www.students.com

الفصل الأول:

تحرير الطاقة الكامنة في المواد العضوية

I – 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.

اللوحـــــة 1

الوثيقة 1:

نعرض محلولا عالقا لخلايا الخميرة (10g/l) للتهوية بواسطة مضخة لمدة 30 ساعة؛

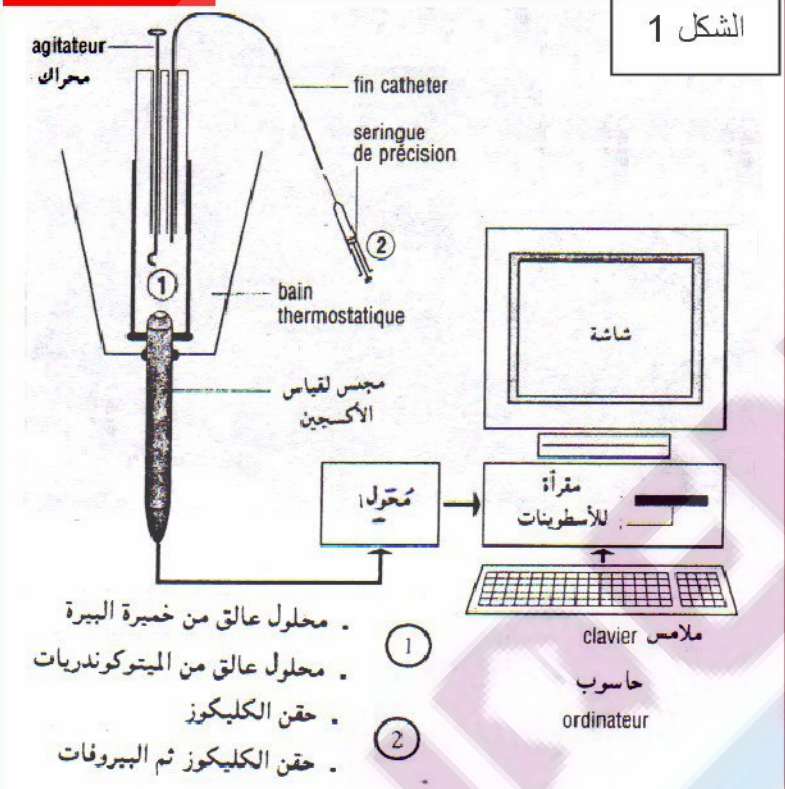
نضع 5ml من هذا المحلول داخل مفاعل حيوى لعدة EXAO (الشكل 1)؛

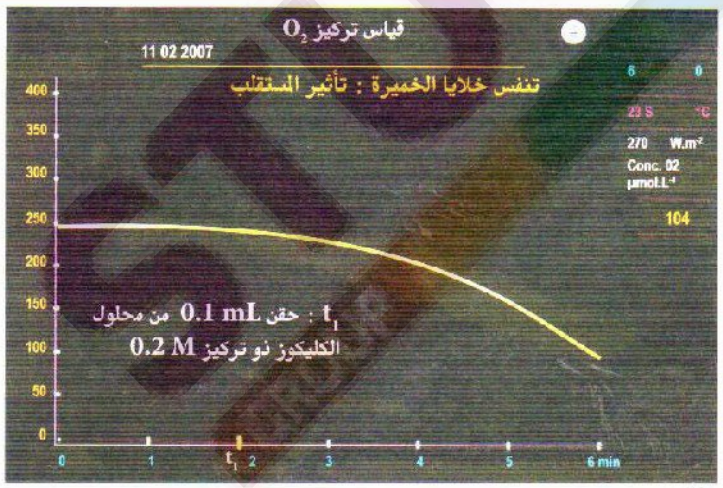
نتتبع، بفضل العدة، تطور تركيز الأوكسجين المذاب داخل المفاعل الحيوي ينقل مجس قياس الأوكسجين (①)، إشارات كهربائية إلى المرافق البيني (محول) الذي يحولها إلى معطيات رقمية يعالجها الحاسوب ويترجمها إلى مبيان (الشكل2)؛

في الزمن t1 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 1





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 تتنفس.

www.students.com

www.students.com

ب – التخمر ظاهرة خلوية أخرى لهدم الأغذية:

a – التخمر اللبني: (Fermentation lactique).

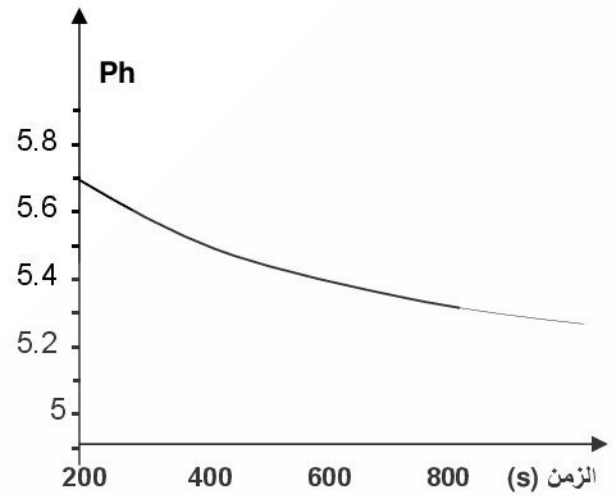
☒ **تجربة :** أنظر الوثيقة 2 لوحة 1.

اللوحـــــة 1

الوثيقة 2 :

نأخذ عينة من الحليب الكامل الطري ونفرغها في بوقال ذي حجم 250 ml. نحرص على ملء البوقال إلى أخره لطرد 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 co2 – ؛
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.

الشكل 3 :



☑ **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، وذالك في غياب الأوكسجين. نتكلم اذن عن ظاهرة التخمر اللبني

b – التخمر الكحولي: Fermentation alcoolique

☒ **تجربة :** أنظر الوثيقة 3 لوحة 1.

اللوحـــــة 1

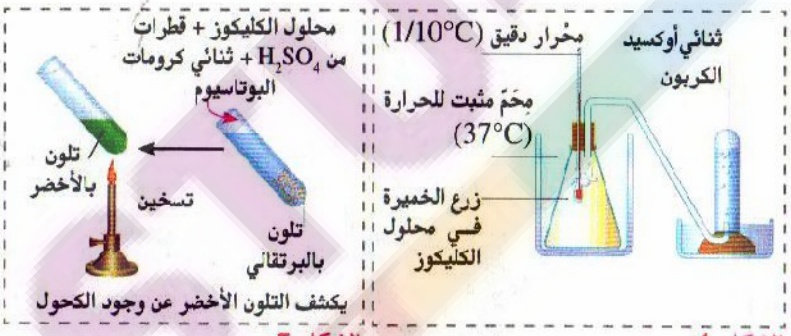
الوثيقة3 :

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_2 في الأنبوب.
- ارتفاع طفيف لدرجة الحرارة.
- ظهور الكحول في وسط الزرع. (نكشف عن الكحول بواسطة التفاعل المبين في الشكل 5).



الشكل 4

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_2.

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2CH_3 - CHOH - COOH$$

www.students.com

www.students.com

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

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2CH_3-CH_2OH + 2CO_2$$

c – خلاصة :

تستعمل الخلايا الكليكوز كمستقلب طاقي، ويمكنها هدمه بطريقتين مختلفتين حسب ظروف :

- التنفس : في وسط حيهوائي Aérobie (غني بالأوكسجين)، يتم الهدم الكلي للكليكوز وتحويله إلى CO_2 وماء وهي مواد معدنية دون قيمة طاقية.
- التخمر : في وسط حيلاهوائي 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 والتخمر

a – تجارب وملاحظات : أنظر الوثيقة 1 لوحة 2.

اللوحـــــة 2

الوثيقة 1: تجربة

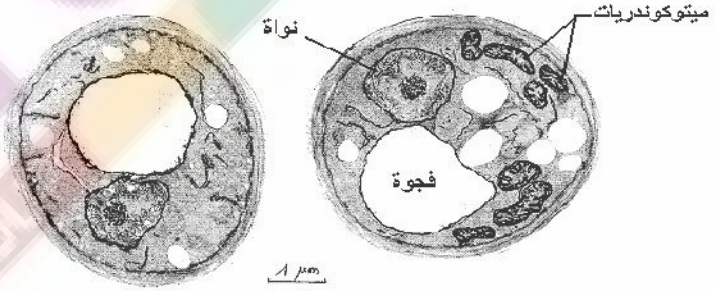
خميرة البيرة فطر مجهري وحيد الخلية يمكن أن يعيش في وسط غني بالأكسجين (وسط حيهوائي) و وسط يفتقر للأكسجين (وسط حيلاهوائي)

ـ توضع الخميرة في وسط غني بالأكسجين يحتوي على الكليكوز فيلاحظ بعد مرور يوم أن عدد الخمائر تضاعف كثيرا مع انخفاض كميتي الكليكوز و الأكسجين و ارتفاع كميتي CO_2 وH_2O في الوسط و تبين الملاحظة المجهرية أن خلايا الخمائر غنية بعضيات خلوية تسمى الميتوكوندريات .الشكل 1

توضع الخميرة في وسط يفتقر للأكسجين 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 الميتوكندريات، ووجود ثنائي الأوكسجين في الخلية، مبينا موقعي كل من التنفس والتخمر داخل الخلية.

الشكل 2 الشكل 1



b – تحليل واستنتاج :

يتبين من هذه المعطيات أنه في الظروف الحيهوائية، أي خلال ظاهرة التنفس، يتطلب هدم الكليكوز وجود عضيات خلوية خاصة هي الميتوكندريات (Mitochondries)، بينما في الظروف الحيلاهوائية، أي خلال ظاهرة التخمر، لا يتطلب هدم الكليكوز وجود الميتوكندريات.

يبتدئ كل من التنفس والتخمر بمرحلة مشتركة تتم داخل الجبلة الشفافة، وهي انحلال الكليكوز (glycolyse). فتستمر تفاعلات التخمر في الجبلة الشفافة، بينما يتطلب التنفس تدخل الميتوكندريات.

www.students.com

www.students.com

② مراحل انحلال الكليكوز

a – تفاعلات انحلال الكليكوز :

تعطي الوثيقة 2 والوثيقة 3 لوحة 2، التفاعلات الكيميائية لانحلال الكليكوز.
انطلاقا من هذه المعطيات، استخرج الأشكال الطاقية الناتجة عن انحلال الكليكوز.

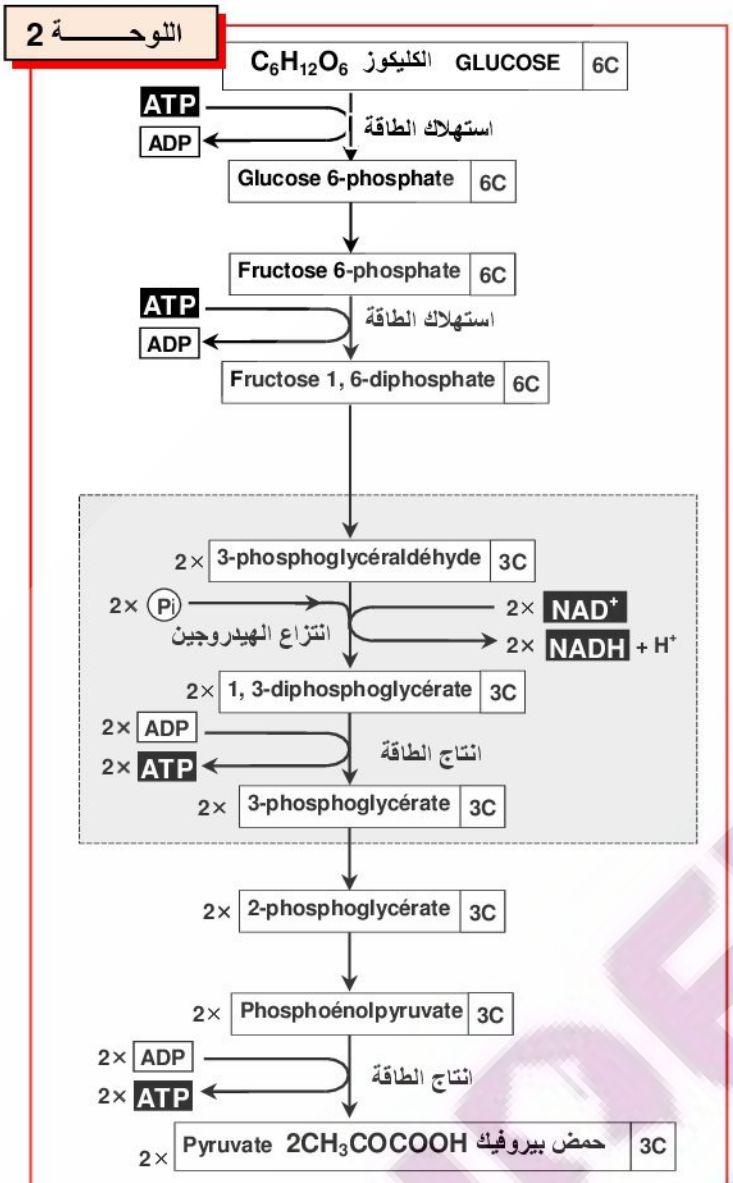
b – تحليل واستنتاج :

داخل الجبلة الشفافة ينحل الكليكوز حسب سلسلة من التفاعلات الكيميائية، المحفزة بأنزيمات نوعية. وهي تفاعلات غير مستهلكة للأوكسجين، وتتم على ثلاث مراحل:

- المرحلة الأولى:

يتحول الكليكوز فوسفات إلى فريكتوز ثنائي الفوسفات، بعد تثبيت مجموعة فوسفاتية آتية من ATP.

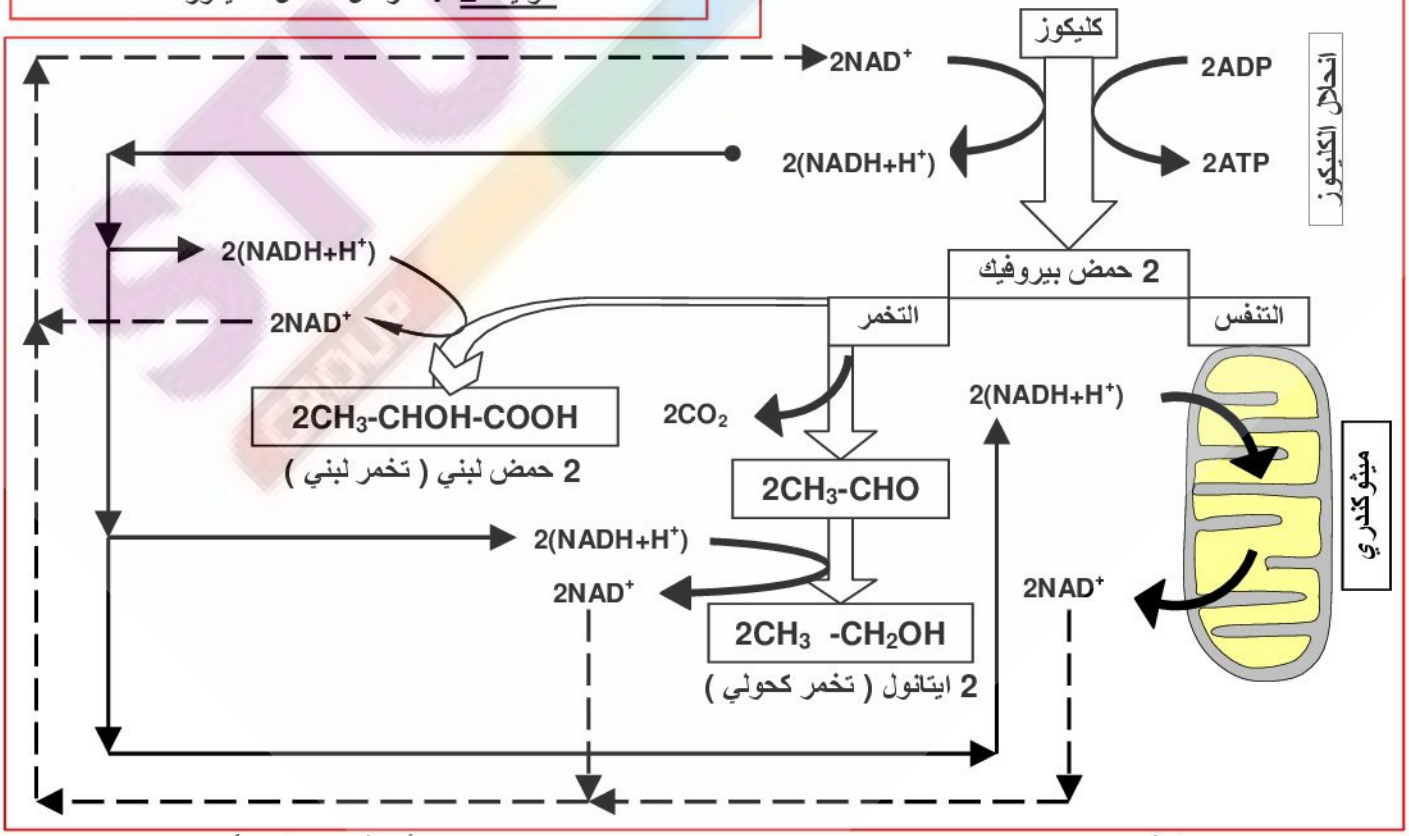
اللوحـــــة 2



الوثيقة 2 : مراحل انحلال الكليكوز

اللوحـــــة 2

الوثيقة 3 : علاقة انحلال الكليكوز بالتنفس والتخمر.



www.students.com

www.students.com

- **المرحلة الثانية:**

ينشطر الفريكتوز ثنائي الفوسفات إلى جزيئتين من سكر ثلاثي فوسفات(2غليسيرألديهيد فوسفات).
تخضع كل من هاتين الجزيئتين إلى انتزاع الهيدروجين (أكسدة)، بواسطة مستقبل للهيدروجين (Nicotinamide adénine dinucléotide = NAD^+).
الشكل المؤكسد NAD^+ يختزل ويحول إلى $NADH + H^+$ مع تفسفر جزيئتي الغليسيرألديهيد فوسفات، اللتان تتحولان إلى حمض غليسيري ثنائي الفوسفات.

$$NAD^+ + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow NADH + H^+$$

- **المرحلة الثالثة:**

تسلم جزيئتا الحمض الغليسيري 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:

$$C_6H_{12}O_6 + 2ADP + 2Pi + 2NAD^+ \longrightarrow 2CH_3COOH + 2ATP + 2(NADH+H^+)$$

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

III – التأكسدات التنفسية ودور الميتوكندريات.

① ماذا يحدث على مستوى الميتوكندري ؟ :

a – تجارب :

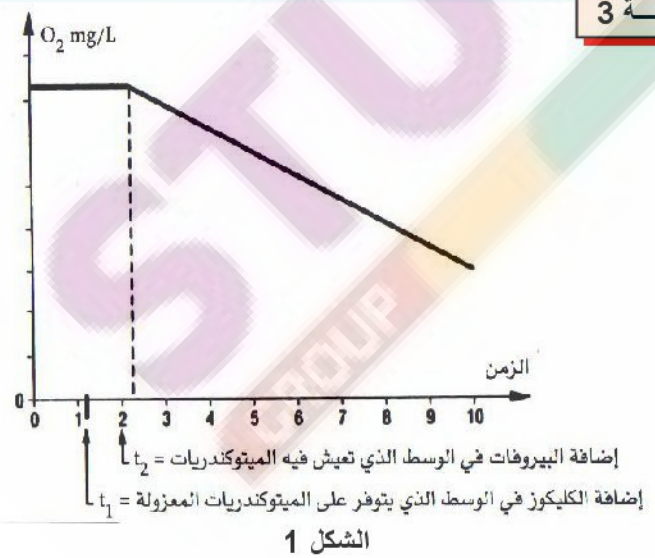
لمعرفة مصير حمض البيروفيك داخل الميتوكندري، أنجزت التجارب المبينة على الوثيقة 1 لوحة 3.

اللوحـــــة 3

الوثيقة 1 : تجربة

نهرس خلايا كبد فأر في محلول عيار له **ph=7.4** من أجل عزل الميتوكندريات.
نعرض الخليط لنبذ ذي سرعة كبيرة يمكن من الحصول على قعيرة **culot** من الميتوكندريات. نخلط جزءا من القعيرة بمحلول عيار ملائم، 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 الميتوكندري؟



الشكل 1

b – تحليل واستنتاج :

1) قبل t1 يكون استهلاك الأوكسجين من طرف الميتوكندريات ضعيف جدا، وعند إضافة الكليكوز في الزمن t1 لا يتغير استهلاك الأوكسجين. أما عند إضافة حمض البيروفيك فان نسبة استهلاك الأوكسجين ترتفع.

www.students.com

www.students.com

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

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

4) نستنتج أن الميثوكندريات 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 الميثوكندري، تشكل التأكسدات التنفسية وهي تفاعلات حيهوائية.

c – خلاصة :

يتعرض مستقلب الكليكوز إلى تفككين :

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

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

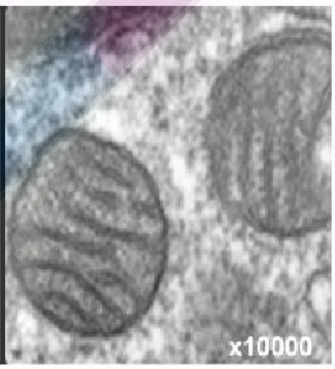
② بنية ومكونات الميثوكندريات :

a – فوق بنية الميثوكندري : أنظر الوثيقة 2 لوحة 3

الوثيقة 2 :

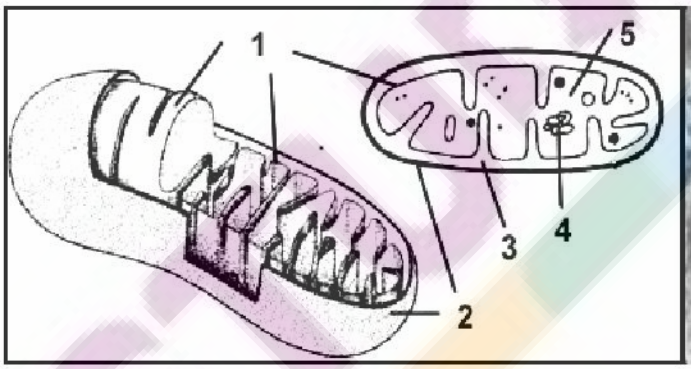


شكل 1



شكل 2

اللوحـــــة 3



شكل 3

الشكل 1 = ملاحظة الكترونغرافية لمقطع طولي للميثوكندري.
الشكل 2 = ملاحظة الكترونغرافية لمقطع عرضي للميثوكندري.
الشكل 3 = رسم تخطيطي تفسيري لفوق بنية الميثوكندري.

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

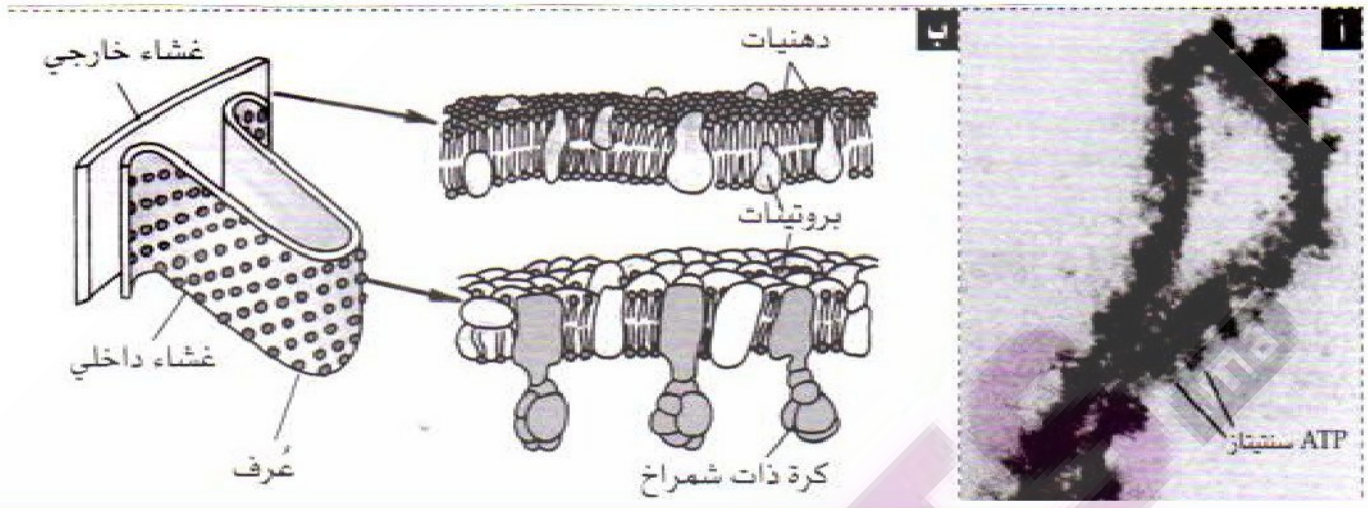
تعتبر الميثوكندري من عضيات الخلية، وتتكون من غشاء مزدوج، يحيط بمادة عديمة اللون تسمى ماتريس (matrice)، تتخللها تفرعات للغشاء الداخلي تسمى أعراف (crêtes).

www.students.com

www.students.com

b – التركيب البيوكيميائي للميثوكندري : أنظر الوثيقة 3، الوثيقة4، لوحة 3

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



الوثيقة : 4

الغشاء الخارجي	الغشاء الداخلي	الماتريس
▪ بروتينات 62 %. ▪ دهنيات 38 % ذات طبيعة شبيهة بتلك الموجودة بالغشاء السيتوبلازمي.	▪ بروتينات 80 %. ▪ دهنيات 20 %، طبيعتها مختلفة عن الجزيئات الموجودة بالغشاء السيتوبلازمي. ▪ أنزيمات تساهم في تفاعلات أكسدة اختزال. ▪ ATP سنتتاز.	▪ جزيئات صغيرة كربونية. ▪ أنزيمات متنوعة. ▪ ناقلات الالكترونات والبروتونات. ▪ ATP و ADP و P.

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 تفسفر ADP إلىATP. وتدخل هذه الأنزيمات في تركيب الكرات ذات شمراخ. (sphère pédonculée).

IV – دور التأكسدات التنفسية في إنتاج ATP:

① تفاعلات دورة Krebs والأكسدة التنفسية :

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

a – المرحلة الأولى: تكون الأسيتيل كوأنزيم A.

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

$$CH_3CO-COOH + Co\text{-}AH + NAD^+ \longrightarrow CH_3CO-CoA + NADH_2 + CO_2$$

حمض البيروفيك — كوأنزيم A — أسيتيل كوأنزيم A

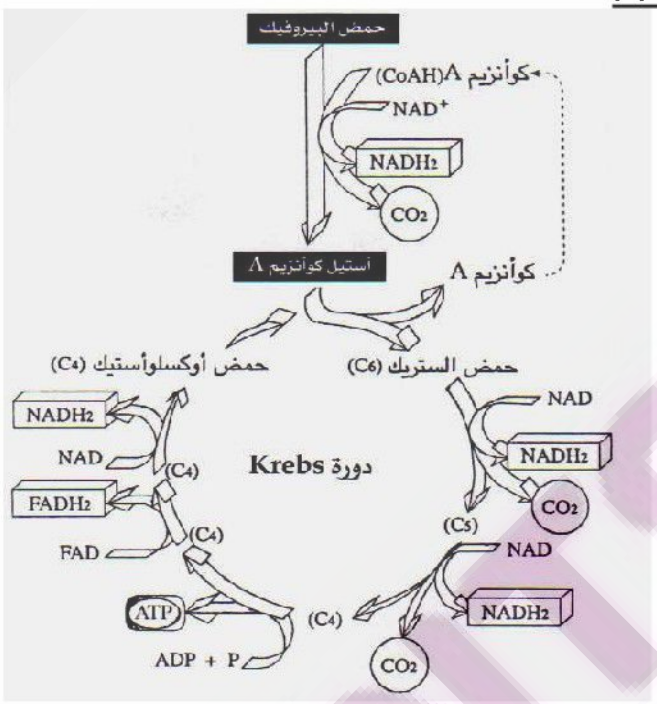
www.students.com

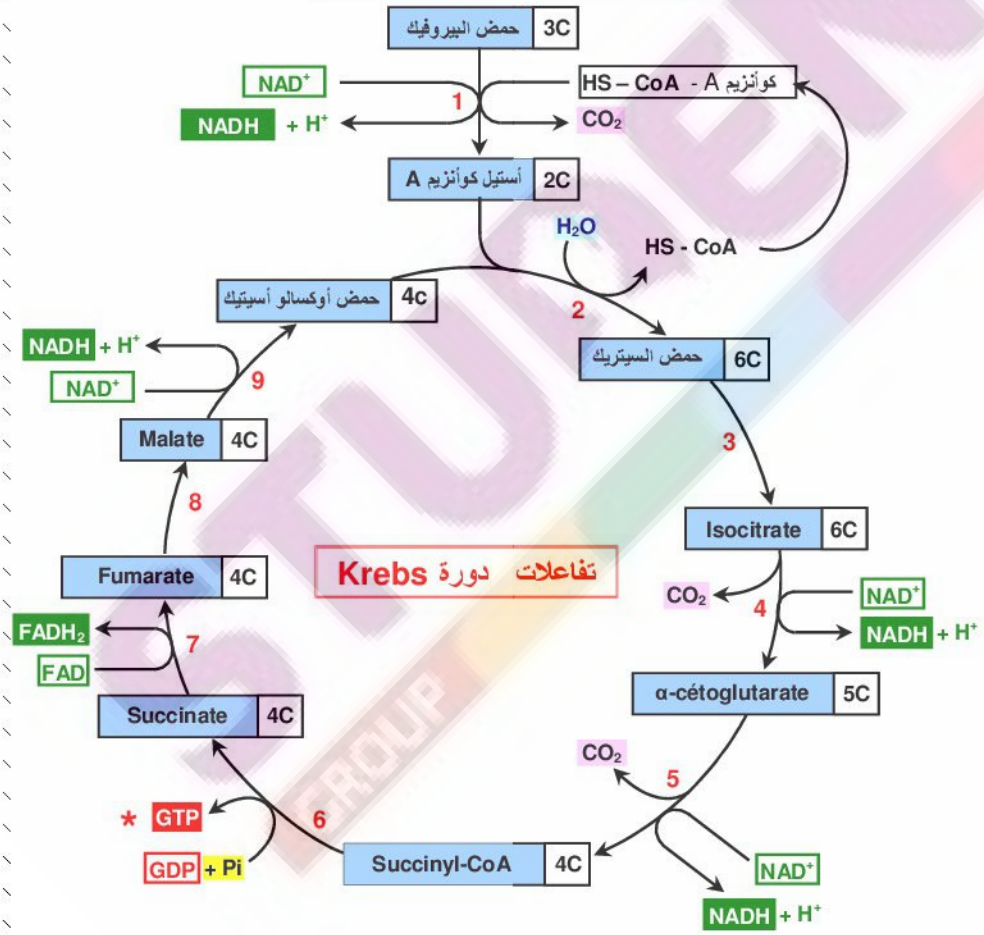
www.students.com

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

اللوحـــــة 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^+ : 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)

$$CH_3\text{-}CO\text{-}COOH + 4\ NAD^+ + FAD + GDP + P_i + 3H_2O \rightarrow 3\ CO_2 + 4\ NADH + 4H^+ + FADH_2 + GTP$$ *

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

www.students.com

www.students.com

- ينضم أستيل كوأنزيم A إلى حمض أوكسالوأسيتيك (C4) ، ليعطي حمض السيتريك (C6).
- يحرر الكوأنزيم A، قصد تثبيت شق لأستيل جديد.
- يخضع حمض السيتريك لتفاعلات إزالة الكربون، وإزالة الهيدروجين، بتواجد أنزيمات خاصة، لنحصل في الأخير على حمض الأوكسالوأسيتيك، هذا الأخير يعاود التفاعل مع أستيل كوأنزيم A.
- خلال دورة Krebs يتم تحرير CO_2، واختزال جزيئة NAD وfad

$$NAD^+ + 2(H^+ + e^-) \longrightarrow NADH + H^+$$

$$FAD^+ + 2(H^+ + e^-) \longrightarrow FADH_2$$

وتركب جزيئة ATP انطلاقا من أكسدة جزيئة GTP.

التفاعل الإجمالي لهدم حمض البيروفيك في الماتريس:

$$CH_3\text{-}CO\text{-}COOH + 4NAD^+ + FAD + GDP + P_i + 3H_2O \longrightarrow 4NADH_2 + ATP + 3CO_2$$

c – المرحلة الثالثة: مصير $NADH^+H^+$ و $FADH_2$.

☒ انطلاقا من الوثيقة 2، والوثيقة 3، اللوحة 4، وضح كيف تحصل الأكسدة التنفسية، وأبرز أهميتها في تكون ممال البروتونات H^+ من جهتي الغشاء الداخلي للميتوكندري.

☑ خلال تفاعلات أكسدة الكليكوز، يتم اختزال NAD^+و FAD^+، لتعطي $NADH+H^+$ و$FADH_2$. ادن هذه جزيئات ناقلة للبروتونات والالكترونات، يجب أن تعود إلى حالتها المؤكسدة.
تتم أكسدة هذه المتقبلات داخل الغشاء الداخلي للميتوكندري. حيث تطرح البروتونات H^+ في الحيز البيغشائي، بينما تسلم الالكترونات إلى نواقل توجد على مستوى الغشاء الداخلي للميتوكندري، وتكون السلسلة التنفسية (la chaîne respiratoire).

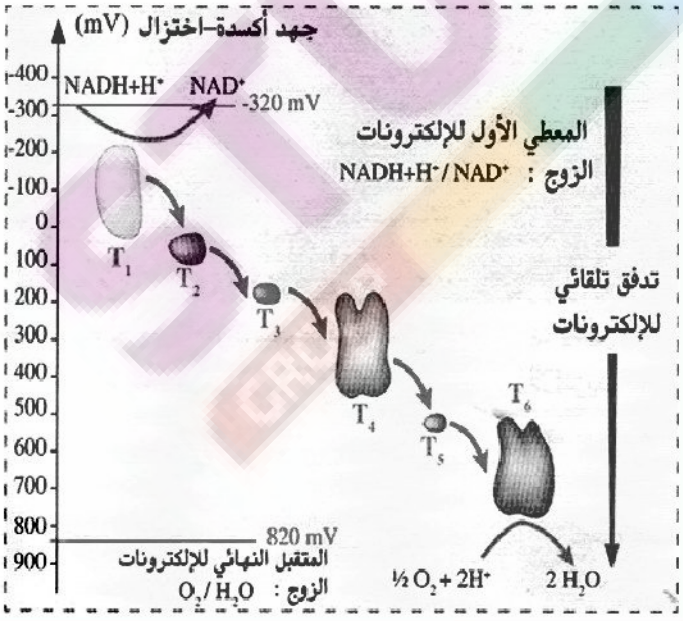
إن الالكترونات تتدفق انطلاقا من المعطي الأول $NAD^+/NADH+H^+$ إلى المستقبل النهائي وهو الزوج O_2/H_2O. يسمى هذا التدفق الأكسدة التنفسية.
يتفاعل الأوكسجين المختزل O^{2-} مع $2H^+$ ، ليعطي جزيئة الماء، وتتم هذه العملية داخل ماتريس الميتوكندري.

$$1/2\ O_2 + 2H^+ \longrightarrow H_2O$$

اللوحـــــة 4

الوثيقة 2:

يتم نقل الالكترونات من الزوج $NADH+H^+/NAD^+$ إلى الزوج O_2/H_2O بواسطة تفاعلات أكسدة-اختزال، عبر السلسلة التنفسية، وذلك بشكل تلقائي حسب تبدل الجهد أكسدة-اختزال.

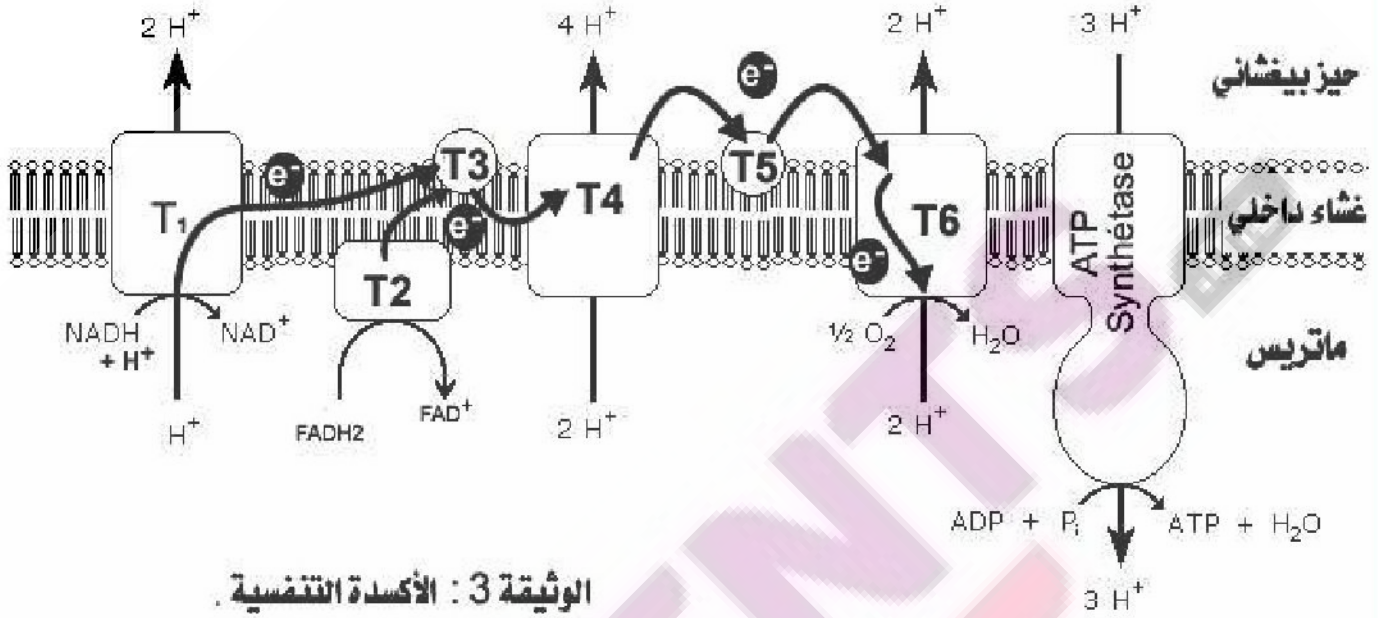


www.students.com

www.students.com

خلال مرور الالكترونات من أول معط $NADH + H^+$ إلى أخر متقبل O_2، يتم طرح بروتونات H^+ داخل الحيز البيغشائي، فيرتفع بذلك تركيز H^+ في هذا الحيز، مما يترتب عنه ممال للبروتونات H^+ من جهتي الغشاء الداخلي.

اللوحـــــة 4



الوثيقة 3 : الأكسدة التنفسية .

② اختزال الأوكسجين والتفسفر المؤكسد:

a – معطيات تجريبية:

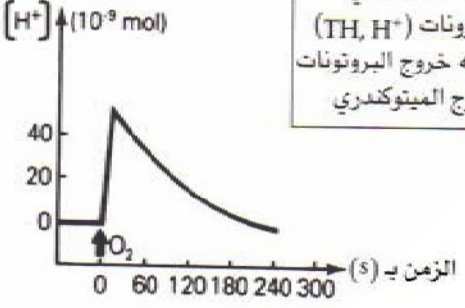
أ - تجربة 1:

وضعت ميتوكندريات، على شكل محلول عالق، في وسط يحتوي على معطي بروتونات، خال من O_2، ثم تم تتبع تطور تركيز أيونات H^+ في هذا الوسط قبل وبعد إضافة محلول غني ب O_2. فحصلنا على النتائج المبينة على الوثيقة 4 لوحة 4.

اللوحـــــة 4

تحدث إضافة كمية معينة من ATP في الوسط انخفاض Ph مما يدل على ارتفاع تركيز H^+. عندما يستنفد O_2 تعود البروتونات إلى داخل الميتوكندري.





إضافة O_2 : تأكسد المعطي للإلكترونات (TH_2, H^+) ينتج عنه خروج البروتونات خارج الميتوكندري

ماذا تستنتج من تحليل هذه المعطيات التجريبية؟

ب – تجربة 2 :

للكشف عن شروط إنتاج ATP على مستوى الكرات ذات شمراخ، نقوم بالتجارب المبينة على الوثيقة1 لوحة 5.

www.students.com

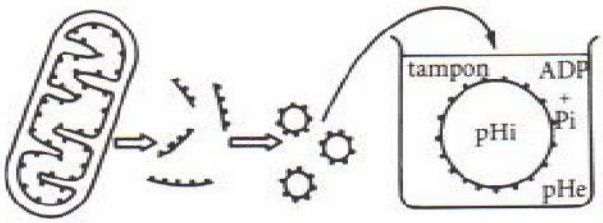
www.students.com

الوثيقة 1 : دور الكرات ذات شمراخ (نقل البروتونات والتفسفر المؤكسد لATP)

■ **التجربة a:**

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

pHi : pH داخلي
pHe : pH خارجي



- 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 dinitrophénol) مادة ذوابة في الدهون، بحضور هذه المادة يصبح الغشاء الداخلي للميتوكندري نفوذا للبروتونات: في هذه الحالة يلاحظ أن اختزال الأكسجين يتم بصفة عادية بينما يتوقف تفسفر ADP.

استخرج شروط تركيب ATP داخل الميتوكندري.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 تدريجيا.

يرجع ارتفاع تركيز H^+ في الوسط، بعد إضافة O_2، إلى انتقال النواقل (TH_2) أي ($FADH_2$, $NADH_2$) من حالتهما المختزلة إلى حالتهما المؤكسدة حسب التفاعل التالي:

$$TH_2 \text{ ----------> } T + 2H^+ + 2e^-$$

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

$$1/2\ O_2 + 2H^+ \ 2e^- \text{ ----------> } H_2O$$

التفاعل الإجمالي بعد إضافة O_2 للوسط هو :

$$TH_2 + 1/2\ O_2 \text{ ----------> } R + H_2O$$

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 للميتوكندري 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.

www.students.com

www.students.com

c – خلاصة:

عند وجود متقبل للالكترونات (O_2)، تتم أكسدة ($NADH_2$, $FADH_2$)(معط للالكترونات)، الشيء الذي يعطي طرح للبروتونات H^+، فترتفع نسبتها داخل الحيز البيغشائي.
بفعل اختلاف تركيز H^+ من جهتي الغشاء الداخلي للميتوكندري، 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 التفسفر المؤكسد. Phosphorylation oxydative

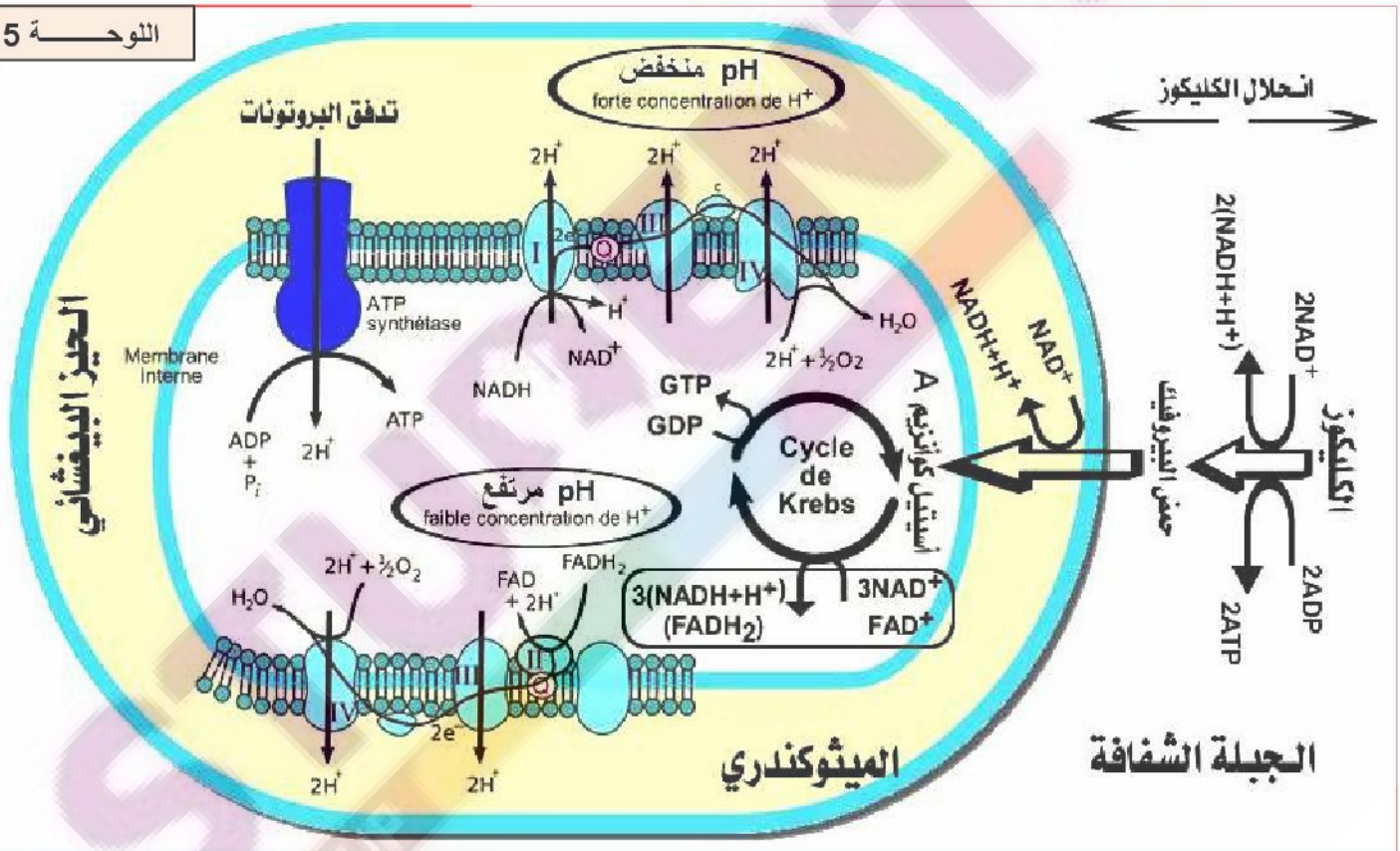
V – مقارنة الحصيلة الطاقية للتنفس والتخمر:

① قياس مردودية التنفس والتخمر :

أ- المردود الطاقي 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.

اللوحـــــة 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 تركب جزيئة واحدة من ATP . (أتمم 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. ادن 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:

www.students.com

www.students.com

☑ إن الأكسدة الكاملة لجزيئة الكليكوز، تعطي :

- خلال انحلال الكليكوز نحصل على $2(NADH+H^+)$ + 2ATP + جزيئتين من حمض البيروفيك.
- خلال دورة Krebs يتكون $3(NADH+H^+)$ + $1(FADH_2)$ + 1ATP. ادن بالنسبة لجزيئتين من حمض البيروفيك، الناتجتين عن انحلال جزيئة واحدة من الكليكوز، يتكون $8(NADH+H^+)$ + $2(FADH_2)$ + 2ATP.
- إن عدد ATP المركبة عند استهلاك جزيئة واحدة من الكليكوز هو:

4 ATP	<----------	4 ATP
30 ATP	<----------	10 $(NADH+H^+)$
4 ATP	<----------	$2(FADH_2)$

المجـمـوع : 38 ATP

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 $FADH_2$ باستثناء خلايا القلب والكبد حيث تعوض بنواقل NADH .

☒ أحسب المردود الطاقي للتنفس، علما أن الطاقة الإجمالية التي يمكن استخراجها من مول واحد من الكليكوز، 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 الكليكوز يركب 38 ATP، فالطاقة التي يحررها مول واحد من الكليكوز هي: $38 \times 30.5 = 1159$ KJ

ادن المردود الطاقي للتنفس هو:

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

ب- المردود الطاقي للتخمر:

☒ أحسب المردود الطاقي للتخمر، علما أن استهلاك جزيئة واحدة من الكليكوز في حالة التخمر اللبني، يحرر فقط جزيئتين من ATP.

☑ المردود الطاقي للتخمر هو :

$$\text{المردود} = \frac{2 \times 30.5}{2860} \times 100 = 2.13\ \%$$

② مقارنة وتفسير :

- أثناء التنفس يتحلل المستقلب (الكليكوز) كليا، فيطرح مجموع الطاقة الكامنة فيه، على شكل طاقة كيميائية (1159 KJ)، وطاقة حرارية (1701 KJ)، مع تكوين حثالة معدنية (CO_2 + H_2O) خالية من الطاقة.

- أثناء التخمر، لا يتحلل المستقلب (كليكوز) 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 – 167)/2 = 1346.5 KJ/ac.lactique).

www.students.com

www.students.com

تمرين:

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.

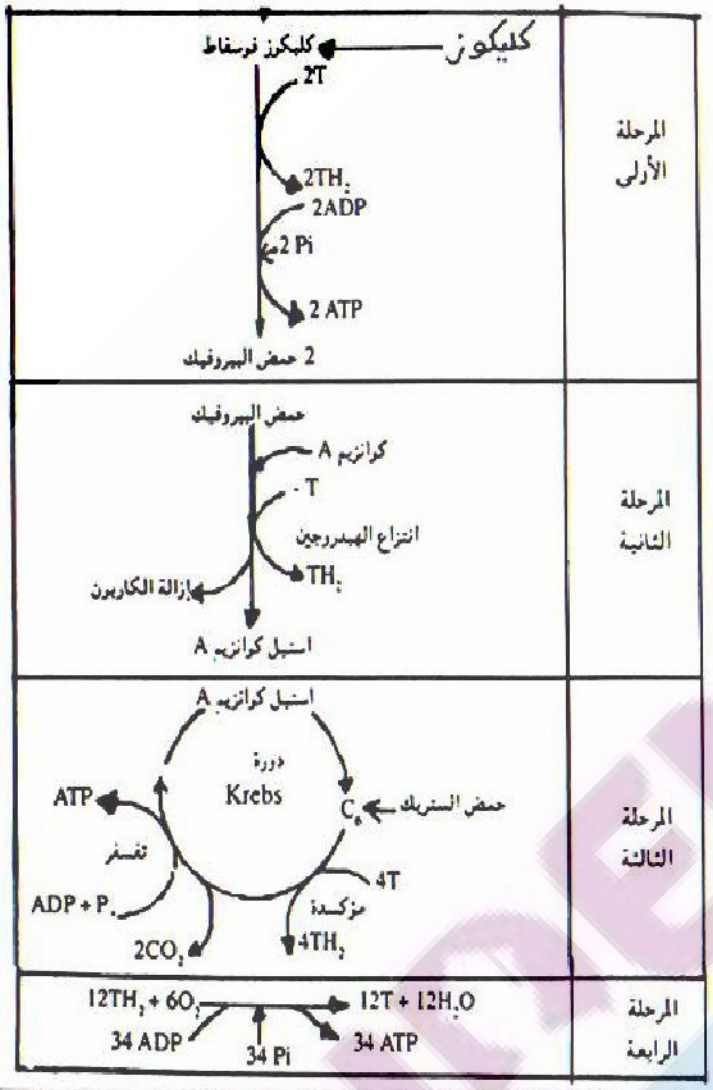
3- اعتمادا على معلوماتك وعلى معطيات الجدول، حدد المراحل المشتركة بين التنفس الخلوي والتخمر اللبني.

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 والتخمر اللبني علما أن :

- حلمأة 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 التخمر اللبني.



حل التمرين :

1- المستوى الخلوي الذي تتم فيه :
* المرحلة الأولى هو الجيلة الشفافة.
* المرحلة الثانية والمرحلة الثالثة هو الماتريس.
* المرحلة الرابعة هو الغشاء الداخلي للميتوكندري.

2- ناقل الهيدروجين المتدخل في المرحلة الأولى هو NAD^+ كما يوضحه التفاعل التالي :

$$NAD^+ + 2(H^+ + e^-) \rightarrow NADH_2$$

3- المرحلة المشتركة بين التنفس الخلوي والتخمر اللبني هي المرحلة الأولى.

4- يتحدد دور الأكسجين المستهلك في كونه متقبل نهائي لبروتونات الهيدروجين، ويتدخل في المرحلة الرابعة.

5-*عدد مولات ATP الناتجة عن الهدم الكلي لجزيئة الكليكوز هو :

- المرحلة الأولى : 2 ATP
- المرحلة الثالثة : 2 ATP
- المرحلة الرابعة : 34 ATP

* الحصيلة الطاقية الإجمالية هي : 38 ATP.

6- المردودية الطاقية للتنفس :

$$\frac{38 \times 30,5 \times 100}{2860} = 40,5\%$$

- المردودية الطاقية للتخمر اللبني :

$$\frac{2 \times 30,5 \times 100}{2860} = 2,1\%$$

إذن المردودية الطاقية للتنفس أهم بكثير من المردودية الطاقية للتخمر.

www.students.com