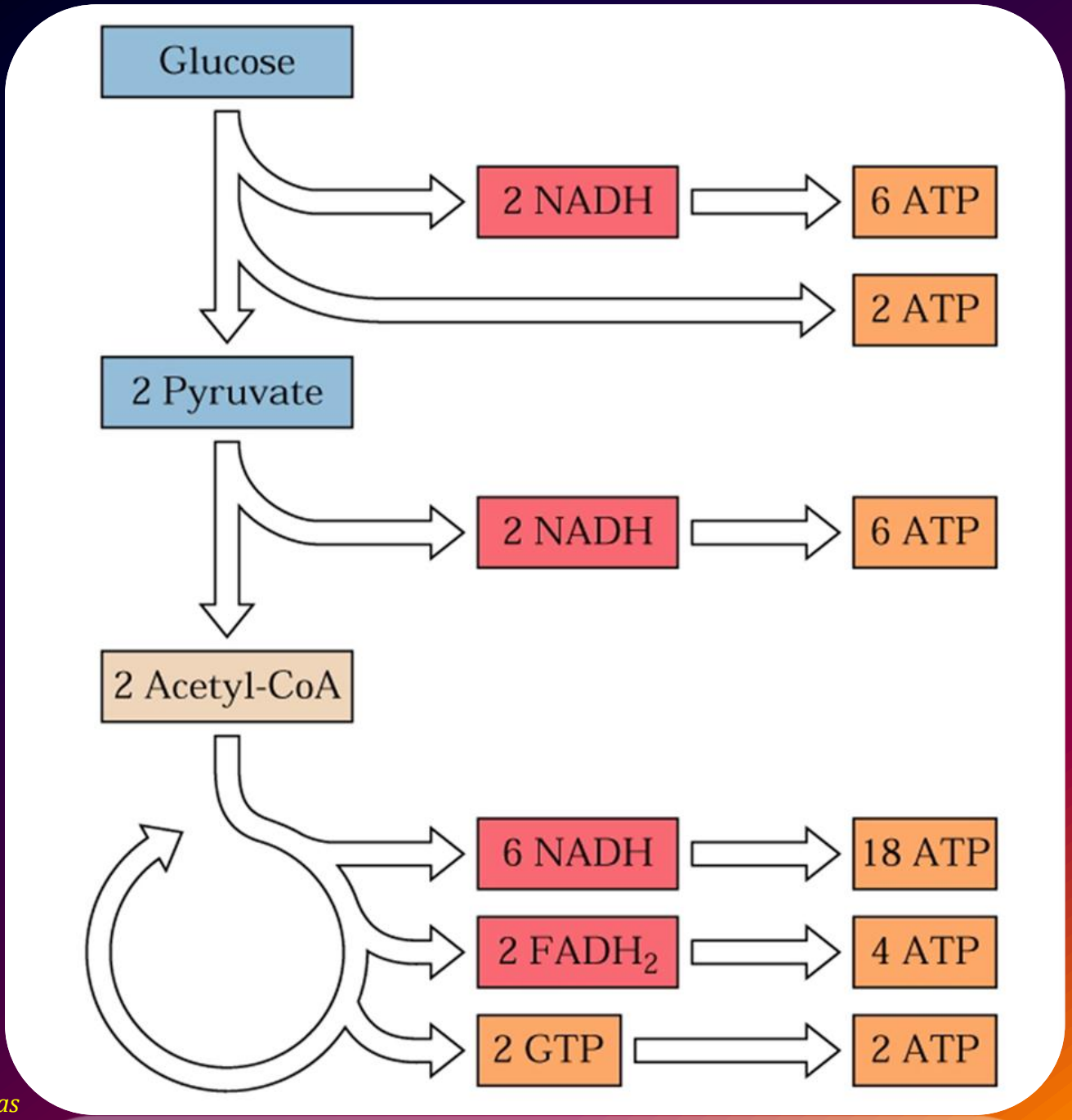


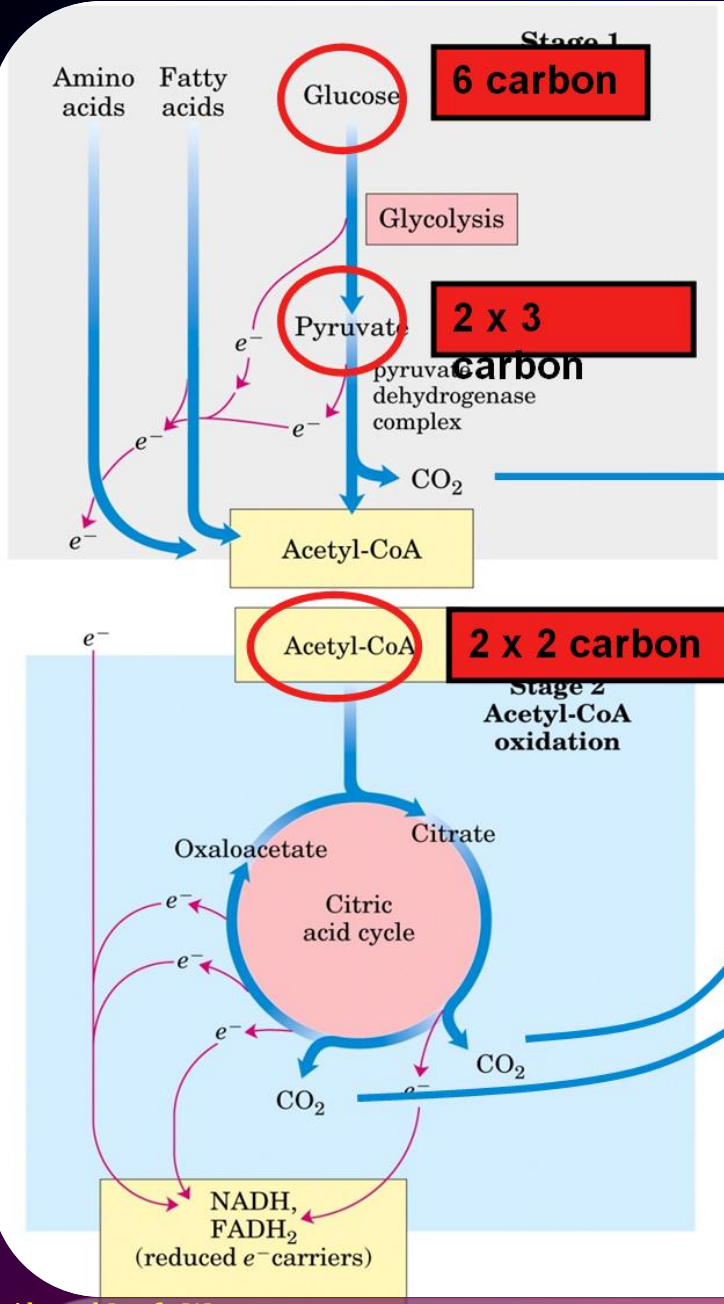
Product of Kreb's cycle

	One Cycle	Two Cycles	Energy	
1.	Three CO_2	Six CO_2		
2.	4 $NADH_2$	8 $NADH_2$	24 ATP	
3.	1 $FADH_2$	2 $FADH_2$	4 ATP	
4.	3 H_2O	6 H_2O		
5.	1 GTP	2 GTP	2 ATP	
		Total	30 ATP	for Kreb
		Glycolysis	8 ATP	6 are from NADH

Prof. Ahmed Lotfy Wanas

اضغط هنا


Glucose
2 NADH
6 ATP
2 ATP
2 Pyruvate
2 NADH
6 ATP
2 Acetyl-CoA
6 NADH
18 ATP
2 FADH2
4 ATP
2 GTP
2 ATP



$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O$$

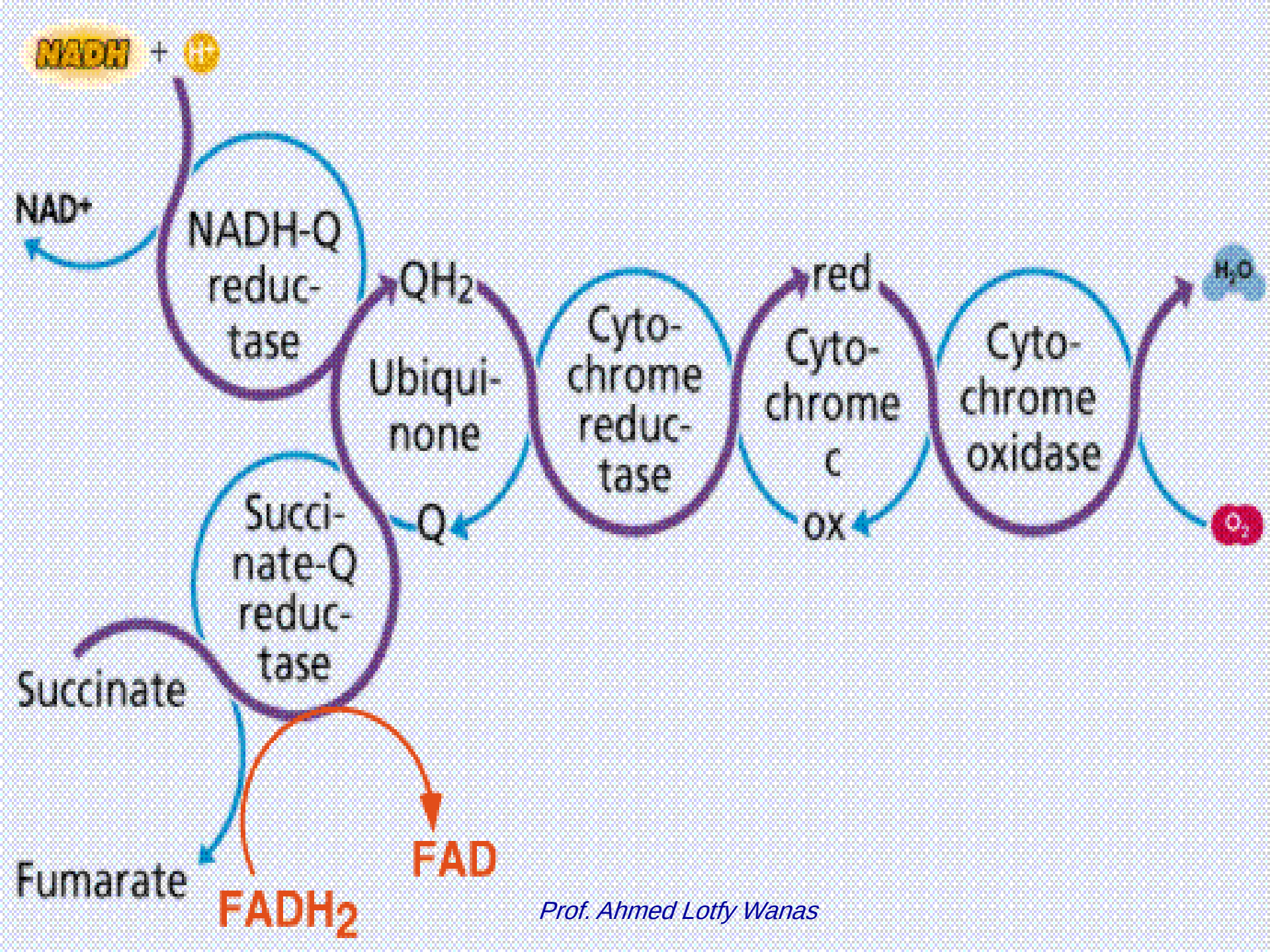
2 CO_2

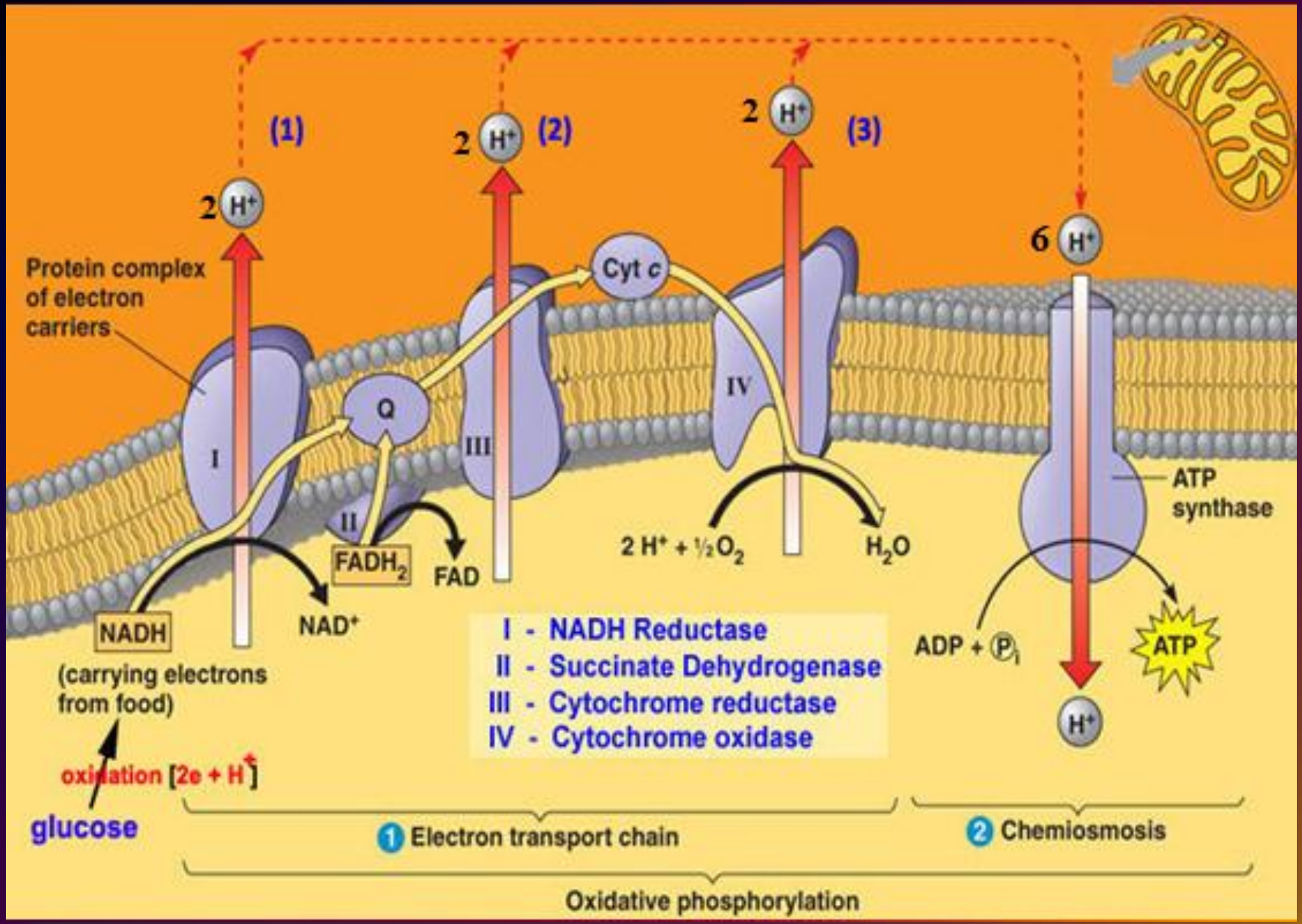
2 x 2 CO_2

The carbon is already converted to CO_2.
What is left is electrons in the form of NADH and $FADH_2$.

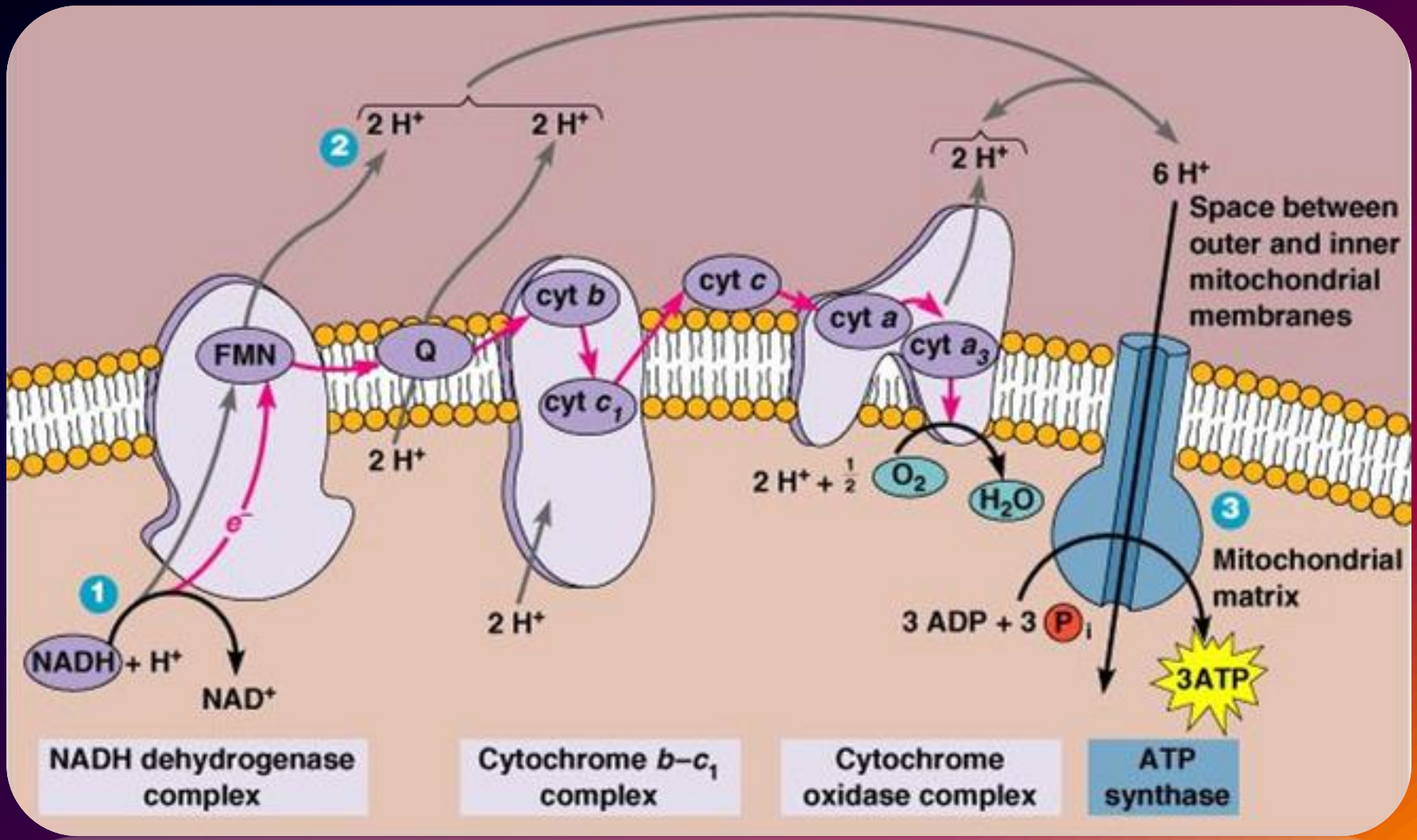
الفسفرة التأكسدية Oxidative phosphorylation:

وهذا النوع يتم في الغشاء الداخلى للميتوكوندريا حيث يتم سريان الإلكترونات خلال مجموعة من الحوامل أو المستقبلات وتستغل الطاقة المتحررة من الإلكترونات أثناء سريانها في إنتاج الـ ATP من ADP + pi وهذه الفسفرة تحتاج لوجود أكسجين الهواء الجوي حيث أنه المستقبل النهائي للإلكترونات. ففي دورة كربس كل المرافقات الإنزيمية المختزلة $NADH_2$, $FADH_2$ تدخل نظام نقل الإلكترون داخل الميتوكوندريا كمانحة للإلكترونات حيث يحدث سريان لهذه الإلكترونات ذات الطاقة العالية من مستقبل لأخر وتنتقل طاقة الإلكترونات العالية على دفعات تدريجياً وليس دفعة واحدة لتستخدم فى ربط جزئ ADP + pi وتكوين ATP، وكل زوج من الإلكترونات الناتجة من المرافق الإنزيمى $NADH_2$ ينتج ٣ جزيئات ATP عند سريانها في نظام نقل الإلكترون، أما في حالة $FADH_2$ فإنها تعطى ٢ جزىء ATP.

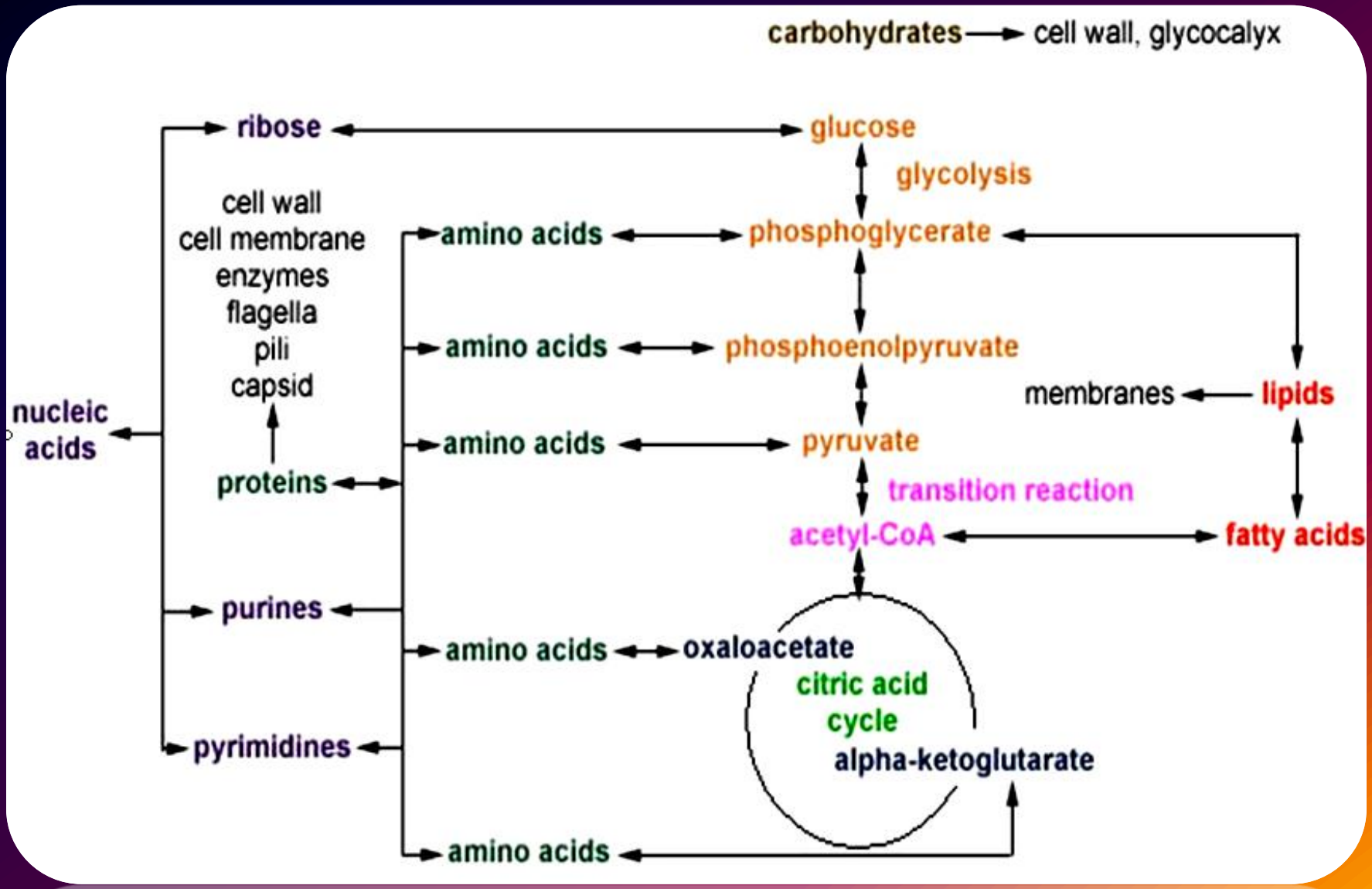

NADH
+
H+
NAD+
NADH-Q reduc-tase
QH2
Ubiqui-none
Q
Cyto-chrome reduc-tase
red
Cyto-chrome c
ox
Cyto-chrome oxidase
H2O
O2
Succi-nate-Q reduc-tase
Succinate
Fumarate
FAD
FADH2



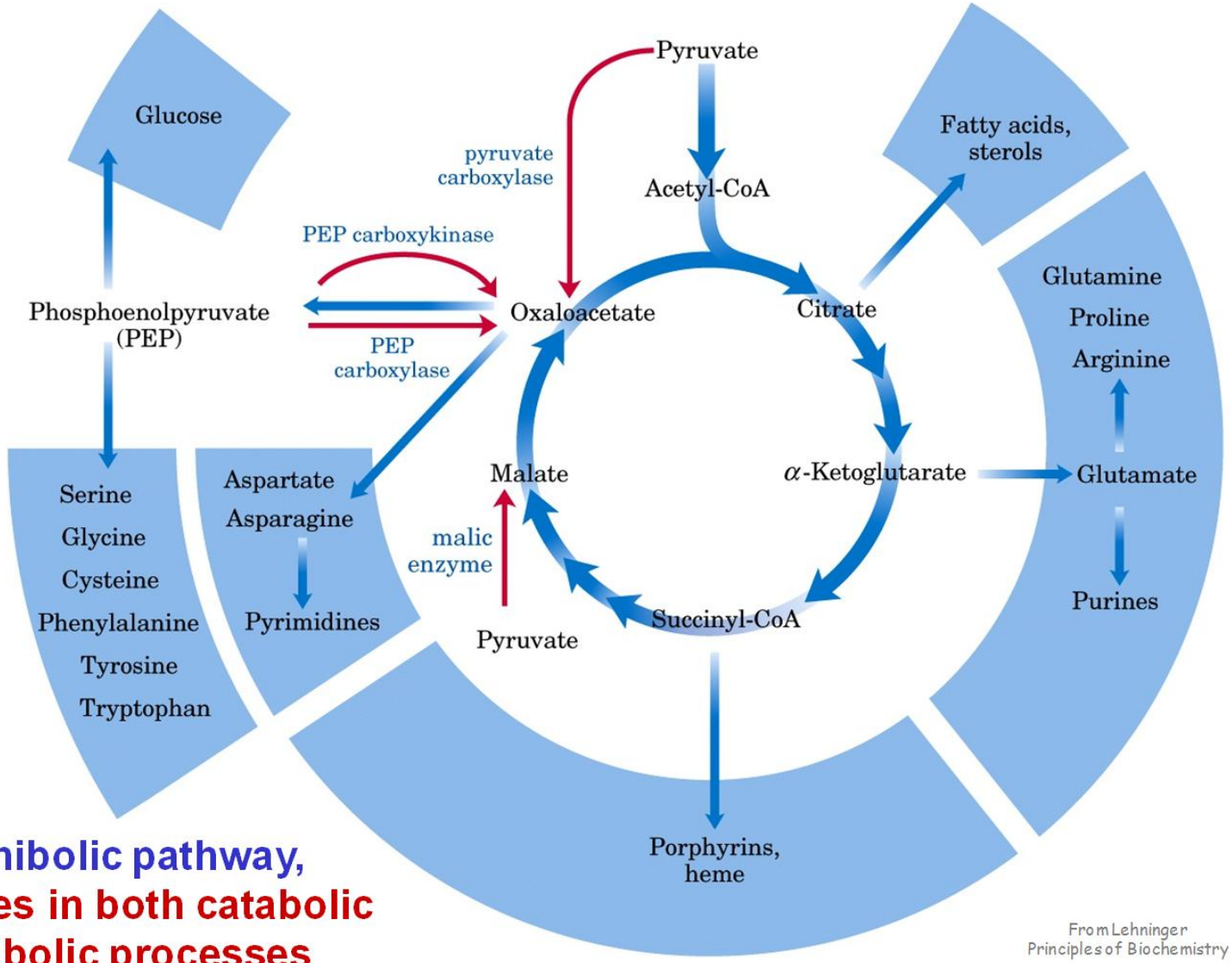
Prof. Ahmed Lotfy Wanas


2 H+
2 H+
2
2 H+
6 H+
Space between outer and inner mitochondrial membranes
FMN
Q
cyt b
cyt c
cyt a
cyt a3
cyt c1
2 H+
2 H+
2 H+ + ½
O2
H2O
3
Mitochondrial matrix
e−
1
NADH + H+
NAD+
3 ADP + 3 Pi
3ATP
NADH dehydrogenase complex
Cytochrome b–c1 complex
Cytochrome oxidase complex
ATP synthase

العلاقة بين الهدم والبناء



Citric acid cycle components are important biosynthetic intermediates



Amphibolic pathway, i.e., serves in both catabolic & anabolic processes

مخطط يوضح علاقة المركبات الوسطية الناتجة من الهدم ببناء مركبات عضوية أخرى

مسارات أخرى لبناء السكريات

Pentose Phosphate Pathway دورة البنتوز فوسفات

- **Function**
  - **NADPH production**
    - **Reducing power carrier**
      - **Synthetic pathways**
    - **Role as cellular antioxidants**
  - **Ribose synthesis**
    - **Nucleic acids and nucleotides**

Characteristics

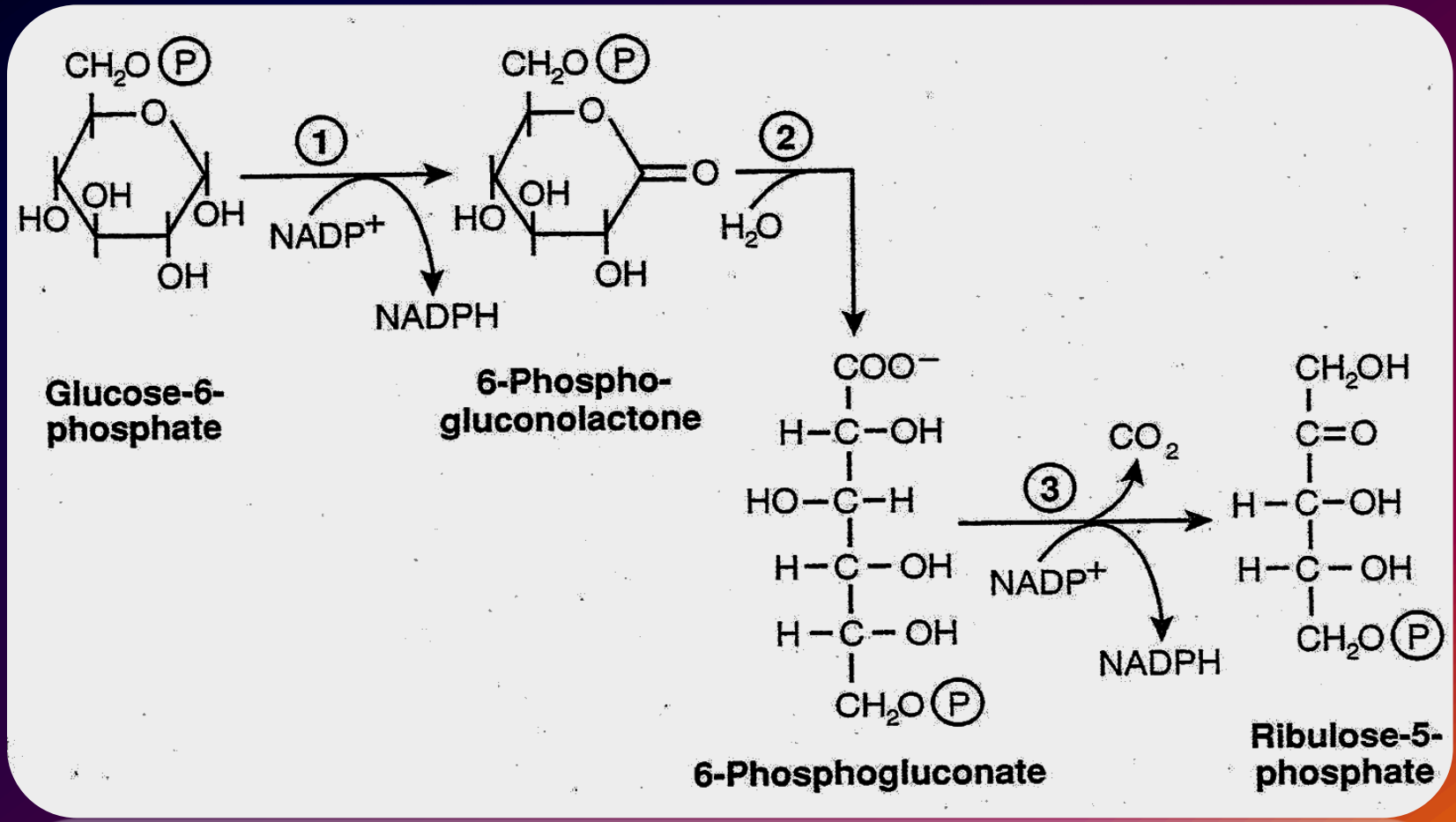
Oxidative and Non-oxidative Phases

Oxidative phases:

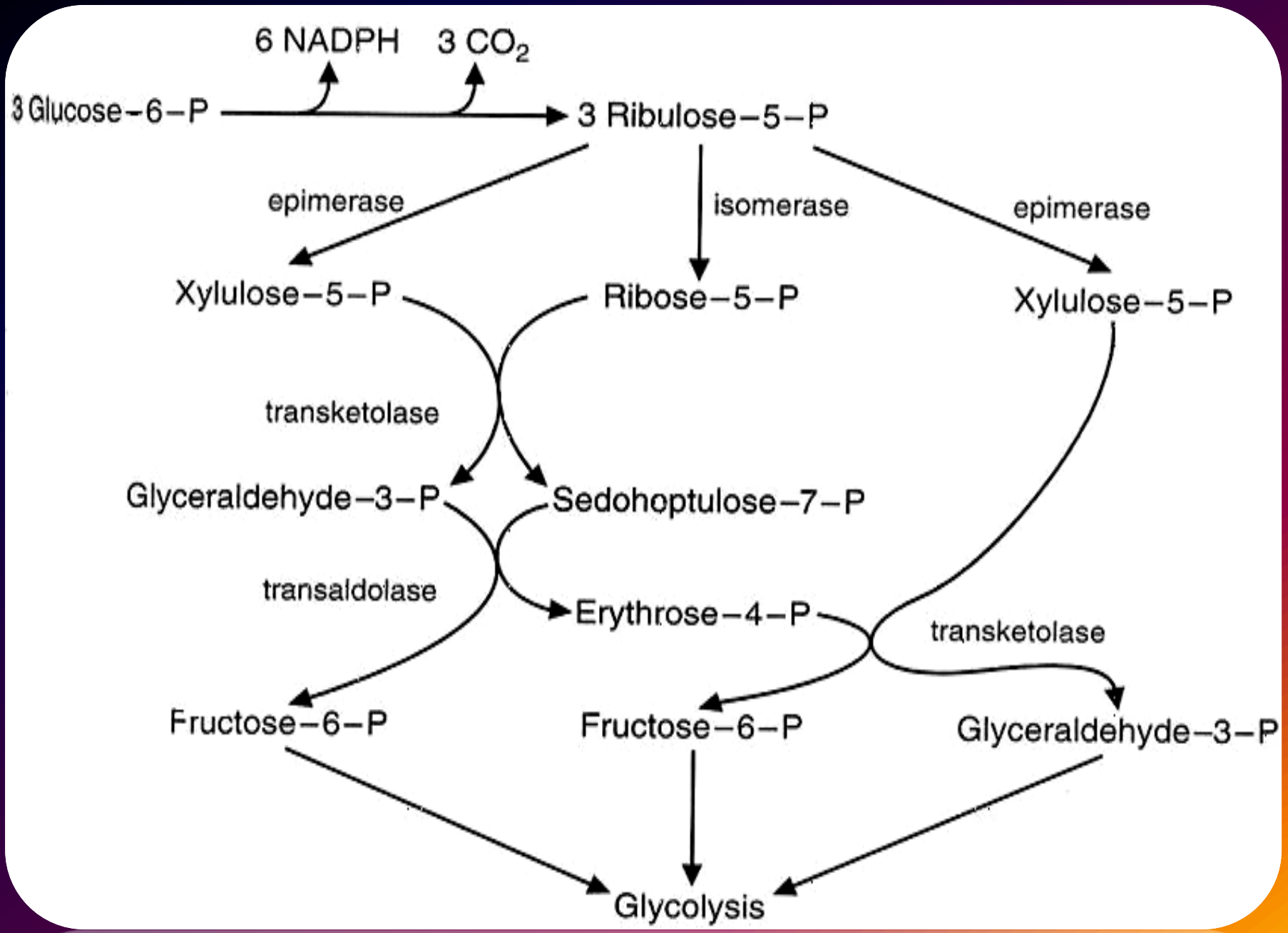
Reactions producing NADPH (Irreversible)

Non-oxidative phases:

Produces ribose-5-P (Reversible reactions feed to glycolysis)

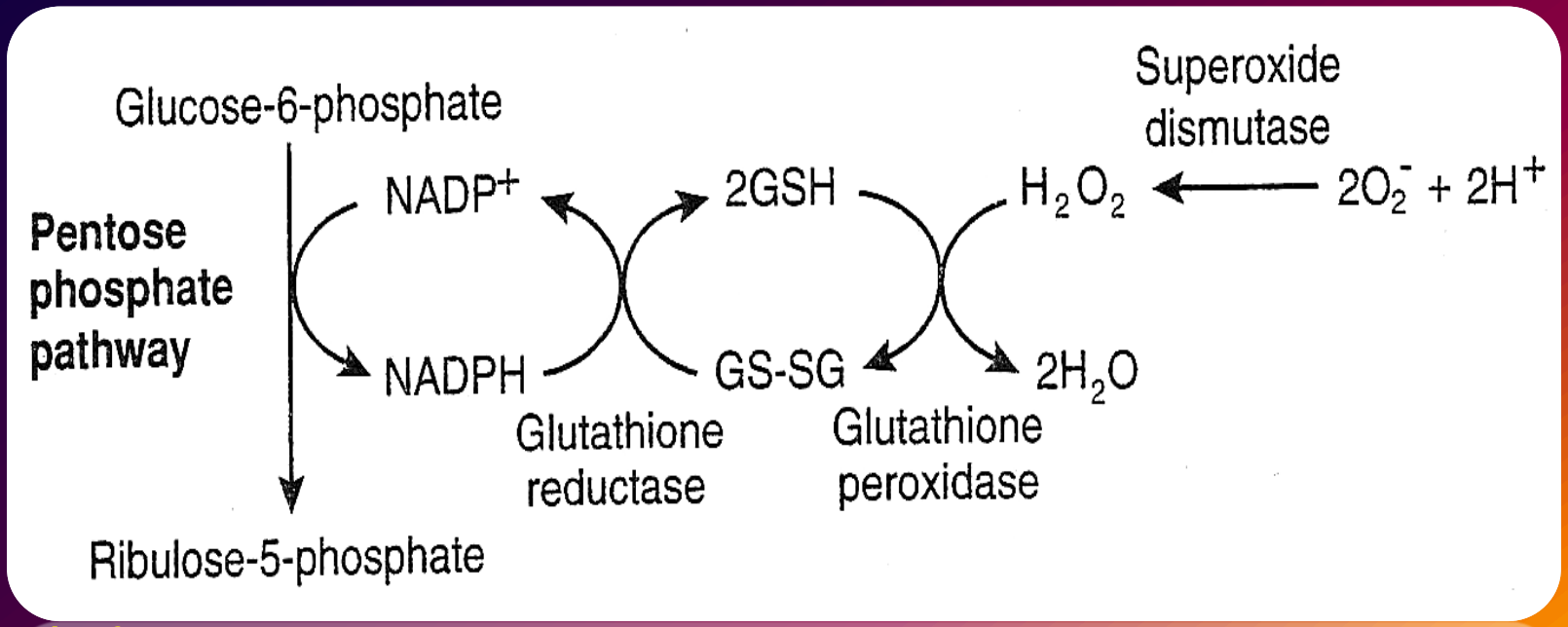


Prof. Ahmed Lotfy Wanas


6 NADPH
3 CO_2
3 Glucose–6–P
3 Ribulose–5–P
epimerase
isomerase
epimerase
Xylulose–5–P
Ribose–5–P
Xylulose–5–P
transketolase
Glyceraldehyde–3–P
Sedohoptulose–7–P
transaldolase
Erythrose–4–P
transketolase
Fructose–6–P
Fructose–6–P
Glyceraldehyde–3–P
Glycolysis

Detoxification of Superoxide Anion and Hydrogen Peroxide

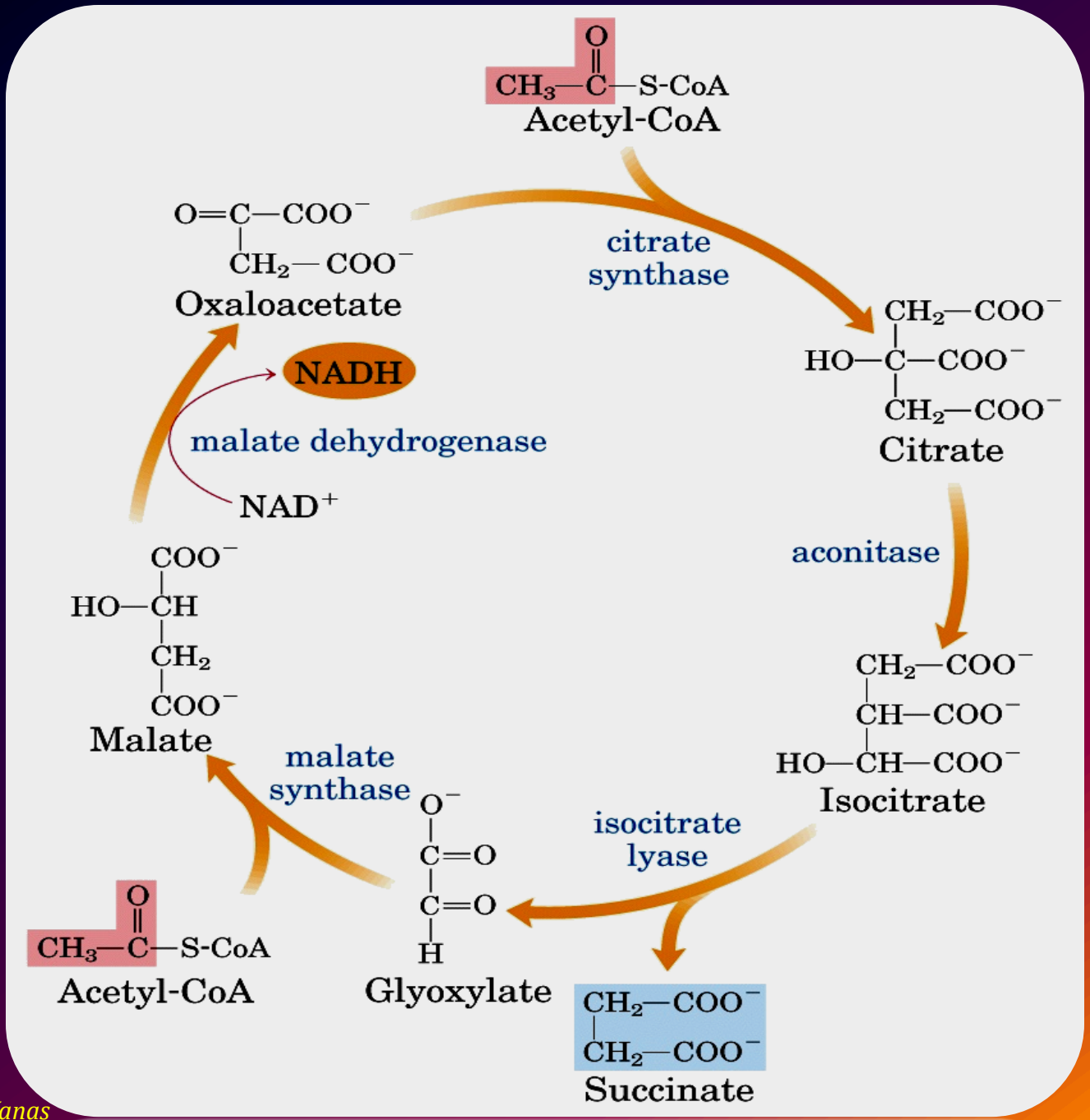
- Antioxidant enzymes
  - Superoxide dismutase
  - Glutathione peroxidase
  - Glutathione reductase

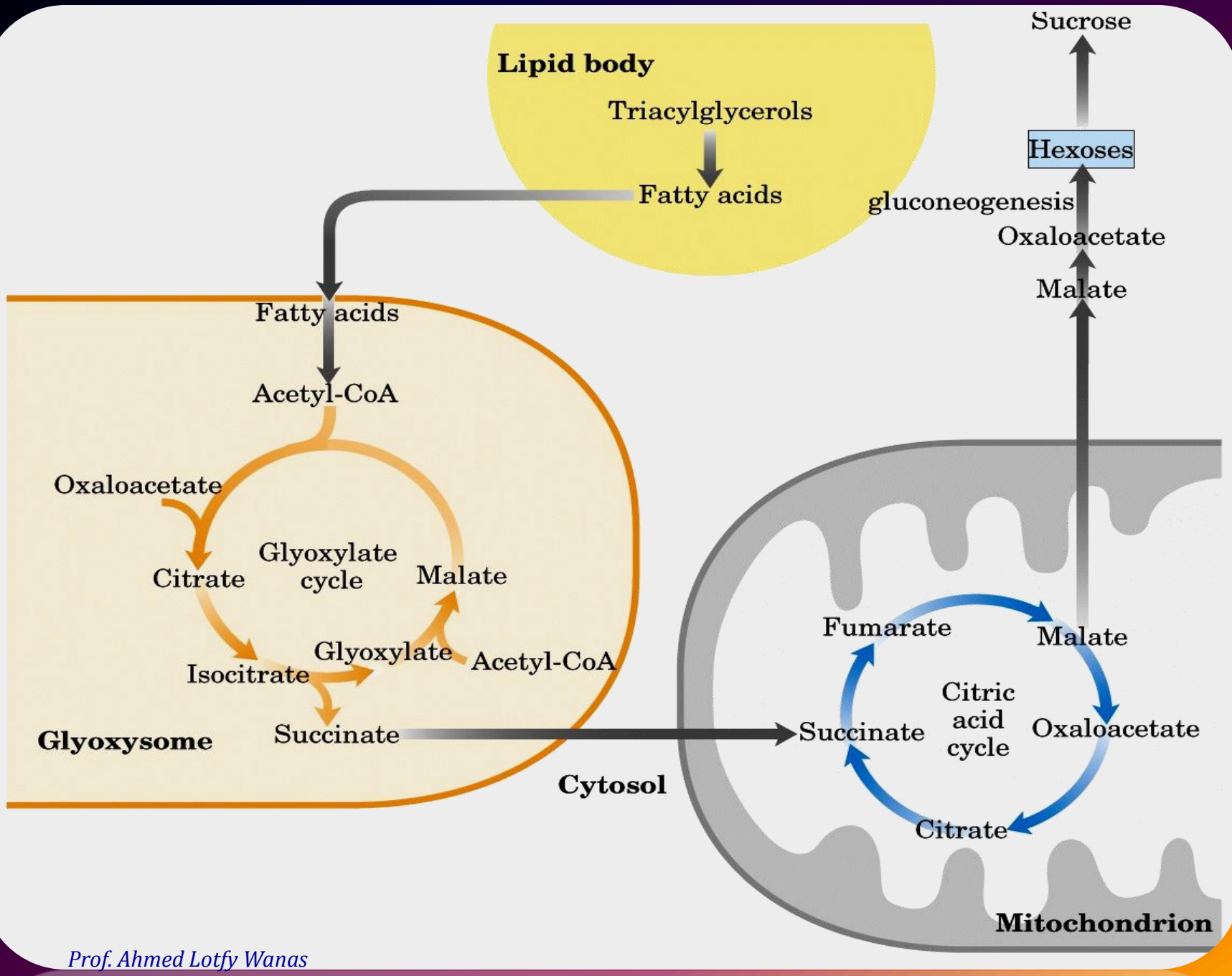


The Glyoxylate Cycle

A variant of TCA for plants and bacteria

- **Acetate-based growth.**
- **Net synthesis of carbohydrates and other intermediates from acetate is not possible with TCA.**
- **Glyoxylate cycle offers a solution for plants and some bacteria and algae.**
- **The CO_2-evolving steps are bypassed and an extra acetate is utilized.**
- **Isocitrate lyase and malate synthase are the short-circuiting enzymes.**


Acetyl-CoA
citrate synthase
Oxaloacetate
Citrate
NADH
malate dehydrogenase
NAD+
aconitase
Malate
Isocitrate
malate synthase
isocitrate lyase
Glyoxylate
Acetyl-CoA
Succinate


Lipid body
Triacylglycerols
Fatty acids
Sucrose
Hexoses
gluconeogenesis
Oxaloacetate
Malate
Fatty acids
Acetyl-CoA
Oxaloacetate
Citrate
Glyoxylate cycle
Malate
Glyoxylate
Acetyl-CoA
Isocitrate
Succinate
Glyoxysome
Cytosol
Fumarate
Malate
Citric acid cycle
Succinate
Oxaloacetate
Citrate
Mitochondrion