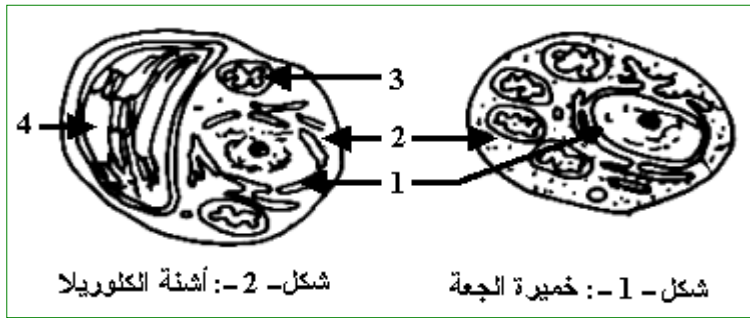
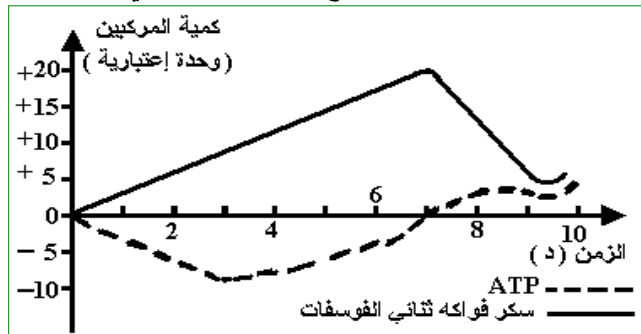


الخلية القدرة على استعمال المواد و الطاقة المستقاة من الوسط المحيط بفضل سلسلة من التفاعلات الكيميائية مفادها التكاثر و النمو ، مع الحفاظ على الخصائص النوعية .
I : الشكلان 1 و 2 من الوثيقة - 1 يمثلان فطر خميرة الخبز و أشنة الكلوريل ، و هما كائنات وحيدة الخلية .

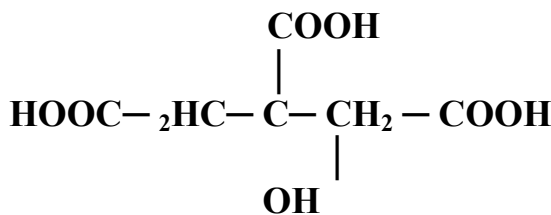


الوثيقة - 1

- 1 - أكتب البيانات المرقمة .
- 2 - أ - ما هي الاختلافات البنيوية بين الكائنات الممثلين بالشكلين 1 و 2 ؟
ب - هل هناك علاقة بين هذه الاختلافات البنيوية و نمط حياة الكائنات ؟ علل إجابتك .
- 3 - أرسم ما فوق بنية العنصرين 3 و 4 ، و أرفقهما بالبيانات اللازمة .
- 4 - نحضر وسط استنبات على النحو التالي : ماء ، فوسفات الكالسيوم و البوتاسيوم ، كبريتات المغنيزيوم ، كبريتات الحديد ثاني فحمات الكالسيوم ، نترات الكالسيوم و كبريتات المنغنيز . يقسم هذا الوسط إلى قسمين ، يضاف للقسم الأول خلايا خميرة الخبز و للقسم الثاني أشنة الكلوريل ، فتحصل بذلك على معلقين .
- نعرض المعلقين للضوء لفترة زمنية طويلة ، فنسجل : تكاثر أشنة الكلوريل و ثبات الوزن الجاف للخميرة .
أ - ما هي خصائص وسط الاستنبات ؟
ب - كيف تفسر هذه النتائج ؟ هل تؤكد هذه النتائج إجابتك للسؤال I - 2 - ب ؟
- II : 1 - نأخذ معلق فطر خميرة الجعة و نضيف له كمية من الغلوكوز ، بعد ذلك نقوم بتقدير كمية سكر الفواكه (الفروكتوز) ثاني الفوسفات (F1,6DP) و كمية الـ ATP . تمثل نتائج هذه المعايرة في الوثيقة - 2 .

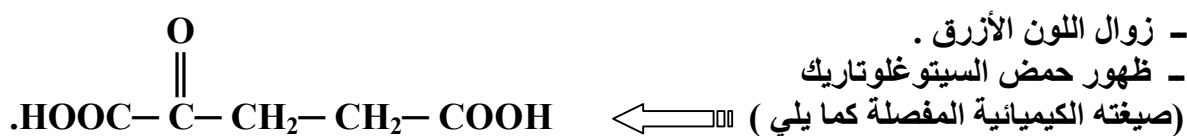


الوثيقة - 2



- أ - حلل و فسر هذه النتائج .
- ب - ما أسم العملية التي تمت خلال هذه التجربة ؟
- ج - نحضر أنبوب اختبار يحتوي على :
• محلول فيزيولوجي مضاف إليه حمض الليمون
صيغته الكيميائية المفصلة كما يلي : $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$

- أزرق الميثيلين المؤكسد Bm^+ الذي يصبح شفافا عند إرجاعه .
- مستخلصات فطر خميرة الخبز تم الحصول عليها عن طريق عملية الطرد المركزي .
- يوضع الأنبوب في حمام مائي درجة حرارته 37°C م .



تنبيه : حمض الليمون و حمض السيتوغلوتاريك عبارة عن وسائط هدم حمض البيروفيك .

- α - فسر نتائج هذه التجربة ، مبرزا اسم العملية التي تحدث .
 β - أكتب المعادلة الكيميائية التي تمت داخل الأنبوب .
 γ - مستعينا بمعلوماتك أكمل دورة حمض الليمون (دورة كرابس) ، مبرزا فقط عدد ذرات الكربون في كل مرحلة و محددا النواتج المرافقة .
 δ - ما هي الأهمية البيولوجية لهذه الدورة بالنسبة للخلية ؟
 2 - لإظهار نشاط العناصر (4) الممثلة في الوثيقة 1 - ، نجري سلسلة تجارب في درجة حرارة ثابتة .
 الشروط و النتائج ندونها في الجدول التالي :

الأنابيب	الشروط التجريبية	التجربة	النتائج بعد 10 دقائق
1	* معلق العناصر 4 * وسط استنبات خال من CO ₂ * أزرق المثيلين المؤكسد	معرضة للضوء	- زوال اللون الأزرق - عدم تركيب جزيئات عضوية
2	* معلق العناصر 4 * وسط استنبات خال من CO ₂ * أزرق المثيلين المؤكسد	موضوعة في الظلام	- بقاء اللون الأزرق - عدم تركيب جزيئات عضوية
3	* معلق العناصر 4 * وسط استنبات به CO ₂ * أزرق المثيلين المؤكسد	معرضة للضوء	- زوال اللون الأزرق - تركيب جزيئات عضوية

- أ - فسر هذه النتائج التجريبية .
 ب - مستعينا بمعلوماتك ، مثل دورة تثبيت غاز CO₂ (دورة كالفن) .
 ج - حدد الأهمية البيولوجية للظاهرة التي تقوم بها العناصر (4) في حياة الخلية .
 III : انطلاقا من المعلومات المستخلصة من الموضوع ، و بالاستعانة بمعلوماتك ، أنجز رسما تركيبيا تبرز فيه العلاقة الوظيفية بين العنيتين 3 و 4 من الوثيقة 1 - .

التمرين الثاني:

- 1 - لدينا سلسلة من نواقل الإلكترونات التالية :



- حيث بتدخل مثبط يتم إعاقة نقل الإلكترونات بين T_n و T_{n+1} .
 - أي من الناقلين يكون في حالة مؤكسدة ، و أيهما يكون في حالة مرجعة ؟
 2 - إن السلسلة التنفسية عند نوع بكتيري تتكون من نواقل الهيدروجين هي الـ NAD^+ (نيكوتين أميد أدنين ثنائي نوكلئوتيد) ، و أربع نواقل للإلكترونات هي من نوع السيوكروم و هي : Cyt_1 ، Cyt_2 ، Cyt_3 ، Cyt_4 .
 لتحديد موضع كل ناقل في السلسلة التنفسية ، تستعمل خمس (5) مثبطات لهذه السلسلة هي (أ) ، (ب) ، (ج) ، (د) و (هـ) في مجموعة من التجارب ، و نلاحظ في كل مرة الحالة المؤكسدة أو المرجعة لكل ناقل من نواقل السلسلة (الحالة المؤكسدة يرمز لها بـ " + " بينما الحالة المرجعة يرمز لها بـ " - ") .
 نتائج التجارب ممثلة في الجدول التالي :

المثبط	NAD ⁺	FAD	Cyt1	Cyt2	Cyt3	Cyt4
أ	—	—	—	—	—	—
ب	—	—	—	+	—	+
ج	—	—	—	+	—	—
د	—	—	+	+	—	+
هـ	—	—	+	+	+	+

- أ - ما هو تأثير المثبط (أ) في السلسلة (مستوى التأثير) .
 ب - ما هو ترتيب تدخل نواقل الإلكترونات (Cyt) في السلسلة ؟
 ج - علما أن الزوج $NAD^+ / NADH, H^+$ ذو كمون أكسدة و إرجاع = - 0.32 فولط ، بينما الزوج $FAD / FADH_2$ له كمون أكسدة و إرجاع = - 0.1 فولط .
 رتب جميع نواقل السلسلة ، مبينا عليها مستويات تدخل مختلف المثبطات .

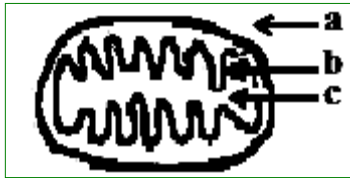
III - هناك ثلاثة أنواع من المثبطات التنفسية و هي :
 السيانور (Cyanure) : يمنع انتقال الإلكترونات من آخر ناقل إلى الأكسجين .
 الأوليغوميسين (Oligomycine) : يمنع تركيب الـ ATP على مستوى الكريات المذنبة .
 الدينيتروفينول (Dinitrophenol) : يجعل غشاء الميتوكوندري نفوذا للبروتونات .

- 1 - في حالة استخدام السيانور ، هل تنتقل الإلكترونات على مستوى السلسلة التنفسية ؟ و هل يتركب الـ ATP ؟
- 2 - كيف تكون إجابة السؤال - 1 - مع الدينيتروفينول ؟
- 3 - أجريت مجموعة من التجارب على مثبطين للسلسلة التنفسية (A) و (B) .
 عند استعمال المثبط (A) لوحده يتوقف انتقال الإلكترونات بالإضافة إلى توقف تركيب الـ ATP ، و عند إضافة المثبط (B) نلاحظ حدوث انتقال الإلكترونات دون حدوث تركيب للـ ATP .
 إلى أي نوع من المثبطات السالفة الذكر (السيانور، الأوليغوميسين، الدينيتروفينول) ينتمي كل من المركبين (A) و (B) ؟

التمرين الثالث :

1 - يعتبر هدم السكريات في خلايا الكائنات الحية مصدرا لإنتاج جزيئات الـ ATP ، و لهدف إظهار تشكل هذه الجزيئات أنجزت التجربة التالية :

• وضعت خلايا خميرة الخبز في وسط فيزيولوجي و أضيفت لها جزيئات من سكر بسيط هو الغلوكوز المشع بواسطة الكربون (^{14}C) ، تم تتبع الإشعاع بدلالة الزمن بتقنية التصوير الإشعاعي الذاتي ، ف لوحظ انتقال الإشعاع بالترتيب من الوسط إلى المنطقة (a) ، فالمنطقة (c) ، حيث فيها يتواجد الإشعاع على مستوى جزيئات مكونة من ذرتي كربون .



- أ - تعرف على البيانات الممثلة بالحروف a , b , c .
- ب - فيما تتمثل الجزيئات المكونة من ذرتي كربون ؟
- ب - حدد في مخطط بسيط كيفية تحول جزيئات الغلوكوز إلى غاية دخول الإشعاع إلى المنطقة (c) .
- ج - بعد مدة زمنية لا يلاحظ الإشعاع سوى على جزيئات الـ CO_2 . ماهي نواتج التفاعلات التي تسمح بذلك و ما مصيرها ؟
- 2 - تستعمل الطاقة الناتجة عن إمالة الـ ATP في العديد من النشاطات الخلوية ، من بينها الحركة الناتجة عن التقلص العضلي .
 تستهلك العضلة أثناء تقلصها كمية من الطاقة تقدر بـ 1752 كيلو حريرة ، كما أن تشكل جزيئة واحدة من الـ ATP انطلاقا من الـ ADP و الـ P_i يستوجب طاقة قدرها 7.3 كيلوحريرة (Kc) .
 باعتبار أن المصدر الوحيد للطاقة الموفرة هو تلك الجزيئات التي لوحظ فيها الإشعاع في المنطقة (c) .
 فكم هو عدد هذه الجزيئات الواجب استعمالها لكي تتمكن العضلة القيام بهذا النشاط المدروس ؟

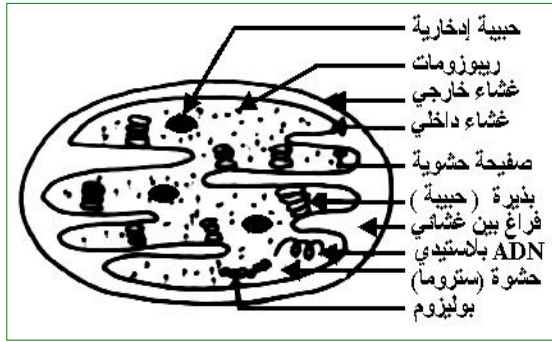
I - 1 - البيانات :

1 : نواة ، 2 : سيتوبلازم ، 3 : ميتوكوندري ، 4 : صانعة خضراء .

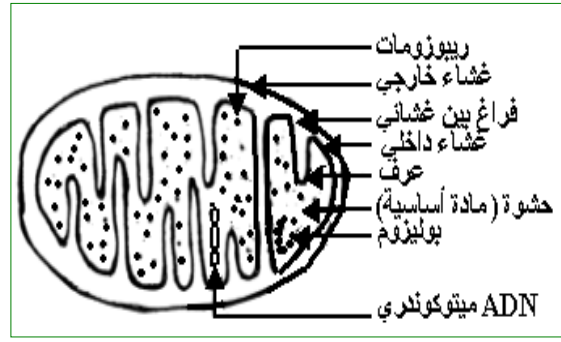
2 - الاختلافات البنوية بين الكائنين الممثلين بالشكلين (1) و (2) :

وجود الصانعة الخضراء في الكلوريللا و غيابها في خميرة الجعة .
إذا هناك علاقة بين هذه الاختلافات و نمط حياة هذين الكائنين ، حيث وجود الصانعة الخضراء في الكلوريللا تمكن هذا الكائن من تركيب غذائه العضوي (مواد الأيض) فهو ذاتي التغذية .
بينما خميرة الجعة في غياب الصانعة الخضراء غير قادرة على تركيب المواد العضوية، فهي غير ذاتية التغذية .

3 - رسم ما فوق بنية العضيتين (3) و (4) :



العضية - 4 -



العضية - 3 -

4 - أ - خصائص وسط الاستنبات :

■ يحتوي على المواد المعدنية الأساسية و المتمثلة في الماء و الأملاح المعدنية ، العناصر الأساسية تتمثل في :

(H , O , P , K , N , S , Mg , Fe , Ca , Mn) .

■ يحتوي على مصدر لغاز CO₂ ، و هو ثاني فحمات الكالسيوم الذي عند تحلله يحرر غاز CO₂ وفقا للمعادلة التالية :



■ خال من المواد العضوية (عناصر النمو و مصادر الطاقة) .

ب - تفسير النتائج :

✳ بالنسبة للكلوريللا : كل شروط التركيب الضوئي متوفرة (ماء ، أملاح معدنية ، CO₂ ، يخضور و ضوء) تجعل الكلوريللا قادرة على تركيب المواد العضوية الضرورية لانتاج الطاقة ، النمو و التكاثر . و نتيجة لذلك يزداد وزنها الجاف.

✳ بالنسبة لخميرة الجعة : الخميرة غير قادرة على تركيب غذائها العضوي ، رغم توفر كل شروط التركيب الضوئي (ماء ، أملاح معدنية ، CO₂ ، يخضور و ضوء) ، و يعود سبب ذلك إلى غياب الصانعة الخضراء و بالتالي تنعدم المواد العضوية الضرورية لانتاج الطاقة ، النمو و التكاثر ، فتحتفظ الخميرة بوزنها الجاف .

تأكيد الإجابة : نعم هذه النتائج تؤكد الإجابة عن السؤال (2) .

II - 1 - تحليل و تفسير النتائج :

التحليل : يمثل المنحنى تطور كمية سكر الفروكتوز ثنائي الفوسفات (فروكتوز 1 ، 6 ثنائي فوسفات) و كمية الـ ATP بدلالة الزمن .

■ المرحلة 1 : نلاحظ تزايد في كمية فروكتوز 1 ، 6 ثنائي فوسفات حتى 15 وحدة اعتبارية ، يقابلها تناقص في كمية الـ ATP .

■ المرحلة 2 : نلاحظ انخفاض في كمية فروكتوز 1 ، 6 ثنائي فوسفات حتى 5 وحدة اعتبارية ، يقابلها تزايد في كمية الـ ATP .

التفسير :

- خلال مرحلة التحلل السكري تتم فسفرة الغلوكوز إلى غلوكوز 6 فوسفات ثم إلى فروكتوز 6 فوسفات ثم إلى فروكتوز 1 ، 6 ثنائي فوسفات هذه العملية تستهلك جزيئين من الـ ATP ، لذلك يلاحظ ظهور الفروكتوز ثنائي الفوسفات باستمرار مع انخفاض كمية الـ ATP .

- نتيجة تحول الفروكتوز 1 ، 6 ثنائي فوسفات إلى حمض البيروفيك يتم إنتاج 4 جزيئات من الـ ATP .
إذن يستهلك الفروكتوز ثنائي الفوسفات فتنقص كميته ، بينما تزداد كمية الـ ATP .

- أسم العملية : التحلل السكري .

3 - أ - تفسير النتائج التجريبية :

إذا قارنا عدد ذرات الكربون بين حمض الليمون ($C_6H_8O_7$) و حمض السيتوغلوتاريك ($C_5H_6O_5$) ، نلاحظ أن حمض الليمون فقد جزيئة من (CO_2) و ذرتي هيدروجين ($2H^+$) ليتحول إلى حمض السيتوغلوتاريك ($C_5H_6O_5$).
خلال هذه العملية تم انتزاع ذرتي هيدروجين ($2H^+$) بواسطة أنزيمات نازعة للهيدروجين ، و انتزاع جزيئة (CO_2) بواسطة أنزيمات نازعة لـ (CO_2).

ذرات الهيدروجين تلتقط من طرف أزرق الميثيلين المؤكسد (BM^+) (أزرق) الذي يرجع إلى أزرق ميثيلين مرجع (عديم اللون) (BMH, H^+).

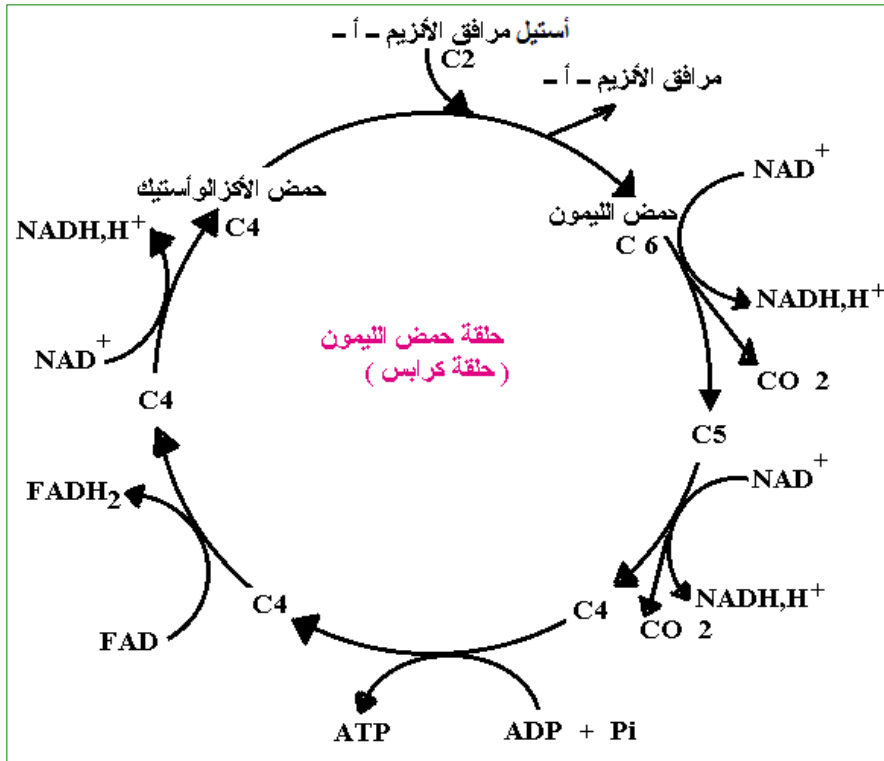
أسم العملية : هي أكسدة حمض الليمون إلى حمض السيتوغلوتاريك .

ب - المعادلة :



أزرق ميثيلين مرجع حمض السيتوغلوتاريك أزرق ميثيلين مؤكسد حمض الليمون

ج - حلقة كرابس :

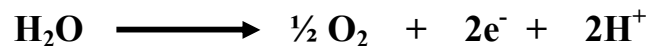


د - الأهمية البيولوجية لهذه الدورة بالنسبة للخلية :

- تسمح بتفكيك تدريجي لمادة الأيض .
- الحصول على جزيئات ATP تم تركيبها بصورة مباشرة .
- إرجاع المرافقات الأنزيمية التي تحتوي على إلكترونات عالية الطاقة لبناء الـ ATP .

ب - 1 - تفسير النتائج التجريبية :

● المجموعة 1 : شروط التحليل الضوئي للماء متوفرة (ضوء ، يخضور) فيتحلل الماء ضوئياً وفق المعادلة التالية :



فيلتقط أزرق الميثيلين المؤكسد (BM^+) البروتونات (H^+) و الإلكترونات (e^-) الذي يرجع إلى أزرق ميثيلين مرجع (BMH, H^+) (عديم اللون) .

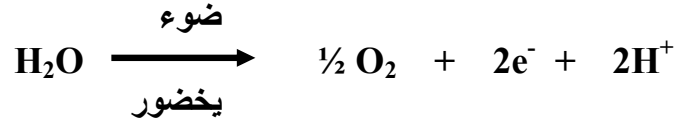


- عدم تركيب المادة العضوية نتيجة لانعدام مصدر للكربون أي غاز CO_2 .

المجموعة 2 :

- في غياب مصدر للكربون CO_2 لا يحدث تحليل ضوئي للماء فيبقى أزرق الميثيلين مؤكسدا (BM^+) .
- في غياب مصدر للكربون CO_2 لا يحدث تركيب للمادة العضوية (الفحمية).

المجموعة 3 :

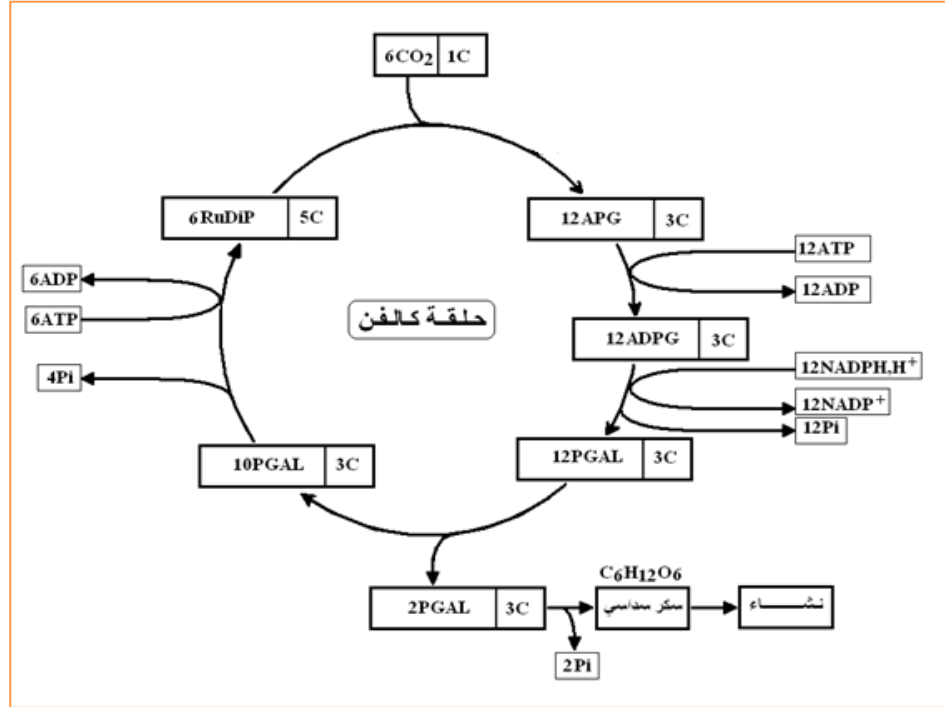


يسمح هذا التفاعل بإرجاع أزرق الميثيلين (BM^+) إلى BMH, H^+ (عديم اللون).

$$\text{BM}^+ + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{BMH}, \text{H}^+$$

ثم يسترجع أزرق الميثيلين لونه أي يعود إلى حالة مؤكسد (BM^+) حيث يفقد الهيدروجين الذي يستعمل لبناء المادة العضوية و ذلك بتوفر غاز CO_2 .

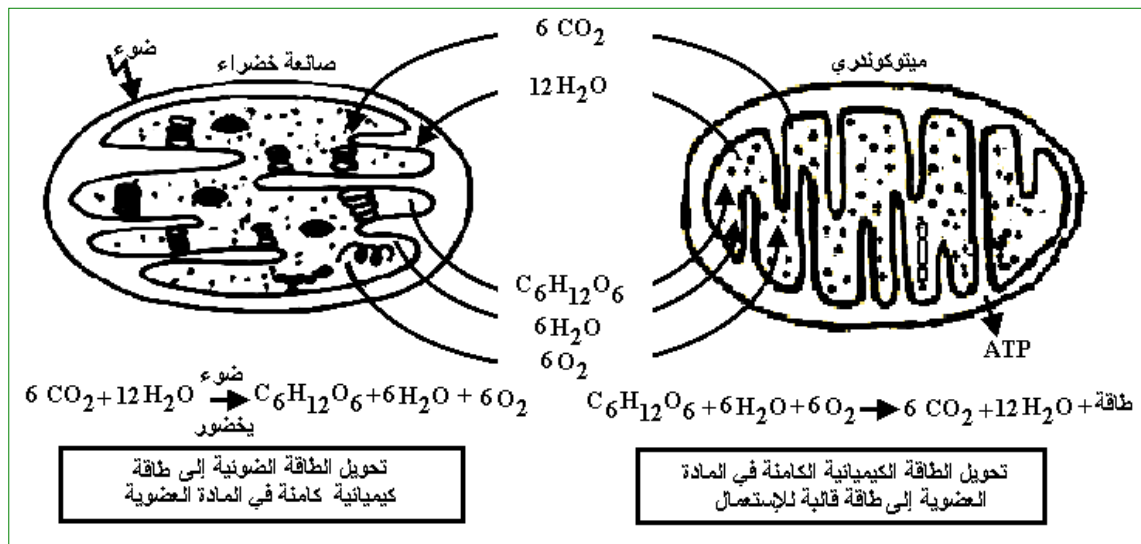
2 - دورة كالفن :



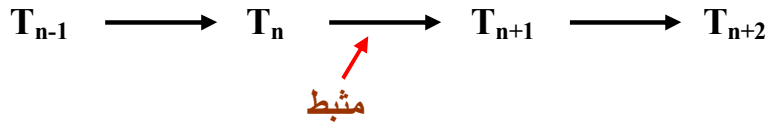
3 - الأهمية البيولوجية للظاهرة التي تقوم بها العناصر (4) في حياة الخلية :

تقوم الصانعات الخضراء باقتناص الطاقة الضوئية بفضل اليخضور و تحويلها إلى طاقة كيميائية كامنة في المادة العضوية. تستعمل هذه المادة العضوية للترميم أو تستخلص طاقتها أثناء عملية التنفس.

III - العلاقة الوظيفية بين العضيات (3) و (4) :



1- أي من الناقلين يكون في حالة مؤكسدة ، و أيهما يكون في حالة مرجعة ؟



يعيق المثبط انتقال الإلكترونات من T_n نحو T_{n+1} ، و بالتالي يكتسب T_n إلكترونات من T_{n-1} ، و يكون بذلك في حالة مرجعة ، بينما يفقد T_{n+1} إلكترونات و يستقبلها T_{n+2} و لا يعوضها و يكون بذلك في حالة مؤكسدة .
 T_n : في حالة مرجعة .
 T_{n+1} : في حالة مؤكسدة .

2 - أ - تأثير المثبط (أ) في السلسلة (مستوى التأثير) :

على إثر تأثير المثبط (أ) يلاحظ أن جميع نواقل السلسلة في حالة مرجعة أي انها كلها تكتسب إلكترونات ، فلم يعمل المثبط (أ) على إعاقة انتقال الإلكترونات بين مختلف هذه النواقل ، و بالتالي يكون تأثيره بين آخر ناقل في السلسلة و المستقبل النهائي للإلكترونات (الأكسجين) .

ب - ترتيب تدخل نواقل الإلكترونات (Cyt) في السلسلة :

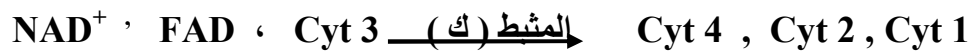
تحليل النتائج :

تأثير المثبط (هـ) : جميع نواقل الإلكترونات في حالة مؤكسدة ، بينما نواقل الهيدروجين (NAD^+ و FAD) في حالة مرجعة .

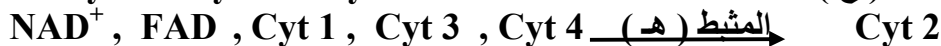
أثر إذن المثبط (هـ) بعد كل من NAD^+ و FAD^+ و قبل كل من $Cyt 1$, $Cyt 2$, $Cyt 3$, $Cyt 4$



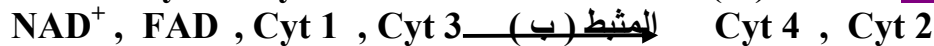
تأثير المثبط (ك) : أثر المثبط (ك) بعد كل من NAD^+ و FAD و $Cyt 3$ و قبل كل من $Cyt 1$, $Cyt 2$, $Cyt 4$.



تأثير المثبط (ج) : أثر المثبط (ج) بعد كل من NAD^+ , FAD , $Cyt 1$, $Cyt 3$, $Cyt 4$ و قبل $Cyt 2$.



تأثير المثبط (ب) : أثر المثبط (ب) بعد كل من NAD^+ , FAD , $Cyt 1$, $Cyt 3$ و قبل كل من $Cyt 2$ و $Cyt 4$.



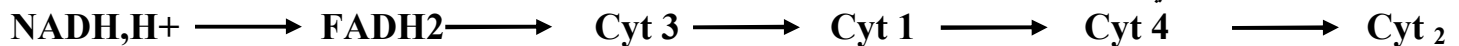
ج - ترتيب جميع نواقل السلسلة مبينا عليها مستويات تدخل مختلف المثبطات :

من تحليل تأثير المثبط (د) : فإن $Cyt 3$ هو الأول في السلسلة .

من تحليل تأثير المثبط (ج) : فإن $Cyt 2$ هو الرابع في السلسلة .

من تحليل تأثير المثبط (ب) : فإن $Cyt 1$ يكون قبل $Cyt 4$ أي أن $Cyt 1$ هو الثاني و $Cyt 4$ هو الثالث .

و منه يكون الترتيب كالآتي :



III - إمكانية انتقال الإلكترونات على مستوى السلسلة التنفسية :

1 - في حالة استخدام السيانور : لا تنتقل الإلكترونات على مستوى السلسلة التنفسية لأنها لا تستطيع الوصول إلى المستقبل النهائي لها و المتمثل في الأكسجين ، فتتوقف كل النواقل في حالة مرجعة .

و نظرا لعدم حدث انتقال للإلكترونات لا يحدث ضخ للبروتونات حسب تدرج التركيز عبر الكريات المذبة و بالتالي لا يتشكل الـ ATP .

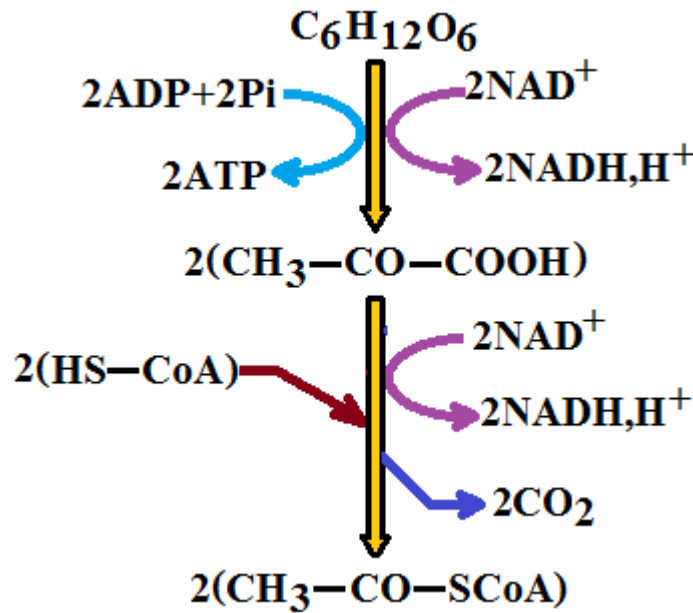
2 - في حالة استخدام الدينيتروفيனால் : يحدث انتقال للإلكترونات و لكن لا يحدث تركيب للـ ATP لأن الدينيتروفيனால் يؤدي إلى تعادل تركيز البروتونات على جانبي غشاء الميتوكوندري .

3- نوع المثبطات التي ينتمي إليها من المركبين (A) و (B) : يثبط المثبط (A) في نفس الوقت انتقال الإلكترونات و تركيب الـATP، لذا يمكن مقارنته بالسيانور أو بالأوليغوميسين .
 فإذا كان من نوع السيانور، فلا يمكن استرجاع القدرة على نقل الإلكترونات ، و عليه يمكن القول بأن المركب (A) ينتمي إلى الأوليغوميسين .
 يقوم المثبط (B) بنفس عمل الدينيتروفينول .

التمرين الثالث :

- أ - تعرف على البيانات الممثلة بالحروف a , b , c .
 ب - فيما تتمثل الجزيئات المكونة من ذرتي كربون ؟
 ب - حدد في مخطط بسيط كيفية تحول جزيئات الغوكوز إلى غاية دخول الإشعاع إلى المنطقة (c) .
 ج - بعد مدة زمنية لا يلاحظ الإشعاع سوى على جزيئات الـ CO₂ .

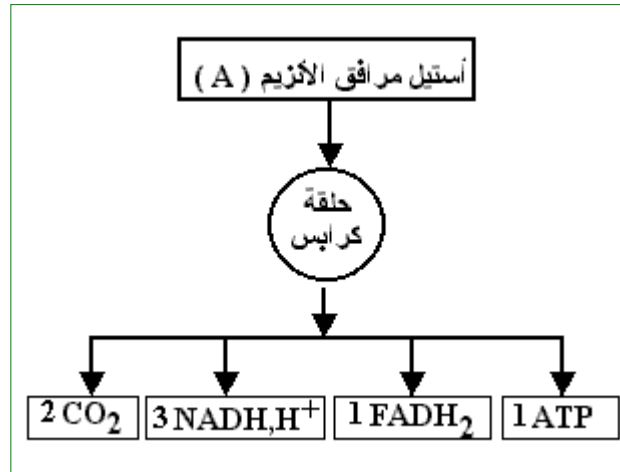
- 1 - أ - التعرف على البيانات الممثلة بالحروف a , b , c .
 a : هيولى ، b : عرف (غشاء داخلي) ، c : مادة أساسية .
 ب - فيما تتمثل الجزيئات المكونة من ذرتي كربون ؟
 تتمثل هذه الجزيئات في الأستيل مرافق الأنزيم "A" (CH₃ — CO — SCoA) .
 ب - تحديد في مخطط بسيط كيفية تحول جزيئات الغوكوز إلى غاية دخول الإشعاع إلى المنطقة (c) .



- 2 - تستعمل الطاقة الناتجة عن إمالة الـATP في العديد من النشاطات الخلوية ، من بينها الحركة الناتجة عن التقلص العضلي .
 تستهلك العضلة أثناء تقلصها كمية من الطاقة تقدر بـ 1752 كيلو حريرة ، كما أن تشكل جزيئة واحدة من الـATP انطلاقا من الـADP و الـPi يستوجب طاقة قدرها 7.3 كيلوحريرة (Kc) .
 باعتبار أن المصدر الوحيد للطاقة الموفرة هو تلك الجزيئات التي لوحظ فيها الإشعاع في المنطقة (c) .
 فكم هو عدد هذه الجزيئات الواجب استعمالها لكي تتمكن العضلة القيام بهذا النشاط المدروس ؟

ج - نواتج التفاعلات التي تسمح بذلك و ما مصيرها :

التفاعلات التي تسمح بذلك هي تفاعلات حلقة كرابس التي تستعمل الأستيل مرافق الأنزيم A و ينتج عنها غاز CO_2 و تتمثل نواتج هذه التفاعلات إلى جانب غاز CO_2 ، في الـ ATP و جزيئات مرافقات أنزيم مرجعة من الـ NADH, H^+ و الـ FADH_2 حيث بتدخل جزيئة واحدة من الأستيل مرافق الأنزيم A في تفاعلات حلقة كرابس يتم تشكل كل من :



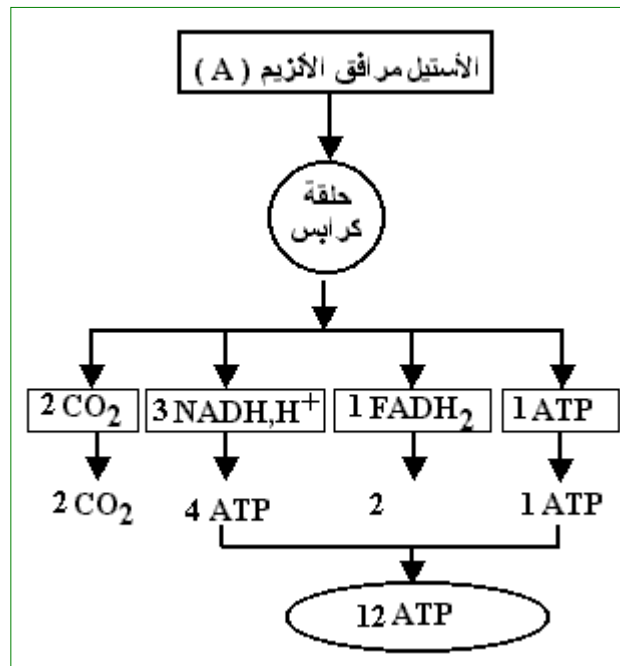
2 CO_2
 3 NADH, H^+
 1 FADH_2
 1 ATP

مصير مرافقات الأنزيم المرجعة و المتمثلة في الـ NADH, H^+ و FADH_2 :

تنتقل من المادة الأساسية للميتوكوندري نحو الغشاء الداخلي له حيث تدخل في تفاعلات السلسلة التنفسية و بالتالي تتم أكسدتها عبر سلسلة نواقل السلسلة التنفسية إلى كل من NAD^+ و FAD أثناء ذلك يتم تشكل جزيئات من الماء إلى جانب جزيئات من الـ ATP .

2 - عدد هذه الجزيئات الواجب استعمالها لكي تتمكن عناصر الوثيقة القيام بهذا النشاط المدرس :

يحتاج النشاط المدرس (التقلص العضلي) أستهلاك 1752 كيلو حريرة .
 الجزيئات المستعملة لإنتاج الطاقة هي جزيئات الأستيل مرافق الأنزيم A ، و يتم استعمالها حسب المخطط التالي :



عدد جزيئات الـ ATP اللازمة للتقلص العضلي :

$$(1752) \div (7.3) = 240 \text{ جزيئة ATP} .$$

بما أن كل جزيئة أستيل مرافق الأنزيم A تؤدي إلى تحرير 12 جزيئة من الـ ATP (حسب المخطط السابق) ، فعدد جزيئات الأستيل مرافق الأنزيم A الواجب استعمالها هو :

$$(240) \div (12) = 20 \text{ جزيئة أستيل مرافق الأنزيم A} .$$