

## الفصل الأول:

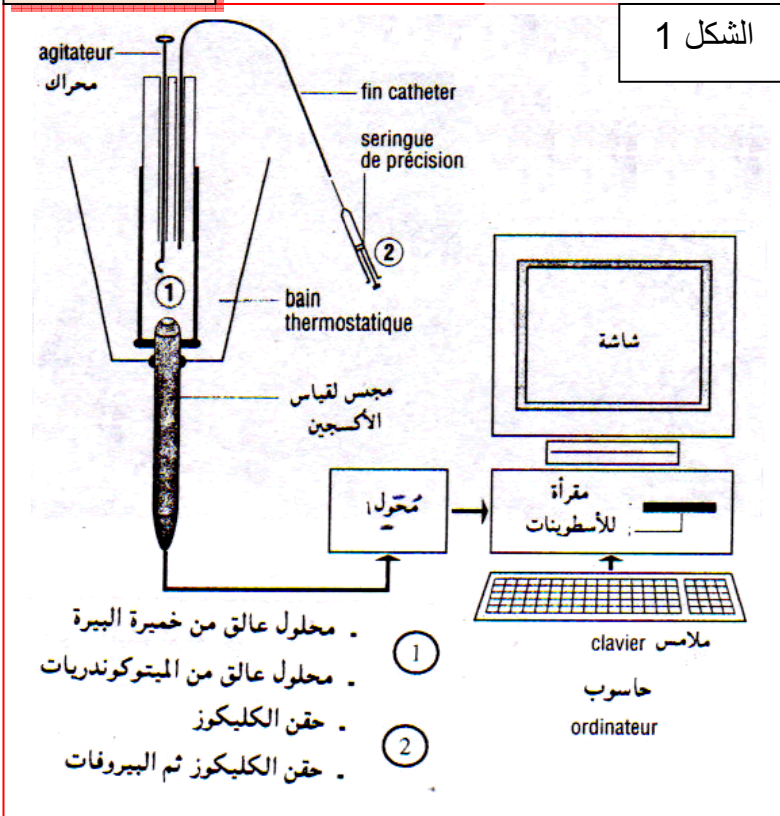
# تحرير الطاقة الكامنة في المواد العضوية

أ - الكشف عن أنماط التفاعلات المسؤولة عن تحرير الطاقة الكامنة في المادة العضوية:

أ - التنفس ظاهرة خلوية لهدم الأغذية:

a - تجربة: أنظر الوثيقة 1 لوحة 1.

### اللوحة 1



الوثيقة 1:

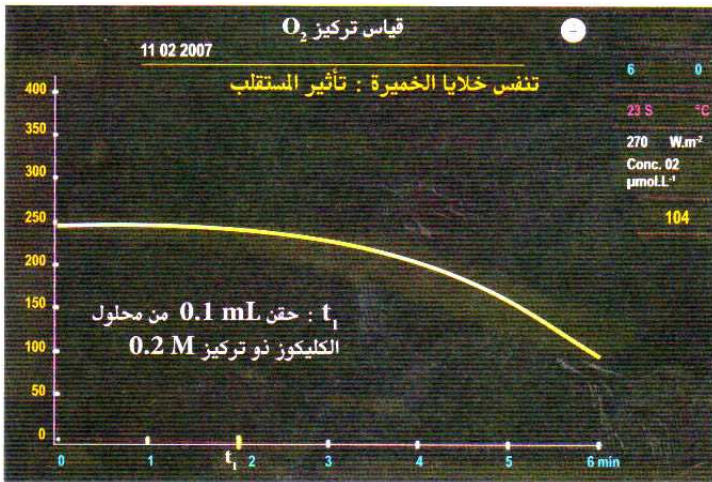
نعرض محلولاً عالقاً لخلايا الخميرة (10g/l) للتنفس بواسطة مضخة لمدة 30 ساعة؛

نضع 5ml من هذا المحلول داخل مفاعل حيوي لعدة EXAO (الشكل 1)؛

نتتبع، بفضل العدة، تطور تركيز الأوكسجين المذاب داخل المفاعل الحيوي. ينقل مجس قياس الأوكسجين (1)، إشارات كهربائية إلى المرافق البيئي (محول) الذي يحولها إلى معطيات رقمية يعالجها الحاسوب ويترجمها إلى مبيان (الشكل 2)؛

في الزمن  $t_1$  نحقن داخل المفاعل 0.1 ml من محلول الكليكوز بتركيز 5%.

صف تطور تركيز الأوكسجين في المفاعل الحيوي، قبل إضافة الكليكوز وبعدها: ماذا تستنتج؟



الشكل 2

b - تحليل واستنتاج:

قبل إضافة الكليكوز، تكون نسبة الأوكسجين مستقرة.

مباشرة بعد إضافة الكليكوز، تنخفض نسبة الأوكسجين في الوسط.

نستنتج من هذه المعطيات أن خلايا الخميرة تستهلك الأوكسجين لهدم الكليكوز. نقول ادن أن خلايا الخميرة تنفس.

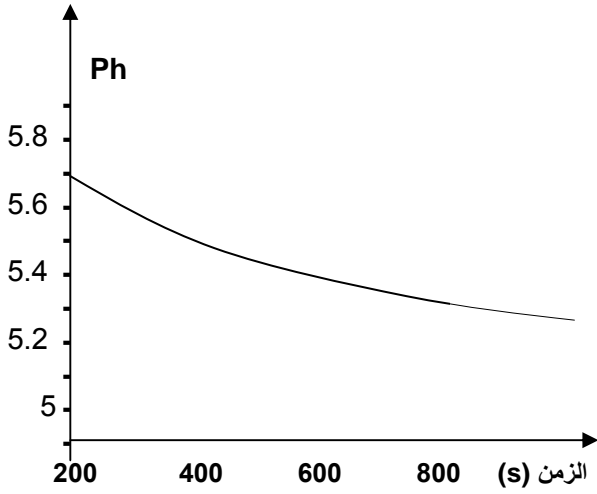
## ب - التخمر ظاهرة خلوية أخرى لهدم الأغذية:

### a - التخمر اللبني: ( Fermentation lactique )

✗ تجربة : أنظر الوثيقة 2 لوحة 1.

#### اللوحة 1

الشكل 3 :



الوثيقة 2 :

نأخذ عينة من الحليب الكامل الطري ونفرغها في بوقال ذي حجم 250 ml. نحرص على ملء البوقال إلى آخره لطرده الهواء - للحصول على تفاعل حي لا هوائي - ؛ نضع داخل الحليب مقياس ph الذي نربطه بعدة EXAO قصد تتبع تطور حمضية الحليب أثناء عملية التخمر - تحول الكليكوز المكون للاكتوز إلى حمض لبني، ويتم ذلك دون طرح CO<sub>2</sub> - ؛ نترك التحضير لمدة 15 يوما في درجة حرارة ملائمة (40°C)، بعد ذلك نتتبع تطور قيمة ph بواسطة عدة EXAO فنحصل على النتائج المبينة بالشكل 3 . صف تطور المنحنى واستنتج العلاقة بين هذا التطور وهدم الكليكوز.

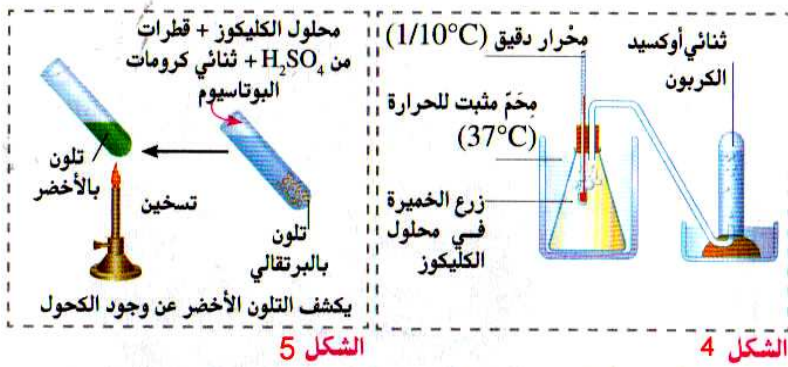
✗ تحليل واستنتاج : بعد 15 يوما في درجة حرارة ملائمة ( 40°C ) نلاحظ انخفاض قيمة ph أي ارتفاع قيمة حمضية الحليب.

نستنتج من هذه الملاحظة أنه تم هدم الكليكوز المكون للاكتوز، وتحوله إلى حمض لبني Acide lactique، وذلك في غياب الأوكسجين. نتكلم ادن عن ظاهرة التخمر اللبني

### b - التخمر الكحولي: Fermentation alcoolique

✗ تجربة : أنظر الوثيقة 3 لوحة 1.

#### اللوحة 1



الوثيقة 3 :

الشكل 4 : البروتوكول التجريبي

نضع محلول الكليكوز في قارورة ( 5g/l )؛ نزرع الخميرة في محلول الكليكوز؛ نضع التحضير في ماء ساخن ( 37 °C ). النتائج :

- انخفاض كمية الكليكوز في الوسط.
- طرح CO<sub>2</sub> في الأنبوب.
- ارتفاع طفيف لدرجة الحرارة.
- ظهور الكحول في وسط الزرع. (نكشف عن الكحول بواسطة التفاعل المبين في الشكل 5).

انطلاقا من هذه المعطيات التجريبية، قارن بين التخمر اللبني والتخمر الكحولي. قارن بين مظاهر التنفس ومظاهر التخمر.

### ✗ تحليل واستنتاج :

التخمر اللبني هو طريقة لهدم الكليكوز، حيث ينتج عن ذلك تكون الحمض اللبني دون طرح CO<sub>2</sub>.



التخمير الكحولي هو طريقة لهدم الكليكوز، حيث ينتج عن ذلك كحول هو الايتانول (Ethanol) مع طرح  $CO_2$ .



### c - خلاصة :

- تستعمل الخلايا الكليكوز كمستقلب طاقي، ويمكنها هدمه بطريقتين مختلفتين حسب ظروف :
  - التنفس : في وسط حيوي هوائي Aérobie ( غني بالأوكسجين )، يتم الهدم الكلي للكليكوز وتحويله إلى  $CO_2$  وماء وهي مواد معدنية دون قيمة طاقة.
  - التخمر : في وسط حيلا هوائي Anaérobie ( غياب الأوكسجين )، يخضع الكليكوز لهدم غير تام، وتحويله إلى جزيئات عضوية لا تزال تخزن الطاقة الكيميائية.

## II - انحلال الكليكوز على مستوى الجبلة الشفافة. Le hyaloplasme

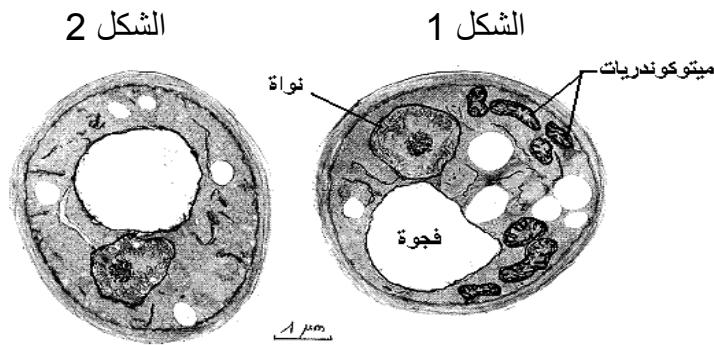
### ① تعرف البنيات الخلوية المتدخلة في التنفس والتخمير

#### a - تجارب وملاحظات : أنظر الوثيقة 1 لوحة 2.

#### اللوحة 2

#### الوثيقة 1: تجربة

خميرة البيرة فطر مجهري وحيد الخلية يمكن أن يعيش في وسط غني بالأوكسجين ( وسط حيوي هوائي) و وسط يفتقر للأوكسجين ( وسط حيلا هوائي) -  
توضع الخميرة في وسط غني بالأوكسجين يحتوي على الكليكوز فيلاحظ بعد مرور يوم أن عدد الخمائر تضاعف كثيرا مع انخفاض كميتي الكليكوز و الأوكسجين و ارتفاع كميتي  $CO_2$  و  $H_2O$  في الوسط و تبين الملاحظة المجهرية أن خلايا الخمائر غنية بعضيات خلوية تسمى الميتوكوندريات. الشكل 1  
توضع الخميرة في وسط يفتقر للأوكسجين يحتوي على الكليكوز فيلاحظ بعد مرور يوم أن عدد الخمائر زاد نسبيا مع انخفاض كمية الكليكوز و ارتفاع كمية  $CO_2$  مع تكون كحول الاثانول  $C_2H_5OH$  في الوسط و تبين الملاحظة المجهرية أن خلايا الخمائر تحتوي على ميتوكوندريات قليلة و ضامرة. الشكل 2  
انطلاقا من هذه المعطيات التجريبية حدد العلاقة بين وجود الميتوكوندريات، ووجود ثنائي الأوكسجين في الخلية، مبينا موقعي كل من التنفس والتخمير داخل الخلية.



### b - تحليل واستنتاج :

يتبين من هذه المعطيات أنه في الظروف الحيوهوائية، أي خلال ظاهرة التنفس، يتطلب هدم الكليكوز وجود عضيات خلوية خاصة هي الميتوكوندريات (Mitochondries)، بينما في الظروف الحيوهوائية، أي خلال ظاهرة التخمر، لا يتطلب هدم الكليكوز وجود الميتوكوندريات.  
يبتدئ كل من التنفس والتخمير بمرحلة مشتركة تتم داخل الجبلة الشفافة، وهي انحلال الكليكوز (glycolyse). فتستمر تفاعلات التخمر في الجبلة الشفافة، بينما يتطلب التنفس تدخل الميتوكوندريات.





### • المرحلة الثانية:

ينشطر الفريكتوز ثنائي الفوسفات إلى جزيئين من سكر ثلاثي فوسفات (2 غليسير ألدديد فوسفات). تخضع كل من هاتين الجزيئتين إلى انتزاع الهيدروجين (أكسدة)، بواسطة مستقبل للهيدروجين (  $NAD^+ = \text{Nicotinamide adénine dinucléotide}$  ). الشكل المؤكسد  $NAD^+$  يختزل ويحول إلى  $NADH + H^+$  مع تفسر جزيئي الغليسير ألدديد فوسفات، اللتان تتحولان إلى حمض غليسير ثنائي الفوسفات.

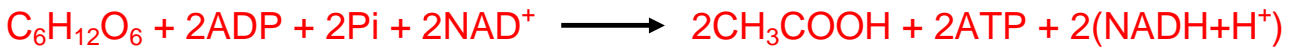


### • المرحلة الثالثة:

تسلم جزيئتا الحمض الغليسير ثنائي الفوسفات، مجموعتيهما الفوسفاتية إلى ADP وتتحولان إلى جزيئتين من حمض البيروفيك ( Acide pyruvique  $CH_3COCOOH$  )، بينما يتحول ADP إلى ATP.

**ملحوظة:** لكي تستمر عملية انحلال الكليكوز، يجب إعادة أكسدة  $NADH + H^+$ . وتتم هذه الأكسدة، إما خلال التنفس الخلوي، عند وجود الأوكسجين، أو خلال التخمر في غياب الأوكسجين.

### ③ الحصيلة الطاقية لانحلال الكليكوز:



ادن الحصيلة الطاقية لانحلال الكليكوز هي تركيب جزيئتين من ATP بالنسبة لكل جزيئة من الكليكوز.

### III – التأكسدة التنفسية ودور الميتوكوندريات.

#### ① ماذا يحدث على مستوى الميتوكوندري؟ :

#### a – تجارب :

لمعرفة مصير حمض البيروفيك داخل الميتوكوندري، أنجزت التجارب المبينة على الوثيقة 1 لوحة 3.

#### اللوحة 3

#### الوثيقة 1 : تجربة

نهرس خلايا كبد فأر في محلول عيار له  $ph=7.4$  من أجل عزل الميتوكوندريات.

نعرض الخليط لنبذ ذي سرعة كبيرة يمكن من الحصول على قعيرة **culot** من الميتوكوندريات. نخلط جزءا من القعيرة بمحلول عيار ملانم، ونضعه في مفاعل إحيائي لعدة EXAO، ثم نتتبع على شاشة الحاسوب تطور تركيز ثنائي الأوكسجين (الشكل 1).

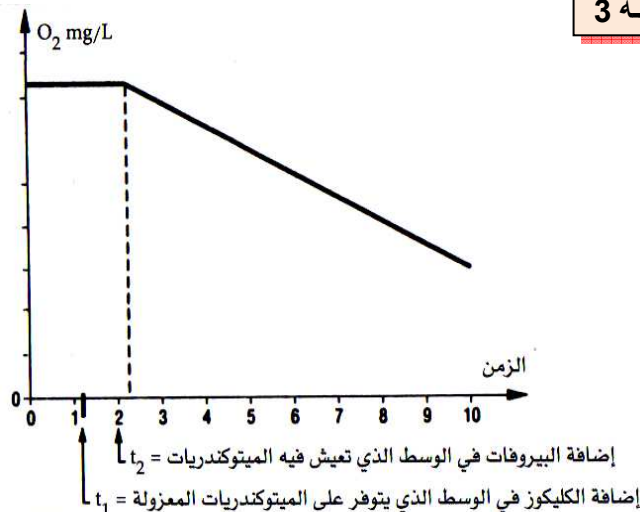
في الزمن  $t_1$  نضيف إلى المفاعل الإحيائي كمية قليلة من الكليكوز، وفي الزمن  $t_2$  نضيف كمية قليلة من حمض البيروفيك.

(1) حلل منحنى تطور تركيز  $O_2$  بدلالة الزمن.

(2) على ماذا يدل تغير كمية  $O_2$  في الوسط؟

(3) ما هي الظاهرة الفيزيولوجية التي يعبر عنها المنحنى؟ وأين تتم؟

(4) ماذا تستنتج بخصوص التفاعلات التي تتم داخل الميتوكوندري؟



الشكل 1

#### b – تحليل واستنتاج :

(1) قبل  $t_1$  يكون استهلاك الأوكسجين من طرف الميتوكوندريات ضعيف جدا، وعند إضافة الكليكوز في الزمن  $t_1$  لا يتغير استهلاك الأوكسجين. أما عند إضافة حمض البيروفيك فان نسبة استهلاك الأوكسجين ترتفع.

(2) يدل تغير كمية الأوكسجين في الوسط على كون الميتوكوندريات تستعمله خلال نشاطها.

(3) الميتوكوندريات تستهلك الأوكسجين يعني أن الأمر يتعلق بظاهرة التنفس الخلوي.

(4) نستنتج أن الميتوكوندريات لا تستعمل الكليكوز مباشرة، بل تستعمل ناتج انحلال الكليكوز، الذي هو حمض البيروفيك.

(5) إن التفاعلات الكيميائية التي تطرأ على حمض البيروفيك بوجود الأوكسجين، داخل الميتوكوندري، تشكل التأكسدات التنفسية وهي تفاعلات حيوائية.

### c - خلاصة :

يتعرض مستقلب الكليكوز إلى تفككين :

- الأول خارج الميتوكوندري على مستوى الجبلة الشفافة، و لا يحتاج إلى الأوكسجين، و يسمى انحلال الكليكوز. ( glycolyse )

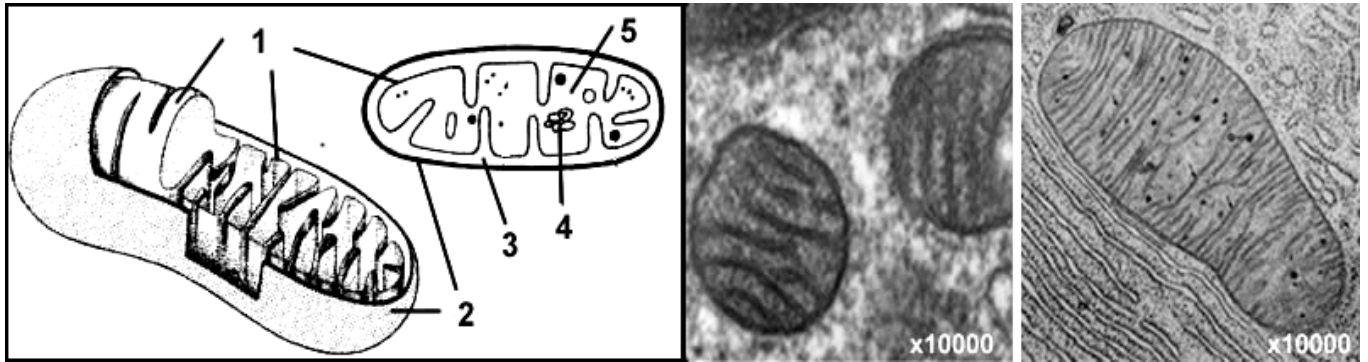
- الثاني على مستوى الميتوكوندري و يحتاج إلى الأوكسجين و يسمى التأكسدات التنفسية. و يعتبر حمض البيروفيك هو المستقلب الذي يتعرض للتأكسدات التنفسية.

### ② بنية ومكونات الميتوكوندريات :

a - فوق بنية الميتوكوندري : أنظر الوثيقة 2 لوحة 3

#### اللوحة 3

#### الوثيقة 2 :



شكل 3

شكل 2

شكل 1

الشكل 1 = ملاحظة الكرونغرافية لمقطع طولي للميتوكوندري.  
الشكل 2 = ملاحظة الكرونغرافية لمقطع عرضي للميتوكوندري.  
الشكل 3 = رسم تخطيطي تفسيري لفوق بنية الميتوكوندري.

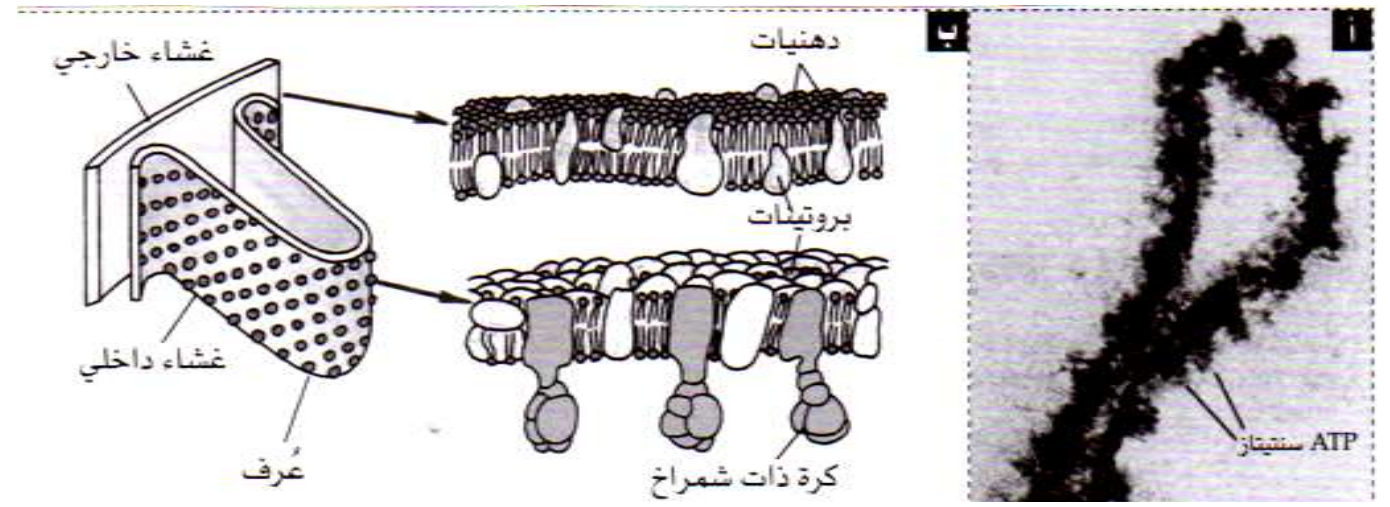
عناصر الوثيقة: 1 = غشاء داخلي . 2 = غشاء خارجي . 3 = حيز بيغشائي . 4 = ADN . 5 = ماتريس.

تعتبر الميتوكوندري من عضيات الخلية، وتتكون من غشاء مزدوج، يحيط بمادة عديمة اللون تسمى ماتريس ( matrice )، تتخللها تفرعات للغشاء الداخلي تسمى أعراف ( crêtes ).

**b - التركيب البيوكيميائي للميثوكوندري :** أنظر الوثيقة 3، الوثيقة 4، لوحة 3

اللوحة 3

الوثيقة 3 : أ = بنية الغشاء الداخلي للميثوكوندري ملاحظة بالمجهر الالكتروني، ب = رسم للبنية الجزيئية للغشاءين الداخلي والخارجي.



الوثيقة 4 :

الماتريس	الغشاء الداخلي	الغشاء الخارجي
<ul style="list-style-type: none"> <li>جزيئات صغيرة كربونية.</li> <li>أنزيمات متنوعة.</li> <li>ناقلات الالكترونات والبروتونات.</li> <li>ATP و ADP و P.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>بروتينات % 80.</li> <li>دهنيات % 20، طبيعتها مختلفة عن الجزيئات الموجودة بالغشاء السيتوبلازمي.</li> <li>أنزيمات تساهم في تفاعلات أكسدة اختزال.</li> <li>ATP سنتتاز.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>بروتينات % 62.</li> <li>دهنيات % 38 ذات طبيعة شبيهة بتلك الموجودة بالغشاء السيتوبلازمي.</li> </ul>

يلاحظ اختلاف في التركيب بين الغشاء الخارجي، والداخلي، والماتريس، إذ تكون الماتريس غنية بالأنزيمات المزيلة للهيدروجين والمزيلة للكربون، غنية بناقلات البروتونات والالكترونات وATP، أما الغشاء الداخلي فيتميز بوجود مركبات أنزيمية مسؤولة عن تفسر ADP إلى ATP. وتدخل هذه الأنزيمات في تركيب الكرات ذات شمراخ. ( sphère pédonculée ).

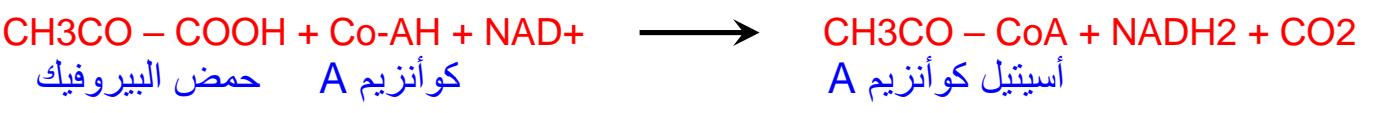
**IV - دور التأكسيدات التنفسية في إنتاج ATP :**

**① تفاعلات دورة Krebs والأكسدة التنفسية :**

عند انتقاله إلى الميثوكوندري، يخضع حمض البيروفيك لمجموعة من التفاعلات، بوجود الأوكسجين، وتسمى التأكسيدات التنفسية. تبدأ هذه التفاعلات في الماتريس، حيث يتم هدم البيروفيك عبر مراحل:

**a - المرحلة الأولى: تكون الأسيتيل كوانزيم A.**

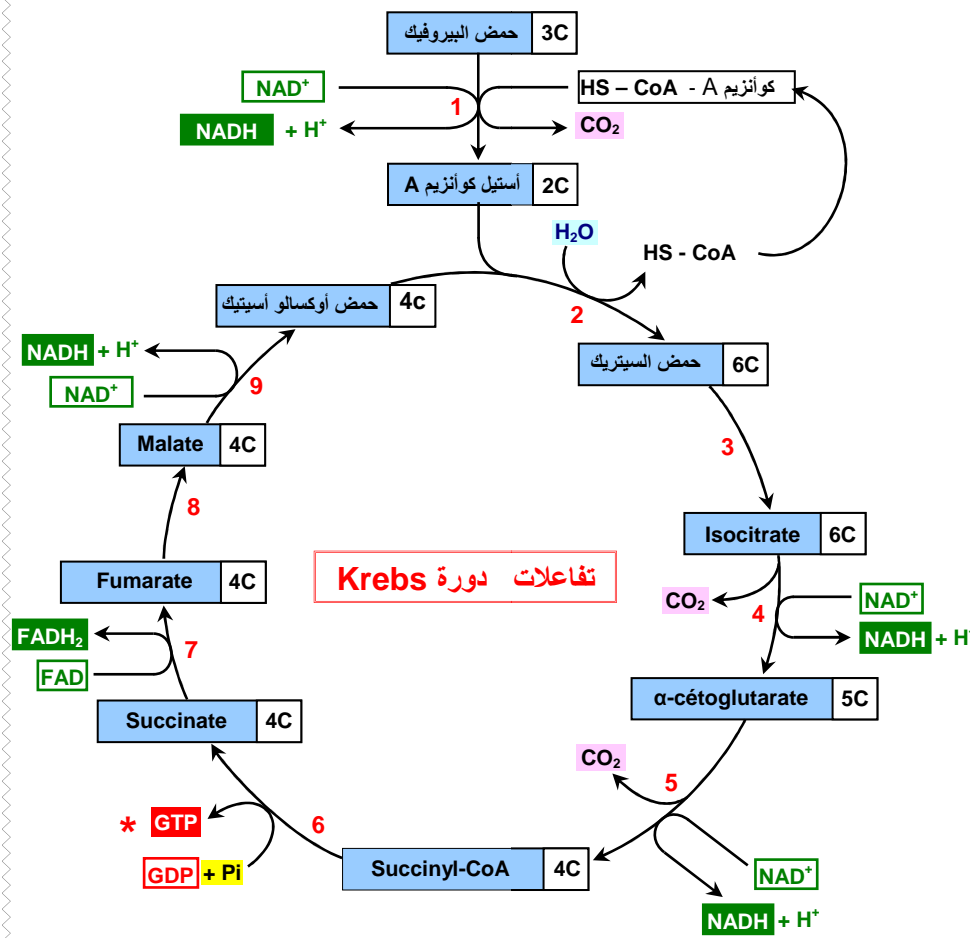
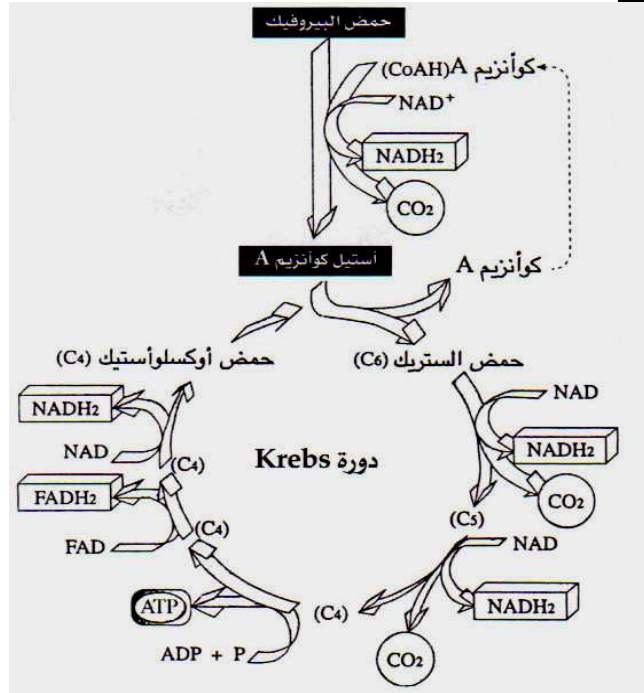
تحت تأثير أنزيمات نوعية، مزيلة للهيدروجين ومزيلة للكربون، يتكون الأسيتيل كوانزيم A في الماتريس، انطلاقاً من حمض البيروفيك.



**b - المرحلة الثانية: دورة Krebs.** انظر الوثيقة 1 لوحة 4.

اللوحة 4

الوثيقة 1 :



**Remarques :**

- Le nombre d'atomes de carbone de chaque type de molécule est indiqué dans le cadre blanc.
- \* Chez les **végétaux** le **GDP** est remplacé par de l'ADP.

- Enzymes impliquées**
1. Pyruvate déshydrogénase
  2. Citrate synthase
  3. Aconitase
  4. Isocitrate déshydrogénase
  5. α-cétoglutarate déshydrogénase
  6. Succinyl-CoA synthétase
  7. Succinate déshydrogénase
  8. Fumarase
  9. Malate déshydrogénase

**Noms des molécules**

NAD<sup>+</sup> : nicotine adénine dinucléotide  
 FAD : flavine adénine dinucléotide  
 GDP : guanosine 5'-diphosphate  
 GTP : guanosine 5'-triphosphate  
 HS - CoA : coenzyme A

**Équation bilan du cycle de Krebs à partir de l'acide pyruvique (= pyruvate)**

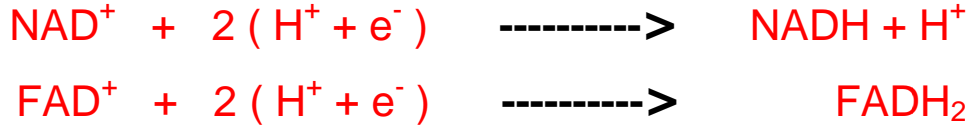
$$\text{CH}_3\text{-CO-COOH} + 4 \text{NAD}^+ + \text{FAD} + \text{GDP} + \text{P}_i + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 4 \text{NADH} + 4\text{H}^+ + \text{FADH}_2 + \text{GTP} \quad *$$

هي دورة بيوكيميائية تتكون من سلسلة من تفاعلات إزالة الكربون، وإزالة الهيدروجين.



- ينضم أستيل كوانزيم A إلى حمض أوكسالوأسيتيك (C4) ، ليعطي حمض السيترك (C6).
- يحرر الكوانزيم A، قصد تثبيت شق لأستيل جديد.
- يخضع حمض السيترك لتفاعلات إزالة الكربون، وإزالة الهيدروجين، بتواجد أنزيمات خاصة، لنحصل في الأخير على حمض الأوكسالوأسيتيك، هذا الأخير يعاود التفاعل مع أستيل كوانزيم A.

- خلال دورة Krebs يتم تحرير CO<sub>2</sub>، واختزال جزيئة NAD و fad



وتركب جزيئة ATP انطلاقا من أكسدة جزيئة GTP.

التفاعل الإجمالي لهدم حمض البيروفيك في الماتريس:



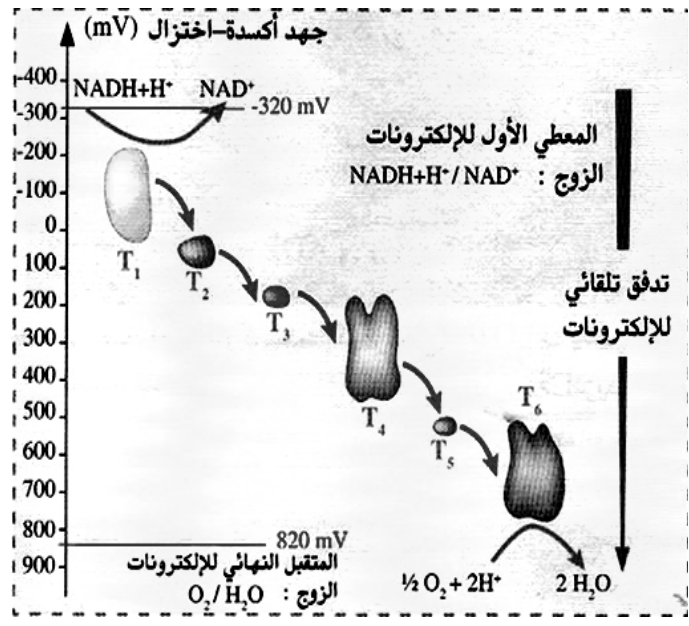
### c - المرحلة الثالثة: مصير NADH+H<sup>+</sup> و FADH<sub>2</sub>.

✘ انطلاقا من الوثيقة 2، والوثيقة 3، واللوحة 4، وضح كيف تحصل الأكسدة التنفسية، وأبرز أهميتها في تكون ممال البروتونات H<sup>+</sup> من جهتي الغشاء الداخلي للميثوكوندري.

#### اللوحة 4

#### الوثيقة 2:

يتم نقل الإلكترونات من الزوج NADH+H<sup>+</sup>/NAD<sup>+</sup> إلى الزوج O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O بواسطة تفاعلات أكسدة-اختزال، عبر السلسلة التنفسية، وذلك بشكل تلقائي حسب تبدل الجهد أكسدة-اختزال.



✘ خلال تفاعلات أكسدة الكليكوز، يتم اختزال NAD<sup>+</sup> و FAD<sup>+</sup>، لتعطي NADH+H<sup>+</sup> و FADH<sub>2</sub>. ادن هذه جزيئات ناقلة للبروتونات والإلكترونات، يجب أن تعود إلى حالتها المؤكسدة.

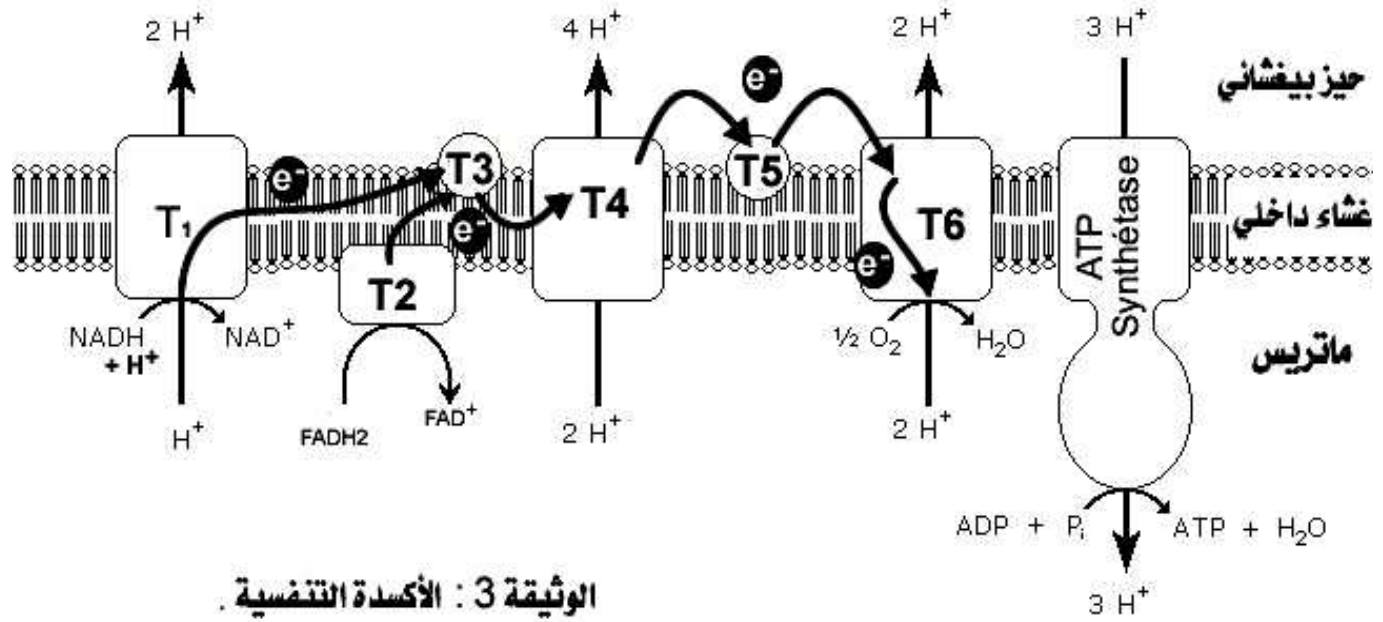
تتم أكسدة هذه المتقبلات داخل الغشاء الداخلي للميثوكوندري. حيث تطرح البروتونات H<sup>+</sup> في الحيز البيغشائي، بينما تسلم الإلكترونات إلى نواقل توجد على مستوى الغشاء الداخلي للميثوكوندري، وتكون السلسلة التنفسية (la chaîne respiratoire).

إن الإلكترونات تتدفق انطلاقا من المعطي الأول NAD<sup>+</sup>/NADH+H<sup>+</sup> إلى المستقبل النهائي وهو الزوج O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O. يسمى هذا التدفق الأكسدة التنفسية. يتفاعل الأوكسجين المختزل O<sup>2-</sup> مع 2H<sup>+</sup>، ليعطي جزيئة الماء، وتتم هذه العملية داخل ماتريس الميثوكوندري.



خلال مرور الإلكترونات من أول معط  $\text{NADH} + \text{H}^+$  إلى آخر متقبل  $\text{O}_2$ ، يتم طرح بروتونات  $\text{H}^+$  داخل الحيز البيغشائي، فيرتفع بذلك تركيز  $\text{H}^+$  في هذا الحيز، مما يترتب عنه ممال للبروتونات  $\text{H}^+$  من جهتي الغشاء الداخلي.

#### اللوحة 4



## ② اختزال الأوكسجين والتفسفر المؤكسد:

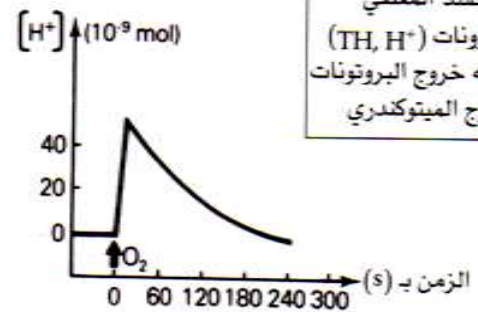
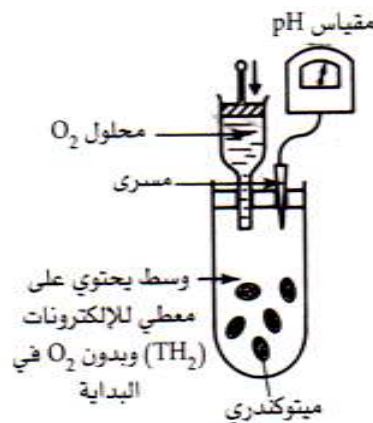
### a - معطيات تجريبية:

#### أ - تجربة 1:

وضعت ميتوكوندريات، على شكل محلول عالق، في وسط يحتوي على معطي بروتونات، خال من  $\text{O}_2$ ، ثم تم تتبع تطور تركيز أيونات  $\text{H}^+$  في هذا الوسط قبل وبعد إضافة محلول غني ب  $\text{O}_2$ . فصلنا على النتائج المبينة على الوثيقة 4 لوحة 4.

#### اللوحة 4

تحدث إضافة كمية معينة من ATP في الوسط انخفاض Ph مما يدل على ارتفاع تركيز  $\text{H}^+$ . عندما يستعيد  $\text{O}_2$  تعود البروتونات إلى داخل الميتوكوندري.



إضافة  $\text{O}_2$  :  
تأكسد المعطي  
للإلكترونات ( $\text{TH}, \text{H}^+$ )  
ينتج عنه خروج البروتونات  
خارج الميتوكوندري

ماذا تستنتج من تحليل هذه المعطيات التجريبية؟

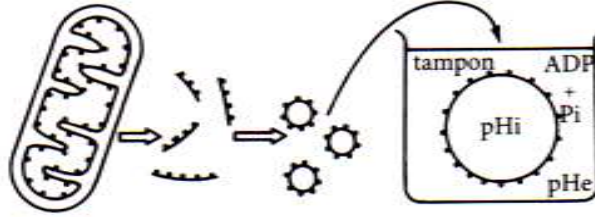
#### ب - تجربة 2 :

للكشف عن شروط إنتاج ATP على مستوى الكرات ذات شمراخ، نقوم بالتجارب المبينة على الوثيقة 1 لوحة 5.

## ■ التجربة a:

بعد عزلها، تخضع الميتوكوندريات لفعل الموجات فوق الصوتية مما يؤدي إلى تقطيعها وجعل أعراف الغشاء الداخلي تتقلب وتكون حويصلات مغلقة، تكون الكرات ذات شمراخ المرتبطة بها موجهة نحو الخارج. توضع هذه الحويصلات بحضور ADP و P في محاليل مثبتة تختلف من حيث pH.

داخلي pH : pHi  
خارجي pH : pHe



- إذا كان pH الداخلي أصغر من pH الخارجي، يلاحظ تفسفر ADP.
- إذا كان pH الداخلي يساوي pH الخارجي، يلاحظ انعدام تفسفر ADP.

## ■ التجربة b:

DNP (2,4 dinitrophenol) مادة ذوابة في الدهون، بحضور هذه المادة يصبح الغشاء الداخلي للميتوكوندري نفوذا للبروتونات؛ في هذه الحالة يلاحظ أن اختزال الأكسجين يتم بصفة عادية بينما يتوقف تفسفر ADP.

استخرج شروط تركيب ATP داخل الميتوكوندري. ثم أبرز العلاقة بين اختزال الأوكسجين والتفسفر المؤكسد.

## b - تحليل المعطيات التجريبية:

## أ - تجربة 1:

قبل إضافة  $O_2$ ، تركيز  $H^+$  في المحلول ضعيف (pH مرتفع). وبعد إضافة  $O_2$  إلى الوسط، تم تسجيل ارتفاع سريع في تركيز  $H^+$  (انخفاض PH)، ثم بدأ يتراجع تدريجياً. يرجع ارتفاع تركيز  $H^+$  في الوسط، بعد إضافة  $O_2$ ، إلى انتقال النواقل ( $TH_2$ ) أي ( $FADH_2$ ،  $NADH_2$ ) من حالتها المختزلة إلى حالتها المؤكسدة حسب التفاعل التالي:



يرجع انخفاض تركيز  $H^+$  في الوسط بعد ذلك، إلى استنفاد  $O_2$  اثر تفاعله مع الالكترونات والبروتونات، حيث يعتبر المتقبل النهائي للبروتونات والالكترونات، حسب التفاعل التالي:



التفاعل الإجمالي بعد إضافة  $O_2$  للوسط هو :



## ب - تجربة 2 :

- ✓ تبين التجربة a أن فسفرة ADP إلى ATP، يتم على مستوى الكريات ذات شمراخ (ATP Synthétase). وتتطلب هذه الفسفرة وجود فارق في تركيز  $H^+$  بين الحيز البيغشائي والماتريس، حيث يفوق تركيزه في الحيز البيغشائي، تركيزه في الماتريس.
- ✓ تبين التجربة b أن الغشاء الداخلي للميتوكوندري ضروري لإنتاج ATP، فهو المسؤول عن خلق الفارق في تركيز  $H^+$ ، بين الحيز البيغشائي والماتريس، هذا الفارق في التركيز يعتبر ضروريا لفسفرة ADP إلى ATP من طرف الكريات ذات شمراخ.



## c - خلاصة:

عند وجود مستقبل للالكترونات ( $O_2$ )، تتم أكسدة ( $FADH_2$ ,  $NADH_2$ ) (معط للالكترونات)، الشيء الذي يعطي طرح للبروتونات  $H^+$ ، فترتفع نسبتها داخل الحيز البيغشائي. بفعل اختلاف تركيز  $H^+$  من جهتي الغشاء الداخلي للميثوكوندري، تتدفق هذه البروتونات إلى الماتريس عبر الكرات ذات شمراخ، والتي تستغل طاقة التدفق لتنتج ATP من خلال تثبيت مجموعة فوسفاتية على جزيئة ADP. تسمى هذه العملية التفسر المؤكسد. Phosphorylation oxydative

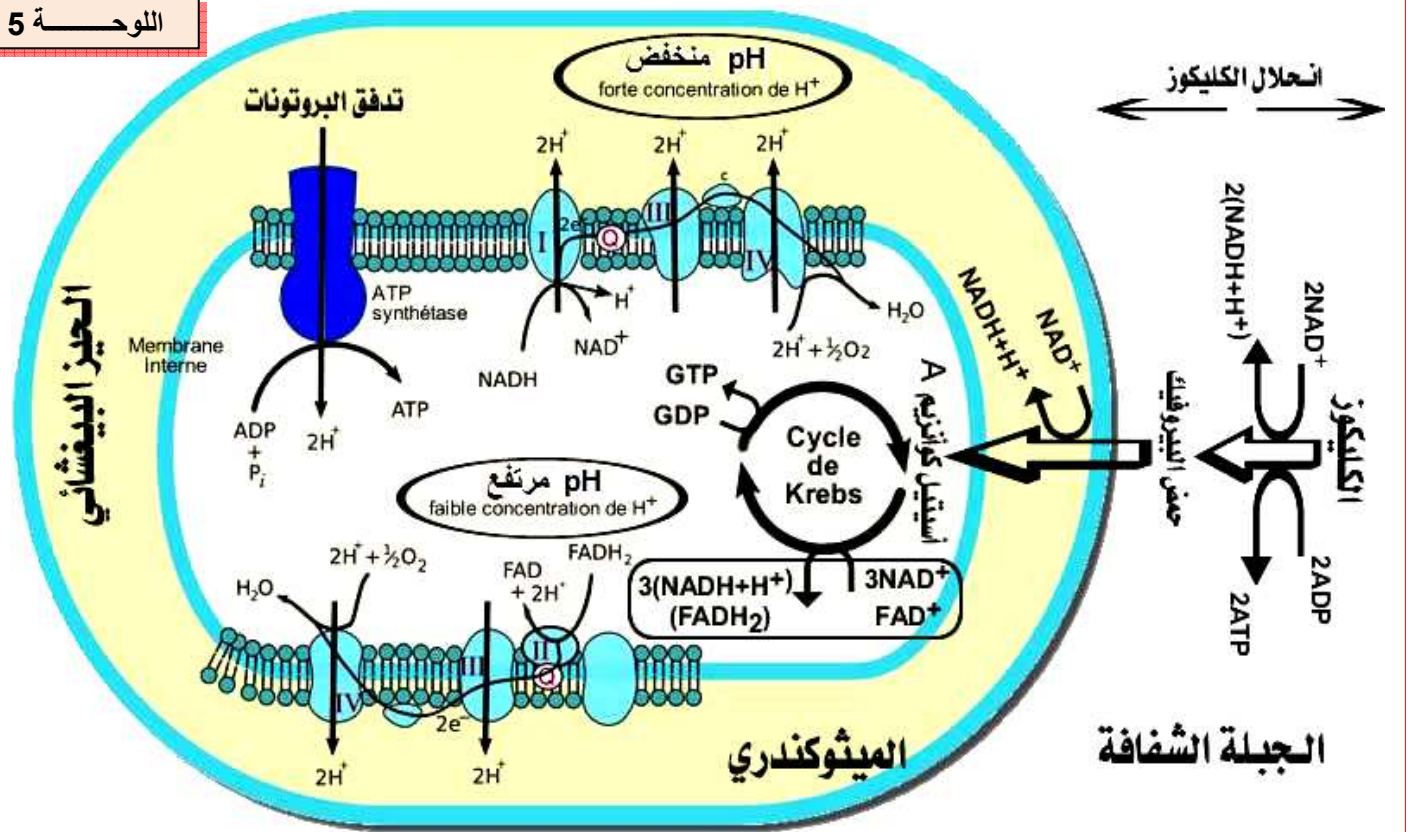
## v - مقارنة الحصيصة الطاقية للتنفس والتخمير:

### ① قياس مردودية التنفس والتخمير:

#### أ- المردود الطاقى للتنفس:

☒ اعتمادا على معلوماتك وعلى معطيات الوثيقة 2 لوحة 5، حدد عدد جزيئات ATP المنتجة انطلاقا من الأكسدة الكاملة لجزيئة واحدة من الكليكوز، في حالة التنفس. علما أن أكسدة جزيئة واحدة من  $NADH_2$ ، تمكن من تركيب ثلاث جزيئات من ATP. وأكسدة جزيئة واحدة من  $FADH_2$ ، تمكن من تركيب جزيئتين من ATP.

### اللوحة 5



اعتمادا على معطيات الوثيقة أعلاه، حدد عدد جزيئات ATP المنتجة انطلاقا من الأكسدة الكاملة لجزيئة واحدة من الكليكوز، في حالة التنفس. علما أن أكسدة جزيئة واحدة من  $NADH_2$ ، تمكن من تركيب ثلاث جزيئات من ATP. وأكسدة جزيئة واحدة من  $FADH_2$ ، تمكن من تركيب جزيئتين من ATP. و أكسدة جزيئة GTP تمكن من تركيب جزيئة واحدة من ATP. ( أتم فراغات النص أسفله ) ان الأكسدة الكاملة لجزيئة الكليكوز، تعطي :

- خلال انحلال الكليكوز نحصل على ..... (NADH+H+) ..... + ATP ..... + حمض البيروفيك.
- خلال دورة Krebs يتكون ..... (NADH+H+) ..... + (FADH2) ..... + ATP ..... اذن بالنسبة لجزيئتين من حمض البيروفيك، الناتجتين عن انحلال جزيئة واحدة من الكليكوز، يتكون ..... (NADH+H+) ..... + (FADH2) ..... + ATP .....
- إن عدد ATP المركبة عند استهلاك جزيئة واحدة من الكليكوز هو:



✓ إن الأوكسدة الكاملة لجزيئة الكليكويز، تعطي :

- خلال انحلال الكليكويز نحصل على  $2\text{ATP} + 2(\text{NADH}+\text{H}^+) + \text{جزيئتين من حمض البيروفيك}$ .
- خلال دورة Krebs يتكون  $1\text{ATP} + 1(\text{FADH}_2) + 3(\text{NADH}+\text{H}^+)$ . اذن بالنسبة لجزيئتين من حمض البيروفيك، الناتجتين عن انحلال جزيئة واحدة من الكليكويز، يتكون  $8(\text{NADH}+\text{H}^+) + 2\text{ATP} + 2(\text{FADH}_2)$ .
- إن عدد ATP المركبة عند استهلاك جزيئة واحدة من الكليكويز هو:

<b>المجموع :</b> <b>38 ATP</b>	4 ATP ←-----	4 ATP
	30 ATP ←-----	10 (NADH+H <sup>+</sup> )
	4 ATP ←-----	2(FADH <sub>2</sub> )

نظريا نحصل على ATP38 لكن في الواقع نحصل على ATP36 فقط لأن نواقل NADH الناتجة في الجبلة الشفافة لا تدخل إلى الميتوكوندري ولكن تعوض بنواقل 2FADH باستثناء خلايا القلب والكبد حيث تعوض بنواقل NADH .

✗ أحسب المردود الطاقى للتنفس، علما أن الطاقة الإجمالية التي يمكن استخراجها من مول واحد من الكليكويز، تحت درجة حرارة 37 °C، وبوجود الأوكسجين، هي: 2860 KJ، وأن حلمأة مول واحد من ATP، يؤدي إلى تحرير طاقة تساوي 30 KJ.

✓ بما أن مول واحد من الكليكويز يركب 38 ATP، فالطاقة التي يحررها مول واحد من الكليكويز هي:  $1159 \text{ KJ} = (30.5 \times 38)$

$$40,5 \% = 100 \times \frac{1159}{2860}$$

اذن المردود الطاقى للتنفس هو:

ب- المردود الطاقى للتخمير:

✗ أحسب المردود الطاقى للتخمير، علما أن استهلاك جزيئة واحدة من الكليكويز في حالة التخمير اللبني، يحرر فقط جزيئتين من ATP.

$$2.13 \% = 100 \times \frac{(2 \times 30.5)}{2860}$$

✓ المردود الطاقى للتخمير هو :

② مقارنة وتفسير :

- أثناء التنفس يتحلل المستقلب ( الكليكويز ) كليا، فيطرح مجموع الطاقة الكامنة فيه، على شكل طاقة كيميائية (1159 KJ)، وطاقة حرارية (1701 KJ)، مع تكوين حثالة معدنية (CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O) خالية من الطاقة.
- أثناء التخمير، لا يتحلل المستقلب ( كليكويز ) كليا وبالتالي لا يطرح إلا جزء من الطاقة الكامنة ( 167 KJ ) جزء منها على شكل طاقة كيميائية ( 61 KJ )، وجزء على شكل طاقة حرارية ( 106 KJ )، مع حثالة عضوية ( حمض لبني )، مازالت تحتوي على طاقة كامنة. (2860 ( ac.lactique )/2 = 1346.5 KJ - 167) .

	<p>المرحلة الأولى</p>
	<p>المرحلة الثانية</p>
	<p>المرحلة الثالثة</p>
	<p>المرحلة الرابعة</p>

- تمثل الوثيقة جانبه المراحل الأساسية لهدم الكليكوز داخل الخلية الحية، ويشير الحرف T إلى نواقل الهيدروجين.
- 1- حدد المستوى الخلوي الذي تتم فيه كل مرحلة من مراحل جدول الوثيقة جانبه.
  - 2- عين ناقل الهيدروجين المتدخل في المرحلة الأولى واكتب التفاعل الذي يحصل على مستواه في هذه الحالة.
  - 3- اعتمادا على معلوماتك وعلى معطيات الجدول، حدد المراحل المشتركة بين التنفس الخلوي والتخمير اللبني.
  - 4- حدد دور الأوكسجين المستهلك والمرحلة التي يتدخل فيها.
  - 5- أحسب الحصيلة الطاقية (عدد مولات ATP) الناتجة عن الهدم الكلي لجزيئة الكليكوز.
  - 6- اعتمادا على معلوماتك وعلى المعطيات السابقة، قارن المردودية الطاقية لكل من التنفس الخلوي والتخمير اللبني علما أن :
    - حلماة مول من ATP تحرر 30,5kj وأن الطاقة الكلية الكامنة في مول من الكليكوز تساوي 2860 kj.
    - مولا من الكليكوز يعطي مول من ATP عن طريق التخمير اللبني.

حل التمرين :

<p>- المرحلة الأولى : 2 ATP                  - المرحلة الثالثة : 2 ATP                  - المرحلة الرابعة : 34 ATP                  * الحصيلة الطاقية الإجمالية هي : 38 ATP.                  6- المردودية الطاقية للتنفس :</p> $\frac{38 \times 30,5 \times 100}{2860} = 40,5\%$ <p>- المردودية الطاقية للتخمير اللبني :</p> $\frac{2 \times 30,5 \times 100}{2860} = 2,1\%$ <p>إذن المردودية الطاقية للتنفس أهم بكثير من المردودية الطاقية للتخمير.</p>	<p>1- المستوى الخلوي الذي تتم فيه :                  * المرحلة الأولى هو الجبلة الشفافة.                  * المرحلة الثانية والمرحلة الثالثة هو الماتريس.                  * المرحلة الرابعة هو الغشاء الداخلي للميتوكوندري.</p> <p>2- ناقل الهيدروجين المتدخل في المرحلة الأولى هو <math>NAD^+</math> كما يوضحه التفاعل التالي :</p> $NAD^+ + 2(H^+ + e^-) \rightarrow NADH_2$ <p>3- المرحلة المشتركة بين التنفس الخلوي والتخمير اللبني هي المرحلة الأولى.</p> <p>4- يتحدد دور الأوكسجين المستهلك في كونه متقبل نهائي لبروتونات الهيدروجين، ويتدخل في المرحلة الرابعة.</p> <p>5- * عدد مولات ATP الناتجة عن الهدم الكلي لجزيئة الكليكوز هو :</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------