المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية

ثانوية الإمام مالك
التأهيلية
الداخلة

علوم الحياة و الأرض

الوحدة الأولى:استهلاك المادة العضوية وتدفق الطاقة

الفصل 1 : تحرير الطاقة الكيميائيةالكامنة في المادة العضوية

السنة الدراسية 2011\ 2012

الأساتذة : عبد الرحمان البوخريصي – محمدي هشام – طارق مبشر – أشرف العسري

القسم:ثانية باك علوم الحياة والأرض والعلوم الفيزيائية

تمهيد

تتميز النباتات بقدرتها على إنتاج المادة العضوية (ظاهرة التركيب الضوئي) أي تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كامنة في المواد المركبة. تستهلك هذه المواد العضوية من طرف الخلايا (نباتية و حيوانية) لتمدها بالطاقة اللازمة لنموها، و للقيام بأنشطتها الضرورية.

- كيف يتم تحويل الطاقة الكامنة في المادة العضوية إلى طاقة قابلة للاستعمال المباشر من طرف الخلايا؟
- كيف تستعمل هذه الطاقة المحررة لضمان أنشطة الخلايا ؟ مثال : الخلية العضلية.

فهرس

I- الكشف عن التفاعلات المسؤولة عن تحرير الطاقة الكامنة في المواد العضوية: التنفس و التخمر.

II- التنفس

1- الربط بين التنفس و استهلاك الكليكوز

2- الكشف عن أماكن هدم الكليكوز

أ- تجربة

ب- فوق بنية الميتوكندري

3- مراحلالتنفس الخلوي

أ- انحلال الكليكوز داخل الجبلة الشفافة

ب- مراحل التأكسدات التنفسية

4- الحصيلة الطاقية للتنفس

III- التخمر

1- التخمر الكحولي

2 - التخمر اللبني

IV- مقارنة الحصيلة الطاقية لكل من التنفس و التخمر

I- الكشف عن التفاعلات المسؤولة عن تحرير الطاقة الكامنة في المواد العضوية: التنفس و التخمر

وثيقة 1 تجربة:

وضعت كمية من خميرة البيرة Levure de bière (فطر مجهري وحيد الخلية) في وسط زرع يحتوي على الكليكوز و ذلك بوجود أو غياب O_2. و يبين الجدول جانبه ظروف و نتائج التجربة.

1- حلل نتائج التجربة.
2- ما المؤشرات التي تدل على أن الخلية تنتج طاقة؟
3- ما مصدر الطاقة المستعملة من طرف الخميرة؟
4- أعط التفاعلين الحاصلين في كل من الوسطين.
5- ماذا تستنتج؟

	وسط غني بـ O_2	وسط عديم O_2
مدة التجربة (بالأيام)	9	90
كمية الكليكوز الأصلية (ب g)	150	150
كمية الكليكوز المستهلكة (ب g)	150	45
كمية الخميرة المكونة (ب g)	1,970	0,255
النواتج	CO_2 , H_2O	C_2H_5OH , CO_2
ملاحظات	انخفاظ $[O_2]$ و ارتفاع T° في الوسط	ارتفاع T° في الوسط

1- بوجود O2 : نلاحظ أن خميرة البيرة قامت باستهلاكO_2 و استهلاك كلي للكليكوز المتوفر مع طرح الماء و CO_2 (حثالة معدنية)، كما نلاحظ زيادة مهمة في كتلتها الحية وارتفاع في درجة حرارة الوسط.
- في غياب أو ندرة O2: نلاحظ أن خميرة البيرة قامت باستهلاك جزئي للكليكوز مع طرح CO2 و تكون حثالة عضوية (كحول الإيثانول)، كما نلاحظ زيادة ضعيفة في كتلتها الحية وارتفاع في درجة حرارة الوسط.

2- ارتفاع درجة الحرارة و زيادة الكتلة الحية للخلايا يَدُلّانِعلى أن هناك إنتاج واستهلاك للطاقة.

3- بما أن الخلية تستهلك O_2 و الكليكوز وعلما أن O_2 لا يخزن طاقة (مادة معدنية) فإن الكليكوز هو المصدر الطاقي المستعمل من طرف الخلايا. يسمى الكليكوزمستقلباطاقيا Métabolite énergétique.

4- وسط حيهوائي : طاقة + $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \text{ -----> } 6CO_2 + 6H_2O$

وسط حي لاهوائي : $C_6H_{12}O_6 \text{ -----> } 2C_2H_5OH + 2CO_2$+طاقة

5- استنتاج : الخلايا تستعمل الكليكوزكمستقلب طاقي Métabolite énergétique و يمكنها هدمه بطريقتين:
- بوجود O2 (وسط حي هوائي) يتم هدمه كليا: إنها ظاهرة التنفس
- بغياب O2 (وسط حي لاهوائي) يتم هدم الكليكوز جزئيا: إنها ظاهرة التخمر

II- التنفس

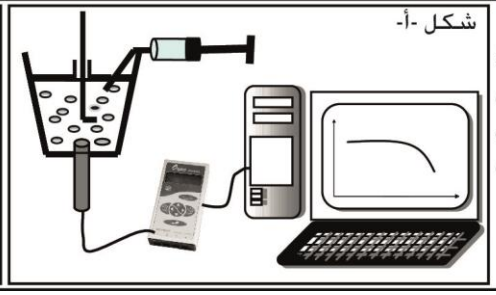
1- الربط بين التنفس و استهلاك الكليكوز

وثيقة 2 تجربة:

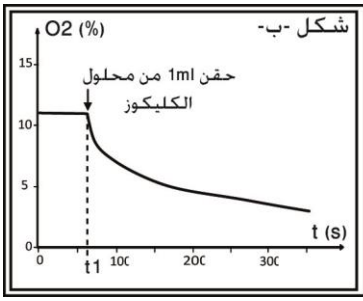
نعرض محلولا عالقا لخلايا الخميرة (10g/L) للتهوية بواسطة مضخة لمدة 30 ساعة. ثم نضع 5ml من هذا المحلول داخل مفاعل حيوي لعدة EXAO شكل -أ- و نتتبع تغير تركيز O2 داخل المفاعل الحيوي. عند الزمن t1 نحقن داخل المفاعل 1ml من محلول الكليكوز. يمثل الشكل -ب- النتائج.

1- ماذا تستنتج من تحليلك لمعطيات التجربة (شكل -ب-)؟
2- كيف تفسر النتيجة التجريبية؟

شكل -أ-



شكل -ب-



1- في غياب الكليكوز: نلاحظ استقراراً في نسبة O2 في قيمة 11% تقريبا.
- عند إضافةالكليكوز: نلاحظ انخفاضا تدريجيا في نسبة O2.
+استنتاج: تمتص خلايا الخميرة O2 بوجود الكليكوز.

2- يفسر استهلاك O2 بتفاعله مع الكليكوز (أكسدة الكليكوز) لانتاج الطاقة حسب التفاعل التالي :

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \text{ -----> } 6CO_2 + 6H_2O + 2840Kj$ إنها ظاهرة التنفس.

2- الكشف عن أماكن هدم الكليكوز

أ- تجربة

وثيقة 3

ملاحظـة مجـهرية:

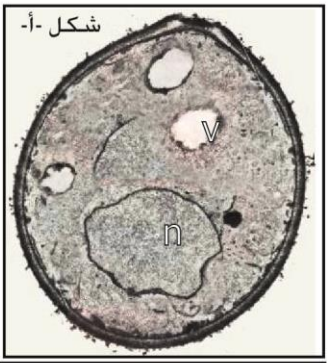
يمثل الشكلين جانبه صورا مجهرية لخلية خميرة في وسط لا هوائي (أ) و في وسط هوائي (ب).

1- قارن الخليتين، و صغ فرضية تفسر بها الاختلاف الملاحظ.

معطـيات تجريبية:

نقوم بزرع خلايا خميرة في وسطـين A هوائي و B لاهوائي يحتويان على كمية ضعيفة من الكليكوز المشع (موسوم بـ ^{14}C) . بعد ذلك نقوم بأخذ عينات من الخلايا و نحلل محتواها في أزمنة متتالية t0 و t1 و t2 و t3 و t4 و t5 و t6. يبين الجدولين أسفله تموضع الإشعاع في الوسطين بدلالة الزمن.

شكل -أ-



شكل -ب-

n: نواة v: فجوة m: ميتوكندري

G: كليكوز
P: حمض البيروفيك
K: أحماض Krebs
E: إيتانول
+: إشعاعية ضعيفة
+++: إشعاعية مرتفعة

الوسط A هوائي			
الزمن	الوسط الخارجي	الوسط الداخلي للخلية	
		الجبلة الشفافة	الميتوكندريات
t0	G^{+++}	–	–
t1	G^{+}	G^{++}	–
t2	–	P^{+++}	–
t3	–	P^{++}	P^{++}
t4	–	–	K^{+} ,P^{++}
t5	$^{+}CO_2$	–	K^{+++}
t6	$^{+}CO_2$	–	–

الوسط B لاهوائي			
الزمن	الوسط الخارجي	الوسط الداخلي للخلية	
		الجبلة الشفافة	الميتوكندريات
t0	G^{+++}	–	–
t1	G^{+}	G^{++}	–
t2	–	P^{+++}	–
t3	CO_2	E^{+++}	–
t4	CO_2	E^{+++}	–
t5	CO_2	E^{+++}	–
t6	CO_2	E^{+++}	–

2- اعط الترتيب الزمني لظهور المواد المشعة في مختلف مكونات الخلية بالوسط A.

3- فسر هذا الترتيب.

4- استنتج الظاهرة التي تمت في الوسط A.

5- أعط الظاهرة التي تمت في الوسط B.

6- استنتج المرحلة المشتركة بين الظاهرتين.

7- حدد مراحل هدم الكليكوز بوجود O2.

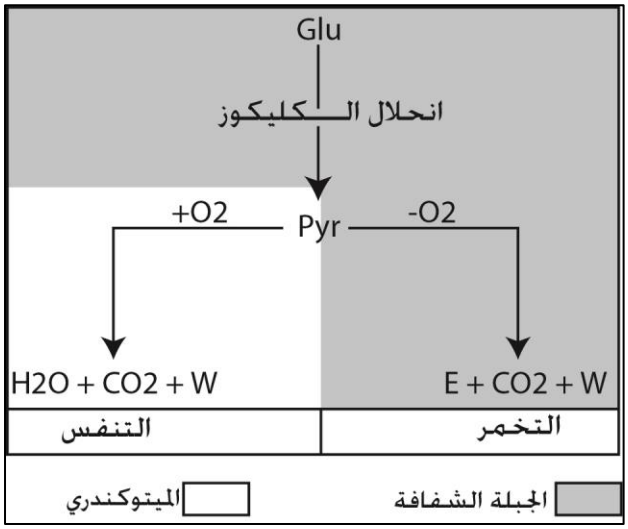
8- ضع خطاطة تركيبية تبين فيها مصير جزيئة الكليكوز أثناء التنفس والتخمر.

1- نلاحظ وفرة عدد الميتوكندريات في الخلايا المزروعة في الوسط الحيهوائي عكس الخلايا المزروعة في الوسط الحي لاهوائي.

فرضية: ربما الميتوكندريات هي العضيات المسؤولة عن ظاهرة التنفس داخل الخلية.

2- نلاحظ ظهور *G في الجبلة الشفافة ثم *P الذي ينتقل إلى الميتوكندري لتظهر بع ذلك أحماض كريبس داخله، و أخيرا ظهور $^{*}CO_2$ في الوسط الخارجي.

3- يتحول G إلى P في الجبلة الشفافة 1C6 -->2C3 ثم يتحول P إلى K في الميتوكندريو يتحول K إلى CO_2الذي يتم طرحه خارج الخلية.



4- الوسط A وسط حي هوائي،يتم فيه هدم كلي للكليكوز(النواتج عبارة عن حتالة معدنية فقط)، نستنتج إذن أن الظاهرة التي تتم في هذا الوسط هي : التنفس.

5- الوسط B وسط حي لاهوائي،يتم فيه هدم جزئي للكليكوز(وجود حتالة عضوية)، نستنتج إذن أن الظاهرة التي تتم في هذا الوسط هي : التخمر.

6- المرحلة المشتركة بين الظاهرتين هي المرحلة من t0 إلى t2 حيث يتم تحول Glu إلى P داخل الجبلة الشفافة. تسمى هذه المرحلة : مرحلة إنحلال الGluو تتم سواءً بوجود أو غياب O2.

7- يتم هدم الكليكوز على مرحلتين:

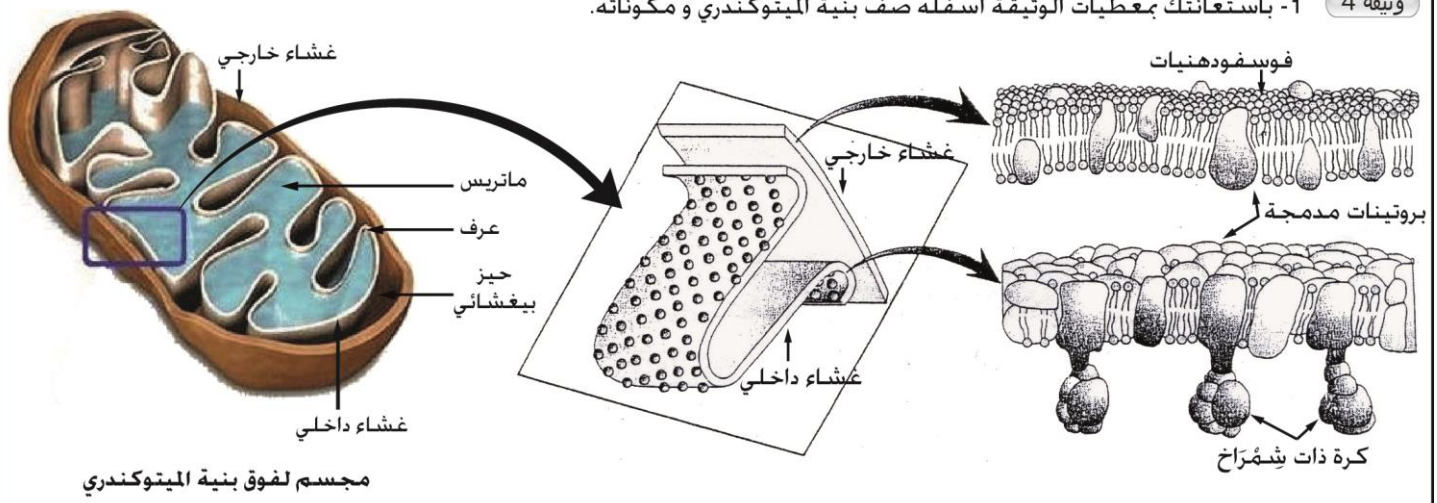
- المرحلة الأولى: تتم داخل الجبلة الشفافة : إنها مرحلة انحلال الكليكوزGlycolyse.

- المرحلة الثانية: تتم داخل الميتوكندري و تتطلبO2 إنها مرحلة التأكسدات التنفسية Oxydations respiratoires.

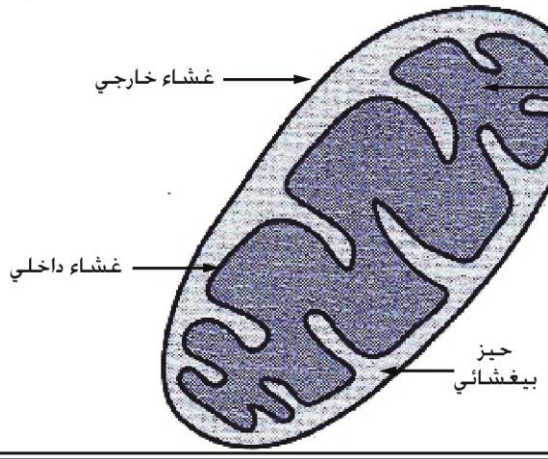
8- خطاطة تركيبية.

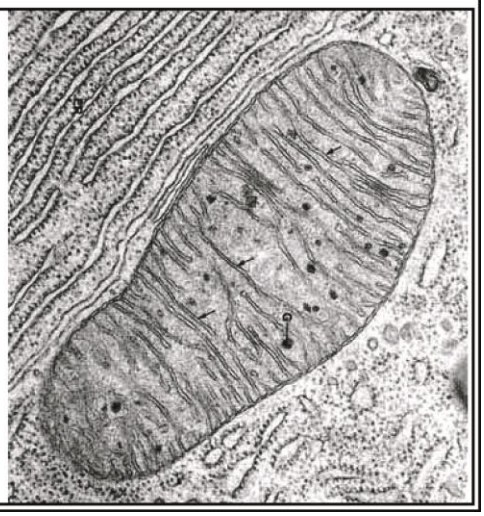
ب- فوق بنية الميتوكندري

وثيقة 4 1- باستعانتك بمعطيات الوثيقة أسفله صف بنية الميتوكندري و مكوناته.



2-اعتمادا على الصورة جانبه (ملتقطة بـ ME) أنجز ر.ت مفسرا لفوق بنية الميتوكندري.





الميتوكندريMitochondrie عبارة عن عضي سيتوبلازمي مغلق محاط بغشائين متراكبين يفصل بينهما حيز بيغشائي، يرسل الغشاء الداخلي عدة أعراف داخل الماتريس يقسمها إلى مقصورات متصلة فيما بينها.
يتميز الغشاء الداخلي للميتوكندري باحتوائه على كرات ذات شمراخ: عبارة عن مركبات أنزيمية (ATP Synthase)مسؤولة عن تفسفر ADP و بالتالي تركيب ATP.

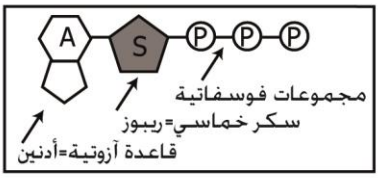
ملحوظة: توجد الميتوكندريات في جميع الخلايا ما عدا البكتيريا، عدد الميتوكندرياتو مظهرها رهينان بحاجيات الخلية من الطاقة. كلما احتاجت الخلية لطاقة أكبر يلاحظ زيادة في عدد الميتوكندريات وفي حجمها، كما أن أعرافها تتطور ويزداد عددها مثل: حيوانات منوية، خلايا عضلية، خلايا كبدية، ...

تذكير

وثيقة 5

جزيئة ATP

من الجزيئات الطاقية الأكثر استعمالا في الخلايا. وتسمح بنقل الطاقة بين تفاعلات الاستقلاب الخلوي لهذا يمكن نعتها بـ "العملة الطاقية للخلية". يمثل الشكل جانبه بنية هذه الجزيئة.



- تؤدي حلمأة ATP إلى تحرير كمية هامة من الطاقة: ATP $\xrightarrow{\text{أنزيم}}$ ADP + Pi + طاقة
- يؤدي تفسفر ADP إلى تركيب ATP باستهلاك الطاقة: ATP $\xleftarrow{\text{أنزيم}}$ ADP + Pi + طاقة

نواقل الهيدروجين

توجد داخل الخلية جزيئات تلعب دورا مهما في تفاعلات الأكسدة-إختزال تنعت بنواقل الإلكترونات و البروتونات منها: FAD و NAD^+ التي توجد في حالتها المؤكَسدة أو المختزَلة حسب التفاعل التالي:

$NAD^+ + 2e^- + 2H^+ \underset{\text{أكسدة}}{\overset{\text{اختزال}}{\rightleftharpoons}} NADH,H^+$ (مؤكسَد ⇄ مختزَل)

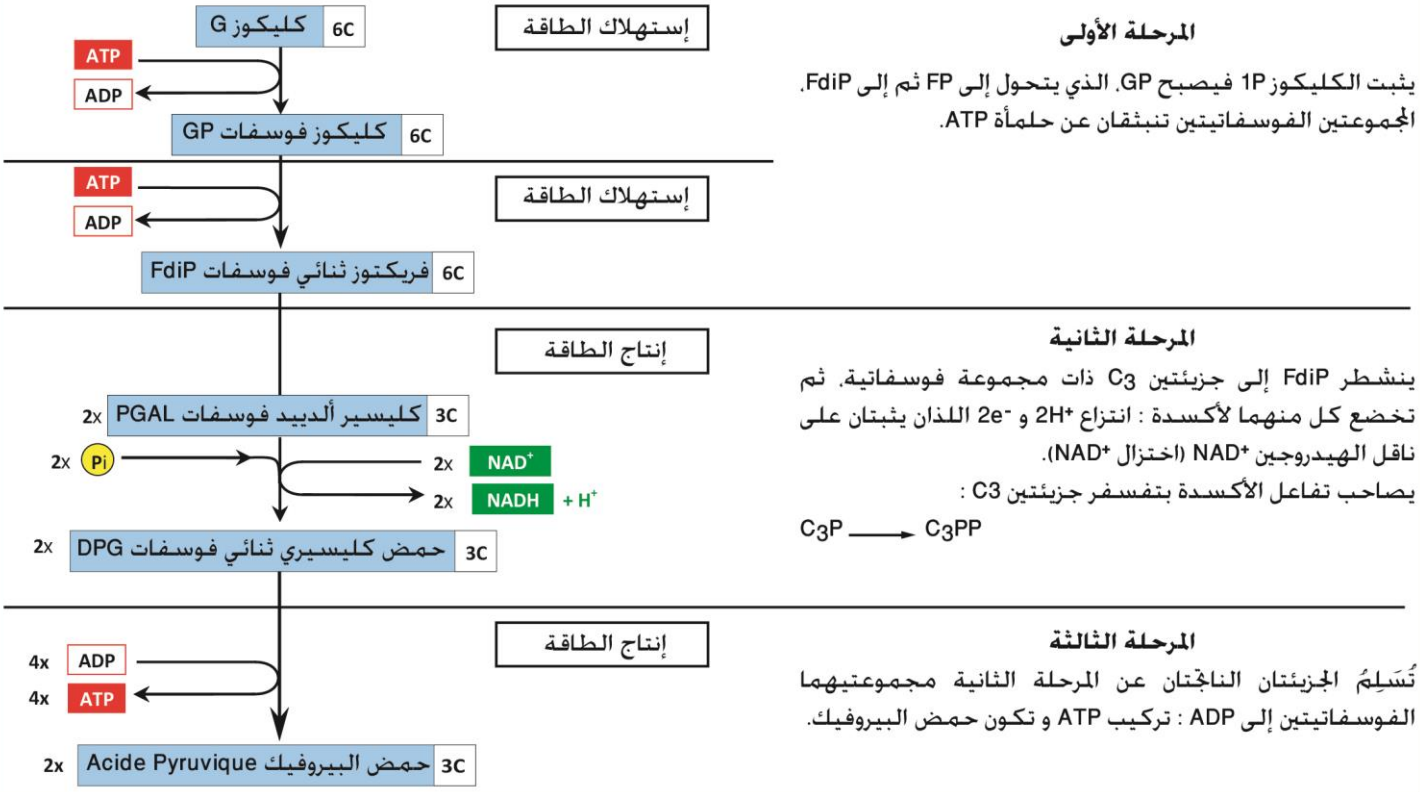
$FAD + 2e^- + 2H^+ \underset{\text{أكسدة}}{\overset{\text{اختزال}}{\rightleftharpoons}} FADH_2$ (مؤكسَد ⇄ مختزَل)

3- مراحلالتنفس الخلوي

أ- انحلال الكليكوز داخل الجبلة الشفافة

وثيقة 6

انحلال الكليكوز عبارة عن مجموعة من التفاعلات الكيميائية. تتدخل فيها أنزيمات نوعية و يتم هذا الانحلال عبر ثلاث مراحل أساسية:
1- صف التفاعلات التي تحدث في كل مرحلة على حدة 2- اعط الحصيلة الطاقية و الكيميائية لانحلال الكليكوز.



المرحلة الأولى

يثبت الكليكوز 1P فيصبح GP، الذي يتحول إلى FP ثم إلى FdiP.
المجموعتين الفوسفاتيتين تنبثقان عن حلمأة ATP.

المرحلة الثانية

ينشطر FdiP إلى جزيئتين C_3 ذات مجموعة فوسفاتية، ثم تخضع كل منهما لأكسدة : انتزاع $2H^+$ و $2e^-$ اللذان يثبتان على ناقل الهيدروجين NAD^+ (اختزال NAD^+).
يصاحب تفاعل الأكسدة بتفسفر جزيئتين C3 :

$C_3P \longrightarrow C_3PP$

المرحلة الثالثة

تُسَلِمُ الجزيئتان الناجتان عن المرحلة الثانية مجموعتيهما الفوسفاتيتين إلى ADP : تركيب ATP و تكون حمض البيروفيك.

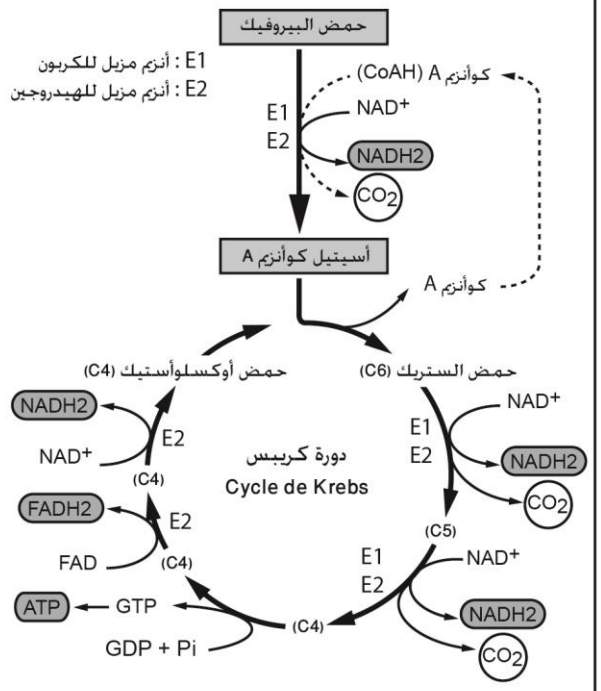
2- الحصيلة الطاقية: 2ATP.

الحصيلة الكيميائية : $C_6H_{12}O_6 + 2NAD^+ \text{----------} > 2CH_3COCOOH + 2NADH,H^+$

ب- مراحل التأكسدات التنفسية

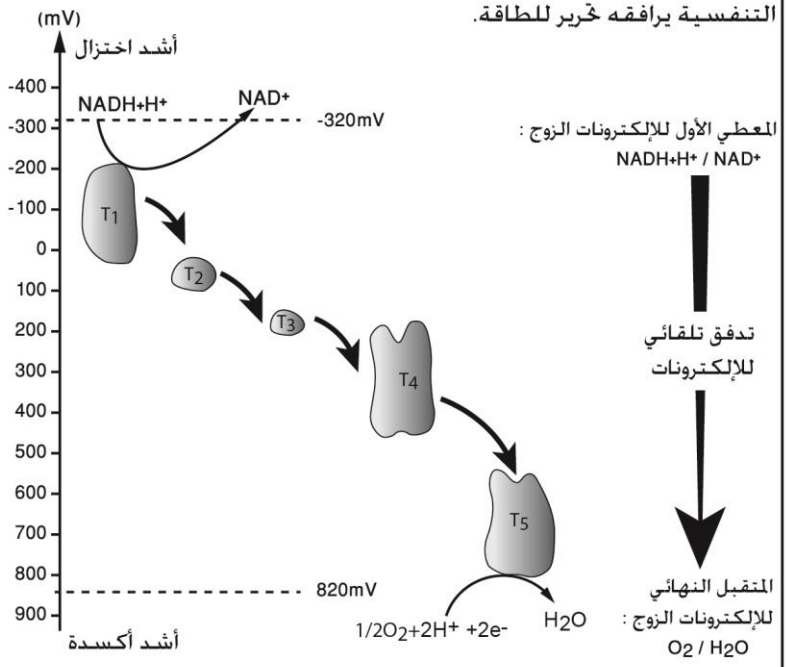
وثيقة 7 اعتمادا على معطيات الوثيقة 7 صف مراحل التأكسدات التنفسية.

أ- تفاعلات دورة كريبس Cycle de Krebs

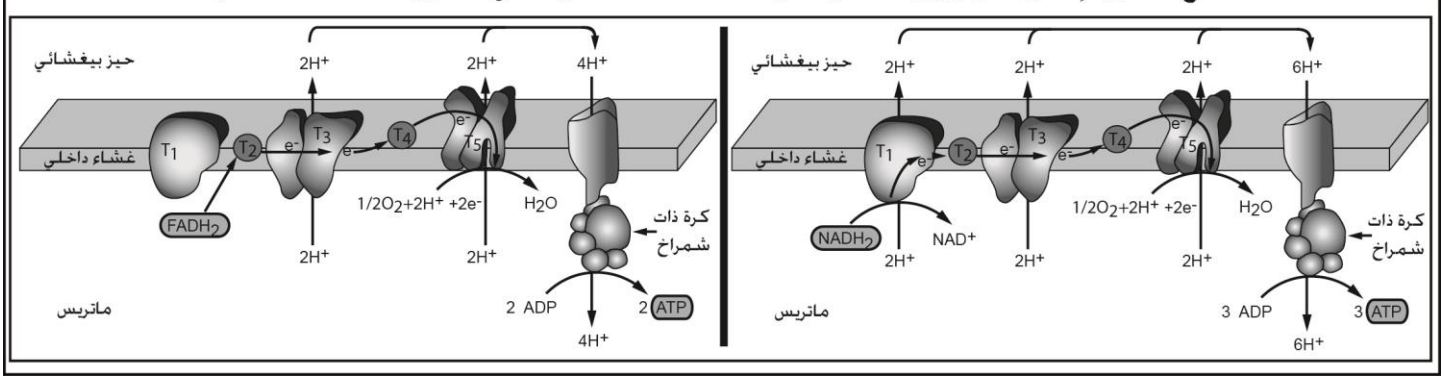


ب- تدفق الإلكترونات عبر السلسلة التنفسية حسب جهد أكسدة-اختزال.

ملحوظة : التدفق التلقائي للإلكترونات عبر السلسلة التنفسية يرافقه تحرير للطاقة.



ج- مصير الإلكترونات والبروتونات الناجمة عن تأكسد الناقلات المُختَزَلَة على مستوى السلسلة التنفسية.



تتم هذه التأكسدات على ثلاث مراحل:

+ المرحلة الأولى: تكون الأستيلCoAفي الماتريس.

يدخل حمض البيروفيك إلى الماتريس ويخضع لانتزاع CO_2، H^+، e^-، فيتكون شق الأستيل←
يرتبط شق الأستيل بمساعد الأنزيم A (CoA) فيتكون أستيل CoA :

$$CH_3COCOOH + CoA + NAD^+ \text{---------} > CH_3CO\text{-}CoA + NADH_2 + CO_2$$

+ المرحلة الثانية: دورة كريبس في الماتريس.
تتمثل في مجموعة من التفاعلات الدوري : يُثَبّت شق الأستيل (C2) على جزيئة سابقة الوجود بالماتريس (C4) لتعطي حمض السيتريك (C6) بينما ينفصل CoA ليثبت على شق أستيل جديد.
يتعرض حمض السيتريك (أوالسيترات) لانتزاع $2CO_2$،H^+، e^-، ويتم اختزال النواقل و انتاج ATP (انطلاقا من GTP)

$$CH_3\text{-}CO\text{-}CoA + FAD + 3NAD^+ + GDP + Pi \text{ ----------} > CoA + 3NADH_2 + FADH_2 + 2CO_2 + ATP$$

+ المرحلة الثالثة : التفسفر المؤكسد على مستوى الغشاء الداخلي للميتوكندري.
تتميز بثلاث تفاعلات أساسية :

-إعادة أكسدة النواقل بتدخل السلسلة التنفسية La chaine respiratoire :
تعاد أكسدة نواقل الهيدروجين على مستوى الغشاء الداخلي للميتوكندري و ذلك بتسليم (H^+ و e^-) لمجموعة من الجزيئات البروتينية المتموضعة على مستوى الغشاء الداخلي للميتوكندري تسمى : السلسلة التنفسية. (تستغل بروتينات السلسلة التنفسية طاقة e^- لضخ H^+ من الماتريس نحو الحيز البيغشائي).

$$NADH_2 \text{----------} > NAD^+ + 2H^+ + 2e^-$$

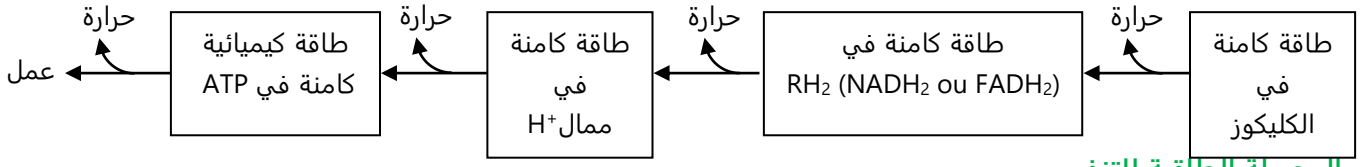
- اختزال O_2 و تكون الماء :
تُستَلِم آخر جزيئة من السلسلة التنفسية $2H^+$ و $2e^-$ إلى O_2 الذي يلعب دور المستقبل النهائي لـ H^+ و e^- المنتزعة من النواقل، فيتم اختزال O_2 و تكون الماء حسب التفاعل التالي:

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

ملحوظة:إن جهد الأكسدة-اختزال هو الذي يحدد منحى انتقال الإلكترونات، فهو بالنسبة للزوج $NAD^+/NADH_2$ (-320mV) و الزوج O_2/H_2O (820mV).هذا الاختلاف المهم يجعل التفاعل يحرر كمية هامة من الطاقة تستغلها بروتينات السلسلة التنفسية لضخ البروتونات نحو الحيز البيغشائي.

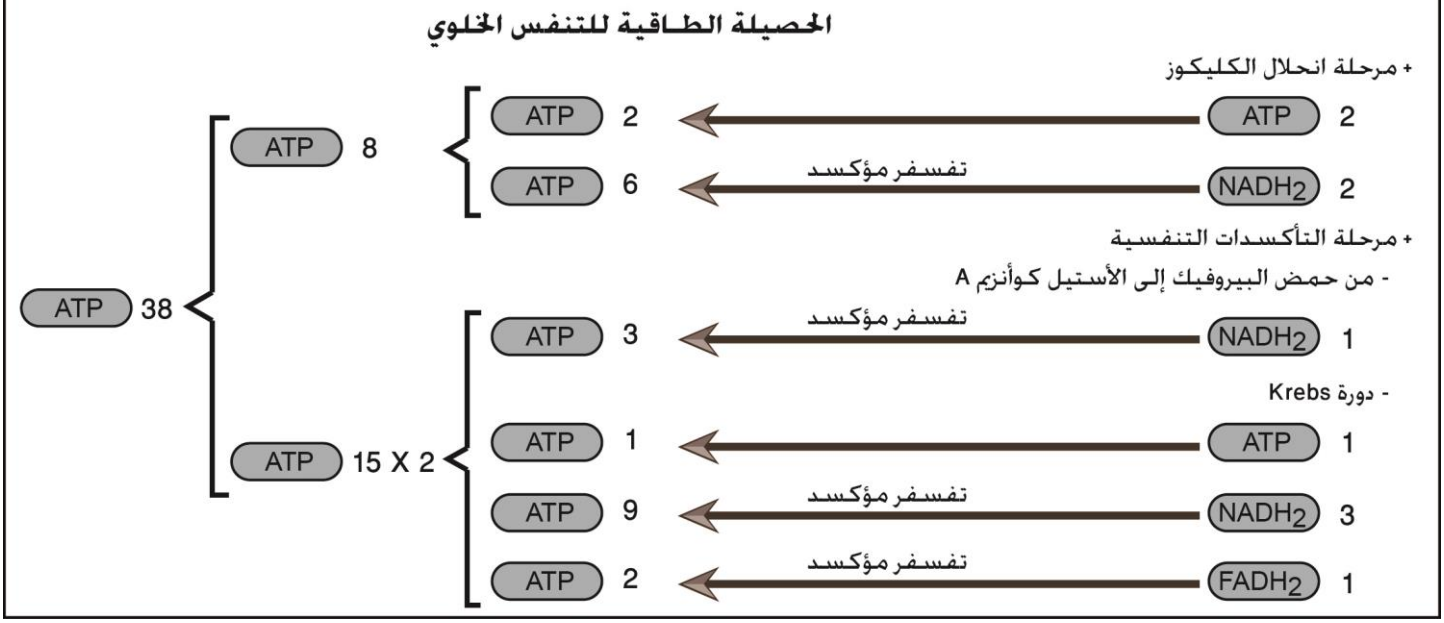
- إنتاج ATP: دور الكرات ذات شمراخ Sphère pédonculée
يتم ضخ البروتونات المنتزعة من النواقل في الحيز البيغشائي← ارتفاع تركيز H^+ في الحيز البيغشائي← ظهور ممال بروتوني من جهتي الغشاء الذي يعتبر مصدرا للطاقة. وبما أن الغشاء الداخلي غير نفوذ لـ H^+ ما عدى على مستوى الكرات ذات شمراخ فإن H^+سوف تتدفق عبرها نحو الماتريس مما يؤدي إلى تحرير طاقة تستعمل في تفسفر ADP (إنه التفسفر المؤكسد Phosphorylation oxydative).
هام : تؤدي أكسدة $NADH_2$إلى تكون 3ATP وأكسدة $FADH_2$ إلى تكون 2ATP.

استنتاج:خلال التنفسيتم تحويل الطاقة على الشكل التالي:



4- الحصيلة الطاقية للتنفس

وثيقة 8 أوضحت التجارب أنه على إثر أكسدة جزيئة NADH2 يتم تركيب 3 جزيئات من ATP. و على إثر أكسدة جزيئة واحدة من FADH2 يتم تركيب 2ATP.
أحسب الحصيلة الطاقية للتنفس على إثر استهلاك جزيئة واحدة من الكليكوز.



خلاصة : هدم الكليكوز في حالة التنفس يكون تاما و كليا، بحيث يعطي في النهاية حثالة معدنية (H_2Oو CO_2) خالية من الطاقة حسب التفاعل التالي :

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \text{ -----> } 6CO_2 + 6H_2O + 2840Kj$$

III- التخمر

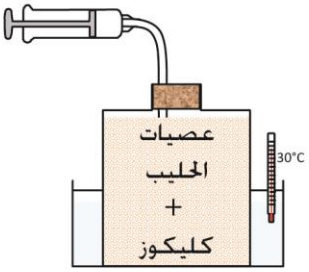
إضافة إلى ظاهرة التنفس نجد أن التخمر وسيلة أخرى لهدم الكليكوز . وقد تلجأ إليهابعض الخلايا بديلا عن التنفس لاستخلاص الطاقة الكامنة في الكليكوز.

- هناك خلايا تستطيع القيام بالاستقلابين معا حسب ظروف الوسط : خلايا الخميرة، و الخلايا العضلية.
- هناك خلايا لا تقوم إلا بالتنفس لاستخلاص الطاقة : جُل خلايا الجسد .
- هناك خلايا لا تقوم إلا بالتخمر لاستخلاص الطاقة : بعض أنواع البكتيريا.

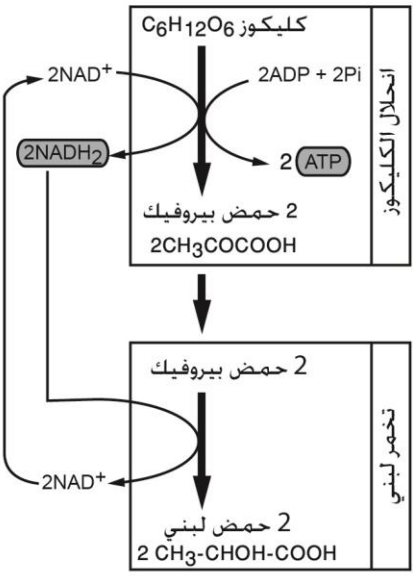
وثيقة 09

1- التخمر اللبني

نحضر العدة التجريبية الممثلة أسفله فنحصل على النتائج التالية:
- ارتفاع طـفيف لدرجة الحرارة
- ظـهور الحمض اللبني



كيف يمكنك تفسير هذه النتائج؟



1 - التخمر اللبني

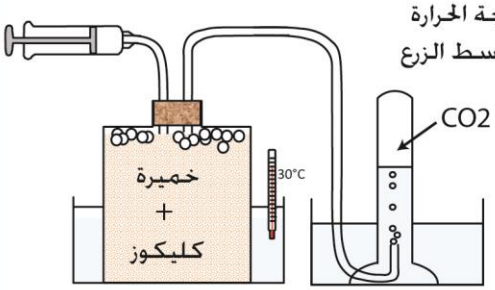
تتميز بعض الخلايا بقدرتها على تحويل حمض البيروفيك إلى حمض لبني (خلايا عضلية، بكتيريا الحليب Lactobacillus) دون تحرير CO_2 وذلك حسب التفاعل التالي :

كليكوز ---> 2 حمض لبني

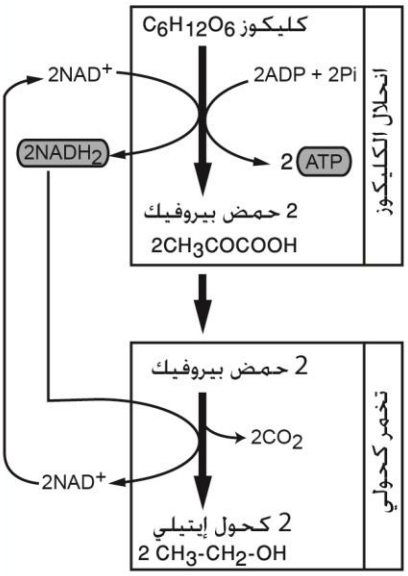
وثيقة 10

2- التخمر الكحولي

نحضر العدة التجريبية الممثلة أسفله فنحصل على النتائج التالية:
- طرح CO_2
- ارتفاع طـفيف لدرجة الحرارة
- ظـهور كحول في وسط الزرع



كيف يمكنك تفسير هذه النتائج؟



2- التخمر الكحولي

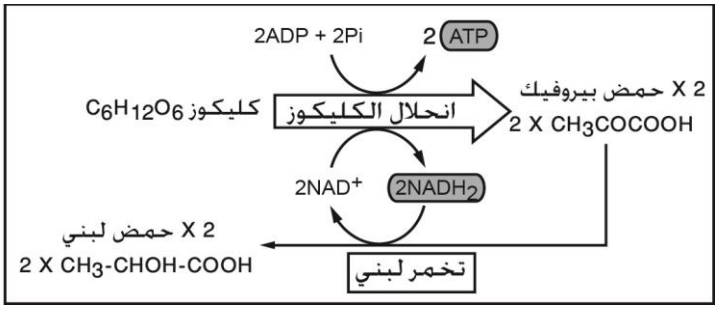
في حالة التخمر الكحولي يلعب حمض البيروفيك دور مستقبل لـ H^+ و e^- المنتزعة من النواقل أثناء أكسدتها مع إنتاج كحول إيثيلي و تحرير CO_2 حسب التفاعل التالي :

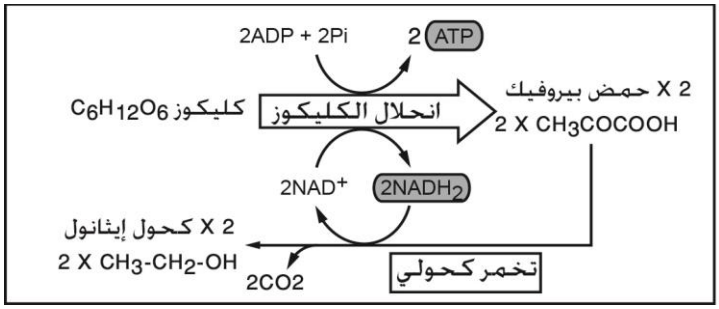
كليكوز ---> 2 كحول إيتيلي + $2CO_2$

ملحوظة :في حالة تمرين عضلي عنيف و طويل يصبح تزويد العضلة بـ O_2ضعيف------>تخمر لبني --------> تكون الحمض اللبني يعرقل عمل العضلة (تشنج عضلي).

خلاصة

هدمالكليكوز في حالة التخمر يكون جزئيا و غير تام لأنه في النهاية يعطي حثالة عضوية (حمض لبني أو كحول إيثيلي) لازالت تحتفظ بجزء من الطاقة.
أثناء ظاهرة التخمر (اللبني و الكحولي) يتم إنتاج 2ATP، و تعد المرحلة الأخيرة (اختزال حمض البيروفيك) ضرورية لاستمرار إنتاج ATP و ذلك من خلال إعادة أكسدة النواقل التي تسمح بانحلال جزيئات كليكوز أخرى.





IV- مقارنة الحصيلة الطاقية لكل من التنفس و التخمر

وثيقة 11

التنفس و التخمر طريقتان لهدم الكليكوز.

1- أعط الحصيلة الطاقية لكل من التنفس و التخمر.

2- إذا علمت أن مولا واحدا من ATP يخزن طاقة كامنة تقدر بـ 30,5kj. أحسب الحصيلة الطاقية بـ kj لهدم مول واحد من الكليكوز في كل من التنفس والتخمر.

3- علما أن كل مول من الكليكوز يخزن 2840kj. اقترح تفسيرا للنتائج المحصل عليها في السؤال 2. نعطي : مول واحد من الحمض اللبني يخزن 1336kj.

4- علما أنه أثناء التنفس و التخمر يلاحظ ارتفاع في درجة حرارة الوسط. فيما يفيدك هذا المعطى في تعزيز التفسير المقترح.

5- أحسب مردودية الإنتاج الطاقي (ATP) لكل من التخمر و التنفس. ماذا تستنتج؟

6- ضع خطاطة تلخص فيها المردودية الطاقية لكل من التنفس و التخمر.

1- التنفس 38ATP، التخمر2ATP.

2- التنفس 38x30,5=1159Kj
التخمر 2x30,5=61Kj

3- بمقارنة الطاقة الكامنة في مول واحد من الكليكوز و كمية الطاقة المخزنة في النواتج، يمكن تفسير الاختلاف الملاحظ بضياع كمية من الطاقة أثناء التنفس و التخمر لا تستغل في تركيب ATP.

4- الطاقة المبددة هي عبارة عن طاقة حرارية.

5- المردودية الطاقية:

نعلم أن مولاً واحداً منالكليكوزيتضمن طاقة كامنة تساوي 2840Kj

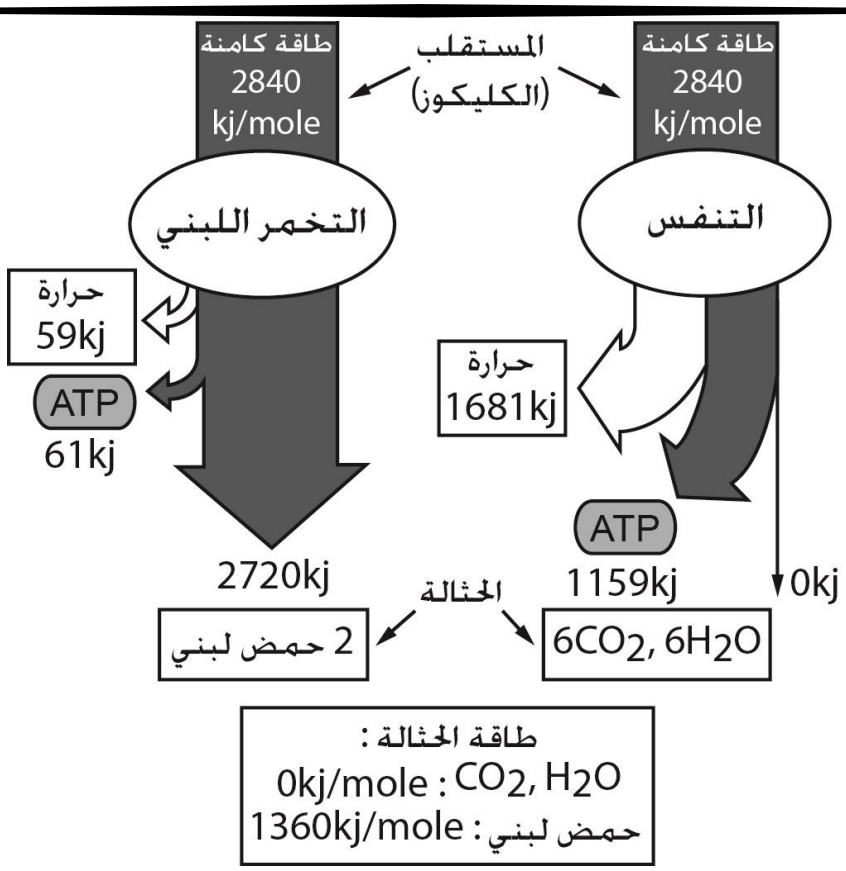
- في حالة التنفس: $\frac{1159x100}{2840} = 40,80\%$

- في حالة التخمر: $\frac{61x100}{2840} = 2,14\%$

استنتاج: المردودية الطاقية للتنفس أكبر من مردودية التخمر.

ملحوظة:بالرغم من المردودية الضعيفة للتخمر إلا أن هذه الظاهرة مهمة لأنها تمكن من استمرار إنتاج الطاقة في حالة نقصان O_2.

-6

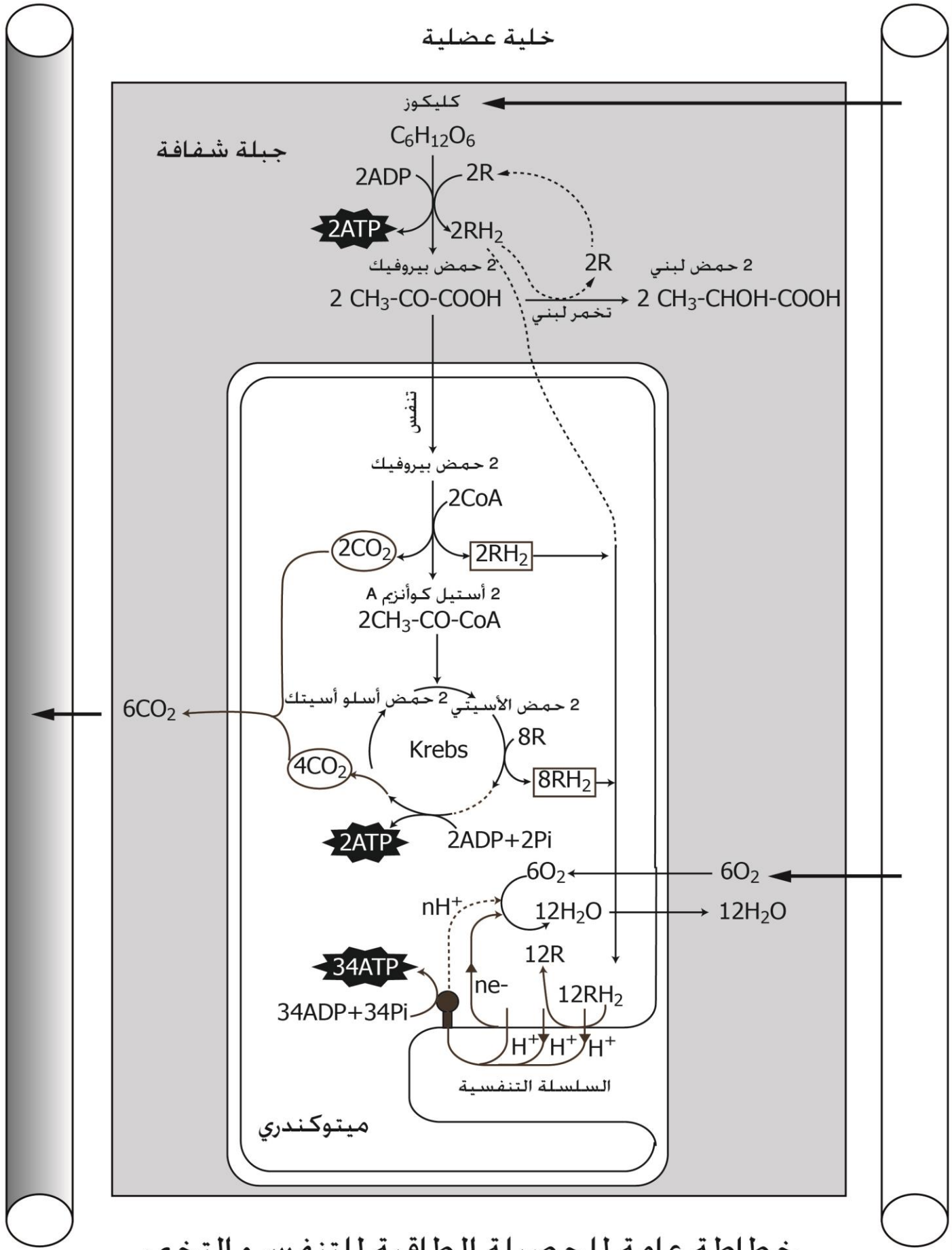


طاقة الحثالة :
0kj/mole : CO_2, H_2O
1360kj/mole : حمض لبني

وثيقة 12

شريان ناقل للدم الغني بـ O_2 ومواد القيت

وريدناقل للدم الغني بـ CO_2 و الفضلات



خطاطة عامة للحصيلة الطاقية للتنفس و التخمر