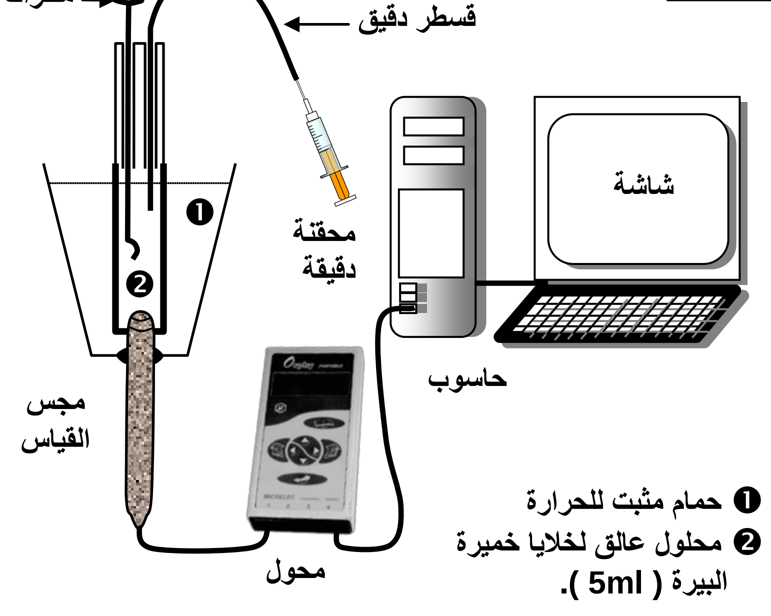
الوثيقة 1: الكشف عن أنماط التفاعلات المسئولة عن تحرير الطاقة الكامنة في المادة العضوية (تجربة 1):

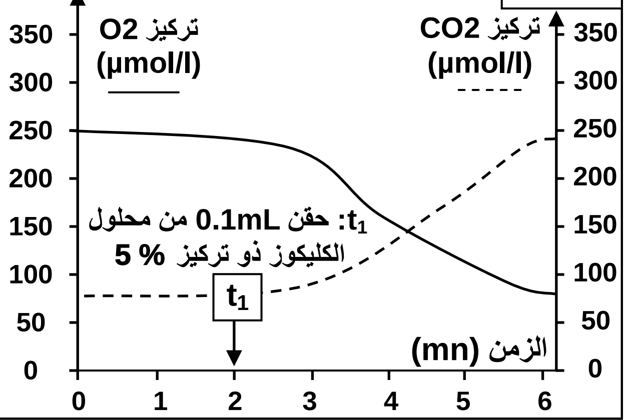
نعرض محلولا عالقا لخلايا الخميرة (10g/l) للتهوية بواسطة مضخة لمدة 30 ساعة. نضع 5ml من هذا المحلول داخل مفاعل حيوي لعدة ExAO (الشكل 1). نتتبع بفضل العدة تطور تركيز الأكسجين (O_2) المذاب داخل المفاعل الحيوي وتركيز ثنائي أكسيد الكربون (CO_2). ينقل مجس القياس، إشارات كهربائية إلى المرافق البيني (محول) الذي يحولها إلى معطيات رقمية يعالجها الحاسوب ويترجمها إلى مبيان (الشكل 2). في الزمن t_1 نحقن داخل المفاعل 0.1ml من محلول الكليكوز بتركيز 5 %.

الشكل 1



1) صف تطور تركيز كل من الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون في المفاعل الحيوي، قبل إضافة الكليكوز وبعدها.
2) فسر النتائج المحصل عليها. ماذا تستنتج؟

الشكل 2

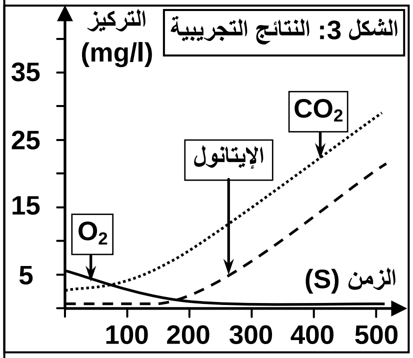


الوثيقة 2: الكشف عن أنماط التفاعلات المسئولة عن تحرير الطاقة الكامنة في المادة العضوية (تجربة 2):

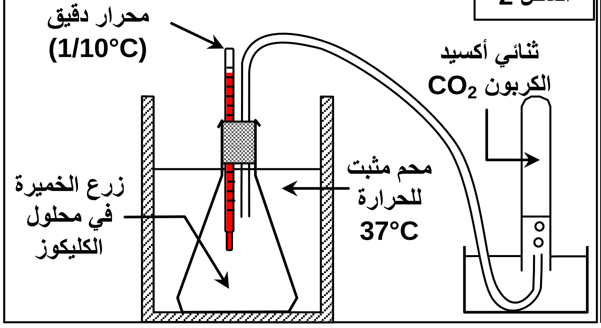
قصد دراسة سلوك خلايا الخميرة **La levure de bière** تُجاه المواد العضوية في غياب الأكسجين (وسط حي لا هوائي)، نقوم بالتجارب التالية:

★ نأخذ عينة من الحليب الكامل الطري ونفرغها في بوقال Bocal ذي حجم 250 ml. نحرص على ملء البوقال إلى أخره لطرد الهواء. 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_2). نترك التحضير لمدة 15 يوما في درجة حرارة ملائمة (37°C)، بعد ذلك نتتبع تطور قيمة ph بواسطة عدة ExAO، فنحصل على النتائج المبينة على الشكل 1.

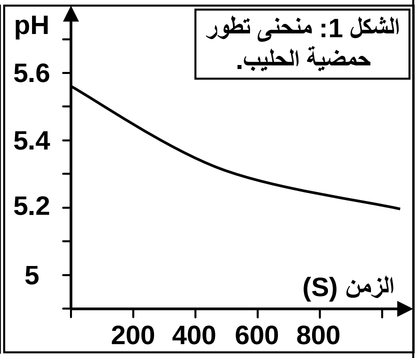
الشكل 3: النتائج التجريبية



الشكل 2



الشكل 1: منحنى تطور حمضية الحليب.



1) صف تطور المنحنى واستنتج العلاقة بين هذا التطور وهدم الكليكوز علما أن الوسط أصبح غنيا بالحمض اللبني

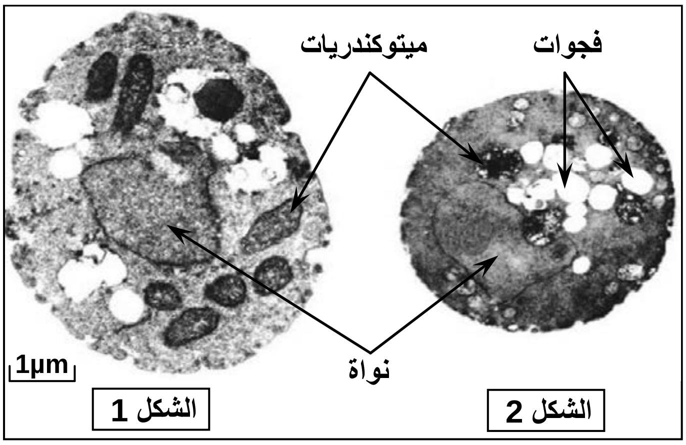
★ نضع في قارورة محلول الكليكوز (5g/l). نزرع في هذا المحلول خميرة البيرة. ثم نضع التحضير في ماء ساخن (37°C) (يمثل الشكل 2 العدة التجريبية). بعد ذلك استُعملت عُدة ExAO لقياس تغير تركيز كل من الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون والكحول الإيتيلي (الإيثانول) (Ethanol). يمثل الشكل 3، النتائج المحصل عليها.

2) حلل النتائج المحصل عليها خلال هذه التجربة.
3) فسر هذه النتائج ثم استنتج.
4) ماذا تستخلص من كل هذه المعطيات التجريبية؟

الوثيقة 3: البنيات الخلوية المتدخلة في التنفس والتخمر

خميرة البيرة فطر مجهري وحيد الخلية، يمكن أن يعيش في وسط حي هوائي ووسط حي لاهوائي.

★ توضع الخميرة في وسط غني بالأكسجين يحتوي على الكليكوز، فيلاحظ بعد مرور يوم أن عدد الخمائر تضاعف كثيرا مع انخفاض كميتي الكليكوز والأكسجين، وارتفاع كميتي CO_2 وH_2O في الوسط. وتبين الملاحظة المجهرية أن خلايا الخمائر غنية بعضيات خلوية تسمى الميتوكندريات (الشكل 1).



★ توضع الخميرة في وسط يفتقر للأكسجين يحتوي على الكليكوز، فيلاحظ بعد مرور يوم أن عدد الخمائر زاد نسبيا، مع انخفاض كمية الكليكوز وارتفاع كمية CO_2، مع تكون كحول الايثانول C_2H_5OH في الوسط. وتبين الملاحظة المجهرية أن خلايا الخمائر تحتوي على ميتوكندريات قليلة وضامرة (الشكل 2).

انطلاقا من هذه المعطيات التجريبية حدد العلاقة بين وجود الميتوكندريات، ووجود ثنائي الأكسجين في الخلية، مبينا موقعي كل من التنفس والتخمر داخل الخلية.

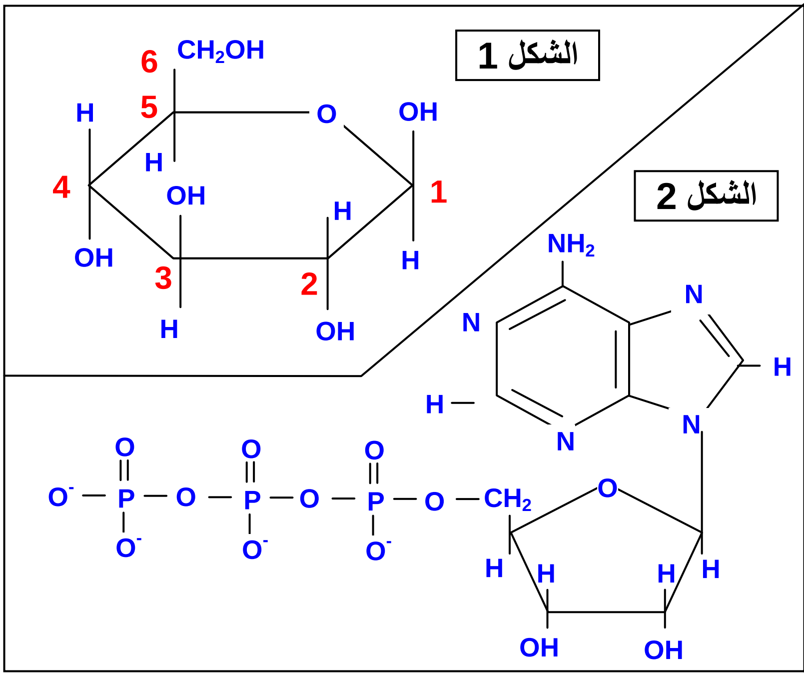
الوثيقة 4:

الشكل 1: التركيب الجزيئي للكليكوز:

الكليكوز $C_6H_{12}O_6$: يتكون من ذرات الكربون والأكسجين والهيدروجين. ترتبط ذرات الكربون فيما بينها بروابط تساهمية.

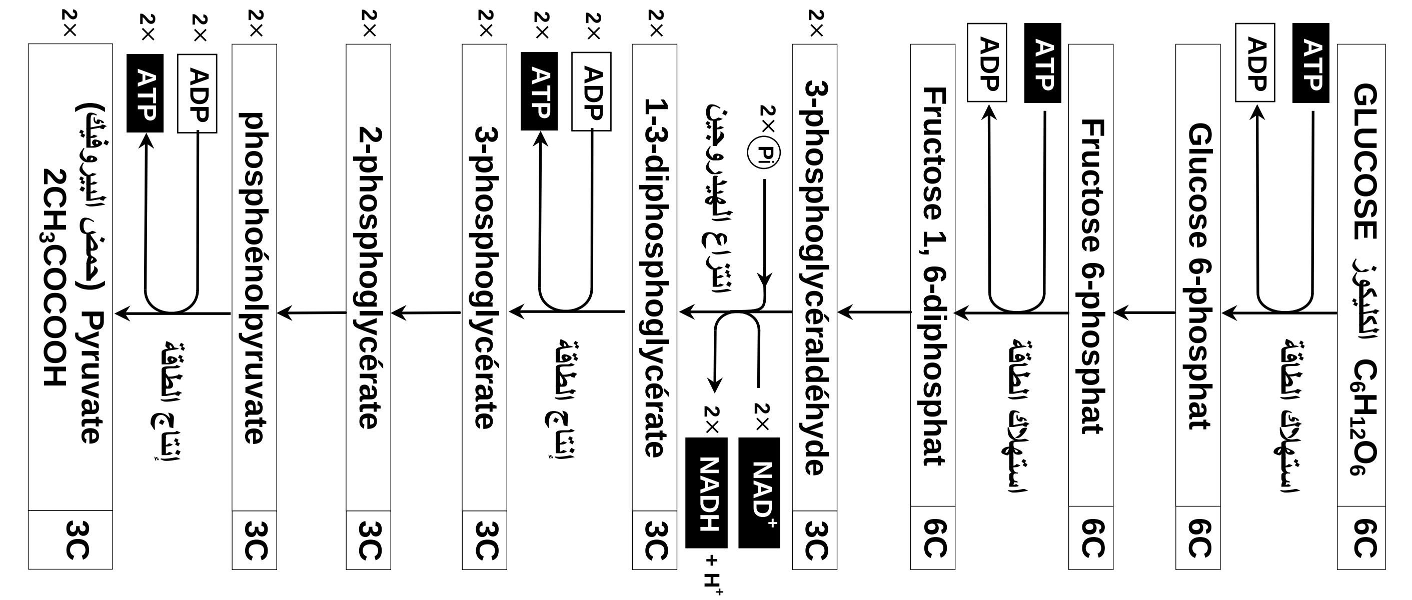
الشكل 2: التركيب الجزيئي لـ ATP:

الأدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP، جزيئة طاقية تتكون من قاعدة آزوتية وسكر ريبوزي، إضافة إلى ثلاث مجموعات فوسفاتية. تُخزن الروابط التساهمية بين المجموعات الفوسفاتية، طاقة مهمة، يتم توفيرها للخلية للقيام بمختلف أنشطتها وذلك بتحرير إحدى المجموعات الفوسفاتية، فيتحول الـ ATP إلى ADP (أدينوزين ثنائي الفوسفات).

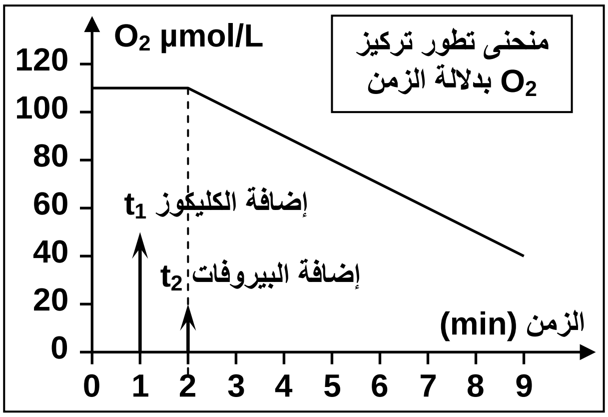


الوثيقة 5 : مراحل انحلال الكليكوز.

صف مختلف التحولات التي تتعرض لها جزيئة الكليكوز خلال مراحل انحلالها



الوثيقة 6 : مصير حمض البيروفيك بعد انحلال الكليكوز. نهرس خلايا كبد فأر في محلول عيار له ph=7.4، لأجل عزل الميتوكندريات. نعرض الخليط لنبذ ذي سرعة كبيرة يمكن من الحصول على قعيرة culot من الميتوكندريات.



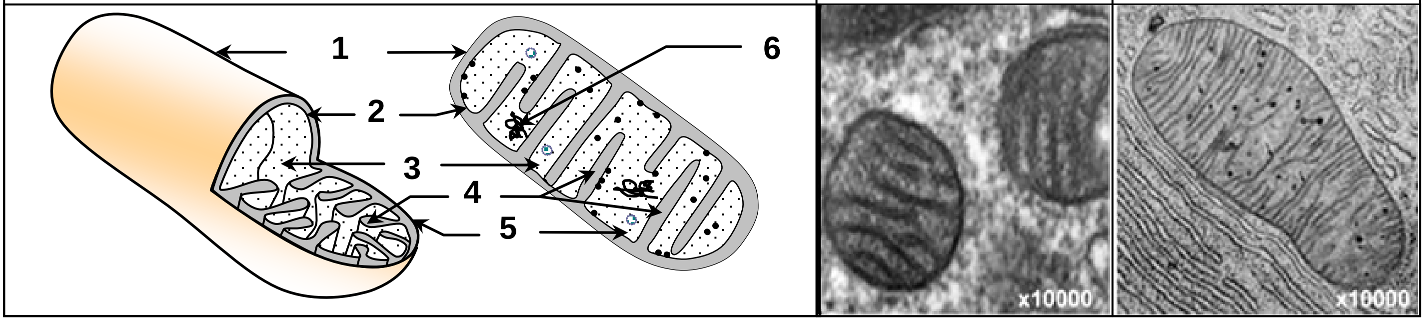
نخلط جزءا من القعيرة بمحلول عيار ملائم، ونضعه في مفاعل إحيائي لعدة ExAO، ثم نتتبع على شاشة الحاسوب تطور تركيز ثنائي الأوكسجين (المبيان أمامه).

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؟

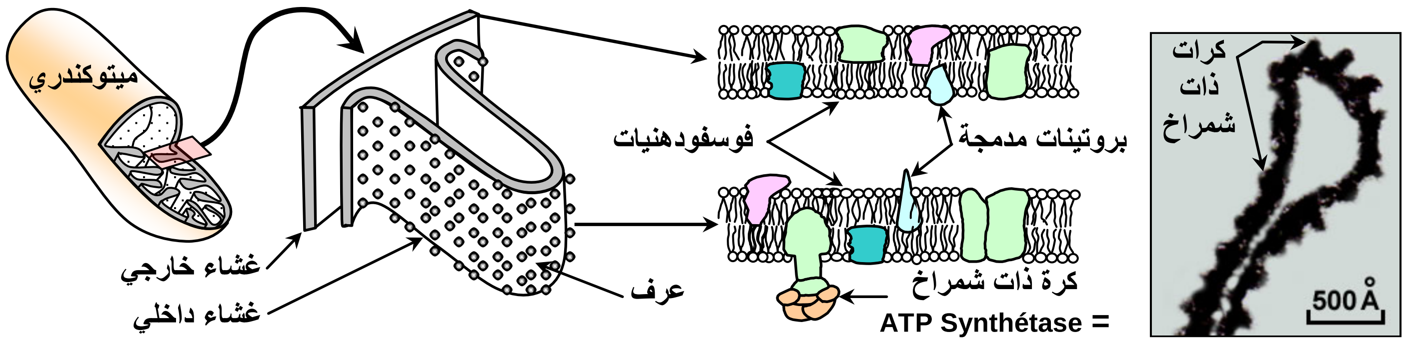
الوثيقة 7: فوق بنية الميتوكندري. تظهر الوثيقة صورا الكترونوغرافية للميتوكندريات ورسوما تفسيرية لها. اعتمادا على هذه المعطيات تعرف بنية الميتوكندري.

شكل 1	شكل 2	شكل3



الوثيقة 8: التركيب البيوكيميائي للميتوكندري.

★ يعطي الشكل أسفله من الوثيقة صورة الكترونوغرافية للغشاء الداخلي للميتوكندري، بالإضافة إلى رسم تفسيري للبنية الجزيئية للغشاءين الداخلي والخارجي للميتوكندري.



1) ماذا تستخلص من مقارنة البنية الجزيئية للغشاءين الداخلي والخارجي للميتوكندري؟

★ يعطي الجدول التالي بعض مميزات أهم مكونات الميتوكندري:

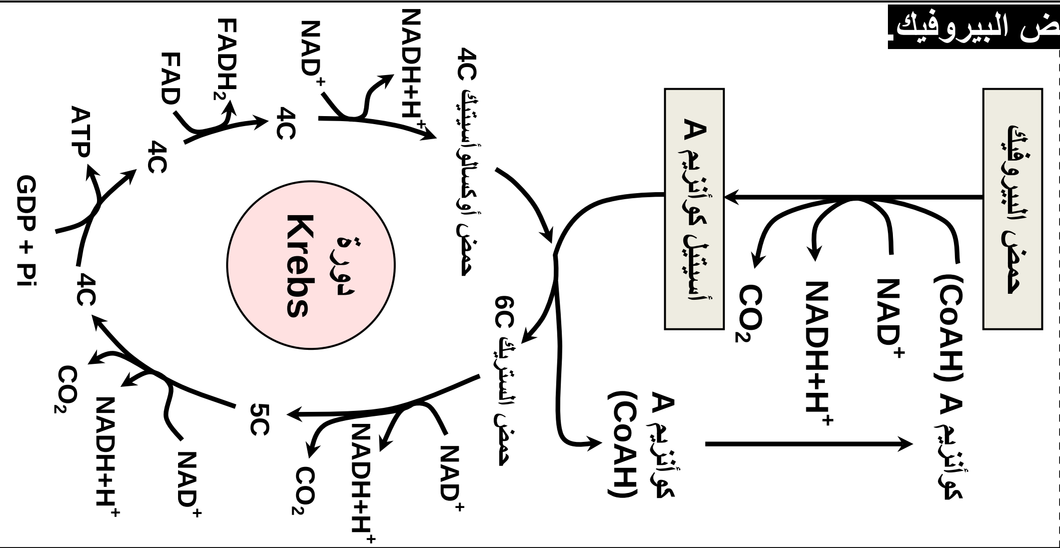
الغشاء الخارجي	الغشاء الداخلي	الماتريس
▪ بروتينات 62 %. ▪ دهنيات 38 % ذات طبيعة شبيهة بتلك الموجودة بالغشاء السيتوبلازمي.	▪ بروتينات 80 %. ▪ دهنيات 20 %، طبيعتها مختلفة عن الجزيئات الموجودة بالغشاء السيتوبلازمي. ▪ أنزيمات تساهم في تفاعلات أكسدة اختزال. ▪ ATP سنتتاز.	▪ جزيئات صغيرة كربونية. ▪ أنزيمات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

2) قارن التركيب الكيميائي لكل من الغشاء الداخلي والخارجي للميتوكندري والماتريس، واربط بين هذه المعطيات وبنية الميتوكندري.

الوثيقة 9: تفاعلات هدم حمض البيروفيك.

يتعرض حمض البيروفيك داخل الميتوكندري للهدم عبر مجموعة من التفاعلات. تلخص الوثيقة أمامه مراحل هذه التفاعلات.

صف من خلال هذه الوثيقة، مختلف التفاعلات التي تتعرض لها جزيئة حمض البيروفيك على مستوى الميتوكندري.

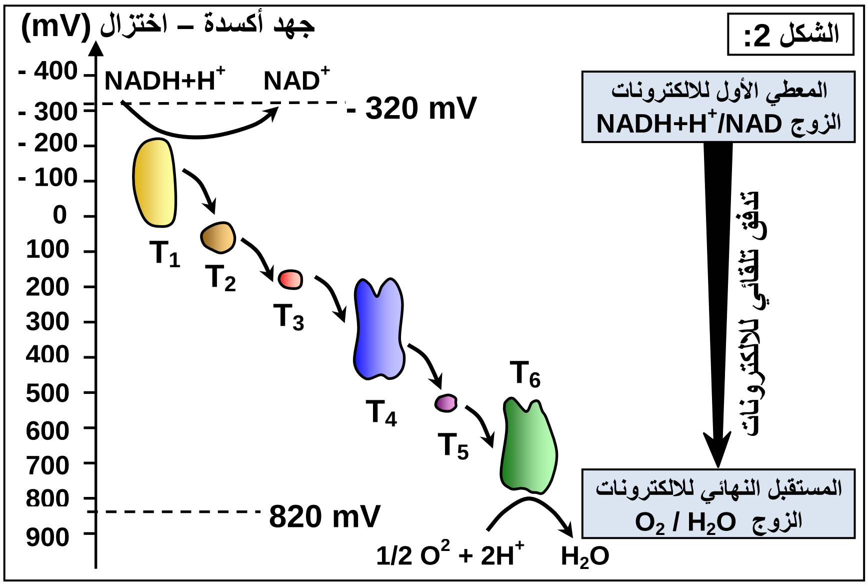


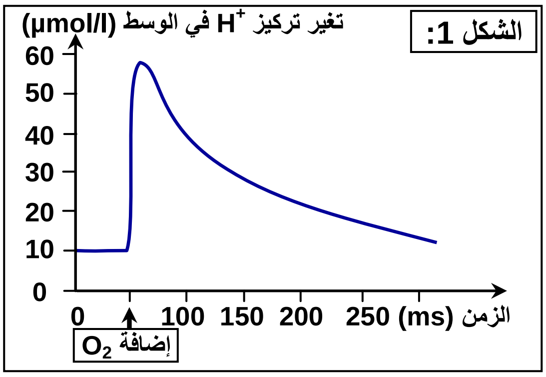
الوثيقة 10: دور بروتينات السلسلة التنفسية في أكسدة النواقل المختزلة.

للتعرف على الدور الذي تلعبه بروتينات السلسلة التنفسية، نقترح دراسة المعطيات التجريبية التالية:

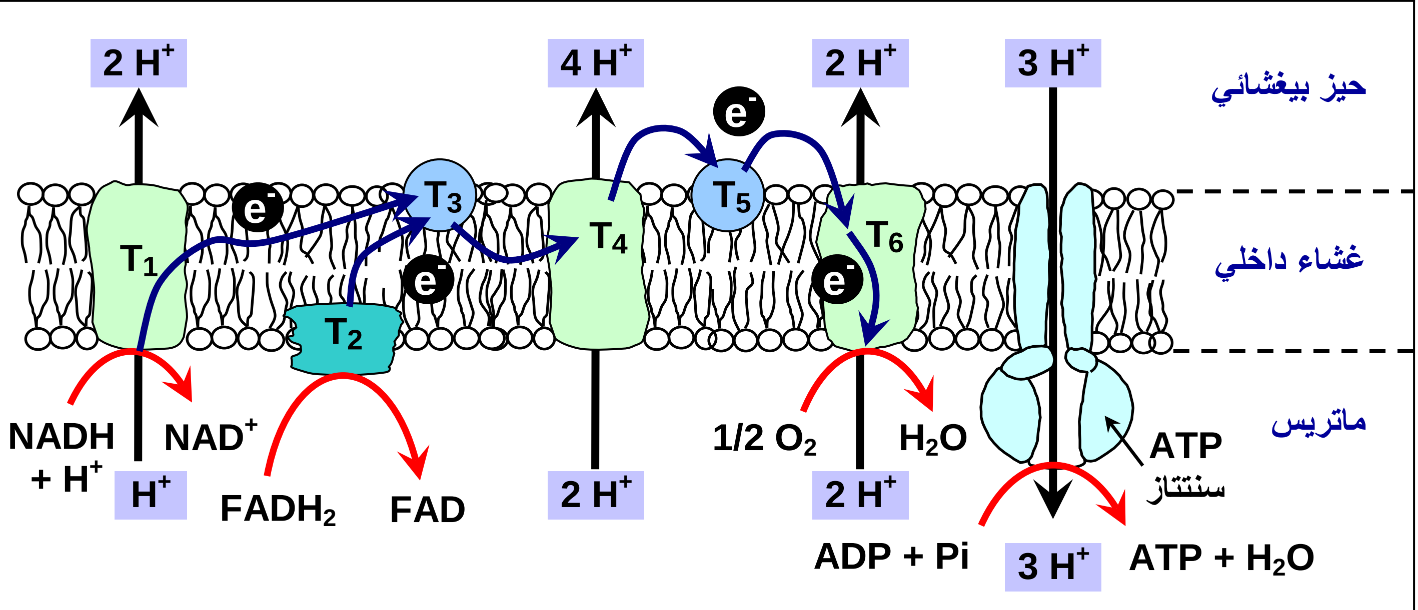
تم وضع ميتوكندريات في شكل محلول عالق في وسط مغلق خال من الأكسجين O_2، ثم تم تتبع تغير تركيز البروتونات H^+ قبل وبعد إضافة الأكسجين (الشكل 1). كما نعطي قيم جهد الأكسدة اختزال لدى بروتينات السلسلة التنفسية (T).

انطلاقا من هذه المعطيات، ومعطيات الوثيقة 11 وضح كيف تحصل الأكسدة التنفسية، وأبرز أهميتها في تكون ممال البروتونات H^+ من جهتي الغشاء الداخلي للميتوكندري.





الوثيقة 11: الأكسدة التنفسية.

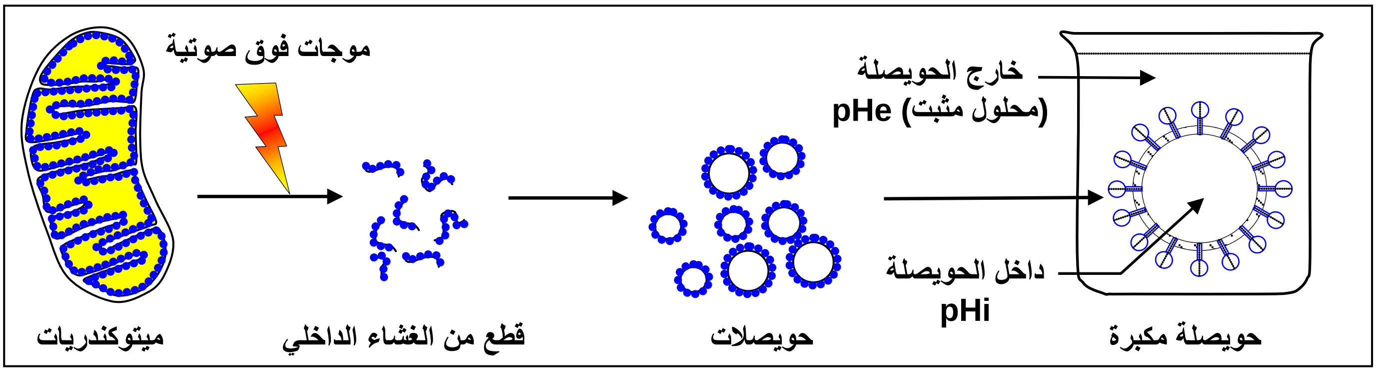


الوثيقة 12: الكشف عن دور الكرات ذات شمراخ. (نقل البروتونات والتفسفر المؤكسد لجزيئة ATP).

❋ التجربة a:

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

المعطيات والنتائج التجريبية مبينة على الرسم أسفله:



- إذا كان pH الداخلي (pHi) أصغر من pH الخارجي (pHe)، يلاحظ تفسفر ADP.
- إذا كان pH الداخلي (pHi) يساوي pH الخارجي (pHe)، يلاحظ انعدام تفسفر ADP.

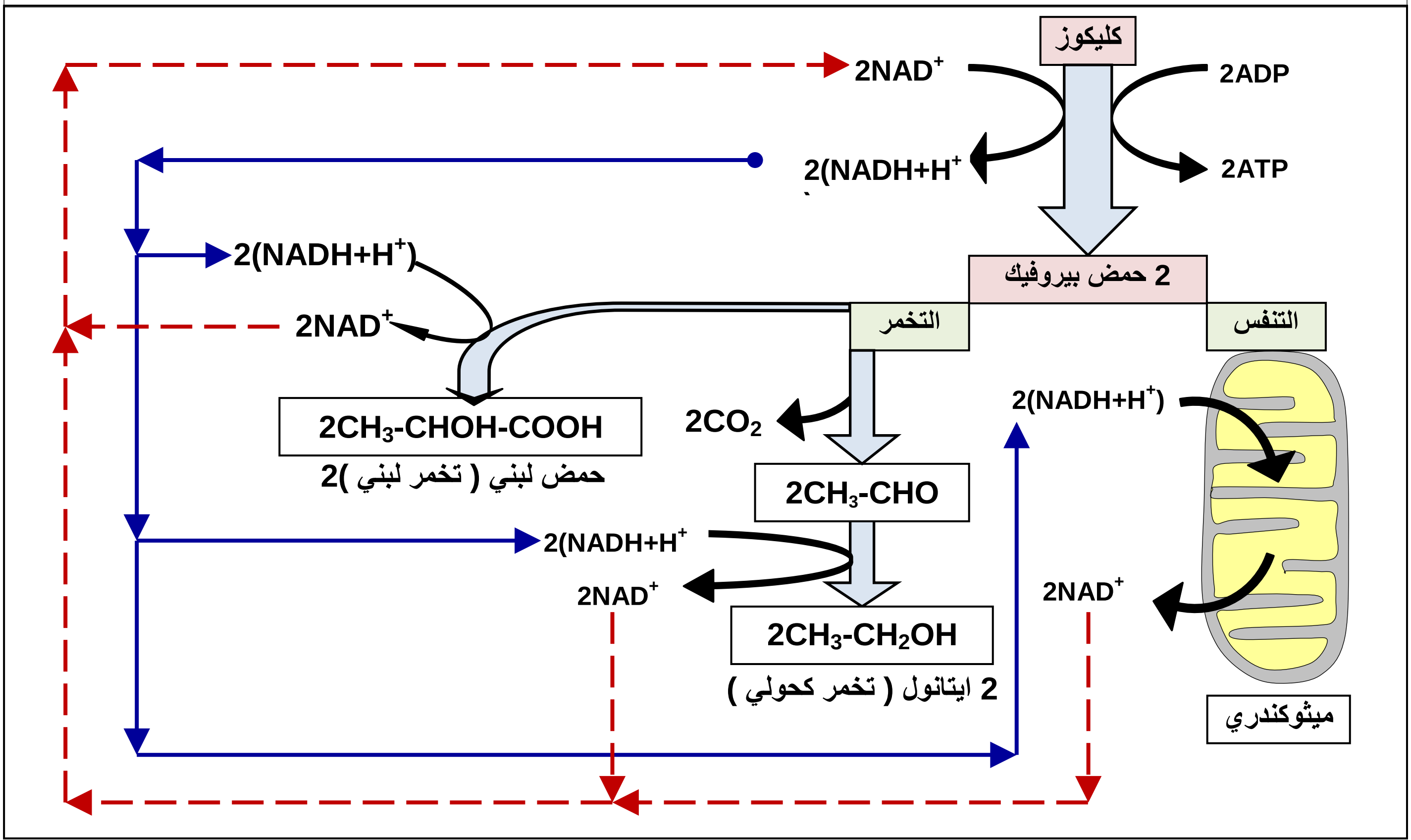
❋ التجربة b:

DNP (2,4dinitrophénol) 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.

انطلاقا من هذه المعطيات التجريبية استخرج شروط تركيب ATP داخل الميتوكندري. ثم أبرز العلاقة بين اختزال الأوكسجين والتفسفر المؤكسد.

الوثيقة 13: مصير حمض البيروفيك بعد انحلال الكليكوز.

انطلاقا من معطيات هذه الوثيقة، بين ما هو مصير حمض البيروفيك خلال التخمر.



الوثيقة 14: خطاطة تركيبية تلخص العلاقة بين مختلف التفاعلات المحررة للطاقة.