

فسفرة تأكسدية

الفسفرة التأكسدية هي المرحلة الأخيرة في عملية التنفس الخلوي ، العملية المستخدمة لإنتاج الطاقة في الكائنات الهوائية. Aerobic organism. الفسفرة التأكسدية والتي تحدث دائما بعد التحلل السكري Glycolysis كريبس) Krebs Cycle دورة حمض الستريك)، هي المرحلة الحاسمة ، الأهم والأكثر فعالية في التنفس الخلوي تنتج من خلالهما جزيئات ATP محدودة، تنتج في عملية الفسفرة التأكسدية 30-36 جزيئة ATP لكل جزيئة لوكوز مستهلكة.

الفسفرة التأكسدية Oxidative phosphorylation هو عبارة عن مسار استقلا metabolic pathway يستخدم الطاقة الناتجة عن الأكسدة للمواد الغذائية لإنتاج ATP. مع ان كافة أشكال الحياة على الأرض تستخدم مجالا واسعا من المغذيات المختلفة ، فإن الجميع يقوم بإجراء فسفرة تأكسدية إنتاج ATP ، الجزيئة الحاملة للط من عملية (Metabolism). يعتبر هذا المسار فعالا جدا لتخزين الطاقة إذا ما قورن بعمليات التخمر fermentation الحيوية البديلة كما في حالة تحلل ال glycolysis

The electron transport chain in the mitochondrion is the site of oxidative phosphorylation in eukaryotes. The NADH and succinate generated in the citric acid cycle is oxidized, releasing energy to power the ATP synthase Or Is the process in which ATP is formed as a result of the transfer of electrons from NADH or FADH₂ to O₂ by a series of electron carriers.

Inhibitors :

Compounds	Use	Effect on oxidative phosphorylation
Cyanide		
Carbon monoxide	<i>Poisons</i>	Inhibit the electron transport chain by binding more strongly than oxygen to the Fe–Cu center in cytochrome c oxidase, preventing the reduction of oxygen.
Oligomycin	<i>Antibiotic</i>	Inhibits ATP synthase by blocking the flow of protons through the Fo subunit.
CCCP 2,4-Dinitrophenol	<i>Poisons</i>	Ionophores that disrupt the proton gradient by carrying protons across the membrane. This uncouples proton pumping from ATP synthesis.
Rotenone	<i>Pesticide</i>	Prevents the transfer of electrons from complex I to ubiquinone by blocking to the ubiquinone-binding site.

الأكسدة البايولوجية والسلسلة التنفسية: Biological Oxidation and energy production Respiration

يحصل الكائن الحي علي الطاقة اللازمة للنمو وإتمام كافة العمليات الحيوية وذلك عن طريق أكسدة المواد الغذائية وتحرير الطاقة الكامنة في تلك المواد الغذائية وحبسها في مركبات ATP

وتتم عملية الأكسدة $NADPH 2$. الغنية بالطاقة وكذلك تخزن تلك الطاقة في المرافق الإنزيمي

O_2

CO_2

الغذائية دفعة واحدة بل تتحرر في خطوات متسلسلة من التفاعلات التي تتحكم بها الإنزيمات . والمواد الغذائية التي تستخدم في تحرير الطاقة هي المواد الكربوهيدراتية والدهون والبروتينات ، وعملية تحرير الطاقة خلال عملية التنفس تحدث في الظلام أو الضوء علي حد سواء . في حالة استخدام الكربوهيدرات فإنه تحليل النشا إلي جزيئات ($ATP, NADPH$) النشا) في التنفس كمادة بادئة لإنتاج جزيئات أصغر بفعل الإنزيمات المتخصصة حيث يتم تحويلها إلي سكريات أحادية.

Starch ---- - *amylase*--- Dextrins---- - *amylase*- Maltose-- *maltase*--- - Glucose

الدهنية

دهنيه لسرين أنزيميا.

الدهون يجب تحللها

. ويتكون منها.

يدخل

acetyl-CoA

Lipids----- *Lipids* ----- fatty acids + glycol

الأمينية

. الإنزيمات

أمينية

البروتينات فإنها

(- NH_2)Amine

acetyl

يتحول النهاية

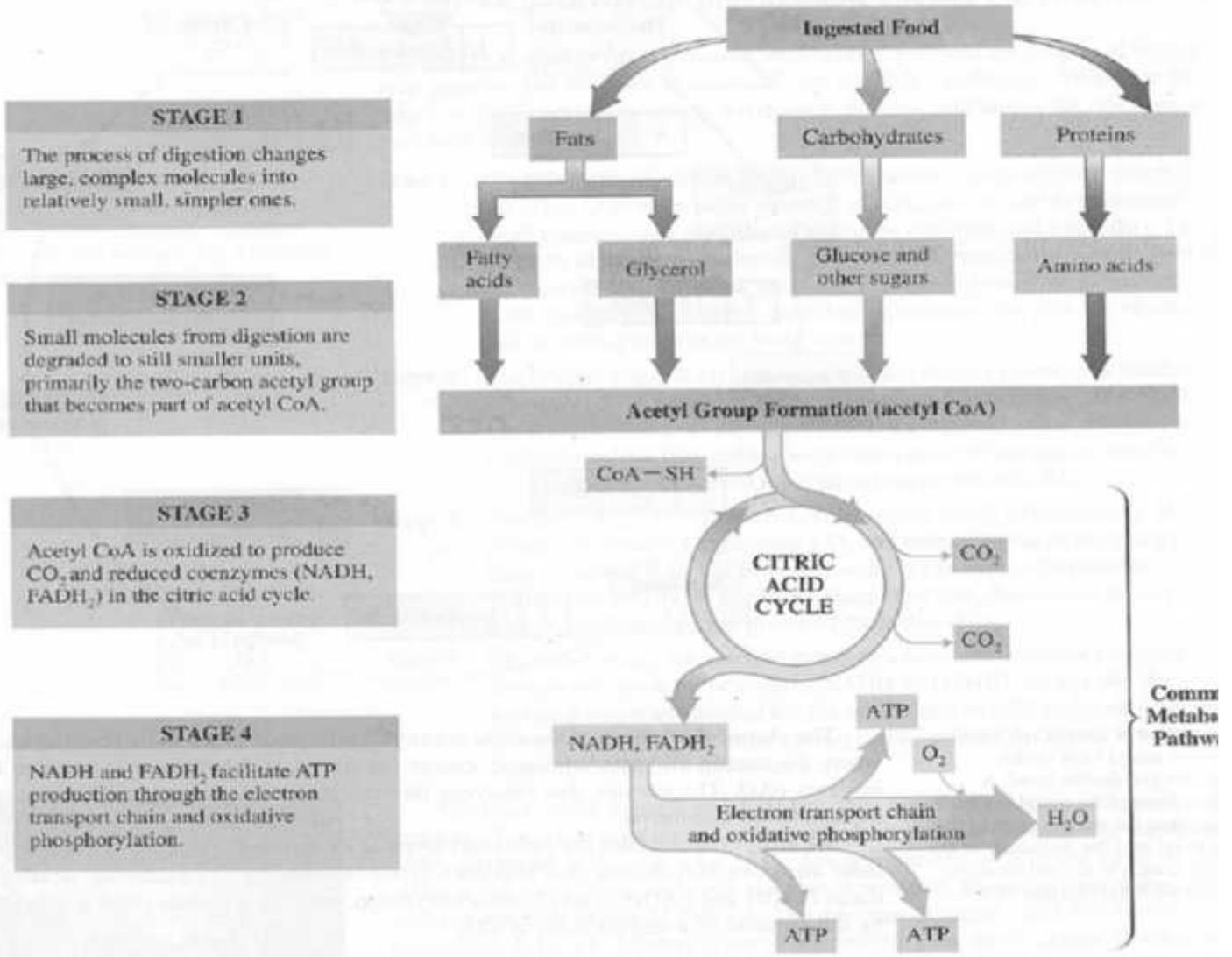
الكيتوني

وينتج

Co A - .

يدخل

Simplified Summary of the Four Stages of Biochemical Energy Production



ميكانيكية

Mechanism of Rispiration

مرحلتين هما:

عملية

ويتضمن :

1- Glycolysis

(Glucose

هذه العملية anaerobic غياب

2- Krebs Cycle aerobic :

البيرويك Pyruvic.

يتكون

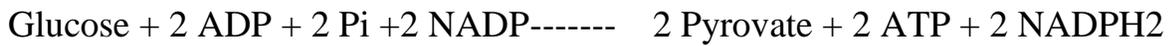
(Glycolysis)

الأكسوجين aerobic

البيروتيك (TCA) ويتم فيها
أكسيد CO₂ أوكسدته هوائيا .
هذه العملية H₂O
الهوائية aerobic conditions .

Glycolysis Pathway

هذا المسار ي
التغيرات
البداية يتكون البيروتيك. يطلق هذه
أيضا (Embden – Meyerhof – Parans) Pathway وسميت
هؤلاء
العديد الإنزيمات الوسيطة .
الرئيسي يتحول (EMP) هذه السيتوبلازم Cytosol ويعتبر
يتحول به الوسيطة بيروفات. ويتضمن هذا الداخلية للسكريات
مجاميع النهائي مركبين ثلاثيا وهو
NADPH₂, ATP . هوائي يتكون فيه جزيئات
ويكون صورته الإجمالية :

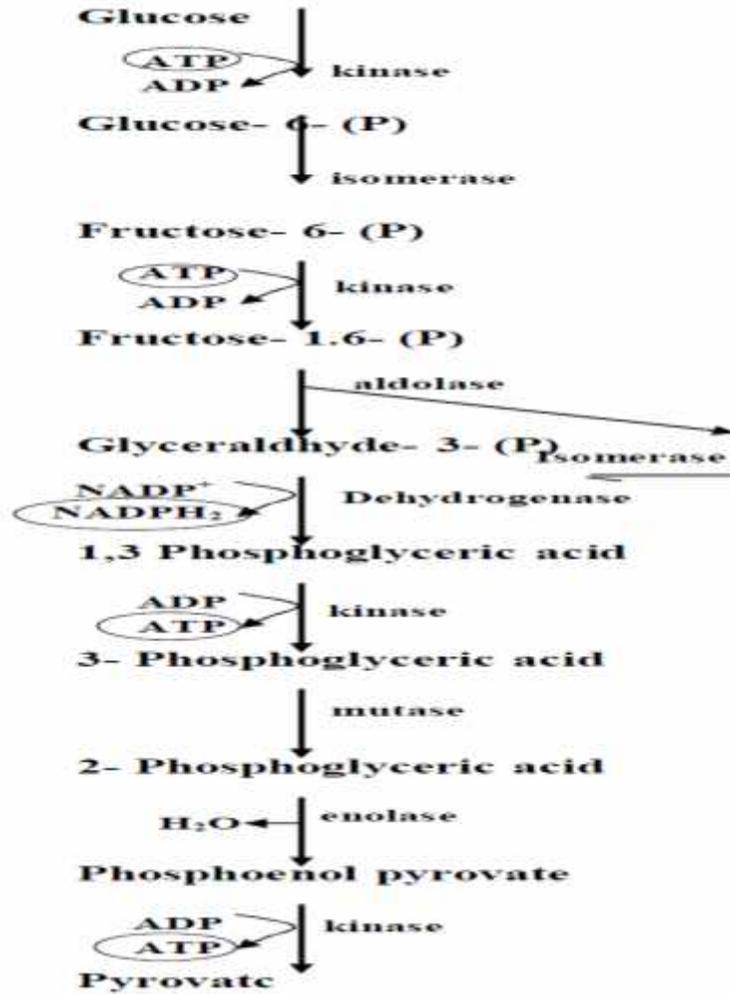


يلاحظ غير

جزيئات NADPH₂, ATP ضئيلة نسبياً.

-
- . يحتاج ATP . يتحول
 - . ينطلق ATP تحويل 1,3 PGA ----- 3PGA ,
 - تحويل PEP بيروفات منهم يمثل .
 - جزيئات ATP .
 - . جلسر الدهيد - PGA - عنه 1.3
 - NADPH₂ ينطلق عنه . NADPH 2
 - . الجليكولي جزيئات ATP .

Glycolysis دور التحلل الجليكوني



ثلاثية الكربوكسيل) الستريك (TCA)

(Krebs Cycle (citric acid cycle , Tricarboxylic acid cycle

اللاهوائية تنتهي

الكربوهيدرات

عملية

Pyruvic acid البيروفيك

البيروفيك عملية

كافية O₂

(EMP).

ويحتاج

الكربوكسيل acetyl coenzyme A وهذا

ليعطي

أساسية يتم وهي:

() Thiamim pyrophosphate (TPP)

(2). Mg^{+2} (أيونات مغنسيوم)

() NADP

() Coenzyme – A (CO – A)

(5) Lipoic acid الليبويك

البيروفات الإليكترون الإليكترون لجزء الكلوكوز في دورة كريبس H_2O CO_2

تحرير (الميتوكوندريا) هذه ATP خلالها

Glycolysis)

CO_2 البيروفيك يتم acetyl CO – A

(OAA) Oxalacetic acide acetyl CO – A هذا يتم $NADPH_2$

مجاميع كربوكسيل وبهذا يحتوي فينتج يحتوي

O_2 بالتفصيل يمكن فهم هدم البيروفات . وهو الستريك .

هذه التأكسدية الميتوكوندريا . هذه

2 O . 2 جزيئات يتضح $NADPH_2$ $FADH$

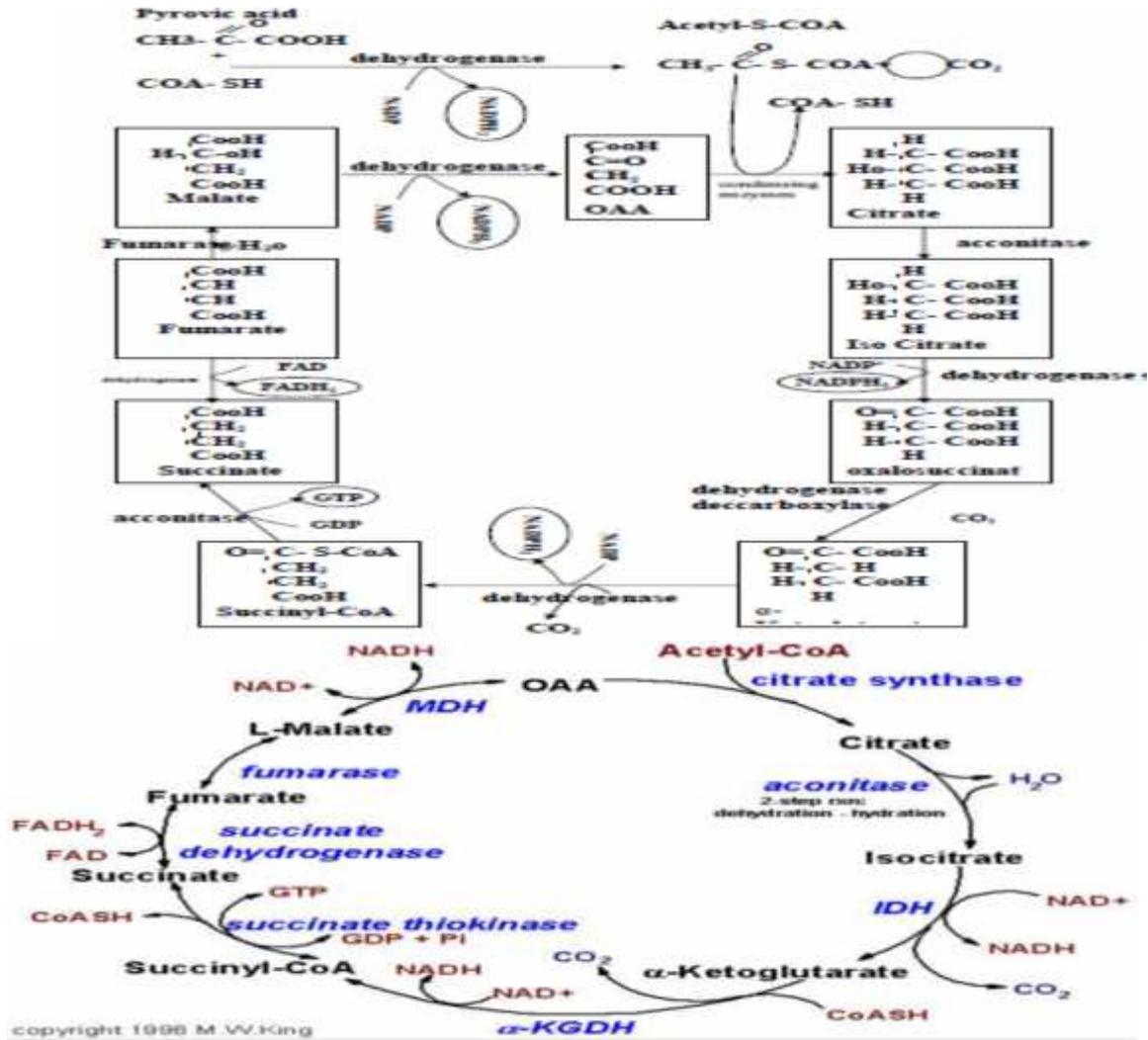
ATP وهذه الطاقة تعادل ATP . عند هدم جزيء حمض البيروفيك وهو نصف جزيء جلوكوز

ATP كريس . وحيث أن الانحلال ينتج عنه إذن الجلوكوز ينتج عنه

ATP فيكون إجمالي الطاقة الناتجة عن هدم جزيء الجلوكوز من خلال مساري الانحلال

ATP وهذه الطاقة المختزنة في صورة ATP تستخدمها الخلية في

العمليات البيولوجية المختلفة



الدور الذي تلعبه دورة كريس في عمليات البناء في الخلية

- تساهم دورة كريس في إنتاج الطاقة اللازمة لعمليات البناء المختلفة
- المساهمة في بناء الأحماض الأمينية فمثلا يتكون حمض الجلوتاميك من الفاكينوجلوتماريك ، والاسبارانيك من الأوكسالوخليك.
- يدخل acetyl CO-A في التحولات الغذائية للدهون.
- حمض الفيوماريك يدخل في التحولات الغذائية للنتروجين.
- Succinyl - COA يدخل في التحولات الغذائية للدهون كما يدخل في بناء مركبات البورفيرين والتي يتكون منها الكلوروفيلات - المستوكروم - بعض الإنزيمات الأخرى.

Electron transport system and Phosphorylation

	يعاد	هذا	وثيق بين	يوجد
	الإنزيمية	FADH ₂ , NADPH	هذه	
ATP 2 تخليق جزيئات		الإليكترون	هذه العملية O ₂	نهائي
التأكسدية		Oxidtive phosphorylation	هذه العملية	الجدير
التأكسدية		الكرستيا . ويمكن	المقبضية	الميتوكوندريا
				<u>بالطريقة</u>



1. Large multi subunit integral membrane protein complexes or coupling sites: couple electron transfer with H⁺ gradient generation

- > **Complex I:** NADH-Q oxidoreductase (MW =880 kd) Coupling Site 1
- > **Complex II:** succinate-Q reductase complex (MW =140 kd)
- > **Complex III:** Q-cytochrome c oxido-reductase (MW = 250 kd). Coupling Site 2
- > **Complex IV:** cytochrome c oxidase (MW = 160 kd) Coupling Site 3.

اللاهوائى Anaerobic Respiration

ينتج عنه البيروفات هوائية غياب O₂
الإيثايل هذه العملية وينتج عنه اللاكتيك هذه
اللاكتيكي يتكون الوسيطة الاسيتالدهيد الخليك.

Alcohol Fermentation

هذه العملية البيروفات الراقية حيث يتجزأ هوائية.
Pyrovate----- acetaldehyde + CO₂
Acetaldehyde+NADPH₂----- Ethanol + NADP

يلاحظ استهلاك NADPH₂ هذا وهي جزيئات ATP
أنه يستهلك جزيئات ATP . يتم
هوائية فيكون هي: جزيئات ATP
ATP ATP واستهلاك جزيئات

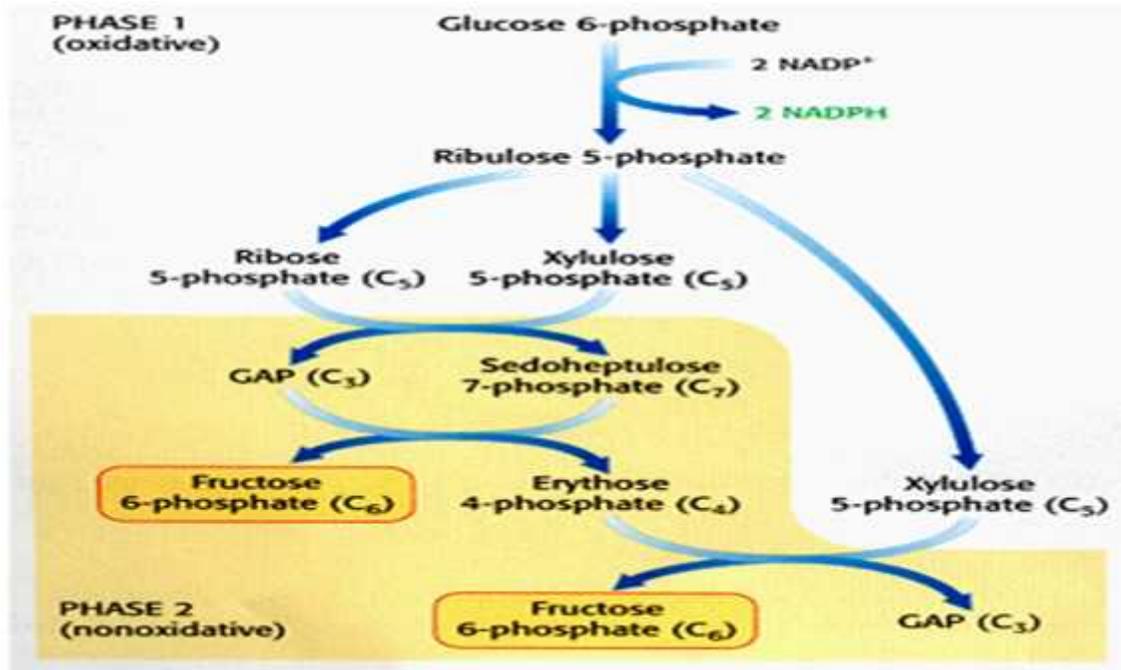
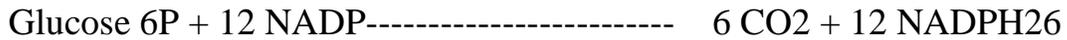
Lactic fermentationالتخمير اللاكتيكي

هذا البكتيريا الحيوان
Pyrovate + NADPH₂-----dehydrogenase- CH₃-CHOH-COOH +NADP
هذا . يلاحظ CO₂

Pentose phosphate pathywayمسار بنتوز فوسفيت

يتم هذا المسار الراقية والدنية اللاهوائية يدخل CO₂
ولكنها . عملية طريق الهيدروجين
النهاية ينطلق NADP₂ . الوسيطة هذا الهيدروجين الإنزيمي
هذه سيتوبلازم الخلية حيث الإنزيمات بها NADPH

الإجمالية لهذه هي:



Pentos phosphate pathway

Degradation of Fats: هدم الدهون

الدهون إنزيمي للدهون عملية يلاحظ البذور الزيتية
دهنيه



الكليسيرول: Glycerol

يتحول هيدروكسي اسيتون بيروفات يدخل .

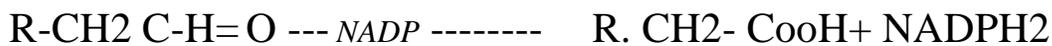
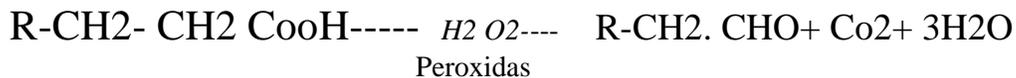
الدهنية B- oxidation * acetyl co-A الدهنية: يتم هدم الميتوكوندريا.
خلال بدورها هذه

الصغيرة * يتم هدم الدهنية الكاربوكسيل Co2
- oxidation . حيث يتم

B- oxidation وهذا

- oxidation

هذا أهمية حيث ويعتمد هذا إنزيم
 البيروكسيداز Peroxidase حيث يتم
 الطرفية H2O2



يلاحظ هذا Co 2 NADPH الحديثة. هدم
 هذا . ويكثر . هذا البالمتيك
 ينتج

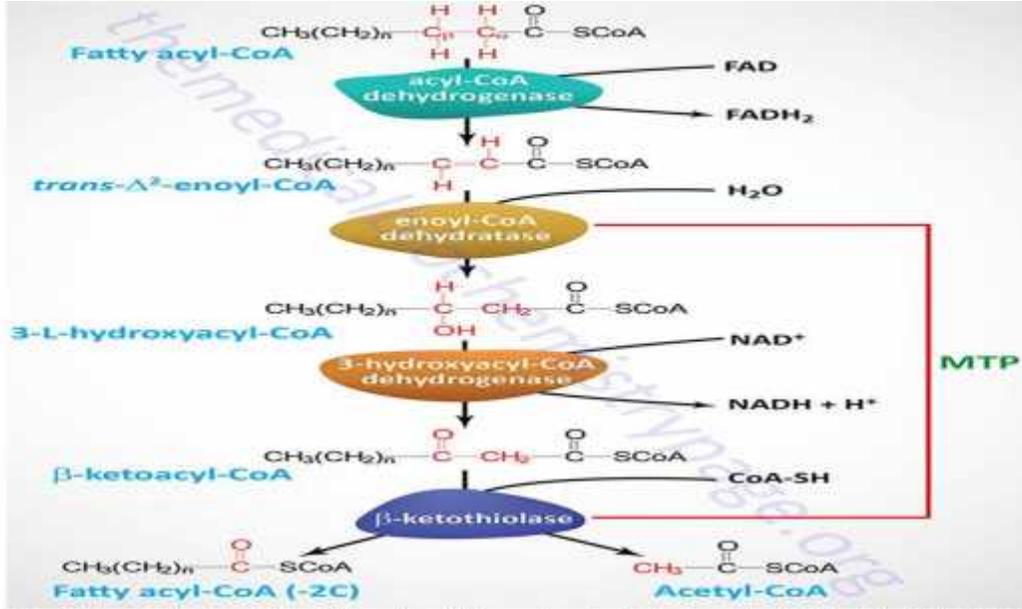
$$ATP_{45} = 3 \times 15 NADPH_2 = \text{ويكون}$$

البالمتيك الكلية = ATP 7 = كيلو

= كيلو هدم البالمتيك - oxidation

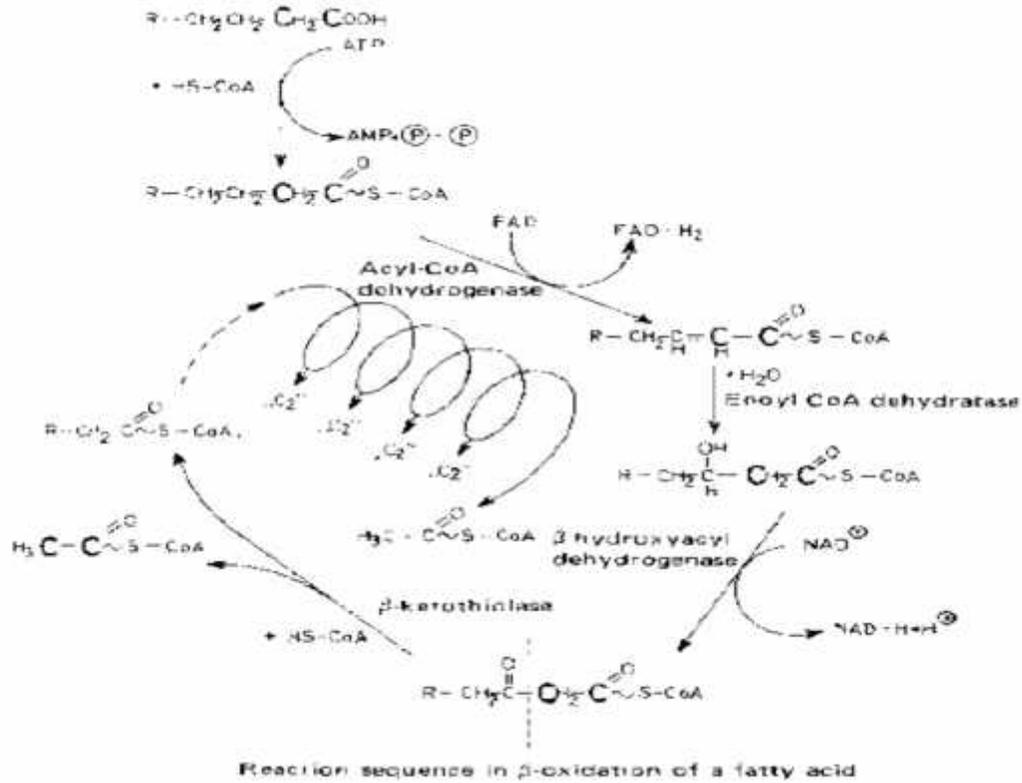
$$= 14\% = \frac{45 \text{ جزئ ATP} \times 7 \text{ كيلو كالوري لكل جزئ ATP}}{\text{الطاقة الكلية المخزنة في حمض البالمتيك} = 2300 \text{ كيلو}}$$

β- oxidation of fattyoxids and enesgy production



يتم هدم جزئيات الأحماض الدهنية في الميتوكوندريا. ويبدأ المسار بتنشيط الحمض الدهني لتكوين معقد من الحمض الدهني والمرافق لانزيمي COA في وجود جزئ الطاقة ATP وإنزيم الكينيز. ويتبع ذلك عدة عمليات وخطوات تنتهي بانسطار ذرتين كربون في صورة المركب acetyl- CoA والذي ينشطر عن الحمض الدهني ثم تتكرر هذه الدورة عدة مرات حيث يتم تحويل الحمض الدهني كله إلى جزئيات من ذرتين كربون في صورة acetyl. CoA.

أما عن خطوات الأكسدة في الوضع بيتا فيمكن تلخيصها في الآتي:

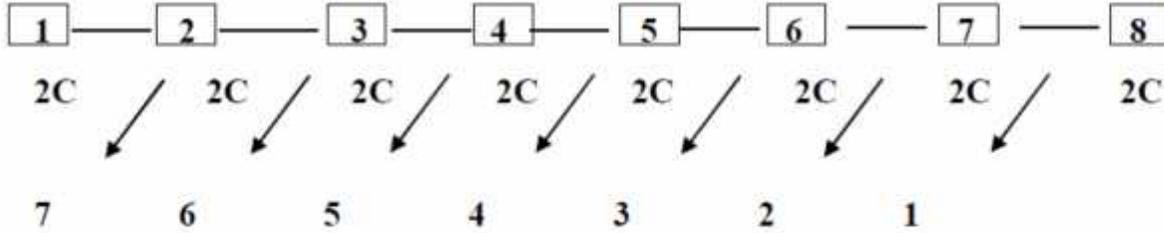


يتضح من الخطوات استهلاك جزيء ATP لتنشيط التفاعل الكلي وينتج طاقة عبارة عن جزيء واحد $FADH_2$ وجزيء واحد $NADPH_2$ لكل جزيء $acetyl\ CoA$ منتج. وبذلك ينتج عدد 5 خمسة جزيئات ATP لكل جزيء منتج من $acetyl\ CoA$.

وعند اتخاذ حمض البالميتيك كمثال لهدم الأحماض الدهنية من خلال المسار β -oxidation يتضح الآتي:

"Degradation Palmitic acid"

من المعروف أن حمض البالميتيك يحتوى على ١٦ ذرة كربون. فيتم تكسير حمض البالميتيك وهدمه من خلال β -oxidation وذلك على مراحل وفي كل مرحلة ينتج جزئ acetyl CoA يحتوى على 2C ذرة كربون وفي النهاية ينتج ٨ جزيئات acetyl-CoA.



* عدد مرات الانشطار

من المعروف أنه عند انطلاق أو انشطار جزئ acetyl. CoA تنطلق طاقة مكونة من $FADH_2$ + $NADPH_2$ = ٥ جزيئات ATP. وأنه لكي يتم هدم جزئ واحد من البالميتيك فإن ذلك يتم على مراحل في كل مرحلة ينتج جزئ acetyl-CoA ويصحب ذلك انطلاق طاقة.

٧ مراحل هدم أو انشطار \times ٥ جزيئات طاقة ناتجة لكل جزئ acetyl CoA = ٣٥ جزئ ATP.

ومن المعروف أيضاً أنه سبق استهلاك جزئ واحد ATP لتنشيط التفاعل في بدايته. إذن محصلة الطاقة الناتجة لهدم حمض البالميتيك إلى ٨ جزيئات acetyl CoA = ٣٥ جزئ ATP - ATP مستهلك = ٣٤ جزئ ATP.

إن إجمالي الطاقة الناتجة من هدم ١ مول من حمض البالميتيك من خلال دورة كريس = ٣٤ ATP (فى مرحلة إنتاج وانسطار acetyl CoA) + ٩٦ ATP (من خلال دورة كريس) = ١٣٠ جزئى ATP. ومن المعروف أن الطاقة الكلية المخزنة فى البالميتيك عند انطلاقها تحت الظروف القياسية يكون مقدارها ٢٣٠٠ كيلو كالورى.

إذا كفاءة هدم واحد مول من حمض البالميتيك من خلال β - oxidation وكذلك دورة كريس

$$= \frac{130 \text{ جزئى ATP} \times 7 \text{ كيلو كالورى}}{100 \times} = 40\%$$

٢٣٠٠ كيلو كالورى

ويمكان حدوث β - oxidation: بعض العلماء أكد أن خطوات الأكسدة فى الوضع بيتا يتم فى جسيمات glyoxysomes فى حالة إنبات بذور الخروج. كما أكد البعض الآخر حدوثها فى Mitochondria فى حالة إنبات بذور الفول السودانى.

