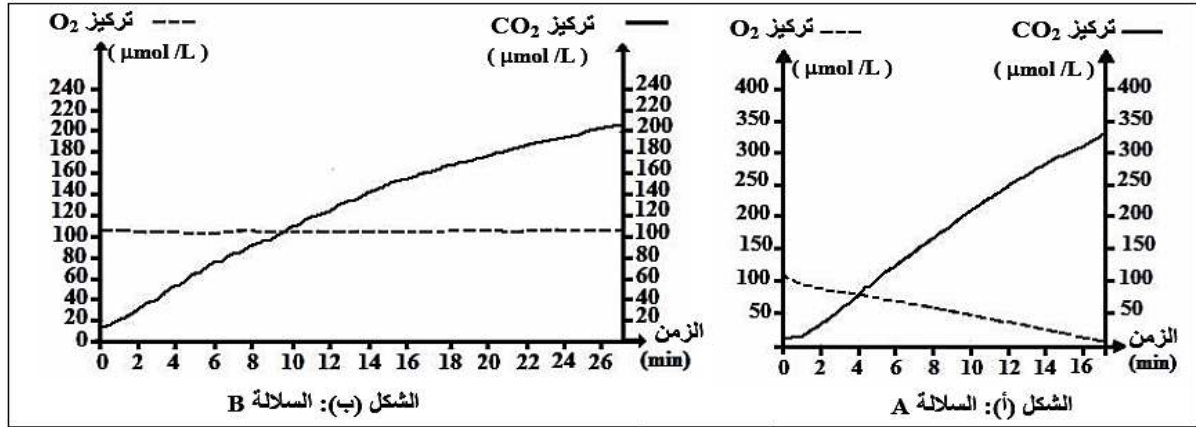


التمرين الاول

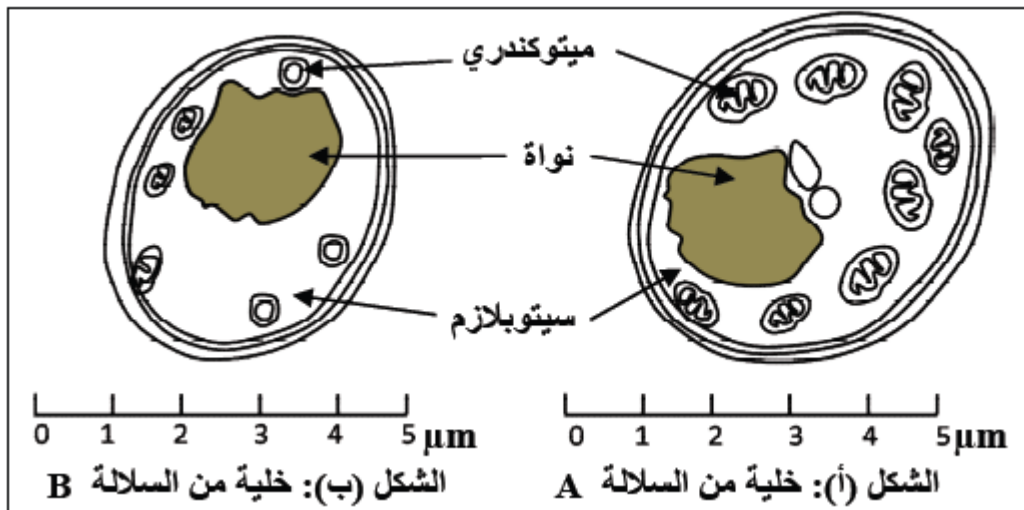
لمعرفة نوع الاستقلاب (الأيض) الخلوي المنتج للطاقة عند سلالتين من الخميرة A و B تجري الدراسة التالية :

- تم زرع السلالتين A و b في وسطي زرع ملائمين يحتويان على كمية كافية من ثنائي الأوكسجين والغلوكوز. بعد ذلك تم قياس تطور تركيز كل من ثنائي الأوكسجين (O_2) وثنائي أوكسيد الكربون (CO_2) حسب الزمن في الوسطين . يقدم الشكلان (أ) و (ب) من الوثيقة 1 النتائج المحصل عليها بالنسبة للسلالتين A و B نشير الى أنه تم تسجيل انخفاض في تركيز الغلوكوز في الوسطين عند نهاية التجربة.



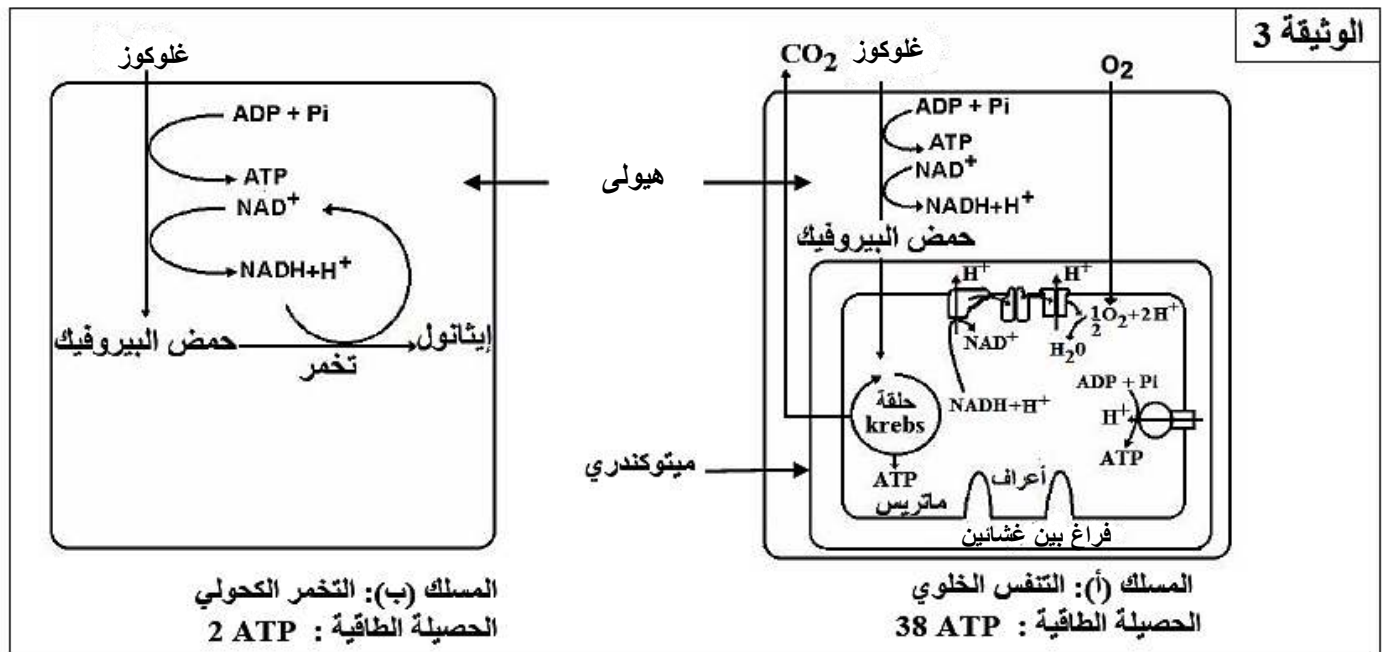
الوثيقة 1

- تمثل الوثيقة (2) رسمين تخطيطيين لخليتي الخميرة بالمجهر الالكتروني. الشكل (أ) لخلية من السلالة A والشكل (ب) لخلية من السلالة B.
- 1 - باستغلالك لمعطيات الوثيقتين 1 و 2 ، حدد المسلك الأستقلابي المعتمد من طرف كل من السلالتين A و B.



الوثيقة 2

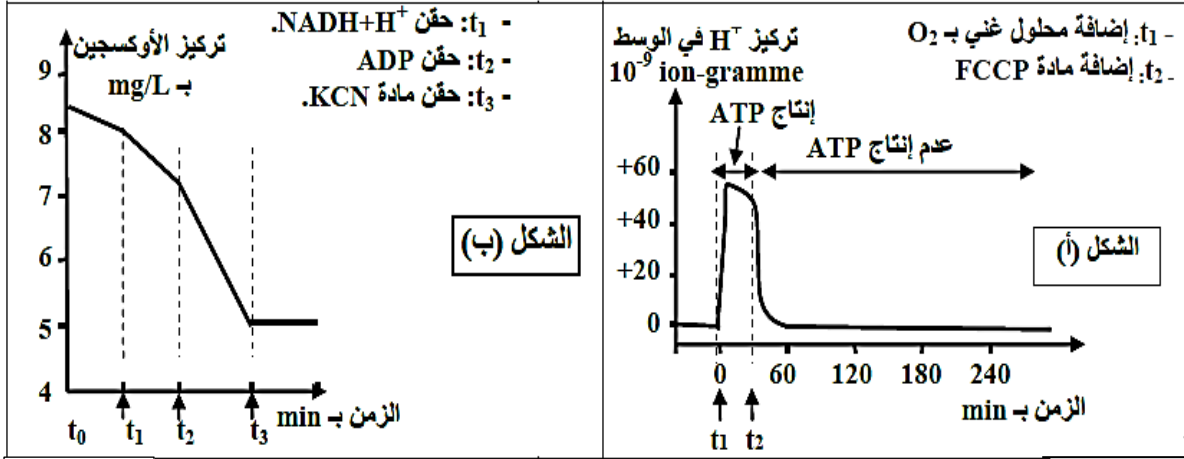
- تلخص الوثيقة (3) التفاعلات الأساسية لمسلكين استقلابيين يمكن أن تستمد منهما خلايا السلالتين A و B الطاقة الضرورية لنموها .



- 2 - باستعانتك بمعطيا الوثيقة (3) وباعتمادك على المعطيات السابقة .
 • فسر الاختلاف الملاحظ في سرعة نمو خمائر السلالتين A و B
 3 - يتطلب استمرار التنفس والتخمر تجديد المرافقات الأنزيمية .
 • قارن آلية تجديد المرافقات الانزيمية في كل من التنفس والتخمر.
 4 - من خلال عرض واضح ومنظم بين الآليات المنتجة للطاقة على مستوى الميتوكوندري .(مع الإشارة إلى التفاعلات الكيميائية) .

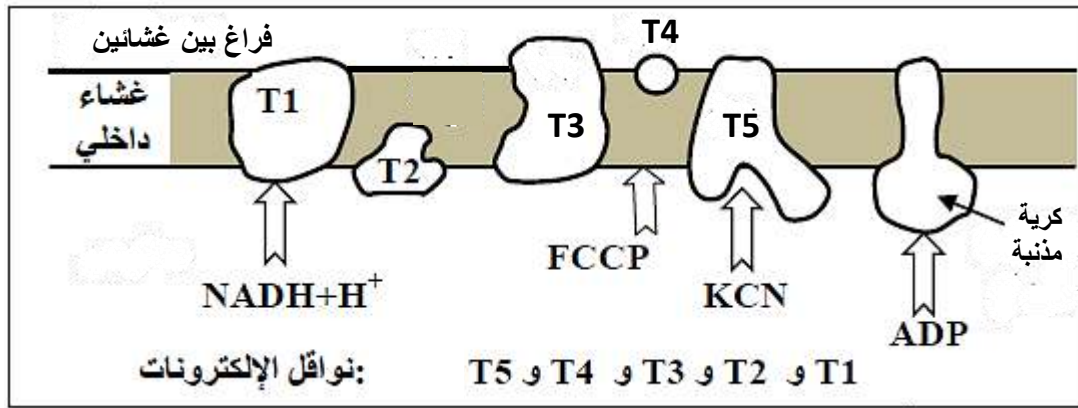
التمرين الثاني

- تلعب الميتوكوندريات دورا أساسيا في تركيب ATP داخل الخلايا.
- 1 - انجز رسم تخطيطي لما فوق بيئة الميتوكوندري ، ثم صف في بضعة أسطر ، بنية الميتوكوندري.
 - 2 - استنتج من ذلك ما يدل على أن للميتوكوندري بنية حجيرية .
 - 3 - لتحديد بعض شروط إنتاج ATP داخل هذه العضيات نعتد على المعطيات التجريبية التالية :
- التجربة الأولى :** تم تحضير معلق من ميتوكوندريات غني بمركبات مرجعة FADH_2 و NADH.H^+ وخال من الأوكسجين ، وتم تتبع تطور تركيز H^+ وإنتاج الـ ATP في الوسط وفي الظروف التجريبية التالية :
- في الزمن t_1 أضيف للوسط محلول غني بالأوكسجين ، وفي الزمن t_2 اضيفت مادة FCCP وهي مادة تجعل الغشاء الداخلي للميتوكوندري نفودا لأيونات H^+ . تبين الوثيقة 1 (الشكل أ) النتائج المحصل عليها .
- ملاحظة :** الغشاء الخارجي للميتوكوندري نفوذ لـ H^+ .
- التجربة الثانية :** وضعت ميتوكوندريات في وسط غني بالأوكسجين ، وتم تتبع تركيزه في الوسط بعد إضافات متتالية لمجموعة من المواد . تبين الوثيقة 1 (الشكل ب) المعطيات التجريبية والنتائج المحصل عليها .



الوثيقة 1

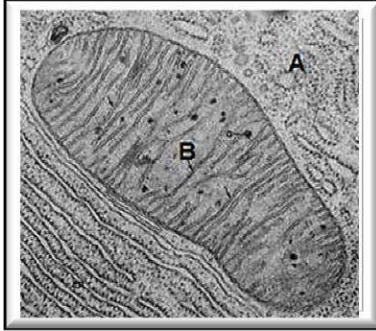
تبين الوثيقة (2) مواقع تأثير المواد المستعملة في التجريبتين الأولى والثانية على المستوى الغشاء الداخلي للميتوكوندري.



الوثيقة 2

- بالاستعانة بمعطيات الوثيقة (2) وبتوظيف مكتسباتك، أربط العلاقة بين تطور تركيز H^+ في الوسط وإنتاج الـ ATP بين الزمنين t₁ و t₂ وتوقفه بعد الزمن t₂ (الوثيقة 1 الشكل أ).
- فسر تطور تركيز الأوكسجين وعلاقته بوظيفة الغشاء الداخلي للميتوكوندري، (الوثيقة 1 الشكل ب).
- ما إسم الآلية التي أدت إلى تشكل الـ ATP ؟
وضح ذلك بمعادلات كيميائية.
- انطلاقاً من معطيات الوثيقة (2) ومن معارفك، انجز رسم تخطيطي وظيفي يوضح الآلية المدروسة.

التمرين الثالث



الوثيقة 1

- 1- تبين الوثيقة (1) ملاحظة مجهرية لأوساط خلوية A و B .
1- تعرف على البنيات A و B .
➤ لفهم كيفية استعمال مادة الايض (الغلوكوز) من طرف الخلايا الحيوانية نقترح التجارب التالية :

❖ التجربة 1 :

- نحضر وسط زرع يحتوي على خلايا حيوانية و نزوده بالأكسجين و غلوكوز G موسوم بالكربون المشع C^{14} و ننتبع الإشعاع في الاوقات t_0, t_1, t_2, t_3, t_4 و يبين الجدول التالي النتائج المحصل عليها:

الزمن	وسط الزرع	الوسط A	الوسط B
t_0	G +++++		
t_1	G ++	G +++	
t_2		P +++	P ++
t_3	CO ₂ +		P +++
t_4	CO ₂ ++		

P : حمض بيروفيك - الرمز + حسب درجة الأهمية (التركيز)

- 2 - حلل النتائج المبينة في الجدول.
3 - فسر هذه النتائج.
4 - اعتمادا على معلوماتك و نتائج هذه التجربة اكتب التفاعل الإجمالي للظواهر التي تحدث:

- أ - في الوسط A .
ب - في الوسط B .

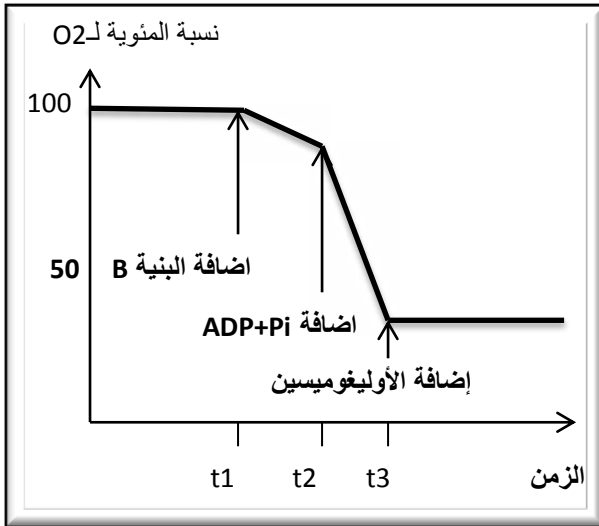
❖ التجربة 2 :

بعد توفير وسط ملائم يحتوي على حمض البيروفيك وثنائي الأوكسجين (O_2)، أضيف إليه على التوالي :

- في الزمن t_1 : البنيات B
 - في الزمن t_2 : كمية مهمة من $ADP + P_i$
 - في الزمن t_3 : كمية من الأوليغوميسين (مضاد حيوي يسبب التعب العضلي عند الشخص المعالج بهذه المادة).
- تلخص الوثيقة (2) نتائج قياس نسبة (O_2) بالوسط حسب الزمن.

- اعتمادا على تحليل نتائج التجربة (2) وعلى معلوماتك ،

الوثيقة 2



❖ التجربة 3 :

لتحديد موقع تأثير مادة الأوليغوميسين على مستوى البنية (B) ، تم عزل البنية (B) بواسطة تقنية الطرد المركزي وتعريضها لتأثير الموجات فوق الصوتية ، فتم الحصول على حويصلات بها كريات مذنبية على مستوى جهتها الخارجية . أخضعت عينة من هذه الحويصلات لتقنية خاصة تمكن من التخلص من الكريات المذنبية ، ثم وضعت الحويصلات في وسط تجريبي ملائم يحتوي على O_2 وعلى مركبات مرجعة RH_2 (ناقل الهيدروجين) إضافة إلى $ADP + P_i$. يقدم الجدول التالي نتائج تتبع بعض الظواهر التنفسية .

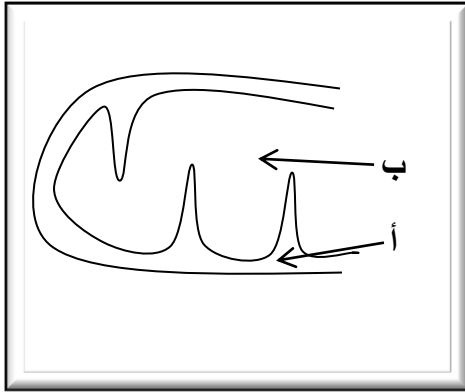
الظواهر التي تم تتبعها	الوسط التجريبي به حويصلات محتوية على كريات مذنبية		الوسط التجريبي به حويصلات بدون كريات مذنبية
	في غياب الأوليغوميسين	بوجود الأوليغوميسين	
إعادة أكسدة RH2	+	+	+
إنتاج ATP	+	-	-

(+) : حدوث الظاهرة (-) : عدم حدوث الظاهرة

• حدد معللا اجابتك موقع تأثير مادة الأوليغوميسين ؟

❖ التجربة 4 :

تمثل الوثيقة (3) الفحص المجهرى للعضية (B) والجدول يلخص نتائج سلسلة من القياسات المتعلقة بالنشاط الحيوي لهذه العضية .



المواد المضافة للبيئة (B)	PH (أ)	PH (ب)	ATP
غلوكوز + O ₂	7	7	-
حمض البيروفيك + O ₂	4	7	+
نواقل مرجعة + O ₂	4	7	+
حمض البيروفيك	7	7	-

الوثيقة 3

• ماهي المعلومات الإضافية التي يمكن استخراجها من الجدول ؟

II - بواسطة رسم تخطيطي وظيفي متقن ، بين الآلية المؤدية إلى تركيب الـ ATP على مستوى العضية (B).

التمرين الرابع

I- طحلب Chlamydomonas وحيد الخلية يتوفر على مجموعة من العضيات ممثلة في الوثيقة (1):

1- تعرف على العضى X من خلال بنيته.

التجربة 1: نضع العضيات X في وسط هوائي يحتوي على ADP و Pi ومستقلب (مادة أيضية) قابل للتأكسد فنلاحظ:

- انخفاض في نسبة المستقلب و الأكسجين و ADP و Pi.

- ارتفاع في نسبة ATP في الوسط و CO₂.

2- فسر النتائج المحصل عليها في التجربة 1 .

3 - استخلص طبيعة الاستقلاب الذي يتم على مستوى العضى X .

التجربة 2: نعالج العضيات X لإزالة الكريات المذنبية من

الغشاء الداخلي و نعيد التجربة 1 فنلاحظ:

- انخفاض في نسبة المستقلب و الأكسجين .

- ارتفاع في نسبة CO₂ في الوسط.

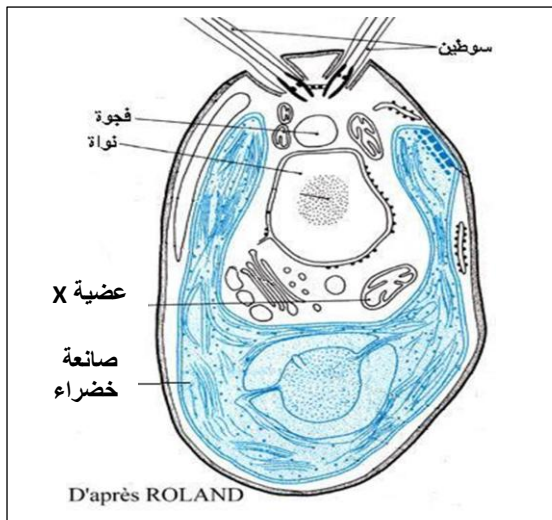
- ثبات نسبة ADP و Pi.

- غياب ATP

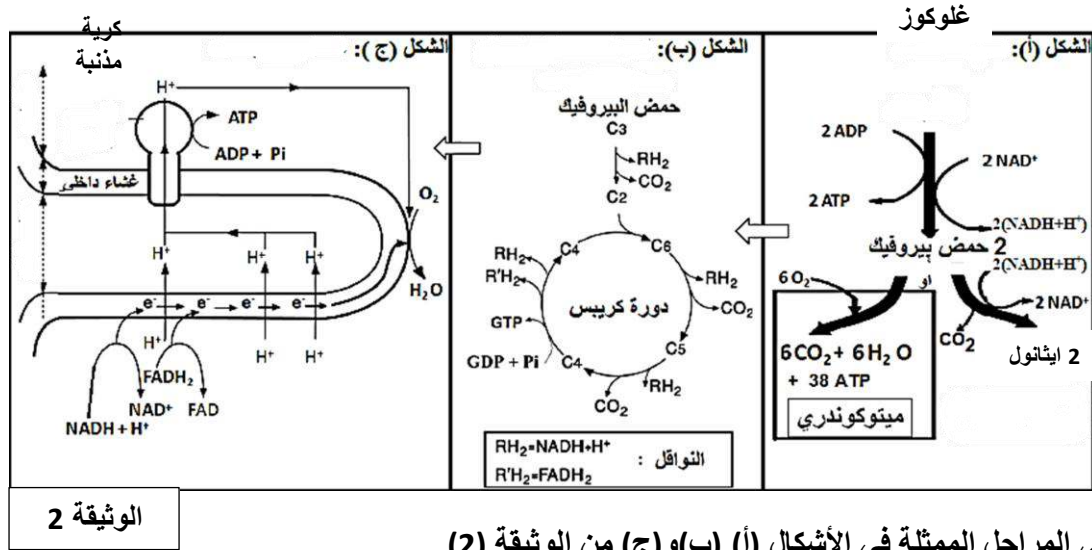
4 - فسر النتائج المحصل عليها في التجربة 2.

5 - استنتج دور الكريات المذنبية.

II - تلخص أشكال الوثيقة (2) مراحل هدم الغلوكوز داخل الخلية .



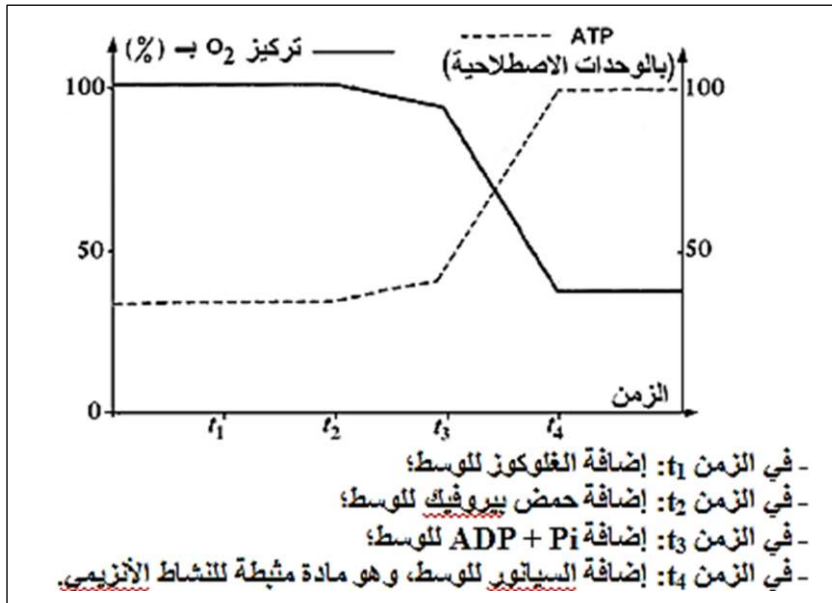
الوثيقة 1



- 1 - تعرف على المراحل الممثلة في الأشكال (أ)، (ب) و (ج) من الوثيقة (2) .
- 2 - حدد المستوى الخلوي الذي تتم فيه كل مرحلة من مراحل الوثيقة (2)
- 3 - لخص كل مرحلة من هذه المراحل بمعادلات كيميائية إجمالية .
- 4 - احسب الحصلة الطاقوية لهدم جزيئة واحدة من الغلوكوز.

التمرين الخامس

تؤدي ظاهرة التنفس على مستوى الخلية الحية إلى استهلاك تام لجزيئة الغلوكوز وإنتاج ATP . تتم هذه العملية عبر سلسلة من تفاعلات أكسدة - ارجاع داخل الهيولى الأساسية وداخل الميتوكوندري.

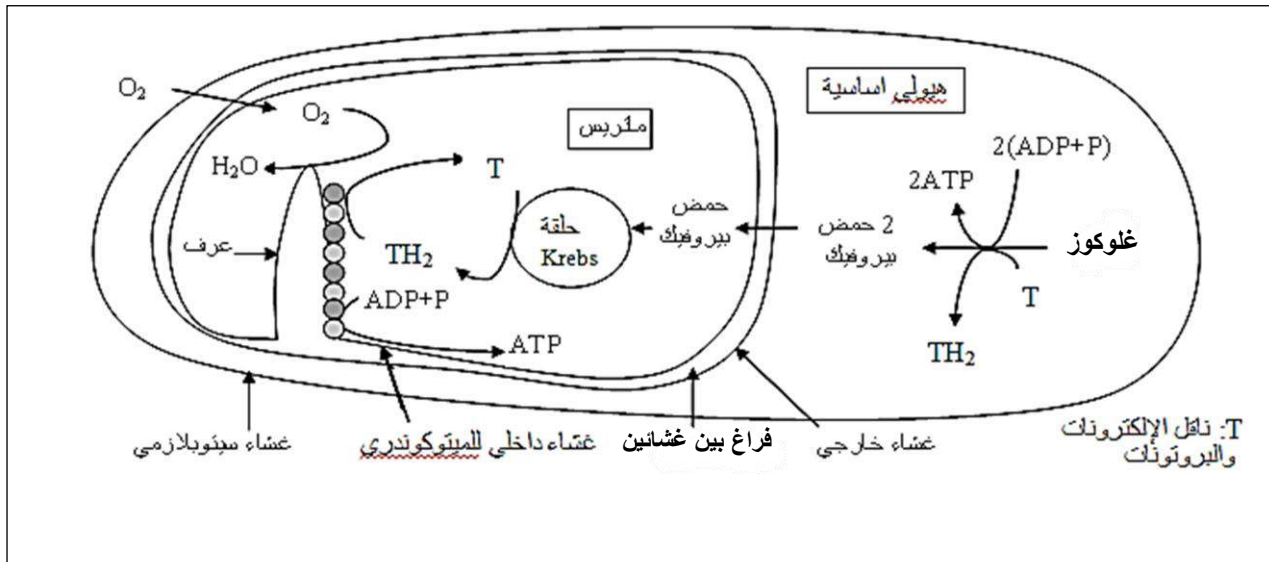


لفهم كيفية إنتاج ATP عن طريق هذه التفاعلات نقترح المعطيات الآتية:

- وُضِعَت ميتوكوندريات حية في وسط ملائم مشبع بثنائي الأوكسجين ذي $pH = 7,5$. بواسطة تقنية خاصة تم تتبع تطور تركيز كل من O_2 و ATP في هذا الوسط وذلك في الحالات المبينة في الوثيقة 1. وتبين هذه الوثيقة النتائج المحصل عليها.

الوثيقة 1

- تلخص الوثيقة 2 المراحل الأساسية لهدم الغلوكوز خلال التنفس.



الوثيقة 2

- 1) انطلاقا من الوثيقة 2، حدد داخل الخلية، موقع التفاعلات (تفاعلات هدم الغلوكوز وإنتاج ATP) التي تتطلب O_2 وموقع التفاعلات التي لا تتطلب O_2 .
- 2) مستعينا بالوثيقة 2، فسر النتائج المحصل عليها في الوثيقة 1 في حالة إنتاج ATP عن طريق ظاهرة التنفس.

التمرين السادس

لمعرفة آلية إنتاج الـ ATP داخل الخلية نقترح ما يلي :

1. التجربة (1) : توضع ميتوكوندريات معزولة في وسط مناسب مغلق يحتوي على تركيز كاف من الأكسجين، ثم نقيس تركيز الـ ATP وأكسجين الوسط وذلك في الشروط التجريبية التالية .

- ز0 : نضيف للوسط السكروز .

- ز1 : نضيف للوسط الغلوكوز .

- ز2 : نضيف الى الوسط حمض البيروفيك .

- ز3 : نضيف للوسط حمض البيروفيك + $ADP + Pi$.

- ز4 : نضيف للوسط مادة كابحة للنشاط الأنزيمي .

النتائج المحصل عليها ممثلة في الوثيقة (1) .

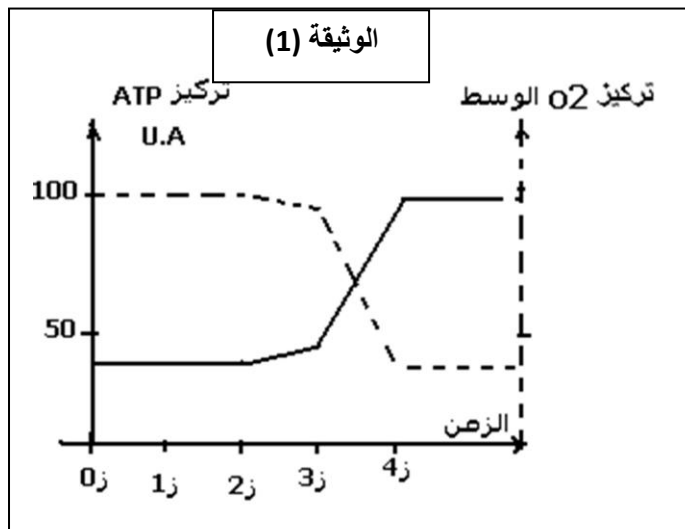
أ - حل ثم فسر النتائج المحصل عليها .

2. نعيد التجربة السابقة في وسط مغلق خالي من

الأكسجين وفي وجود حمض البيروفيك و ADP و Pi

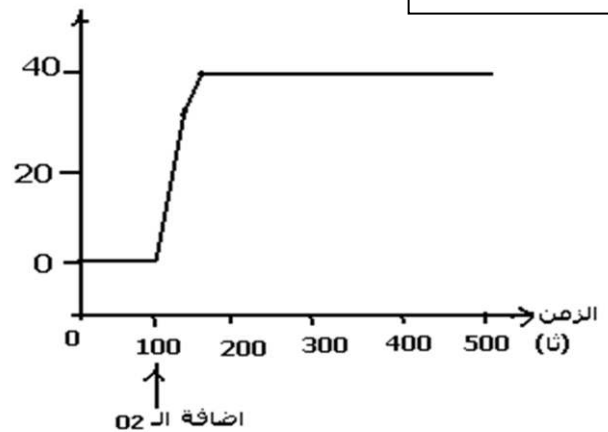
ثم نقيس تركيز الـ ATP قبل وبعد إضافة الأكسجين

للسوسط والنتائج المحصل عليها ممثلة في الوثيقة (2) .



(2) الوثيقة

تركيز ATP (U.A)



- أ - قارن النتائج قبل وبعد إضافة الـ O_2 . وماذا تستنتج ؟
ب - اعتمادا على المعطيات التجريبية ومعلوماتك وضح العلاقة التي تربط الأكسجين وإنتاج الـ ATP .
3. بتقنيات خاصة عزلت كل مكونات الميتوكوندريا ومقارنتها بمكونات الهيولى لخلية الخميرة والجدول التالي يوضح النتائج المحصل عليها .

المكونات الكيميائية	الخصائص الإنزيمية
الغشاء الخارجي	مشابهة للغشاء الهيولي
الغشاء الداخلي	عدة أنزيمات منها المنتجة للـ ATP
الحشوة	وجود حمض البيروفيك والـ ATP
الهيولى	وجود الجلوكوز وحمض البيروفيك

- أ - اعتمادا على الجدول فسر اختلاف وظيفة الغشائين الداخلي والخارجي للميتوكوندري
ب - أكتب التفاعل الإجمالي المنتج للـ ATP انطلاقا من الجلوكوز .

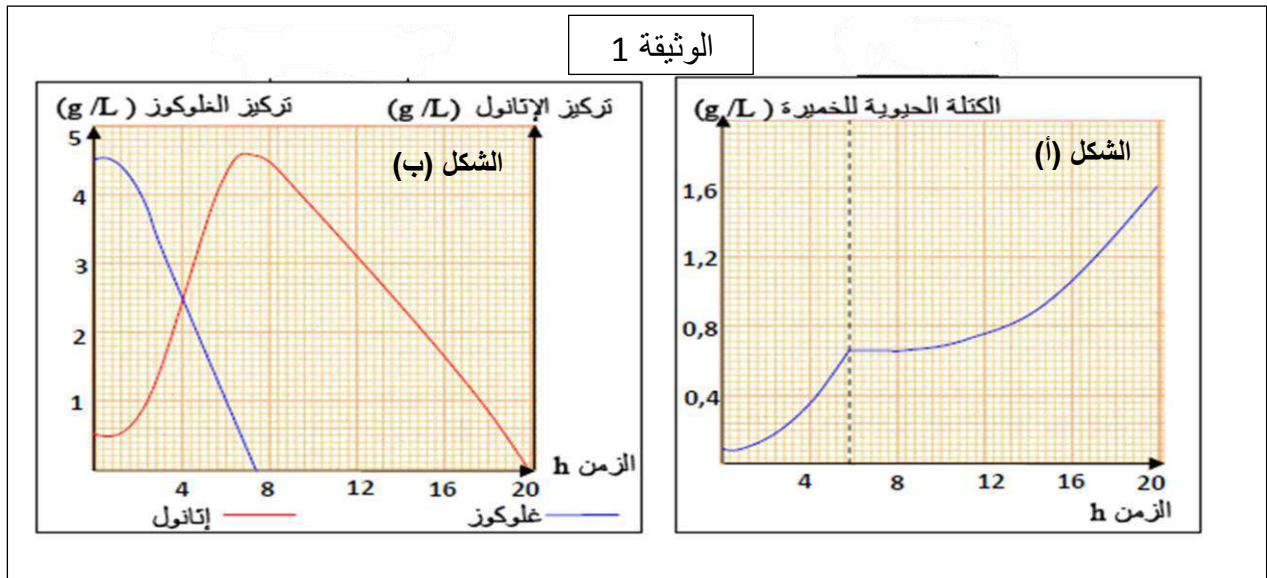
4. لتحديد أهمية هذه التفاعلات بالنسبة للخلية ، تم اعداد مزرعتين متماثلتين من معلق خلايا الخميرة، وضعت الأولى في وسط لا هوائي والثانية في وسط هوائي ، وسمحت قياسات كتلة الخميرة المتشكلة (بالغرام) من الحصول على النتائج المدونة في الجدول التالي .

الزمن بالساعات	0	0.5	1	1.5	2	2.5
العينة 1	0.20	0.26	0.28	0.29	0.29	0.30
العينة 2	0.20	0.28	0.32	0.34	0.35	0.36

- أ- ارسم منحنى تغير كتلة الخميرة بدلالة الزمن في الوسطين . ثم حدد الظاهرة المرتبطة بتطور كتلة الخميرة في العينة 1 والعينة 2 .
ب - أكتب التفاعل الإجمالي لكل ظاهرة .
ج - فسر الاختلاف الملاحظ في تغير كتلة الخميرة عند العينتين 1 و 2 .

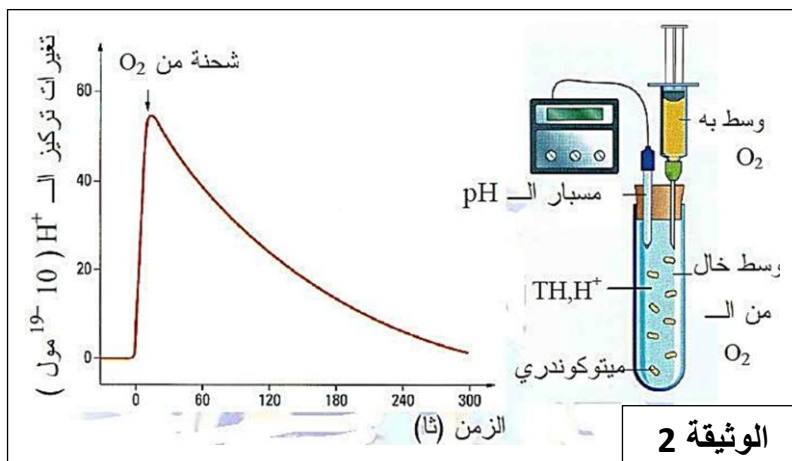
التمرين السابع

للتعرف على آليات تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة إلى الطاقة قابلة للاستعمال ، نعتمد على النشاطات التالية:
I- نضيف كمية من فطر خميرة الجعة إلى جهاز يحتوي على محلول الجلوكوز ذو تركيز مناسب وعلى 20% من غاز O_2 . نتتبع تطور الخميرة ونموها في هذا الوسط ، النتائج المحصل عليها ممثلة في الشكلين (أ) و(ب) من الوثيقة (1).



- 1 - حل كل منحنى من منحنيات الوثيقة (1).
- 2 - ما الظاهرة التي قامت بها الخميرة والتي تفسر المرحلة الأولى من النتائج ؟ دعم إجابتك بمعادلة كيميائية.
- 3 - اقترح فرضية حول ما يحدث في المرحلة الثانية إذا علمت ان للخميرة قدرة على استغلال مواد عضوية أخرى في حالة نفاد الجلوكوز.

II - 1 - يحضن معلق الميتوكوندري في وسط يحتوي معطي الإلكترونات (TH, H^+) و خال من الاوكسجين في البداية التجربة ثم يتم تحقق شحنة من الاوكسجين في 0. سمح تتبّع تأثير ذلك على تركيز البروتونات H^+ في هذا



الوسط من الحصول على منحنى الوثيقة (2) .

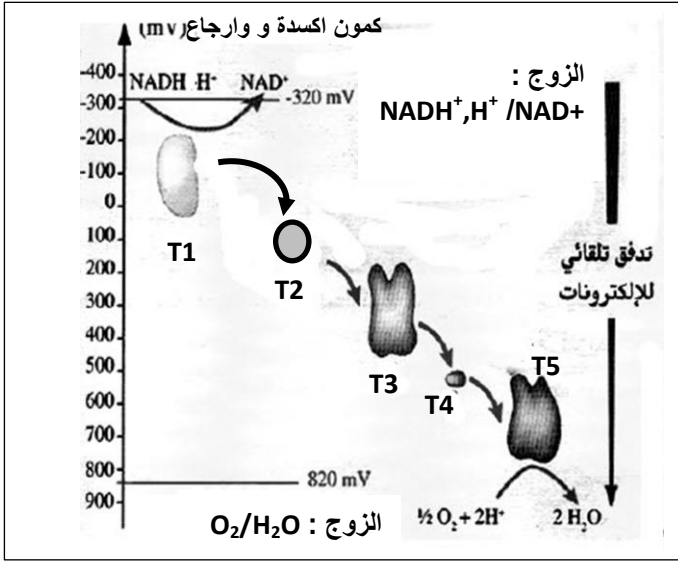
ملاحظة : تركيز H^+ في ماتريس الميتوكوندري ثابت طيلة فترة التجربة و ذلك بإضافة بروتونات النواقل المرجعة

أ - حل منحنى الوثيقة (1) .

ب - فسر النتائج المحصل عليها.

ج - ماذا تستنتج .

2 - يضم الغشاء الداخلي للميتوكوندري عدة بروتينات يشكل مجموع هذه العناصر "سلسلة أكسدة وإرجاع"



الوثيقة 3

أ - علل هذه التسمية.

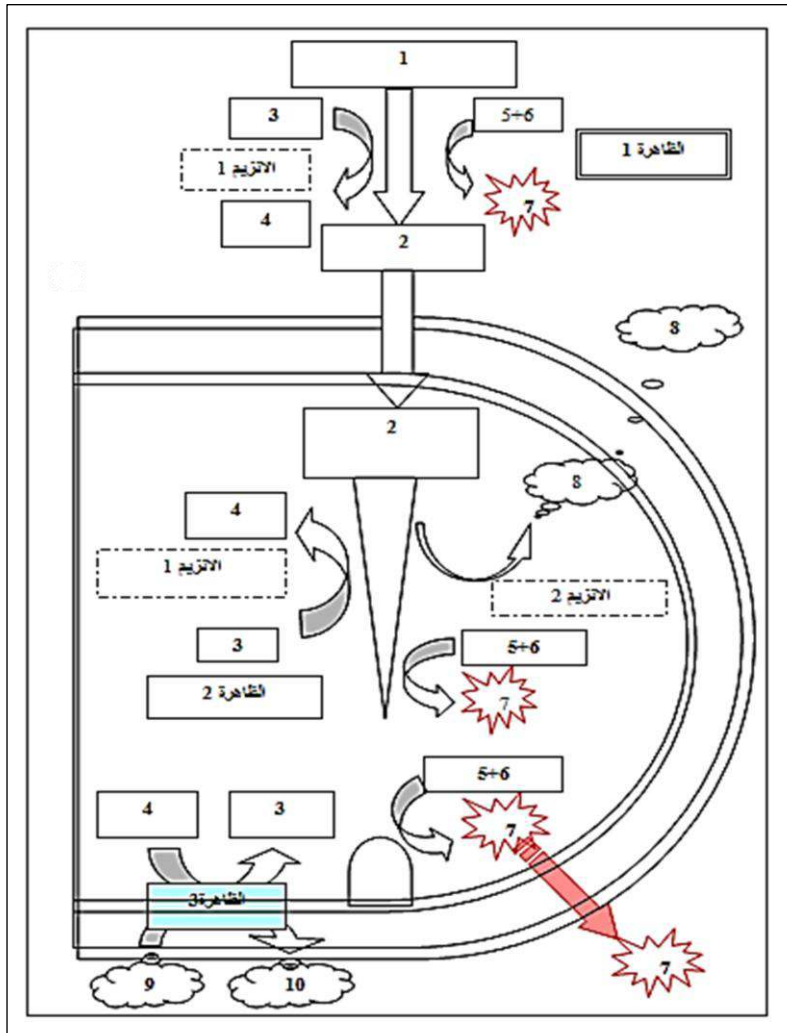
تمثل الوثيقة (3) كمون اكسدة و ارجاع لهذه العناصر

ب - حدد انطلاقا من الوثيقة (3) :

- مصدر الالكترونات و البروتونات التي يتم نقلها على مستوى الأغشية.
- الآلية الفيزيائية التي تحدد اتجاه نقل الالكترونات .
- مصير الالكترونات و البروتونات في نهاية سلسلة النقل.

ج - أكتب التفاعلين الكيميائيين الأول والأخير في هذه السلسلة.

III - تمثل الوثيقة (4) رسم تخطيطي يلخص آليات تحويل الطاقة في خلية حية



الوثيقة 4

1 - اكتب البيانات المرقمة من 1 إلى 10.

2 - تعرف على الانزيمات 1 و 2 ثم حدد دور كل منهما.

3 - الظواهر 1, 2, 3 تمثل مراحل لظاهرة حيوية يتم خلالها تحويل للطاقة.

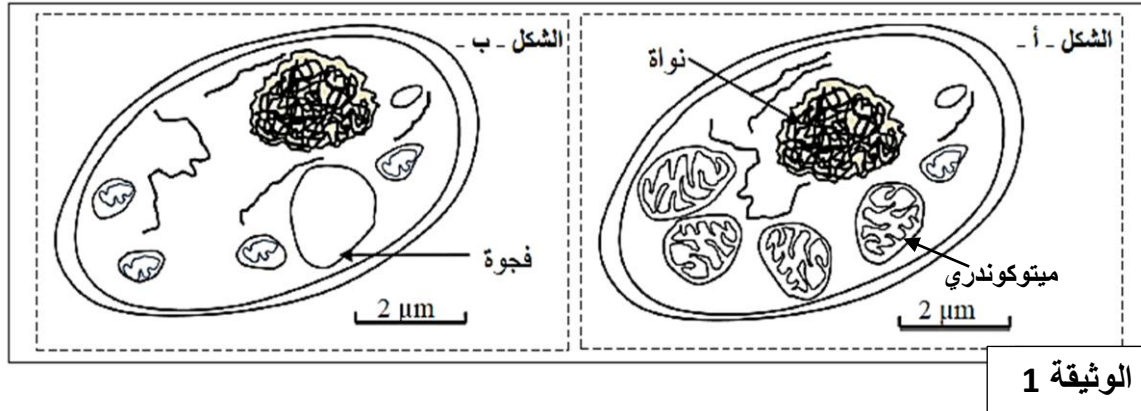
- تعرف على هذه الظواهر، مع تحديد مقر حدوث كل ظاهرة على المستوى الخلوي.

4 - لخص الظاهرة (1) بتفاعلاتها الأساسية.

5 - أكتب المعادلة الأساسية الملخصة للتفكيك الكلي لجزيئين من العنصر 2 (بمعزل عن الظاهرة 3)

التمرين الثامن

لدراسة بعض الظواهر الحيوية المنتجة للطاقة نقترح الدراسة التالية :
I - يمثل شكلا الوثيقة (1) رسمين لصورتين لخليتين من خلايا الخميرة تمت ملاحظة إحداها في وسط هوائي (الشكل-أ-) والأخرى في وسط لا هوائي (الشكل-ب-).



الوثيقة 1

- 1 - انجز رسم تخطيطي عليه جميع البيانات يوضح بنية الميتوكوندري.
 - 2 - تتميز الميتوكوندري ببنية حجيرية ، علل؟
 - 3 - حدد الاختلاف الملاحظ بين الخليتين في الوسطين الهوائي واللاهوائي.
 - 4 - لخص بمعادلة كيميائية الظاهرة الحيوية التي تحدث في الوسط الهوائي .
 - 5 - بالاعتماد على ما توصلت اليه ، اقترح فرضية فيما يخص مقر الاكسدة التنفسية .
- II - تم سحق خلايا الخميرة وإخضاعها لعملية الطرد المركزي، وذلك قصد عزل الميتوكوندريات عن باقي مكونات الخلية. بعد ذلك تم تحضير وسطين ملائمين يحتويان على حمض البيروفيك.

- الوسط الأول : يحتوي على الجزء السيتوبلازمي للخلية بدون ميتوكوندريات.
- الوسط الثاني : يحتوي على الميتوكوندريات .

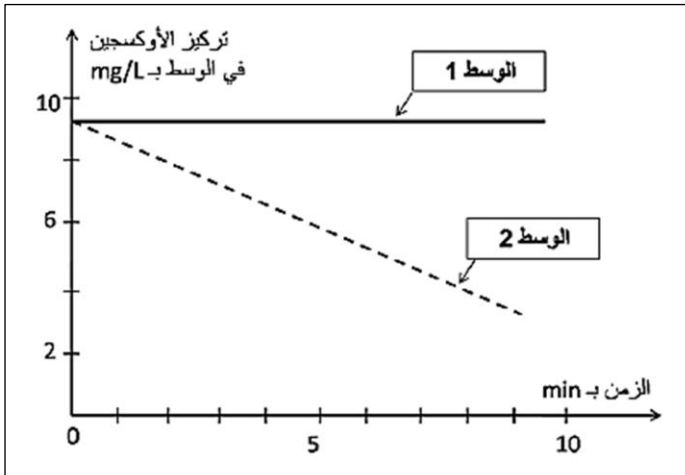
بعد ذلك تم قياس تطور تركيز الاوكسجين في الوسطين. النتائج المحصل عليها ممثلة في الوثيقة (2) .

1 - حلل نتائج الوثيقة (2).

2 - هل تؤكد هذه النتائج صحة الفرضية المقترحة

في السؤال (1-5)؟ علل اجابتك؟

- 3 - بعد إضافة جلوكوز مشع في كل من الوسطين (1 و 2) ، كشف تحليل الوسط الخلوي في أزمنة متتالية (من 0 إلى 4) عن ظهور مواد كيميائية جديدة مشعة. النتائج المحصل عليها ممثلة في الوثيقة (3).



الوثيقة 2

الزمن	الوسط الخارجي	الوسط الخلوي 2		الوسط الخلوي 1
		الهيولى الاساسية	ميتوكوندري	الهيولى الاساسية
ز0	G^{+++}			
ز1	G^{+}	G^{++}		G^{++}
ز2		$A.P^{++}$	$A.P^{+}$	$A.P^{++}$
ز3			$A.P^{+++}$ ، $A.K^{+}$	
ز4	CO_2^{+}		$A.K^{++}$	

الوثيقة 3

الرموز : G : جلوكوز ، $A.P$: حمض البيروفيك ، $A.K$: احماض حلقة كريبس
+ : اشعاع ضعيف ، ++ : اشعاع متوسط ، +++ : اشعاع قوي

أ - فسر النتائج المبينة في الوثيقة (3)

ب - بالاعتماد على الوثيقة (3) فقط، لخص بمعادلة كيميائية المرحلة التي تمت على مستوى الهيولى وتلك التي حدثت على مستوى الميتوكوندري ، في الوسط الخلوي 2.

III - استنادا إلى الوثيقة 3 ومكتسباتك ، انجز مخطط تרכيبي تبرز مراحل هدم الجلوكوز في الخلية بالنسبة للوسط 2.

التصحيح

التمرين الاول

1 - المسلك الأستقلابي المعتمد من طرف كل من السلالتين A و B

بالنسبة للسلالة A :

- انخفاض في تركيز O_2 يرافقه ارتفاع كبير في تركيز CO_2 بالاضافة الى انخفاض في تركيز الجلوكوز ويفسر ذلك باستهلاك O_2 لأكسدة الجلوكوز مع طرح CO_2 .
- تتوفر خلايا السلالة A على عدد كبير من الميتوكوندريات ذات أعراف نامية.
- المسلك المعتمد من طرف السلالة A : التنفس

بالنسبة للسلالة B :

- ثبات تركيز O_2 يرافقه ارتفاع في تركيز CO_2 بالاضافة الى انخفاض تركيز الجلوكوز يفسر ذلك باستهلاك الجلوكوز مع طرح CO_2 دون استهلاك O_2 .
- تتوفر خلايا السلالة B على عدد قليل من الميتوكوندريات ذات أعراف غير نامية.
- المسلك المعتمد من طرف السلالة B : التخمر الكحولي

2 - فسر الاختلاف الملاحظ في سرعة نمو خمائر السلالتين A و B

بالنسبة للسلالة A :

- وجود عدد كبير من الميتوكوندريات ذات اعراف نامية ، هدم كلي للجلوكوز عبر تفاعلات الاكسدة الارجاعية على مستوى السيتوبلازم (التحلل السكري) والميتوكوندريات (التأكسدة التنفسية التي تشمل حلقة كريبس والفسفرة التأكسدية) مع اعطاء عناصر معدنية (CO_2) و H_2O (عديمي الطاقة) ، و انتاج كمية كبيرة من الطاقة (38ATP) مما أدى الى نمو سريع لخلايا الخميرة من السلالة B.

بالنسبة للسلالة B :

- قلة الميتوكوندريات واعرافها غير النامية ، هدم جزئي للجلوكوز على مستوى السيتوبلازم عن طريق التخمر الكحولي مع انتاج الايثانول و انتاج كمية ضعيفة من ATP (2ATP) مما أدى الى نمو بطيء لخلايا الخميرة من السلالة B.

3 - آلية تجديد مرافقات الانزيمية في كل من التنفس والتخمر:

- تجديد المرافق الإنزيمي NAD^+ في التخمر الذي لا يتطلب تدخل الأكسجين ولا يتطلب عملية الفسفرة التأكسدية داخل الميتوكوندريا وهو يتم كليا في الهيولى.
- يتم تجديد المرافقات الإنزيمية من خلال الفسفرة التأكسدية في الظروف الهوائية التي تتم داخل الميتوكوندري

4 - الآليات المنتجة للطاقة على مستوى الميتوكوندري :

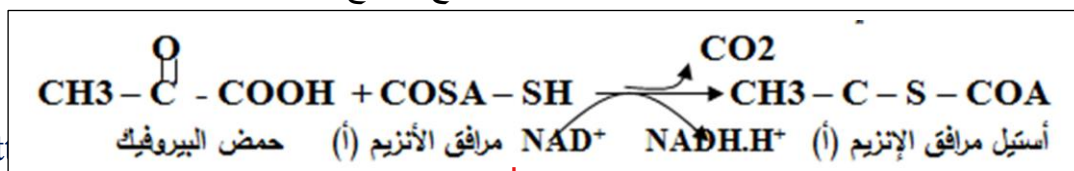
- يعتبر حمض البيروفيك الناتج من التحلل السكري هو مادة الايض الذي يتعرض للتفكيك على مستوى الميتوكوندري ، وبالضبط على مستوى الحشوة خلال المراحل التالية :

❖ الخطوة التحضيرية لحلقة كريبس :

➤ يهدم حمض البيروفيك إلى مادة أبضية وسطية: أستيل مرافق الإنزيم-أ- و هذا ب :

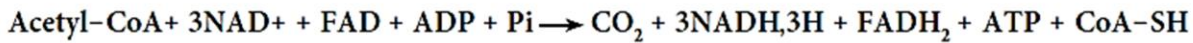
- ❖ نزع ثاني أكسيد الكربون، تحت تأثير أنزيمات نازعات ثاني أكسيد الكربون مؤديا إلى تحرير CO_2 ($CO_2 = 0$)

❖ نزع الهيدروجين ، تحت تأثير أنزيمات نازعات الهيدروجين مع إرجاع نواقل الهيدروجين



➤ حلقة كريبس :

- ❖ يرتبط جذر الأسيتيل مرافق الأنزيم - أ - مع مستقبل رباعي الكربون C4 ليعطي مركبا سداسي الكربون (C6)
- ❖ يطرأ على المركب C6 سلسلة من العمليات يتم فيها نزع ثاني أكسيد الكربون (مؤدية إلى تمعدن الركيزة (مادة التفاعل) العضوية إلى CO₂) وسلسلة من العمليات يتم فيها نزع الهيدروجين مؤدية إلى إرجاع نواقل الهيدروجين .
- ❖ تشكل مجموع هذه التفاعلات حلقة كريبس يتم خلالها تجديد المركب C4 و فسفرة الـ ADP إلى ATP في وجود الفوسفور اللاعضوي (Pi).
- ❖ - ينتج عن كل حلقة (حلقة كريبس)
- ❖ - جزيئتان من CO₂
- ❖ - جزيئة واحدة من ATP
- ❖ - جزيئة واحدة من FADH₂
- ❖ - ثلاث جزيئات من NADH, H⁺



➤ الفسفرة التأكسدية :

- تتم على مستوى الغشاء الداخلي للميتوكوندري
- - تعطي النواقل المُرجعة (NADH, H⁺) و (FADH₂) الإلكترونات لسلسلة الأكسدة و الإرجاع ، التي تكون فيها مختلف النواقل مرتبة حسب كمون الأكسدة و الإرجاع متزايد إنها السلسلة التنفسية.
- - يكون ثاني الأكسجين (O₂) المستقبل النهائي للإلكترونات في السلسلة التنفسية.
- يرتبط ثاني الأكسجين المرجع مع البروتونات الموجودة في المادة الأساسية لتشكيل الماء :

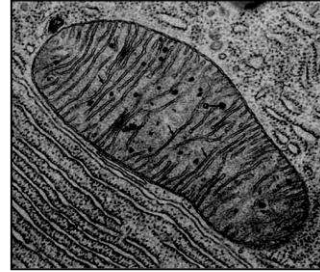
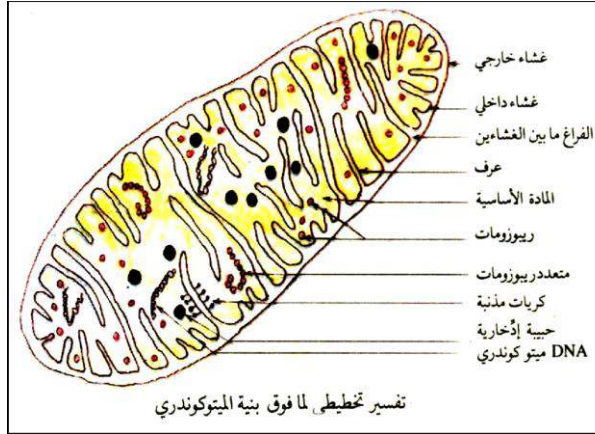


- - تسمح تفاعلات الأكسدة و الإرجاع التي تتم على طول السلسلة التنفسية بضخ البروتونات من المادة الأساسية نحو الفراغ بين الغشائين مولدا بذلك تدرجا للبروتونات في هذا المستوى.
- - يتم تشتت هذا التدرج الإلكتروليتي (البروتونات المتراكمة في الفراغ بين الغشائين) بسيل (تدفق) عائد من البروتونات نحو المادة الأساسية بالانتشار عبر الـ ATP سنتيتاز .
- - تسمح الطاقة المتحررة من سيل البروتونات بفسفرة ADP إلى ATP في وجود الفوسفات اللاعضوي (Pi)
- في مستوى الكرات المذبذبة
إنها الفسفرة التأكسدية.



التمرين الثاني

1 - رسم تخطيطي لما فوق بيئة الميتوكوندري



وصف بنية الميتوكوندري من خلال الوثيقة : الميتوكوندري عضوية عصوية طولها 0.5 إلى 2 ميكرون وقطرها 0.1 إلى 0.5 ميكرون محاطة بغشائين بينهما فراغ يرسل الغشاء الداخلي إلى الداخل أعراف تحمل كريات مذنبية ويحصر مادة أساسية تحتوي على ريبوزومات و DNA ومواد ادخارية

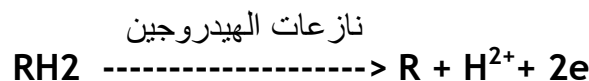
2 - أن للميتوكوندري بنية مقسمة إلى حجرات وهي : الفراغ بين الغشائين والمادة الأساسية.

3 - أ - العلاقة بين تطور تركيز H^+ في الوسط وإنتاج ATP بين الزمنين t_1 و t_2 وتوقفه بعد الزمن t_2 (الوثيقة 1 الشكل أ):

- بين الزمنين t_1 و t_2 : يعود إنتاج ATP الى تدفق H^+ من المادة الاساسية الى الوسط الخارجي عبر السلسلة التنفسية فيتشكل تدرج في تركيز H^+ التي تعود الى المادة الاساسية عبر الكريات المذنبية مما يؤدي الى تركيب الـ ATP.
- بعد الزمن t_2 : عند اضافة مادة Fccp يصبح الغشاء الداخلي نفوذ للبروتونات مما يؤدي الى غياب تدرج البروتونات على جانبي الغشاء الداخلي ، وبالتالي عدم تركيب الـ ATP من طرف الكريات المذنبية .
- ب- تفسير تطور تركيز الأوكسجين وعلاقته بوظيفة الغشاء الداخلي للميتوكوندري :
- عند اضافة $NADH.H^+$ في الزمن t_1 تزداد سرعة انخفاض O_2 في الوسط ، نفس ذلك بانتقال الالكترونات من $NADH.H^+$ عبر نواقل لالالكترونات المشكلة للسلسلة التنفسية الى المستقبل النهائي O_2 الذي يرجع الى H_2O وبالتالي انخفاض تركيزه.
- عند اضافة ADP تزداد سرعة انخفاض O_2 في الوسط ، نفس ذلك بزيادة سرعة تركيب ATP من طرف الكريات المذنبية انطلاقا من ADP ، يؤدي ذلك الى زيادة اشتغال السلسلة التنفسية واستهلاك اكثر لـ O_2 ..
- عند اضافة KCN يبقى تركيز O_2 ثابتا في الوسط ، نفس ذلك بعدم اشتغال السلسلة التنفسية نتيجة كبح ناقل الالكترونات T5
- ج - إسم الآلية التي أدت إلى تشكل الـ ATP : الفسفرة التأكسدية

المعادلات كيميائية:

- اكسدة النواقل المرجعة :



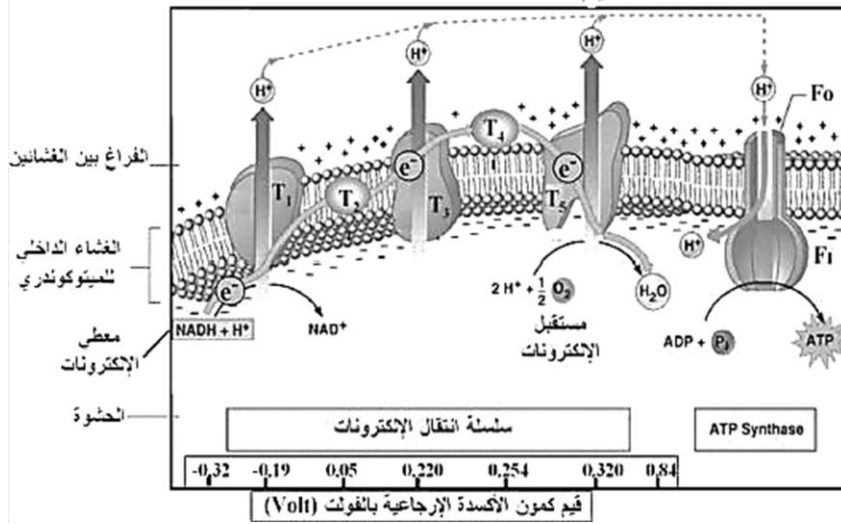
- ارجاع الاوكسجين :



• فسفرة الـ ADP الى الـ ATP



4 - رسم تخطيطي وظيفي يوضح الآلية المدروسة



التمرين الثالث

1. التعرف على البنيات A و B :

- البنية A : تمثل الهيولى الأساسية
- البنية B : تمثل الميتوكوندري

التجربة 1 :

2 - تحليل النتائج المبينة في الجدول :

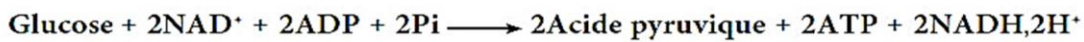
- في t1 : ينخفض الاشعاع في وسط الزرع ويظهر في الوسط A داخل الغلوكوز بكميات مرتفعة.
- في t2 : اختفاء الاشعاع الداخل في الغلوكوز وظهوره في حمض البيروفيك في الوسط A والوسط B.
- في t3 : يختفي الاشعاع من حمض البيروفيك في الوسط A ، ويزداد في الوسط B . مع ظهور الاشعاع في وسط الزرع داخل CO₂.
- في t4 : يختفي الاشعاع من الوسط B ويزداد في وسط الزرع داخل CO₂

3 - تفسير هذه النتائج :

الغلوكوز يدخل إلى الخلية و يفكك داخل الهيولى الأساسية إلى حمض البيروفيك هذا الأخير يدخل إلى الميتوكوندري لتتم أكسدته و انتزاع الكربون على شكل CO₂ الذي يغادر إلى خارج الخلية.

4 - التفاعل الإجمالي للظواهر التي تحدث في :

أ - في الوسط A : (السييتوبلازم)



ب - في الوسط B : (الحثوة)



التجربة 2: تحليل النتائج :

- قبل t1 : يلاحظ ثبات نسبة O_2 لعدم استهلاكه لغياب الميتوكوندري .
- في t1 : عند إضافة الميتوكوندري يلاحظ تناقص معتبرة لـ O_2 ، فالميتوكوندري تستهلك O_2 .
- في t2 : عند إضافة ADP و P_i يلاحظ تناقص كبير لـ O_2 ، فتفاعلات تركيب الـ ATP من طرف الميتوكوندري تستهلك كمية كبيرة من O_2 عند توفر ADP و P_i .
- في t3 : عند إضافة الأوليغوميسين يلاحظ ثبات تركيز O_2 لعدم استهلاكه .

الفرضية :

يرتبط إنتاج الـ ATP بتفاعلات الأكسدة التنفسية على مستوى الميتوكوندري ، يؤثر الأوليغوميسين على تفاعلات الفسفرة التأكسدية المؤدية إلى إنتاج الـ ATP .

التجربة 3:

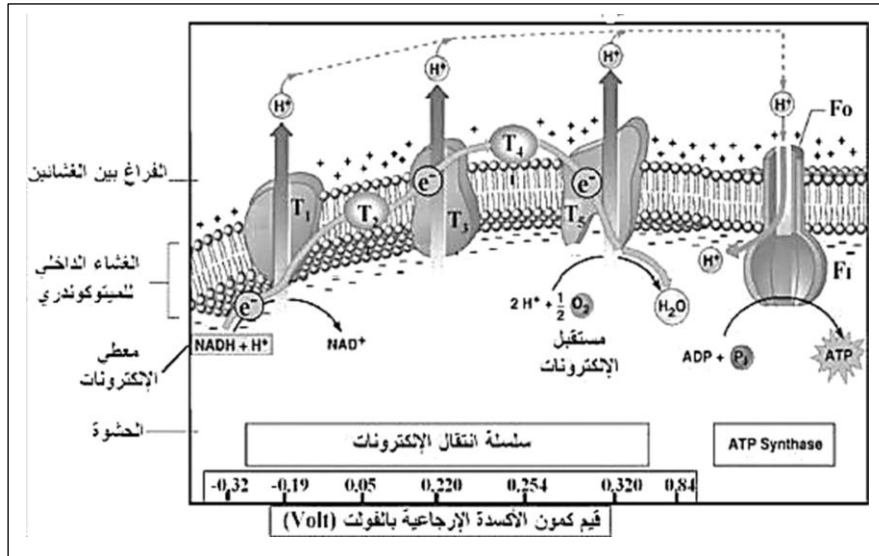
تؤثر مادة الأوليغوميسين على مستوى الكريات المذبذبة ، بحيث نلاحظ عدم إنتاج الـ ATP في الوسط الذي لا يحتوي على الكريات المذبذبة وفي الوسط الذي يحتوي على مادة الأوليغوميسين .

التجربة 4:

المعلومات الإضافية :

- الميتوكوندري لا تستعمل الجلوكوز بل تستعمل حمض البيروفيك .
- تشكل الـ ATP يتطلب تدرج في تركيز H^+ على مستوى الفراغ بين الغشائين والحشوة .
- تشكل الـ ATP يتطلب نواقل مرجعة مثل $NADH.H^+$.
- تشكل الـ ATP يتطلب توفر O_2 اللازم لأكسدة حمض البيروفيك.
- تشكل الـ ATP يتطلب سلامة الكريات المذبذبة (من التجربة 3) .

II - رسم تخطيطي وظيفي متقن ، بين الآلية المؤدية إلى تركيب الـ ATP على مستوى العضية الميتوكوندري (الفسفرة التأكسدية)



التمرين الرابع

1- تعرف على العضية X : هي الميتوكوندري

2- تفسير النتائج المحصل عليها في التجربة 1:

- انخفاض في نسبة مادة الأيض نتيجة أكسدته على مستوى الميتوكوندري حيث يتم انتزاع الكربون على شكل CO_2 الذي ارتفع في الوسط و انخفاض الأكسجين نتيجة استهلاكه كمستقبل نهائي للالكترونات المنتزعة من مادة الأيض و الطاقة الناتجة عن انتقال الالكترونات تسبب دخول البروتونات من الحشوة إلى الفراغ بين غشائين و أثناء رجوعها إلى الحشوة تساعد على الفسفرة التأكسدية أي انخفاض ADP و Pi و ارتفاع في نسبة ATP .

3 - استخلص طبيعة الاستقلاب (الأيض) الذي يتم على مستوى العضية X :

- التأكسدات التنفسية

4 - تفسير النتائج المحصل عليها في التجربة 2:

- انخفاض في نسبة مادة الأيض نتيجة أكسدته على مستوى الميتوكوندري حيث يتم انتزاع الكربون على شكل CO_2 الذي ارتفع في الوسط و انخفاض الأكسجين نتيجة استهلاكه كمستقبل نهائي للالكترونات المنتزعة من مادة الأيض أما ثبات نسبة ADP و Pi و غياب ATP فيفسر بغياب الكريات المذنبه أي عدم مرور البروتونات من الفراغ بين غشائين إلى الحشوة و بالتالي غياب الفسفرة التأكسدية.

5 - دور الكريات المذنبه:

- دورها هو فسفرة ADP إلى ATP أي الفسفرة التأكسدية.

II - 1 - التعرف على المراحل الممثلة في الأشكال (أ)، (ب) و (ج) من الوثيقة (2):

- الشكل (أ) : هدم الغلوكوز (في الوسط الهوائي والوسط اللاهوائي)
- الشكل (ب) : الخطوة التحضيرية لحلقة كريبس (تكوين الاستيل المرافق الانزيمي أ) + حلقة كريبس .
- الشكل (ج) : تمثل الفسفرة التأكسدية.

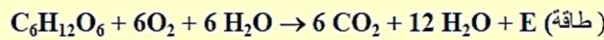
2 - تحديد المستوى الخلوي الذي تتم فيه كل مرحلة من مراحل الوثيقة (2) :

- الشكل (أ) : هدم الغلوكوز : التخمر الكحولي (التحلل السكري مع هدم حمض البيروفيك في غياب O_2 مقره الهيولى)
- التنفس : (التحلل السكري مقره الهيولى الاساسية) + (التأكسدات التنفسية ومقرها الميتوكوندري)
- الشكل (ب) : مقرها المادة الاساسية (الحشوة)
- الشكل (ج) : الفسفرة التأكسدية : الغشاء الداخلي للميتوكوندري
- 3 - تلخيص كل مرحلة من هذه المراحل بمعادلات كيميائية إجمالية .
- الشكل (أ) :

- التخمر الكحولي :

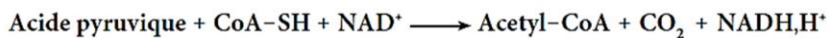


- التنفس :

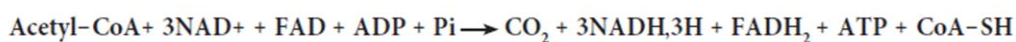


- الشكل (ب) :

- المرحلة التحضيرية لحلقة كريبس :

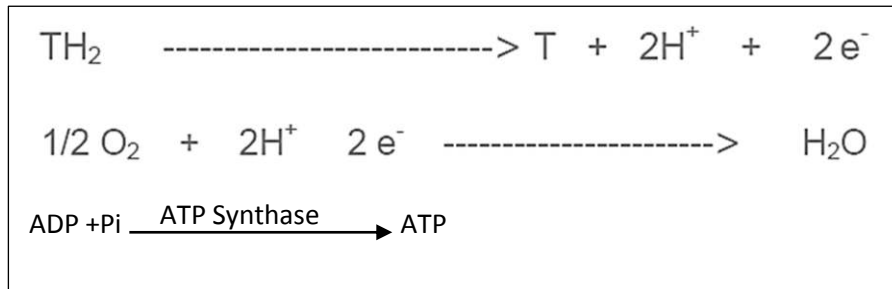


- حلقة كريبس :



- الشكل (ج) :

- الفسفرة التأكسدية :



4 - حساب الحصيلة الطاقوية لهدم جزيئة واحدة من الجلوكوز.

يتطلب حساب الحصيلة الطاقوية الإجمالية للهدم الكلي لجزيء واحد من الجلوكوز إلى CO_2 و H_2O في الظروف الهوائية (التنفس) تحديد ما يلي:
(1) عدد جزيئات ATP التي يتم تركيبها بصورة مباشرة.
(2) عدد جزيئات ATP التي يتم تركيبها في الفسفرة التأكسدية نتيجة لأكسدة المرافقات الإنزيمية FADH_2 و NADH, H^+ الناتجة في الهولى أو داخل الميتوكوندري.

عدد FADH_2	عدد NADH, H^+	عدد ATP المباشرة	
0	2	2	التحلل السكري (الهولى)
2	2 + 6	2	حلقة كريبس (+ الخطوة التحضيرية)
أكسدة 2 FADH_2	أكسدة 10 NADH, H^+		الفسفرة التأكسدية
4	30	4	حصيلة عدد ATP
38ATP			الحصيلة الإجمالية

التمرين الخامس

- 1- تحديد موقع التفاعلات (تفاعلات هدم الجلوكوز وإنتاج ATP) التي تتطلب O_2 وموقع التفاعلات التي لا تتطلب O_2 :
- التفاعلات التي لا تتطلب ثنائي الأوكسجين تتم في مستوى الهولى الأساسية.
- التفاعلات التي تتطلب ثنائي الأوكسجين تتم في مستوى الميتوكوندري.
- 2- تفسير النتائج المحصل عليها في الوثيقة 1 في حالة إنتاج ATP عن طريق ظاهرة التنفس:
توظيف تنالي التفاعلات التنفسية الممثلة في الوثيقة 2 لتفسير النتائج التجريبية المحصل عليها الممثلة في الوثيقة 1:
■ في الزمن t1 : إضافة الجلوكوز لم تصحب باستهلاك O_2 وإنتاج ATP لكون الجلوكوز لا يستعمل مباشرة من طرف الميتوكوندري بل يتم انحلاله في الهولى الأساسية.
■ في الزمن t2 : يعود تزامن إضافة حمض البيروفيك واستهلاك ضئيل لـ O_2 وإنتاج ضعيف لـ ATP، إلى انطلاق الأكسدة التنفسية ولكن كون كمية $\text{ADP} + \text{Pi}$ محدودة جعل تطور تركيز هاتين المادتين ضعيفا.
■ في الزمن t3 : يعود الانخفاض السريع لتركيز O_2 إلى استهلاكه إثر تفاعلات الأكسدة التنفسية التي تتجلى في إعادة أكسدة مستقبلات الإلكترونات والبروتونات المقترنة بالفسفرة التأكسدية الذي يسمح بتحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في هذه المستقبلات إلى طاقة كامنة في ATP انطلاقا من $\text{ADP} + \text{Pi}$. وهذا يفسر الارتفاع السريع لتركيز ATP.
■ في الزمن t4 : يفسر توقف استهلاك O_2 وتوقف إنتاج ATP بعد إضافة السيانونر بتوقف تفاعلات الأكسدة التنفسية الضرورية لنقل الإلكترونات إلى الأوكسجين (المستقبل النهائي للإلكترونات)، وبما أن تركيب ATP مقترن بالأكسدة التنفسية فإن توقف هذه الأخيرة يؤدي إلى توقف تركيب ATP .

التمرين السادس

1 - أ - تحليل ثم تفسير النتائج المحصل عليها .

- **التحليل :** لا يحدث أي تغيير في تركيز ATP وأكسجين الوسط بعد إضافة السكر في ز0 والجلوكوز في ز1 ، ولكن يزداد تركيز الـ ATP بشكل نسبي ويتناقص تركيز O2 الوسط بعد إضافة حمض البيروفيك في ز2 ويكون تزايد الـ ATP وتناقص أكسجين الوسط بشكل معتبر في ز3 عند إضافة حمض البيروفيك + ADP + Pi ، أما في ز4 فيتوقف تزايد الـ ATP وتناقص الأكسجين وذلك بإضافة مادة مثبطة للنشاط الأنزيمي .
- **التفسير :** الميتوكوندي لا تستعمل السكر والجلوكوز كمادة ابضية بل تستعمل حمض البيروفيك لتفكيكه وإنتاج الـ ATP عن طريق فسفرة ADP بوجود Pi ويتطلب هذا التفاعل وجود أنزيمات ميتوكوندرية تتدخل في مراحل حلقة كريبس والفسفرة التأكسدية .

الميتوكوندري لا تستعمل الـ O2 بوجود السكر والجلوكوز بينما تستعمله في وجود حمض البيروفيك شريطة وجود Pi و ADP وهذا النشاط يتطلب وجود أنزيمات .

2 - أ - مقارنة النتائج قبل وبعد إضافة الـ

■ المقارنة:

قبل اضافة الـ O2 كانت نسبة الـ ATP منعدمة وبعد إضافة الـ O2 ارتفع تركيز الـ ATP بشكل كبير .

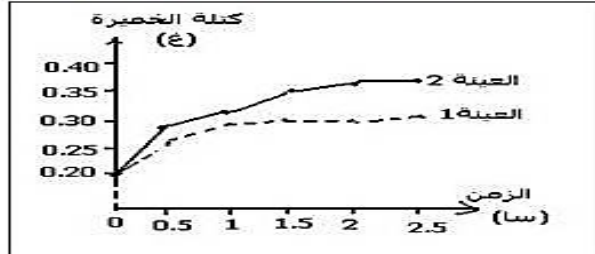
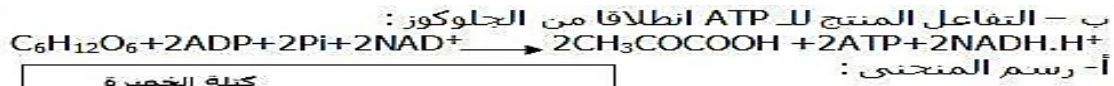
■ **الاستنتاج :** يتطلب إنتاج الـ ATP من طرف الميتوكوندري توفر الـ O2 .

ب - العلاقة التي تربط الاكسجين وإنتاج الـ ATP .

- يؤثر الـ O2 بطريق غير مباشر على النواقل المرجعة وبالتالي تتأكسد معطية الكترولونات تنتقل عبر السلسلة التنفسية ، وبروتونات تعبر إلى الفراغ بين غشائي محدثة فرقا في تدرج تركيز البروتونات (H+) وبالتالي تنتقل عبر الكريات المذبذبة مؤدية إلى فسفرة ADP وإنتاج الـ ATP .

3 - أ - تفسير اختلاف وظيفة الغشائين الخارجي والداخلي :

- يحتوي الغشاء الداخلي مقارنة بالغشاء الخارجي على نسبة كبيرة من البروتينات الغشائية وأنزيمات تركيب الـ ATP وبالتالي فهو مقر السلسلة التنفسية والفسفرة التأكسدية .
- الغشاء الخارجي يشبه بنية الغشاء السيتوبلازمي فهو إذا يسمح بالتبادلات بين الهيولى والميتوكوندري .



الظاهرة : العينة 1 : التخمر
العينة 2 : التنفس



- **التفسير :** تتعلق كتلة الخميرة المتشكلة بكمية الطاقة الموفرة .
 العينة 1 : إنتاج ضعيف للطاقة يؤدي الى تكاثر ضعيف للخميرة .
 العينة 2 : إنتاج كبير للطاقة يؤدي الى تكاثر مهم للخميرة

التمرين السابع

I- 1 تحليل المنحنيين :

منحنى الشكل (أ) :

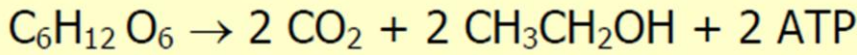
- ز = 0 سا الى 6 سا : في البداية يلاحظ ثبات كتلة الخميرة ، وابتداء من الساعة 4 يلاحظ زيادة معتبرة في الكتلة الحيوية لتصل الى 0.7 غ/ل عند الساعة 6 .
- بعد الساعة 6 يلاحظ زيادة طفيفة في كتلة الخميرة ، وابتداء من الساعة 16 يلاحظ زيادة معتبرة وسريعة في كتلة الخميرة لتصل الى 1.6 غ/ل عند الساعة 20.

منحنى الشكل (ب) :

- خلال الساعة الاولى يلاحظ ثبات كل من تركيز الجلوكوز والايثانول
- ابتداء من الساعة 2 : يلاحظ انخفاض سريع في تركيز الجلوكوز الى ان ينعدم عند الساعة 8 ، يقابله ارتفاع في تركيز الايثانول لتصل الى قيمة قصوى تقدر بـ 5 غ/ل عند الساعة 8 .
- بعد اختفاء الجلوكوز في الساعة 8 ، يبدأ تناقص تركيز الايثانول الى ان ينعدم عند الساعة 20 من بداية التجربة.

2 - الظاهرة التي قامت بها الخميرة والتي تفسر المرحلة الأولى من النتائج :

- التخمر الكحولي
- المعادلة الكيميائية :



3 - الفرضية :

- خلال المرحلة الثانية عند نفاد الجلوكوز يلاحظ استمرار نمو الخميرة مما يعني توفر طاقة كافية لنموها ، كم نلاحظ انخفاض تركيز الايثانول خلال هذه الفترة وبالتالي الفرضية هي "استعمال الخميرة لجزيئات الايثانول كمادة ايضية للحصول على الطاقة"

II - 1 - أ - تحليل منحنى الوثيقة (1) :

- أدت إضافة شحنة من الأكسجين إلى زيادة معتبرة و بسرعة في تركيز الـ H^+ في الوسط الخارجي أي انخفاض قيمة الوسط الخارجي PH (من 0 لتقارب 6 X 10⁻⁹ مول) ثم تتناقص تدريجيا إلى أن تنعدم عند الزمن 300 ثانية.

ب - تفسير النتائج المحصل عليها :

- بعد إضافة O₂ مباشرة يلاحظ ارتفاع سريع للبروتونات في الوسط الخارجي : يفسر ذلك بخروج البروتونات H⁺ الناتجة عن أكسدة النواقل TH, H^+ من داخل الماتريس (الحشوة) الى الفراغ بين الغشائين ثم منه الى الوسط الخارجي لان الغشاء الخارجي نفوذ للبروتونات.
- انخفاض تركيز البروتونات التدريجي والبطيء في الوسط الخارجي : يفسر بدخول البروتونات من الوسط الخارجي الى الداخل أي الى الحشوة عبر الكريات المدنية مرورا بالفراغ بين غشائين.

ج - الاستنتاج :

- O₂ يحفز أكسدة النواقل TH, H^+ في الحشوة ، يرافق أكسدة النواقل المرجعة خروج البروتونات من المادة الأساسية نحو الوسط الخارجي و تراكمها (تولد تدرج في تركيز H^+ على جانبي الغشاء الداخلي للميتوكوندري) .

2 - أ - تحليل تسمية "سلسلة أكسدة و إرجاع" :

- لأنه يتم على مستوى هذه السلسلة تتالي تفاعلات الأكسدة و الإرجاع بنقل بروتونات و إلكترونات من ناقل غشائي إلى آخر على امتداد السلسلة مرتبة حسب كمون الأكسدة و الإرجاع متزايد.

3 - استغلال الوثيقة 3 :

- مصدر الالكترونات و البروتونات التي يتم نقلها على مستوى الأغشية:
أكسدة النواقل المرجعة: $NADH, H^+$ او $FADH_2$
- الآلية الفيزيائية التي تحدد اتجاه نقل الالكترونات :
من الكمون المنخفض إلى الكمون المرتفع أي وفق تدرج كمون الأكسدة الإرجاعية
- مصير الالكترونات و البروتونات في نهاية سلسلة النقل:
يكون ثاني الأوكسجين (O_2) المستقبل النهائي للإلكترونات في السلسلة التنفسية. يرتبط ثاني الأوكسجين المرجع مع البروتونات الموجودة في المادة الأساسية لتشكيل الماء.
- ج - التفاعلين الكيميائيين الأول والأخير في هذه السلسلة:
التفاعل الأول : وهو أكسدة النواقل :



III - 1 كتابة البيانات :

1	جلوكوز	6	Pi
2	حمض البيروفيك	7	ATP
3	T^+ (NAD^+ او FAD^+)	8	CO2
4	$TH.H^+$ ($NADH.H^+$ او $FADH_2$)	9	O2
5	ADP	10	H2O

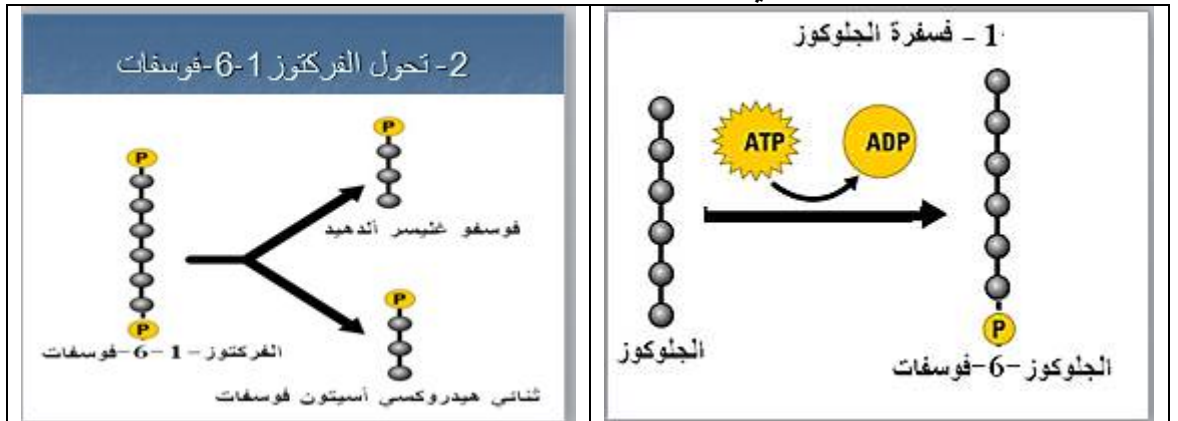
2 - التعرف على الانزيمات 1 و 2 و حدد دور كل منهما:

- الانزيم 1 : الديهيدروجيناز
دوره : نزع الهيدروجين من مادة الايض (خلال تفاعلات الاكسدة والارجاع)
- الانزيم 2 : الديكربوكسيلاز
دوره : نزع مجموعة الكربوكسيل (CO_2) من مادة الايض

3 - التعرف على الظواهر :

- الظاهرة 1 : التحلل السكري ومقرها الهيولى الاساسية
- الظاهرة 2 : الخطوة التحضيرية + حلقة كريبس ومقرها الحشوة
- الظاهرة 3 : الفسفرة التأكسدية ومقرها الغشاء الداخلي للميتوكوندري (الاعراف)

4 - تلخيص مراحل التحلل السكري :



23 | <https://www.facebook.com/pages/Bourrich-ahmed/487472144634644?ref=hl>
www.dzexams.com

التمرين الثامن

25 | <https://www.facebook.com/pages/Bourrich-ahmed/487472144634644?ref=hl>
www.dzexams.com

- معادلة كيميائية تلخص المرحلة التي تمت في الميتوكوندري : حلقة كريبس + الخطوة التحضيرية



III - المخطط : يشمل : 1- التحلل السكري 2 - الخطوة التحضيرية لحلقة كريبس 3- حلقة كريبس

