

**معدل:** إن المادة العضوية الناتجة من التركيب الضوئي تمثل غذاء لباقي المستهلكات السلسلة الغذائية لما فيها من طاقة كيميائية كامنة في روابطها فتم أكسدتها عبر مسلكين استقلابيين بتدخل  $O_2$  فيحدث هدم كلي للمادة العضوية إلى  $CO_2$  (نواتج معدنية) أو دون تدخل  $O_2$  فيحدث هدم جزئي للمادة العضوية (نواتج عضوية ومعدنية). ويعتبر التخمر عند الخمائر عموما تكيفا مع غياب  $O_2$  أما عند البكتيريا وكريات الدم الحمراء البشرية ضرورة لعدم إمكانها التنفس. أما عند الثدييات ومنها الإنسان فهو طريق إضافي للحصول على الطاقة لعدم كفاية القصوى الناتجة عن التنفس.

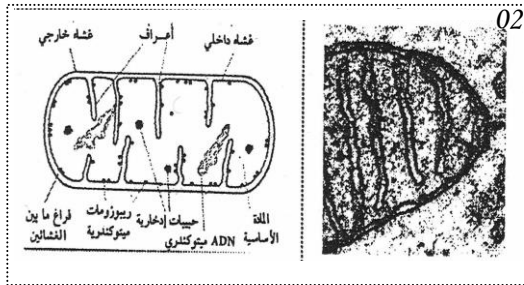
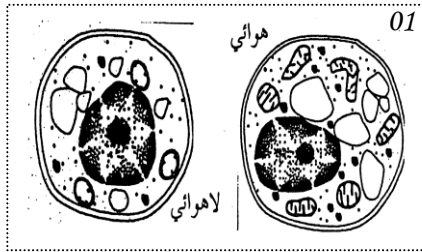
### 1- مظاهر عملية التنفس وشروطها:

تظهر انطلاقا من المعادلة الإجمالية التالية:

إذن: يهدم خلال التنفس الغلوكوز كليا إلى  $CO_2$  وماء باستهلاك  $O_2$ . ومظاهرها هي التبادلات الغازية المذكورة.

2- ممر الأكسدة التنفسية: يمكن تحديدها بتجربتين: الأولى: ملاحظة إلكترونية خميرة أقيمت مدة كافية في وسط هوائي وأخرى في وسط لا هوائي.

التحليل المقارن: يلاحظ في خميرة الوسط الهوائي أن عدد الميتوكوندريات أكثر وحجمها أكبر وأعرافها نامية مقارنة بخميرة الوسط اللاهوائي التي تكون أقل عددا وأصغر حجما وضامرة الأعراف.



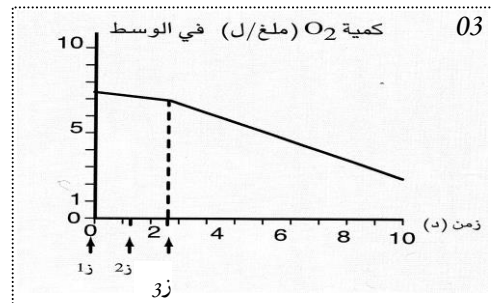
أما الثانية: فإن كانت الصانعة الخضراء ملونة طبيعيا ويكشف عنها بالفحص المجهر المباشر فإن الميتوكوندري يكشف عنها بكاشف أخضر جانوس الذي يكون شفافا إذا كان مرجعا وأحضر إذا كان مؤكسدا. فيضاف إلى معلق خميرة أولهما مهوى والثاني غير مهوى كمية من أخضر جانوس الشفاف فيلاحظ في الأول ظهور حبيبات ملونة بالأخضر ولا تظهر في الثاني.

نتيجة: إذن تستخدم الميتوكوندري في نشاطها  $O_2$  لأكسدة المركبات فهي ممر الأكسدة التنفسية.

3- ما فوق بنية الميتوكوندري الخلية: تبدو متطاولة محاطة بغلاف من غشاءين بينهما فراغ بين غشائيه ويحصران تجويفا يملؤه سائل يسمى الحشوة يتضمن  $ADN$  وريبوزومات ومواد ادخارية. ينطوي الغشاء الداخلي مشكلا أعرافا.

4- التركيب الكيموحيوي للميتوكوندري: يمكن تحديد الملاحظات التالية: أ- الغشاء الداخلي يضم نسبة أعلى من البروتينات لأنه أكثر نشاطا.

ب- لا تتضمن الميتوكوندري غلوكوزا رغم أنه المادة الأيضية الأولى في التنفس لكنها تتضمن أحد نواتج هدمه وهو حمض البيروفيك وال أستيل مرافق الإنزيم-أ. كما أن الهيبولى تتضمن البيروفيك. ج- تتضمن الهيبولى إنزيمات نزع الهيدروجين فقط. أما حشوة الميتوكوندري فتتضمن نازعات الهيدروجين والكاربوكسيل. أما الغشاء الداخلي فنسبة البروتينات المرتفعة فتعود إلى احتوائه على نازعات الهيدروجين ونواقل إلكترونات وكريات مذبذبة تسمى السلسلة التنفسية تتضمن مضخات بروتونات تعمل عمل  $T2$  في التركيب الضوئي.



5- مراحل التنفس: انطلاقا من المعطيات الكيموحيوية يبدو أن جزء من تفاعلات التنفس سيحدث على مستوى الهيبولى أولا ثم الميتوكوندري حشوة وغشاء داخليا.

أ- التحلل السكري: تجربة 1: تمثل الوثيقة المقابلة قياسات لتكيز  $O_2$  في معلق ميتوكوندري محكم الإغلاق مضافا إليه الغلوكوز في (ز2) ثم حمض البيروفيك في (ز3). التحليل: يلاحظ تناقص طفيف في كمية  $O_2$  في الوسط قبل وبعد إضافة الغلوكوز ثم يتناقص بجدة بعد إضافة البيروفيك.

نتيجة: لا تستهلك الميتوكوندري الغلوكوز مباشرة بل تستهلك أحد نواتج هدمه وهو حمض البيروفيك.

تجربة 2: يمثل الجدولان (أ) و (ب) نتائج تتبع إشعاع غلوكوز يضاف إلى معلق خميرة أولهما مهوى والثاني غير مهوى على الترتيب.

الزمن	الوسط	الهيبولى	الميتوكوندري
0هـ	G*		
1هـ	G*	G*	
2هـ	P*		
3هـ	$A_1^* + P^*$		
4هـ	$A_2^*$	$^*CO_2$	

الجدول (ب)

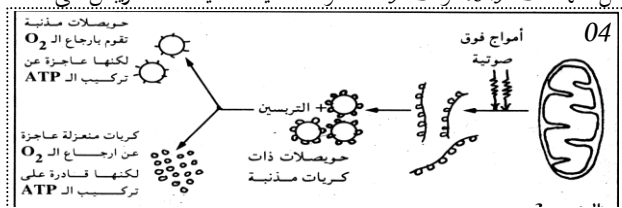
الزمن	الوسط	الهيبولى	الميتوكوندري
0هـ	G*		
1هـ	G*	G*	
2هـ	P*	P*	
3هـ	$A_1^* + P^*$		
4هـ	$A_2^*$	$^*CO_2$	

الجدول (أ)

التحليل: ينتقل الغلوكوز المشع إلى داخل الهيبولى كليا ثم يتحول إلى بيروفيك: في وجود  $O_2$  يدخل الميتوكوندري ويهدم إلى نواتج  $A_1$  ثم  $A_3$  وكذا إلى  $CO_2$  ينطلق. أما في غياب  $O_2$  فيتحول على مستوى الهيبولى إلى  $A_2$  و  $CO_2$  ينطلق.

الآلية: يتعرض الغلوكوز إلى مجموعة من التحولات في الهيبولى منها أكسدة وإرجاع وفسفرة ونزع فوسفور... إلخ تنتهي بتفككه إلى جزئتي بيروفيك وتركيب  $2ATP$  وإرجاع  $2NAD^+$  إلى  $2NADH-H^+$ . انظر المخطط.

د- حلقة كريبس: يدخل البيروفيك إلى حشوة الميتوكوندري ليتم تحضيره للدخول إلى حلقة كريبس عبر نزع أول كربون منه بتدخل نازعات الكربون والهيدروجين منتجا حمض خل يرتبط بمرافق الإنزيم أ- وخلال الحلقة يهدم البيروفيك كليا إلى  $CO_2$  منتجا جزئية  $ATP$  ومرجعا  $05$  نواقل منها  $4NAD^+$  و  $FAD$  فتكون الأهمية الفعلية لحلقة كريبس هي إرجاع النواقل.



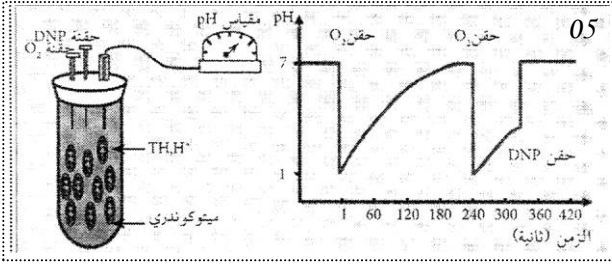
ج- الفسفرة التأكسدية: لتأكيد دور العناصر المتبقية في الظاهرة تقدم التجربتين:

الأولى: كما في المخطط. نستنتج أن: ممر فسفرة  $ADP$  إلى  $ATP$  هو رؤوس الكريات المذبذبة. وممر إرجاع  $O_2$  هو الغشاء الداخلي للميتوكوندري.

الثانية: تجرى كما في الوثيقة: التحليل: يكون  $PH$  الخارجي ثابتا قبل إضافة  $O_2$  ثم يتناقص مباشرة عند الإضافة المحدودتين. يرتفع بعد تدريجيا أما عند إضافة  $DNP$  فيكون الارتفاع مباشرة حتى العودة إلى القيمة الأصلية. التفسير: يلعب  $O_2$  دور مستقبل إلكترونات وجوده يحفز أكسدة النواقل كمصدر لحركة  $H^+$  ما يفسر ثبات  $PH$  قبل الإضافة.

أما عند إضافته تتأكسد النواقل فتفقد إلكترونات عبر السلسلة التنفسية ترجع  $O_2$  أما  $H^+$  فتخرج عبر المضخات نحو الفراغ بين الغشاءين ثم عبر البورينات في الغشاء الخارجي إلى الوسط ما يفسر تناقص السريع لـ  $P_{H_2}$  ثم تعود إلى الفراغ حتى تشكل فرقا في التركيز في الفراغ أعلى من الحشوة فتمر عبر قناة الكرية المذبذبة ما يفسر التزايد التدريجي لـ  $P_{H_2}$ . أما عند إضافة  $DNP$  فإن  $H^+$  تدخل عبر الغشاء الداخلي ما يفسر التزايد السريع لـ  $P_{H_2}$ .

**نتيجة:** على مستوى حلقة كريبس ترجع النواقل التي تتأكسد بوجود  $O_2$  مسببة حركة  $H^+$  فتشكل  $ATP$ .



د- المعادلة الإجمالية للتنفس:

هـ- آليات التحويل في الوسط اللاهوائي:  $\alpha$ : يمكن ملاحظة أن معلقا من الخميرة لا ينتج كحول الإيثانول إلا بعد

نفاد  $O_2$  من الوسط. **نتيجة:** يهدم الجلوكوز في غياب  $O_2$  جزئيا إلى إيثانول (مادة عضوية) +  $CO_2$ .

$\beta$ : بمأن الهدم في غياب  $O_2$  جزئي فالطاقة أقل حيث يمكن تحليل نتائج قياس شفافية (معدل احتراق الضوء للوسط) معلق خميرة مهوى وآخر غير مهوى. تتناقص الشفافية بشكل طفيف في الوسط الهوائي وبشكل حاد في الوسط اللاهوائي.

**التعليق:** بمأن الشفافية تتناسب عكسا مع التكاثر الذي يتناسب طردا مع إنتاج الطاقة فإن الطاقة الناتجة عن الوسط الهوائي أعلى من اللاهوائي.

الآلية:

تطبيق: 1- احسب المردود الطاقوي للظاهرتين إذا علمت أن الطاقة الناتجة عن هدم جزيئة  $ATP = 30.5 \text{ kJ/mole}$  وأن الطاقة المخزنة في الجلوكوز =  $2860 \text{ kJ/mole}$ .

2- احسب مقدار الضياع الطاقوي للظاهرتين.

التمرين الأول: تفرض النشاطات الخلوية صفا مستمرا للطاقة ما يتطلب انتاجا مستمرا لها ندرس جانبا من آليات هذا الإنتاج في هذه النشاطات التحريية.

**التجربة الأولى:** يوضع معلقان من خميرة الجعة *Saccharomyce cerevisiae* بتركيز 02 % في

حرارة 30° م ويزود أحدهما بـ  $O_2$  وتمت معايرة كمية بعض المركبات كما في جدول الوثيقة 01.

01- قدم تحليلا مقارنا للنتائج.

02- ماهي المعلومات المستخرجة ابتداء من النتائج.

03- إذا كانت الكمية الناتجة من الإيثانول في نهاية التجربة = 18 مولا حدد كمية الطاقة القابلة

للاستعمال الناتجة بـ  $\text{Kj/mole}$  إذا علمت أن كمية الطاقة في  $ATP$  مقدرة بـ:  $30.5 \text{ Kj/mole}$  وما هو وزن الجلوكوز المستعمل للحصول على هذه

المكونات	الوسط (أ)	الوسط (ب)
$O_2$ المستعمل	0.75 ل	00
$CO_2$ المنطلق	0.74 ل	0.23 ل
الإيثانول الناتج	00	0.46 ل
الجلوكوز المستهلك	01 غ	01 غ

جدول الوثيقة 01

النتائج إذا علمت أن الصيغة الكيميائية للجلوكوز هي  $C_6H_{12}O_6$

**التجربة الثانية:** تم تحضير معلق من العضيات المثلة بالوثيقة 02 ومزود

بـ  $O_2$  ويعامل كما في جدول الوثيقة 03.

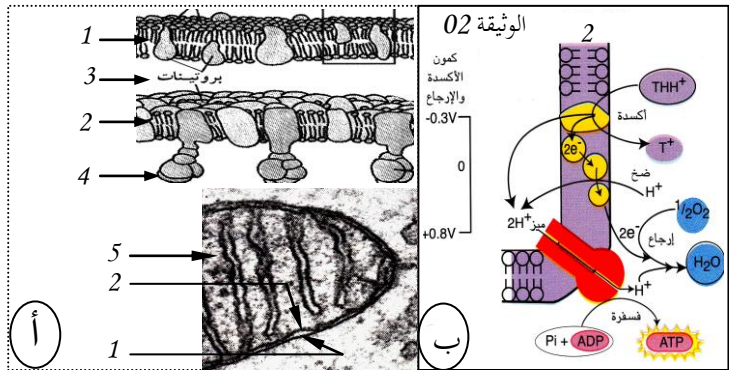
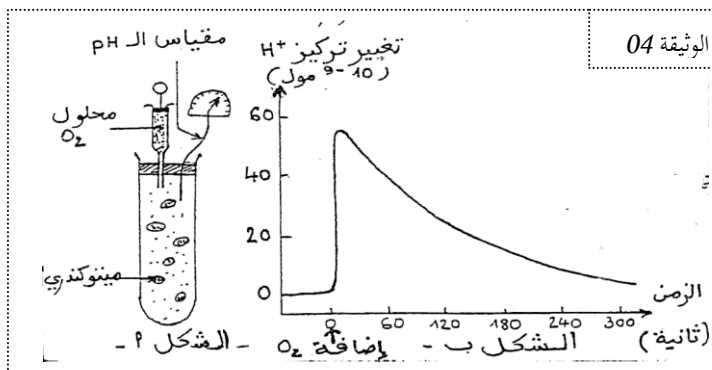
04- اكتب البيانات المرقمة في الوثيقة 02 (الشكل: أ).

05- ماذا تستنتج من مقارنة النتائج في المرحلتين (1 و 2) ثم (2 و 3) ؟

06- ابتداء من الشكل (ب) للوثيقة 02 اشرح آلية النقل الفيزيائي للإلكترونات بعد تحديد مصدرها ومصيرها.

المرحلة	الشروط	النتائج
01	إضافة الجلوكوز	عدم تشكل $ATP$ وثبات كمية $O_2$
02	إضافة البيروفيك	تشكل $ATP$ وتناقص كمية $O_2$
03	إضافة $TH-H^+$	تشكل $ATP$ وتناقص كمية $O_2$

جدول الوثيقة 03



**التجربة الثالثة:** يضاف إلى معلق العضيات السابقة مزود بكمية كافية من  $TH-H^+$  كمية محدودة من  $O_2$  ويتم قياس حموضة الوسط فكانت النتائج كما في الوثيقة 04.

07- فسر النتائج المحصل عليها.

08- كيف يمكنك إذن تعليل شكل وحجم العضيات المدروسة المأخوذة من وسط لا يضم  $O_2$  ؟