علوم طبيعية

الخلية والطاقة

تذكير

• التركيب الضوئي يتم في مرحلتين متكاملتين :

مرحلة ضوئية يتم خلالها استعمال الطاقة الضوئية لإنتاج الـ ATP وإرجاع المستقبلات، كما يتم طرح غاز الأوكسجين.

مرحلة ظلامية يتم خلالها تثبيت غاز الـ CO_2 لتركيب المادة العضوية باستعمال الـ ATP والمستقبلات المرجعة.

• التنفس هو تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في المادة العضوية إلى طاقة قابلة للاستعمال وهي الـ ATP في وجود غاز الـ O_2.

يتم خلال عملية التنفس هدم كلي لجزيئة الغلوكوز وتتم هذه العملية في ثلاث مراحل هي :

• التحلل السكري الذي يحدث في الهيولى ويتم خلاله تحويل جزيئة غلوكوز إلى جزيئتين من حمض البيروفيك.

• الأكسدة التنفسية تحدث في المادة الأساسية للميتوكوندري ويتم خلالها أكسدة كلية لحمض البيروفيك وإرجاع للمستقبلات.

• الفسفرة التأكسدية تحدث على مستوى الغشاء الداخلي للميتوكوندري (الأعراف)، يتم خلالها أكسدة المستقبلات المرجعة خلال المراحل السابقة، فسفرة للـ ADP وإرجاع للـ O_2 ليتشكل الماء.

مصطلحات:

• الطفرة: هي ظهور رصفة بصورة مفاجئة غير متوقعة وتصبح وراثية تنتقل عبر الأجيال. إذن تمتاز بأنها تغيير فجائي، تغيير وراثي، ظهورها حدث نادر.

• الفوسفور المشع: يستعمل لتتبع مصير ومسار المادة داخل الخلية.

ملاحظات:

خطوات ونتائج التجربة 1 مشابهة لخطوات ونتائج تجربة امرسون. زيادة الوزن الجاف ناتج عن زيادة في كمية المادة العضوية.

الفحص السريع

01.00.00 **

اختر الإجابة الصحيحة:

1 ■ تحدث المرحلة الضوئية للتركيب الضوئي :

أ • في حشوة الصانعة الخضراء.

ب • في الكيس.

ج • في الهيولى.

2 ■ تتحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كميائية قابلة للاستعمال قبل تحولها إلى طاقة كميائية كامنة.

أ • صحيح.

ب • خطأ.

3 ■ تعتبر الكريات المذنبة :

أ • إنزيم مفكك للـ ATP.

ب • ناقل إلكتروني.

ج • إنزيم مركب للـ ATP.

د • إنزيم مؤكسد للمستقبلات المرجعة.

4 ■ يعتبر الـ O_2 آخر مستقبل للإلكترونات والبروتونات الناتجة عن هدم المادة العضوية.

أ • صحيح.

ب • خطأ.

الأجوبة

1 ■ أ، ب، 2 ■ أ، 3 ■ ج، د، 4 ■ أ، ب

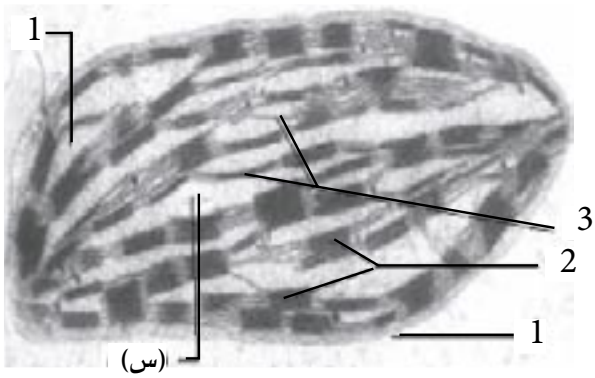
الموضوع المقترح

الموضوع

02.00.00 **

1 ■ أثناء النشاطات الحيوية الخلوية المختلفة تحدث ظواهر عديدة، البعض منها منتج للطاقة والبعض الآخر مستهلك لها. لفهم آلية تحويل الطاقة على المستوى الخلوي نقوم بالدراسة التالية :

أنجزت الوثيقة - 1 - من ملاحظة بالمجهر الإلكتروني لعضية خلوية شوهدت في كائن حي (أ) وحيد الخلية قادر على الحركة.



الوثيقة - 1 -

أ • ضع عنوانا للوثيقة.

ب • تعرف على البيانات المرقمة.

• ما هي الطبيعة الكميائية للمادة (س) حيث تأخذ لونا أزرق بنفسجيا مع ماء اليود.

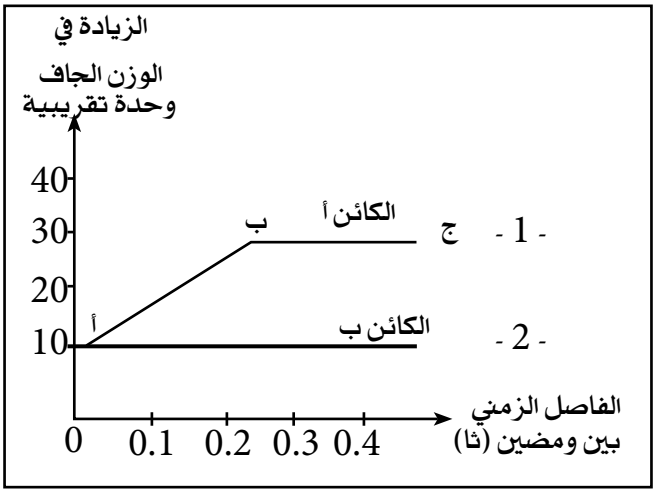
2 ■ الكائن (أ) يتحرك إذا عرض إلى أشعة X تحدث فيه طفرة فيصبح غير قادر على الحركة لنعتبره الكائن(ب).

للتعرف على سبب حيوية الكائن الحي (أ) وعجز الكائن (ب) عن الحركة نحقق التجارب التالية:

التجربة 1:

تسلط ومضات ضوئية على الكائنين (أ) و(ب) بشدة ومدة تأثيرها ثابتة، يغير الزمن الفاصل بين ومضتين وتقاس الزيادة في الوزن الجاف للكائنين (أ) و(ب)، تمثل النتائج في المنحنيين 1 و2 من الوثيقة -2-

الوثيقة - 2 -



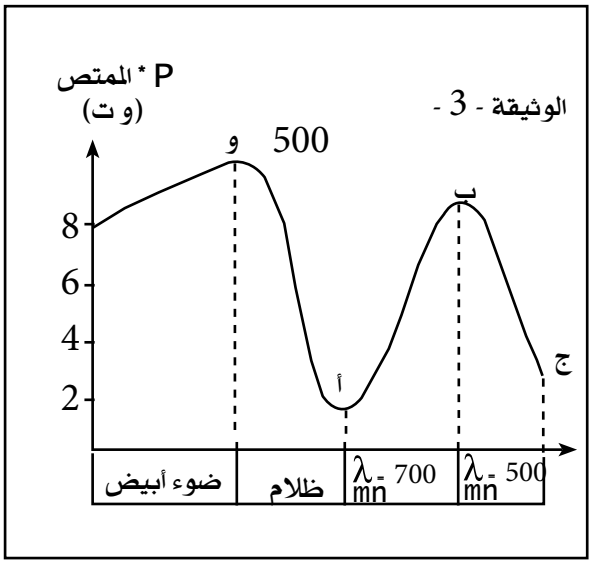
1 ■ كيف تفسر الجزء (أب) والجزء (ب ج) من المنحنى 1، ماذا تستخلص من ذلك؟

2 ■ كيف تفسر ثبات المنحنى 2.

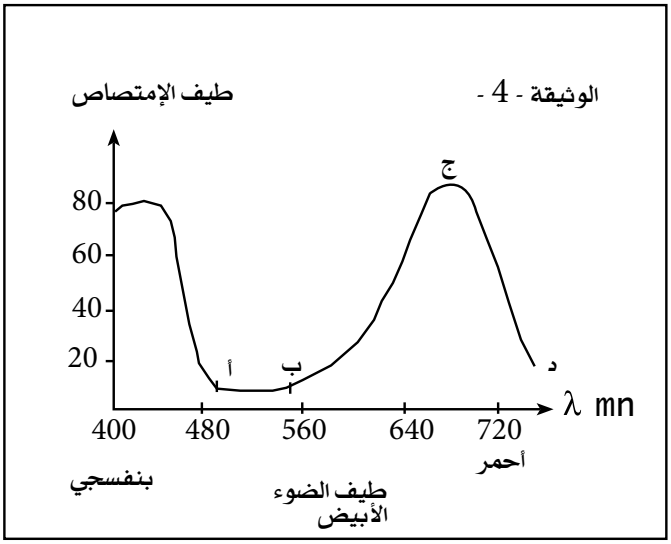
التجربة 2 :

بهدف دراسة إنتاج الـ ATP في الكائن الحي (أ)، تعزل العضية الممثلة في الوثيقة -1- وهي سليمة، توضع في وسط يحتوي على نظير مشع للفوسفور وتعرض لإضاءة متقطعة. النتائج ممثلة في الوثيقة - 3 -، أما الوثيقة - 4 - فتمثل امتصاص الضوء من قبل هذه العضيات.

الوثيقة - 3 -



الوثيقة - 4 -



1 ■ مثّل بنية الـ ATP وما هو مصير الفوسفور المشع المتص ؟

2 ■ ما هي العلاقة التي تربط الجزءين(وأ)،(ب ج) من الوثيقة - 3 - بالجزء (أب) من الوثيقة -4- ؟

3 ■ ما هي العلاقة بين الـ ATP وزيادة الوزن الجاف للكائن (أ) ؟

التجربة 3:

نعرض ميتوكوندري الكائن (أ) إلى أمواج فوق صوتية كما هو موضح في الوثيقة -5-.

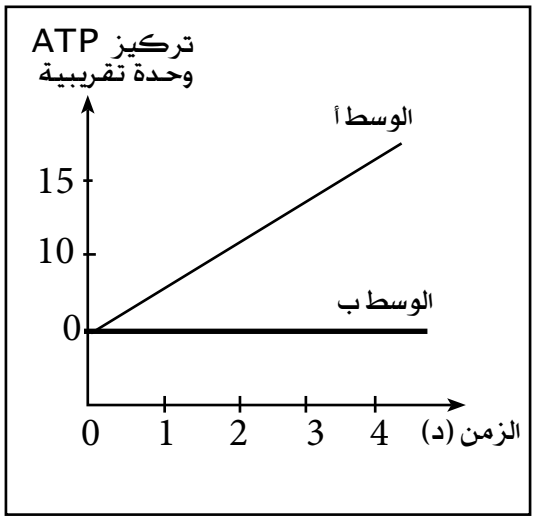
توزع الحويصلات على وسطين : في الوسط (أ) نبقي الكريات المذنبة للحويصلات سليمة ونحذف كريات الحويصلات الموضوعة في الوسط (ب)، علما أن الـ pH الداخلي لكل الحويصلات يساوي 4 والخارجي يساوي 8.5، يضاف

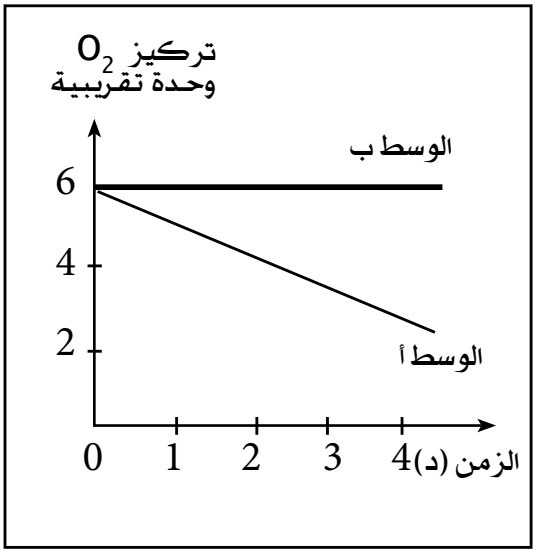
للوسطين O_2، ADP و Pi.

تمثل نتائج قياس تركيز الـ O_2 و ATP في الوسطين في الوثيقة - 6 -.

1 ■ ما هي المعلومة المستخلصة من هذه النتائج ؟

2 ■ دعم إجابتك برسم تخطيطي كامل البيانات يوضح الآلية المدروسة.





الوثيقة - 6 -

تمرين

**

00.30.00

لتحديد دور الضوء في التركيب الضوئي أجريت تجارب على معلق من الصانعات الخضراء موضوعة في محلول مجرد من الـ CO_2.

هذه الشروط التجريبية لا تسمح بتركيب ضوئي حيث تظهر فقط دور الضوء، نتائج التجارب مبينة في الجدول التالي:

رقم الأنبوب	محتوى الأنبوب	تعريض الأنبوب	النتائج بعد 10 د
1	7 ملل من المحلول + 1 ملل من معلق الصانعات الخضراء + 1 ملل من (D-6.2)	للضوء	زوال اللون (D-6.2)
2	7 ملل من المحلول + 1 ملل من معلق الصانعات + 1 ملل من (D-6.2)	للظلام	عدم زوال اللون (D-6.2)
3	7 ملل من محلول + 1 ملل من معلق الصانعات الخضراء + تسخين لمدة 10 دقائق في حمام مائي (100م) + 1 ملل من (D-6.2)	للضوء	عدم زوال اللون (D-6.2)

ملاحظة: (D-6.2) مركب كيميائي هو 2،6 ديكلوروفيتول يوجد على شكلين:

مؤكسد - أزرق اللون

مرجع - عديم اللون

1 ■ ما هي فائدة استعمال الأنبوبين 2 و3 ؟

2 ■ حدّد دور الضوء من خلال هذه التجارب.

3 ■ حدّد دور الضوء في عملية التركيب الضوئي.

4 ■ هل يمكن أن يستمر تأثير الضوء على الصانعات الخضراء في غياب الـ CO_2 ؟ علل.

5 ■ هل تم خلال هذه التجربة تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة؟ علل.

إجابة نموذجية

موضوع

1 ■ عنوان الوثيقة: صورة لما فوق بنية الصانعة الخضراء.

• البيانات : 1 - غلاف الصانعة، 2 - كييسات غرانا، 3 - صفائح حشوية، 4 - الحشوة

• الطبيعة الكميائية للمادة (س) : هو سكر معقد ذو مصدر نباتي (النشاء).

2 ■ التجربة 1 • تفسير الجزء (أ ب) : بزيادة مدة المرحلة اللاّضوئية يزداد المردود (تركيب المادة العضوية) لزيادة التفاعلات الكميائية الخاصة بتثبيت الـ CO_2.

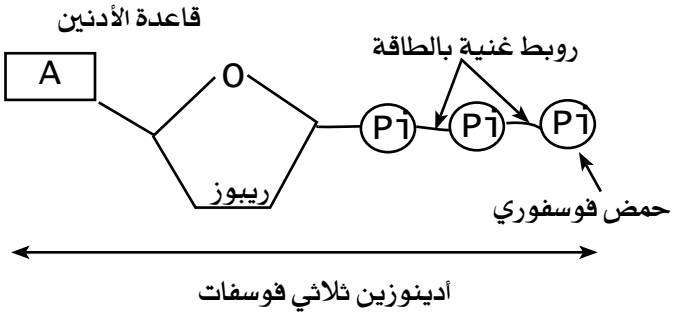
• تفسير الجزء (ب ج) : باكتمال التفاعلات الكيميائية لتوفر المدة اللازمة لهذه التفاعلات وهي 0,4 ثانية، فتبقى سرعة التفاعلات وتركيب المادة العضوية ثابتة رغم زيادة المدة.

النتيجة: يتم التركيب الضوئي في مرحلتين، مرحلة ضوئية قصيرة ومرحة لاضوئية طويلة.

• تفسير ثبات المنحنى (2): ثبات المنحنى يعود إلى عدم حدوث عملية التركيب الضوئي لانعدام اليخضور.

التجربة 2 :

1 ■ تمثيل بنية الـ ATP :



مصير P^* : يدخل في تركيب حمض الفوسفور H_3PO_4 (P_i) الذي يدخل في تركيب الـ ATP.

2 ■ العلاقة التي تربط الجزءين (و أ)، (ب ج) من الوثيقة -3- بالجزء (أ ب) من الوثيقة -4- :

امتصاص ضعيف جدا للأشعة الضوئية الخضراء ومنه تناقص امتصاص الفوسفور لتناقص الطاقة اللاّزمة للفسفرة.

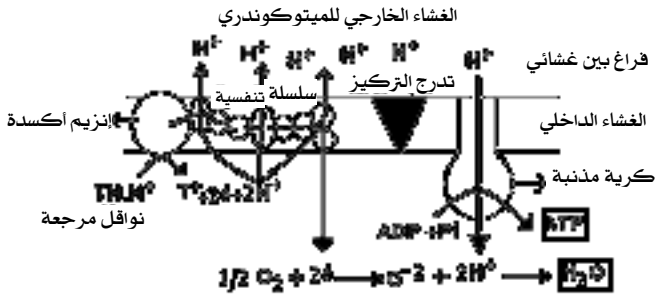
3 ■ تساهم الطاقة الناتجة عن إماهة الـ ATP في بناء السكريات التي تتفكك خلال عملية التنفس للحصول على الطاقة اللازمة للتكاثر، مما يؤدي إلى زيادة الوزن الجاف.

التجربة 3 :

1 ■ إن استهلاك الـ O_2 مقرون بفسفرة الـ ADP.

• الكريات المذنبة مقر فسفرة الـ ADP إلى ATP (لاحتواء الكريات المذنبة على إنزيم ATP سنتيتاز).

2 ■ رسم الفسفرة التأكسدية :



إجابة نموذجية

التمرين

1 ■ الفائدة من استعمال الأنبوب 2: إظهار ضرورة لإرجاع (D-6.2).

• الفائدة من استعمال الأنبوب 3: إظهار ضرورة سلامة النواقل الغشائية (مكونات السلسلة التركيبية الضوئية) لإرجاع (D-6.2).

2 ■ دور الضوء في التجارب:

يعمل على إثارة اليخضور في الأنظمة الضوئية فتفقد إلكترونات.

تعوض هذه الإلكترونات بتلك الناتجة من عملية التحليل الضوئي للماء.

تنتقل الإلكترونات المفقودة في نواقل السلسلة التركيبية الضوئية حسب كمون الأكسدة والإرجاع، إما باستعمال طاقة أو يحرر طاقة وتستقبل في الأخير من طرف المركب (D-6.2) الذي يرجع فيزول لونه.

3 ■ دور الضوء في عملية التركيب الضوئي:

يلعب نفس الدور المذكور أعلاه، إلا أن المستقبل الأخير للإلكترونات والبروتونات الناتجة عن عملية التحليل الضوئي للماء هو $NADP^+$ الذي يرجع إلى $NADPH, H^+$ كما يؤدي خروج البروتونات من تجويف الكييس إلى الحشوة عبر الكريات المذنبة حسب تدرج التركيز إلى إنتاج الـ ATP انطلاقا من $ADP+Pi$.

تستعمل هذه النواتج في المرحلة الثانية من عملية التركيب الضوئي، وهي المرحلة الضوئية التي يتم خلالها تثبيت الـ CO_2 لتركيب المادة العضوية.

4 ■ لا يستمر تأثير الضوء على الصانعات الخضراء في غياب الـ CO_2.

التعليل:

في وجود الـ CO2 تحدث تفاعلات دورة كالفن التي يتم خلالها أكسدة المستقبلات المرجعة ($NADPH, H^+$ إلى $NADP^+$).

المستقبلات المؤكسدة ($NADP^+$ في الحالة الطبيعية أو (D-6.2) في التجربة) تستقبل من جديد الإلكترونات والبروتونات الناتجة عن عملية التحليل الضوئي للماء.

في حالة غياب الـ CO_2 تبقى كل المستقبلات مرجعة (مشبعة) لأن كميتها محدودة في الوسط، فلا تجد الإلكترونات والبروتونات الناتجة عن عملية التحليل الضوئي للماء مستقبلا لها، فتتوقف هذه العملية رغم وجود الضوء ومنه يصبح هذا العامل غير مؤثر.

5 ■ لم يتم خلال هذه التجربة تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة.

التعليل:

الطاقة الكيميائية الكامنة تتمثل في المواد العضوية التي تتم في المرحلة اللاضوئية من عملية التركيب الضوئي بتثبيت الـ CO_2، بما أن الوسط لا يحتوي على الـ CO_2 فإن حلقة كالفن لن تحدث، ومنه لن تتركب المادة العضوية، أي لم تتكون طاقة كيميائية كامنة.

علوم طبيعية

الخلية والطاقة (2)

تذكير

التخمر : هو عملية تحويل الطاقة الكميائية الكامنة إلى طاقة قابلة للإستعمال في غياب غاز الأوكسجين.

مقر عملية التخمر: الهيولى حيث يتحول حمض البيروفيك الناتج عن التحلل السكرى إلى كحول إثيلي أو حمض اللبن حسب نوع الخلية.

ينتج عن عملية التخمر في الخلية الحيوانية حمض اللبن لذا يسمى بالتخمر اللبني.

ينتج عن عملية التخمر في الخلية النباتية الإيثانول وغاز الـ CO_2 لذا يسمى بالتخمر الكحولي.

التقلص العضلي: هو عملية إستعمال الطاقة حيث يتم خلاله تحويل الطاقة القابلة للإستعمال (ATP) إلى طاقة ميكانيكية.

تحدث هذه العملية في الألياف العضلية التي تحتوي على ليفيات تتكون من وحدات عضلية تتكون من خيوط بروتينية هي خيوط الأكتين و خيوط الميوزين.

على المستوى الجزيئي يحدث التقلص العضلي بإنزلاق خيوط الأكتين على الميوزين حيث تتشكل جسور بين الأكتين والميوزين ، تدور رؤوس الميوزين ساحبة خيوط الأكتين نحو مركز القطعة العضلية مما يؤدي إلى تقاربها وتتم عملية الدوران هذه بإماهة الـ ATP في رؤوس الميوزين التي تلعب دور إنزيم مفكك لـ ATP.

تحتاج عملية التقلص إلى كمية كبيرة من الطاقة مصدرها الأساسي عمليتي التنفس والتخمر أو ما يعرف بالطريق البطيئ، كما يمكن للخلية العضلية أن تتحصل على الطاقة من تفاعلات أخرى منها إستعمال حمض الفوسفوكيراتين وهذا ما يعرف بالطريق السريع وكذا من جزيئتين من ADP.

•مصطلحات :

الميوغلوبين : أو الخضاب العضلي ينقل ويخزن الأوكسجين في الخلية العضلية ويأخذ اللون الوردي.

الفحص السريع

** 00.30.00

اختر الإجابة الصحيحة:

1 ■ يدخل في تركيب الليفات العضلية البروتينات التالية:

أ • التروبونين.

ب • الأكتين.

جـ • البرولاكتين.

د • التروبوميوزين.

و • الكيراتين.

2 ■ تتم عملية التخمر اللبني عندما تتواجد الخلايا في وسط خال من غاز الـ O_2 فقط.

أ • صحيح.

ب • خطأ.

3 ■ ليحدث دوران رؤوس الميوزين الذي يسمح بتقلص الوحدة العضلية يتم :

أ • تركيب الـ ATP .

ب • إنتاج الحرارة .

جـ • إماهة الـ ATP .

د • تثبيت شوارد الكالسيوم.

4 ■ لتلبية الحاجيات الطاقوية للعضلة عند تزايد الجهد العضلي:

أ • تتوقف عملية التنفس وتبدأ عملية التخمر.

ب • تحدث عملية التخمر إلى جانب عملية التنفس.

جـ • تتوقف عملية التخمر وتبدأ عملية التنفس.

الأجوبة

1 ■ أ، ب، د، و 2 ■ ب 3 ■ جـ 4 ■ ب 5 ■ ب

الموضوع المقترح

** 02.00.00

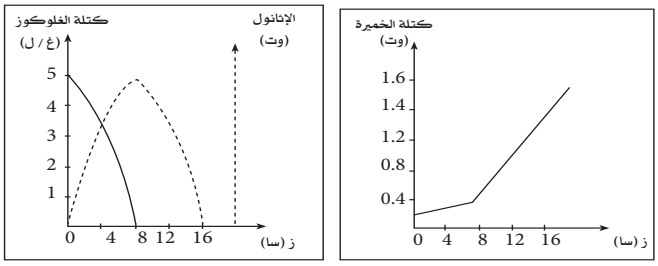
موضوع

تتطلب النشاطات الحيوية طاقة تستخرج من مادة الأيض بتدخل وسائط حيوية هي الإنزيمات التي تنشط في ظروف خاصة.

يدرس هذا الموضوع العلاقة الطاقوية عند كائنات حية مختلفة ومدى تأثير هذه الوسائط.

I

أ • وضع في جهاز مخبري كمية معينة من خميرة الجعة، يضاف في الوسط محلول الجلوكوز بتركيز 5 غ/ل في شروط معينة حيث أنه في الزمن 8 يحدث تغيرا لأحد هذه الشروط ، توضح النتائج المحصل عليها في الوثيقة - 1-



الوثيقة - 1 -

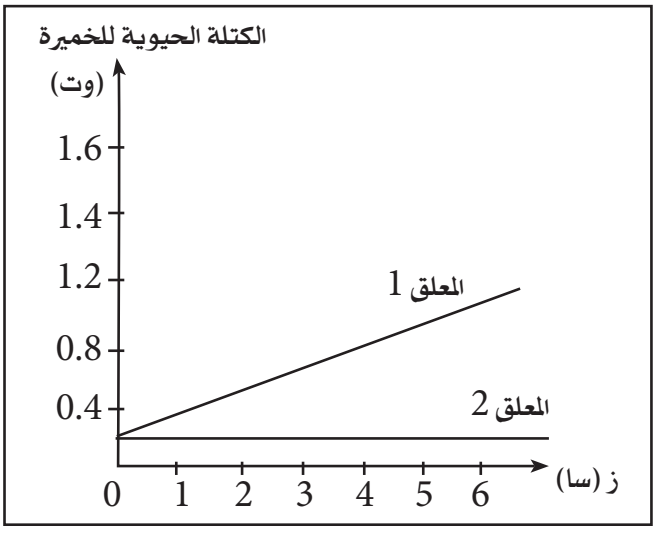
1 ■ فسر النتائج المحصل عليها في المجال الزمني من 0 إلى 8 مدعما إجابتك بمعادلات كيميائية.

2 ■ فسر الظاهرة التي تحدث في المجال الزمني من 8 إلى 16 مبرزا الشرط التجريبي الذي تغير ، علما أن الإيثانول يتأكسد إلى أستيل.

3 ■ أعد تمثيل منحنيي الوثيقة -1- من الزمن 8 إلى 16 سا في حالة عدم تغيير هذا الشرط التجريبي.

4 ■ ماذا تستنتج من الإجابتين 2 و 3 ؟

ب • يوضع معلقين للخميرة في محلول الجلوكوز بتركيز 5 غ /ل في وسطين لاهوائيين الأول في درجة حرارة 22 م° والثاني في درجة حرارة 2 م°، تمثل النتائج الوثيقة -2- .



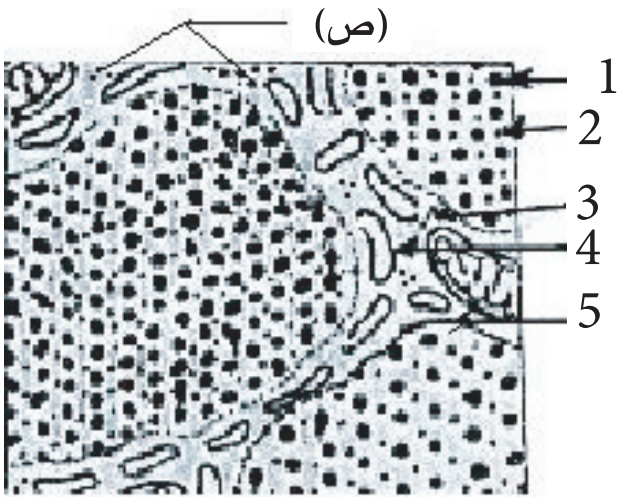
الوثيقة - 2 -

1 ■ ماهي المعلومة المستخلصة من مقارنة المنحنيين ؟

II

بهدف دراسة أحد النشاطات الحيوية التي تحتاج إلى طاقة، نقوم بالدراسة التالية :

• تنجز الوثيقة -2- إنطلاقا من صورة أخذت بالمجهر الإلكتروني لجزء من خلية عضلية.



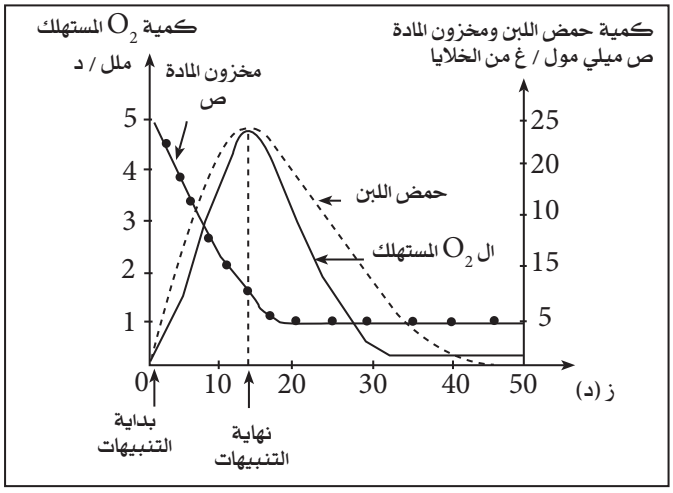
الوثيقة - 3 -

1 ■ تعرف على البيانات المرقمة.

2 ■ تعرف على المادة (ص) وصنفها إذا علمت أنها تأخذ لون بني محمر مع ماء اليود.

التجربة 1:

1 ■ تعرض هذه الخلية الموضوعة في وسط فيزيولوجي ملائم مشبع بالـ O_2 لعدة تنبيهات فعالة متتالية ، سجلت نتائج استهلاكها للـ O_2 و للمادة (ص) وإنتاجها لحمض اللبن في مخططات الوثيقة - 4 - .



الوثيقة - 4 -

-ماذا تستنتج من تحليل هذه النتائج ؟

2 ■ إن 54.3 % من الطاقة المستعملة من طرف الخلايا العضلية خلال هذه التجربة تأتي من تفاعلات استهلاك الأوكسجين و 35.7% تأتي من تفاعلات إنتاج حمض اللبن.

التجربة 2 :

وضعت الخلايا العضلية في وسط فيزيولوجي آزوتي لا يحتوي على الأوكسجين و أضيفت له مادة تمنع التخمر اللبني .

تستجيب الخلايا للتنبيهات الفعالة المتتالية لفترة زمنية قصيرة.

التجربة 3 :

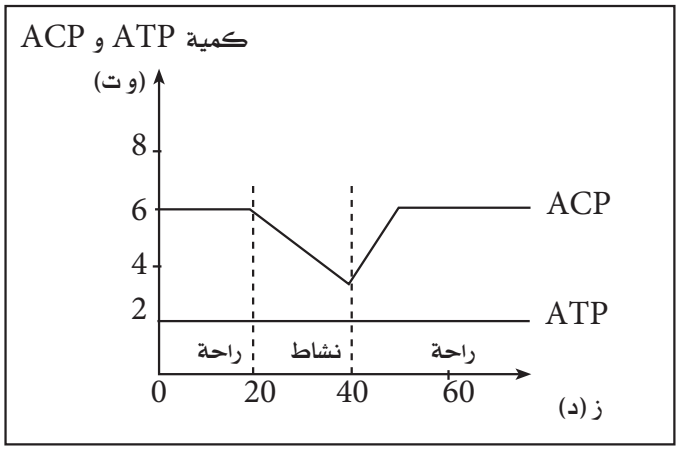
وضعت الخلايا العضلية في وسط فيزيولوجي مشبع بالـ ATP وبشوارد الكالسيوم نلاحظ مباشرة تكون جسور مابين العنصرين 1 و 2 من الوثيقة -3- تعمل على قصر طول هذه الخلايا.

1 ■ فسر النتيجة المستخلصة من المرحلة ب من التجربة 1، التجربة2 و التجربة 3 ؟

2 ■ ماذا تستنتج من هذه التجارب ؟

3 ■ وضح بواسطة رسومات تخطيطية كيف تعمل هذه الجسور على قصر طول الخلايا العضلية.

4 ■ تمثل الوثيقة - 5 - نتيجة قياس كمية الـ ATP وحمض الفوسفوكرياتين (ACP) المتواجدين في الخلية العضلية.



الوثيقة - 5 -

- فسر ثبات الـ ATP خلال النشاط و ثبات الـ ACP بعد النشاط ،مدعما إجابتك بمعادلات كميائية.

**

01.00.00

تمرين

في نفس العضلة نجد نمطين من الألياف العضلية.

- ألياف عضلية من نمط 1 ذات قطر صغير محاطة بعدد كبير من الشعيرات الدموية.
- ألياف عضلية من نمط 2 ذات قطر كبير محاطة بعدد قليل جدا من الشعيرات الدموية.

يبرز الجدول التالي أهم الفوارق بين هاذين النمطين من الألياف العضلية :

الألياف العضلية من النمط 1	الألياف العضلية من النمط 2
•غنية بالميوغلوبين.	•فقيرة بالميوغلوبين.
•بها عدد كبير من الميتوكوندري.	•بها عدد قليل من الميتوكوندري.
•بها كمية قليلة من الغليكوجين.	•بها كمية كبيرة من الغليكوجين.
•تقلصها بطيئ و مدعم.	•تقلصها سريع وقوي.
•لاتتعب بسرعة.	•تتعب بسرعة.
•تكون الفسفرة التأكسدية شديدة.	• تكون الفسفرة التأكسدية ضعيفة.

1 ■ استخرج العلاقة الموجودة بين كمية الميوغلبين و عدد الميتوكوندري في نمطي الألياف العضلية المدروسة.

2 ■ بواسطة رسم تخطيطي دقيق مثّل الميتوكوندري عند النمطين من الألياف.

3 ■ بيّن الطريقة التي تستخدمها كل من هذه الألياف العضلية للحصول على الطاقة الضرورية للتقلص، دعم إجابتك بمعادلات كميائية.

الإجابة النموذجية

موضوع

I ■ أ

1 ■ تفسير النتائج المحصل عليها في المجال الزمني من 0 إلى 8 :

يعود الاستهلاك الكبير للغلوكوز وإنتاج الإيثانول إلى قيام الخميرة بعملية التخمر أي هي متواجدة في وسط لاهوائي و ينتج عنها كمية قليلة من الطاقة فيكون التكاثر قليل ومنه الزيادة في الكتلة ضعيفة .

معادلة التخمر الكحولي :

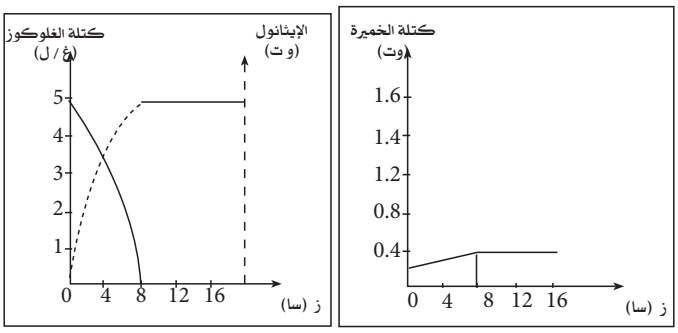
$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2\,C_2H_5OH\,2 + CO_2 + 2\,ATP$$

إيثانول

2 ■ تفسير الظاهرة التي تحدث في المجال الزمني من 8 إلى16 :

تمت إضافة غاز الأوكسجين في الوسط وهو الشرط التجريبى الذي تغير، حدثت أكسدة الإيثانول إلى أستيل فتتناقص كميته في الوسط ، يتأكسد الأستيل بدوره في الميتوكوندري بوجود الأوكسجين فتنتج كمية كبيرة من الطاقة مما يزيد من تكاثر الخميرة فتزيد كتلتها.

3 ■ إعادة تمثيل منحنيي الوثيقة -1- من الزمن 8 إلى 16 سا :



الوثيقة - 1 -

4 ■ الإستنتاج :

الخميرة قادرة على إنتاج الطاقة في الوسط الهوائي عن طريق الأكسدة الخلوية وفي الوسط اللاهوائي عن طريق التخمر.

الطاقة الناتجة من الأكسدة الخلوية أكثر من تلك الناتجة من علية التخمر.

I ■ ب

المعلومة المستخلصة من مقارنة المنحنيين :

تحدث ظاهرة التخمر بتدخل إنزيمات وهي من طبيعة بروتينية تتأثر بتغير درجة حرارة الوسط.

I

1 ■ البيانات :

1 -ميوزين، 2 -أكتين، 3 -هيولى عضلية، 4 -ش.هـ.د ملساء، 5 -ليفات عضلية.

2 ■ المادة(ص) عبارة عن غليكوجين.

تصنيفها : هي من السكريات المعقدة.

1 ■ الإستنتاج من تحليل نتائج الوثيقة -3- :

أثناء فترة التنبيهات أي خلال عملية التقلص العضلي تقوم الخلية العضلية بظاهرتي التنفس والتخمر في نفس الوقت.

عند توقف التقلص تتوقف عملية التخمر ويتواصل التنفس بشدة أقل إلى أن تنفذ مادة الأيض(الغليكوجين) في الخلية .

1 ■ تفسير النتيجة المستخلصة من المرحلة ب من التجربة 1:

إن الطاقة الناتجة من ظاهرة التنفس كبيرة (38 ATP لكل جزيئة غلوكوز) مقارنة بالطاقة الناتجة من ظاهرة التخمر (2 ATP لكل جزيئة غلوكوز)، رغم أن تفاعلات التنفس تستغرق مدة أطول من تفاعلات التخمر إلا أنه أكبر نسبة من الطاقة المستعملة أثناء التقلص آتية من التنفس.

• تفسير النتيجة المستخلصة من التجربة 2 :

إن للعضلة مخزون طاقوي ومصادر أخرى لإنتاج الطاقة أثناء التقلص لكن هذه المصادر محدودة هذا مايفسر تقلصها لفترة قصيرة ثم تتوقف عن التقلص بسبب عدم تجديد الطاقة (ATP) المستعملة في الخلية العضلية أثناء عملية التقلص لتوقف أهم طرق إنتاج الطاقة وهي ظاهرتي التنفس والتخمر.

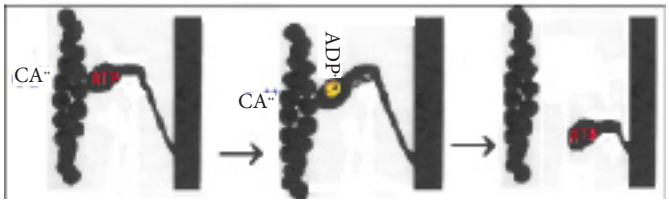
• تفسير النتيجة المستخلصة من التجربة 3 :

في وجود الـATP وشوارد الكالسيوم تحدث عملية التقلص العضلي حيث تتشكل الجسور بين الأكتين والميوزين وإماهة الـ ATP في رؤوس الميوزين تؤدي إلى دورانها ليقصر طول الوحدة العضلية أي حدوث التقلص العضلي.

2 ■ الإستنتاج من التجارب :

تتقلص الألياف العضلية في وجود الـ ATP وشوارد الكالسيوم معا. الطاقة المستعملة تتجدد باستمرار من تفاعلات التنفس والتخمر أساسا كما يمكن تجديدها بطرق أخرى (الطريق السريع) بتفكيك الـ ACP مثلا.

3 ■ تمثيل آلية التقلص العضلي برسوم تخطيطية :



تثبيت ATP على الرؤوس، إعادة امتصاص الكلسيوم، دخول الرؤوس والعودة إلى الراحة

إماهة ATP في رؤوساليوزين ودوران الرؤوس، انزلاق خيوط الأكتين وحدوث التقلص

تشكل جسور اكتوميوزين

4 ■ نفسر ثبات كمية الـ ATP بتجديدها باستمرار انطلاقا من الـ ACP وهذا ما يفسر تناقص كميته أثناء النشاط حيث :

$$ACP + ADP \longrightarrow ATP + AC$$

يتم هذا التفاعل بتدخل إنزيم فوسفوكرياتين كيناز.

أما ثبات كمية الـ ACP بعد النشاط فنفسره بإعادة تركيبه انطلاقا من الـ ATP الناتجة من عملية التنفس أثناء الراحة حسب التفاعل التالي:

$$ATP + AC \longrightarrow ACP + ADP$$

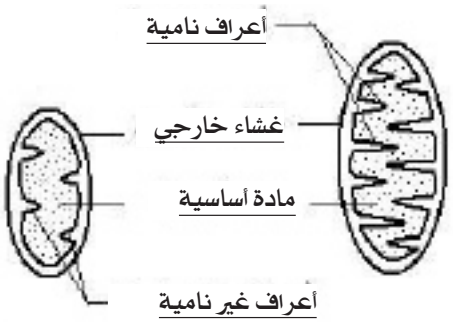
لذا فهو يعود إلى كميته الأصلية أثناء الراحة.

التمرين

1 ■ العلاقة الموجودة بين كمية الميوغلبين و عدد الميتوكوندري في نمطي الألياف العضلية هي :

إن الميوغلوبين مادة ناقلة لغاز الأوكسجين في الخلية العضلية لذلك كلما زادت كمية الميوغلوبين زادت كمية هذا الغاز في الخلية زادت شدة عملية الأكسدة التنفسية التي يستهلك خلالها الأوكسجين ومقرها الميتوكوندري مما يفسر زيادة عددها في الخلية العضلية، بينما يقل عدد الميتوكوندري في حالة نقص كمية الميوغلوبين أي نقص نسبة غاز الأوكسجين في الخلية العضلية.

2 ■ رسم الميتوكوندري :



ميتوكوندري النمط 1 | ميتوكوندري النمط 2

3 ■ الألياف من النمط -1- تتحصل على الطاقة من خلال عملية التنفس وهي هدم كلي للغلوكوز الناتج عن إماهة الغليكوجين حسب المعادلة التالية :

$$C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2 \longrightarrow 6H_2O + 6CO_2 + 38ATP$$

ويتم هذا الهدم في الميتوكوندري باستهلاك غاز O_2 حيث أنه يتواجد بكميات كبيرة في هذه الألياف فتكون عملية الفسفرة التأكسدية شديدة وإنتاج الطاقة كبير وبذلك يكون تقلص هذه الألياف مدعم ولا تتعب بسرعة.

-الألياف من النمط -2- تتحصل على الطاقة من خلال عمليتي التنفس والتخمر وهذا بسبب نقص غاز O_2 في هذه الألياف ونقص عدد الميتوكوندري حيث تكون عملية التنفس ضعيفة والطاقة الناتجة عنها غير كافية لتلبية الحاجيات الطاقوية لليف العضلي أثناء التقلص فتحدث عملية التخمر إلى جانب التنفس لتوفير الطاقة وهي هدم جزئي للغلوكوز الناتج عن إماهة الغليكوجين ،المتواجد بكميات كبيرة، في الهيولى دون الحاجة إلى غاز O_2 وتكون الطاقة الناتجة قليلة بالمقارنة مع عملية التنفس، وبذلك يكون تقلص هذه الألياف سريع وقوي في البداية لكنها تتعب بسرعة بسبب تراكم حمض اللبن الناتج عن عملية التخمر في الألياف.

معادلة التخمر :

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2\,CH_3\,CHOH\,COOH + 2\,ATP$$

حمض اللبن

الأستاذة هندي