

الوحدة السادسة : الطاقة والتنفس

الدرس الأول : حاجة الكائنات الحية إلى الطاقة



مدرسة درة الخليج الدولية الخاصة
DORAT ALKHALEEJ
INTERNATIONAL PRIVATE SCHOOL
UNDER THE SUPERVISION OF THE MINISTRY OF EDUCATION

تحتاج جميع الكائنات الحية إلى التزود بالطاقة باستمرار للبقاء على قيد الحياة
الطاقة ضرورية لكل كائن حي وكل خلية حية لعدة أغراض متنوعة وهي:

١ - البناء : يتطلب بناء الجزيئات الكبيرة من الجزيئات الأصغر.

مثل: تضاعف جزيئات DNA ، أو بناء البروتينات، الطاقة دائماً وهذا النوع من التفاعلات الأيضية يسمى تفاعلات البناء .

٢ - الحركة : تتطلب الحركة طاقة .

أنواع الحركة :

أ - داخل الخلية : مثل نقل البروتين من مكان بنائه على الرايبوسوم إلى جهاز جولجي.

ب - خارج الخلية : على مستوى الخلايا أو الأنسجة أو الأعضاء ككل، مثل انقباض العضلات .

٣ - النقل : نقل المواد عبر الأغشية ضد منحدر تركيزها بالنقل النشط .

كل خلية حية تستخدم ATP لنقل الطاقة . وتكوّن كل خلية ATP الخاص بها، ثم تطلق الطاقة من جزيئات ATP لتوفرها للعمليات الواردة أعلاه.

من أين تأخذ الطاقة التي فيها جزيئات ATP ؟

تنشأ الطاقة في معظم الكائنات الحية من ضوء الشمس . فالنباتات وغيرها من الكائنات الحية التي تقوم بالتمثيل الضوئي تلتقط الطاقة من ضوء الشمس وتحولها إلى طاقة كيميائية كامنة في الجزيئات العضوية مثل الكربوهيدرات والدهون والبروتينات، وهي تقوم بذلك عن طريق التمثيل الضوئي.

لذا يُسمّى ATP المعلّط المثالي للطاقة ؟

١ - يمكن أن يحدث التحلل المائي لجزيء ATP بسرعة وسهولة في أي جزء من الخلية يحتاج إلى الطاقة.

٢ - يطلق التحلل المائي لجزيء واحد من ATP كمية كافية لتزويد عملية تتطلب الطاقة في الخلية، وليس كمية كبيرة يتم إهدارها.

٣ - ATP جزيء مستقر نسبياً في نطاق الرقم الهيدروجيني pH الذي يوجد عادة في الخلايا.

علّق .. تحتاج خلاياك إلى كميات ATP باستمرار

يوجد في جسمك في هذه اللحظة ما بين 50-200 g من ATP ، وسوف تستخدم أكثر من 50 kg من ATP في هذا اليوم .

يلخص الطالب حاجة الكائنات الحية للطاقة، كما يتضح من خلال النقل النشط والحركة وتفاعلات البناء، كتلك التي تحدث في تضاعف DNA وبناء البروتين.

يصف سمات ATP التي تجعله مناسباً كعملة طاقة عالمية.

عليه .. لا تفتقر خلايا الجسم مخازن كبيرة لـ ATP

لأنها تكونه عند الحاجة فقط .

يتكون ATP عند اندماج مجموعة فوسفات مع ADP ، فكيف يحدث ذلك ؟

يحدث ذلك بطريقتين :

الطريقة الأولى : استخدام الطاقة التي يوفرها مباشرة تفاعل كيميائي آخر يسمى التفاعل المرتبط بالمادة المتفاعلة .

الطريقة الثانية : عن طريق الأسموزية الكيميائية وهي عملية تحدث عبر غشاء الميتوكوندريا الداخلي أو البلاستيدة الخضراء، باستخدام الطاقة المنطلقة من حركة أيونات الهيدروجين مع منحدر تركيزها.

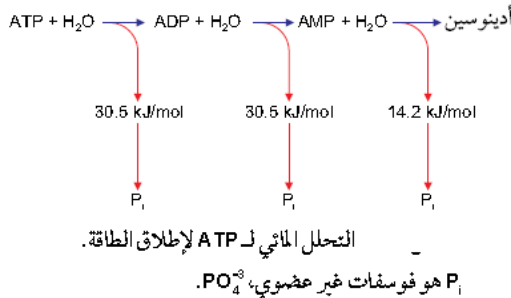
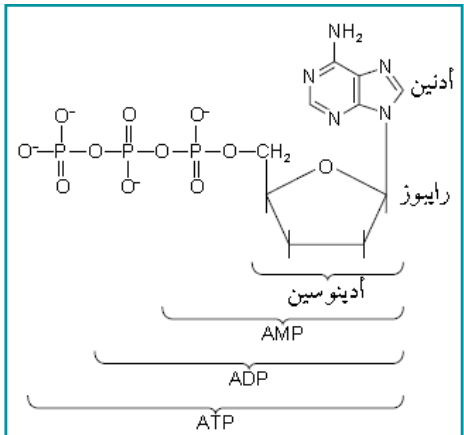
عليه .. يتطلب من الإنسان التنفس باستمرار ؟

لحاجة الإنسان إلى التزود المستمر بـ ATP حيث يوفر التنفس الأكسجين للخلايا، التي تستخدمه لأكسدة الجلوكوز وإطلاق الطاقة منه، وتستخدم هذه الطاقة لبناء جزيئات ATP

اذكر المفهوم العلمي لكل مما يأتي :

تفاعلات البناء - التنفس - التفاعل المرتبط بالمادة المتفاعلة - الاسموزية الكيميائية

تفاعلات البناء : تفاعلات كيميائية يتم فيها بناء الجزيئات الكبيرة من جزيئات أصغر.
التنفس: عملية إطلاق الطاقة بواسطة الإنزيمات من المركبات العضوية في الخلايا الحية.
التفاعل المرتبط بالمادة المتفاعلة: تفاعل يتم فيه نقل الفوسفات من جزيء المادة المتفاعلة مباشرة إلى ADP لتكوين ATP ، باستخدام الطاقة التي يوفرها مباشرة تفاعل كيميائي آخر.
الأسموزية الكيميائية: بناء ATP باستخدام الطاقة المنطلقة من حركة أيونات الهيدروجين مع منحدر تركيزها عبر غشاء الميتوكوندريون أو البلاستيدة الخضراء.



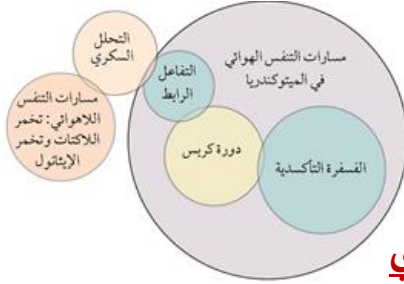
الدرس الثاني : التنفس الهوائي



مدرسة درة الخليج الدولية الخاصة
DORAT ALKHALEEJ
INTERNATIONAL PRIVATE SCHOOL
UNDER THE SUPERVISION OF THE MINISTRY OF EDUCATION

التنفس هو العملية التي تتفكك فيها الجزيئات العضوية في سلسلة من المراحل لإطلاق الطاقة الكيميائية الكامنة، التي تستخدم لبناء ATP والجزيء العضوي الرئيسي الذي يُستخدم في هذه العملية هو الكربوهيدرات، وعادة ما يكون الجلوكوز. يمكن للعديد من الخلايا - بما فيها خلايا الدماغ - استخدام الجلوكوز فقط كمادة متفاعلة للتنفس. ومع ذلك، تفكك خلايا أخرى الأحماض الدهنية والجليسرول والأحماض الأمينية للتنفس. فعلى سبيل المثال، تستخدم عضلات القلب الأحماض الدهنية.

مراحل عملية تفكك الجلوكوز



١ - التحلل السكري . ٢ - التفاعل الرابط .

٣ - دورة كريس . ٤ - الفسفرة التأكسدية .

١ - التحلل السكري

هو انشطار الجلوكوز، ويحدث في سيتوبلازم الخلية. هو سلسلة من التفاعلات (الخطوات) التي ينشطر في نهايتها جزيء الجلوكوز سداسي الكربون 6C إلى جزيئين من البيروفات ثلاثي الكربون 3C

خطوات التحلل السكري

الخطوة الأولى : الفسفرة .

تفاعل تضاف فيه مجموعات فوسفات إلى الجزيء يتحول الجلوكوز إلى فركتوز ١-٦ ثنائي الفوسفات

الخطوة الثانية : انشطار الفركتوز .

ينشطر الفركتوز ١-٦ ثنائي الفوسفات إلى

مركبين بكل منهما ٦ ذرات كربون ويسمى :

(تريوزفوسفات) مركب وسيط .

الخطوة الثالثة : تكون حمض البيروفيك

(البيروفات)

يتم نزع الهيدروجين والإلكترونات من تريوز فوسفات وينقل إلى المرافق الإنزيمي نيكوتين أميد أدنين ثنائي النيكوتينيد NAD يسمى نزع الهيدروجين أو الإلكترونات أكسدة ، لذا يتأكسد تريوز فوسفات خلال هذه العملية . وتسمى إضافة الهيدروجين أو الإلكترونات للمادة المتفاعلة اختزال ، ويسمى NAD الآن NAD المُختَزَل.

يذكر مكان حدوث كل مرحلة من مراحل التنفس الهوائي الأربع في الخلايا حقيقية النواة:

- التحلل السكري في السيتوبلازم
- التفاعل الرابط في حشوة الميتوكوندريا
- دورة كريس في حشوة الميتوكوندريا
- الفسفرة التأكسدية على غشاء الميتوكوندريا الداخلي.

يلخص التحلل السكري على أنه فسفرة الجلوكوز والانشطار اللاحق للفركتوز 1 ، 6 ثنائي الفوسفات 6C إلى جزيئي تريوز فوسفات 3C اللذين يتأكسدان إلى جزيئي بيروفات 3C مع إنتاج ATP و NAD المُختَزَل.

جلوكوز



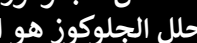
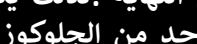
فركتوز 1-6 ثنائي فوسفات



تريوزفوسفات



تريوزفوسفات



وعلى الرغم من استخدام جزيئين من ATP لتحلل جزيء واحد من الجلوكوز في البداية، فإن أربع جزيئات من ATP تتكون في النهاية. لذلك يكون الربح الصافي من تحلل جزيء واحد من الجلوكوز جزيئين من ATP والناتج النهائي لتحلل الجلوكوز هو البيروفات .

اذكر المفهوم العلمي لكل مما يأتي :

التحلل السكري - الفسفرة - نيكوتين أميد أدينين ثنائي النيوكليوتيد NAD - أكسدة - اختزال .



مدرسة درة الخليج الدولية الخاصة
DORAT ALKHALEEJ
INTERNATIONAL PRIVATE SCHOOL
UNDER THE SUPERVISION OF THE MINISTRY OF EDUCATION

التحلل السكري : انشطار الجلوكوز، وهي المرحلة الأولى من التنفس الهوائي.

الفسفرة: إضافة مجموعة فوسفات إلى جزيء.

نيكوتين أميد أدينين ثنائي النيوكليوتيد NAD : مرافق إنزيمي يقوم بنقل الهيدروجين، ويستخدم في التنفس.

أكسدة: إضافة الأكسجين، أو نزع الهيدروجين أو الإلكترونات من المادة.

اختزال: نزع الأكسجين أو إضافة الهيدروجين أو الإلكترونات إلى المادة.

٢ - التفاعل الرابط

يحدث : في الغشاء الداخلي في الميتوكوندريا . ويحتاج الى أكسجين

سبب التسمية : يربط بين محلة تحلل الجلوكوز ودورة كريبس .

$$\text{NAD}^+ + \text{CoA} + \text{NADH} + \text{H}^+ \rightarrow \text{NAD} + \text{CoA} + \text{H}^+$$

اذكر المفهوم العلمي لكل مما يأتي :

نزع الكربوكسيل - نزع الهيدروجين - مرافق الإنزيم A (CoA) - أستيل CoA - التفاعل الرابط .

نزع الكربوكسيل : نزع ثاني أكسيد الكربون من مادة ما .

نزع الهيدروجين : نزع الهيدروجين من مادة ما .

مرافق الإنزيم A (CoA) : جزيء يحمل مجموعات الأستيل اللازمة لدورة كريبس .

أستيل CoA : جزيء يتكوّن من CoA ومجموعة أستيل (2C) ، وهو ضروري لدورة كريبس .

التفاعل الرابط: عملية نزع الكربوكسيل ونزع الهيدروجين من البيروفات، ما يؤدي إلى تكوين أستيل CoA وربط التحلل السكري بدورة كريبس .

٣ - دورة كريبس (دورة حمض الستريك)

دورة من التفاعلات في التنفس الهوائي تحدث في حشوة الميتوكوندريا حيث تنتقل أيونات الهيدروجين إلى نواقل الهيدروجين لبناء ATP، ويبنى بعض ATP مباشرة، وتسمّى أيضًا دورة حمض الستريك.

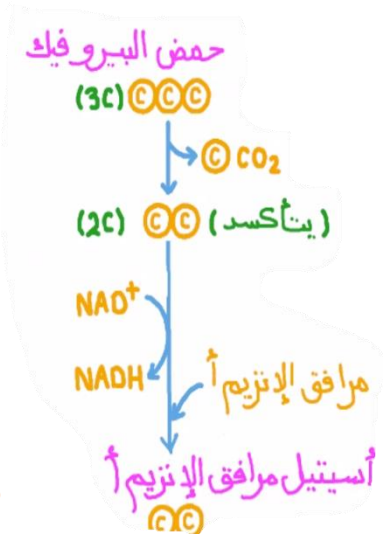
• يرتبط أستيل CoA (2C) مع أكسالوأسيتات (4C) لتكوين السيترات (6C)

• يُنزع الكربوكسيل والهيدروجين من السيترات في سلسلة من الخطوات، مما يؤدي إلى:

إطلاق ثاني أكسيد الكربون، والذي ينبعث على شكل غاز عادم .

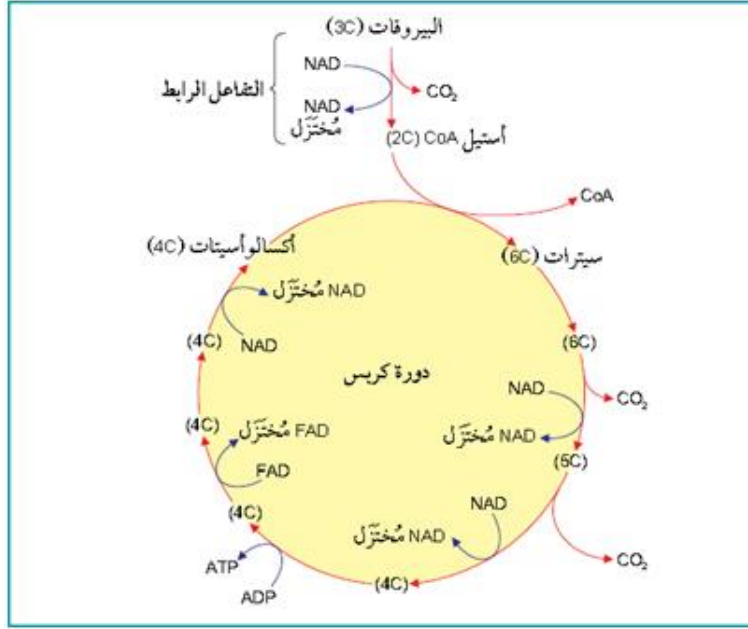
إطلاق الهيدروجين الذي تستقبله النواقل NAD و FAD .

• يعاد تكوين الأكسالوأسيتات ليرتبط مع أستيل CoA آخر .



نواتج دورة كريبس :

- ✓ ينتج من كل دورة من دورات كريبس جزيئان من ثاني أكسيد الكربون.
- ✓ يتم اختزال جزيء FAD وثلاثة جزيئات من NAD
- ✓ يتولد جزيء واحد من ATP ويتكوّن ATP هذا من النقل المباشر لمجموعة فوسفات من إحدى المواد المتفاعلة، إلى جزيء ADP ، وهذا يسمى التفاعل المرتبط بالمادة المتفاعلة.



مدرسة درة الخليج الدولية الخاصة
DORAT ALKHALEEJ
INTERNATIONAL PRIVATE SCHOOL
UNDER THE SUPERVISION OF THE MINISTRY OF EDUCATION

يلخص دورة كريبس، شارحاً أن أكسالوأسيتات 4C يعمل كمستقبل لـ 2C من أستيل مرافق إنزيم A لتكوين السيترات 6C والذي سيتحول مرة أخرى في سلسلة من الخطوات الصغيرة إلى أكسالوأسيتات.

يشرح أن التفاعلات في دورة كريبس تتضمن: نزع الكربوكسيل الهيدروجين اختزال مرافق الإنزيم NAD و FAD ففسفرة ADP.

يصف دور NAD و FAD في نقل الهيدروجين إلى نواقل في غشاء الميتوكوندريا الداخلي.

٤ - الفسفرة التأكسدية وسلسلة نقل الإلكترون

تفاعل الأكسدة والاختزال : تفاعل كيميائي تُخْتَزَل فيه مادة وتُؤَكْسَد مادة أخرى.

بناء ATP من ADP و Pi باستخدام الطاقة المنطلقة من تفاعلات الأكسدة في التنفس الهوائي.

سلسلة متجاورة من جزيئات ناقلة مرتبة في غشاء الميتوكوندريا الداخلي وتمر من خلالها الإلكترونات في تفاعلات الأكسدة والاختزال.

الغرض الرئيسي من التنفس الخلوي هو: تكسير الجلوكوز الموجود في الخلايا لإطلاق الطاقة.

يمكننا تقسيم التنفس الخلوي إلى أربع مراحل رئيسية:

أولاً، يؤدي تحليل الجلوكوز إلى تكسير جزيء الجلوكوز إلى جزيئين من حمض البيروفيك.

ثانياً، يحول التفاعل الرابط حمض البيروفيك إلى الأسيتيل مرافق الإنزيم أ.

ثالثاً، تكسر دورة كريبس حمض الستريك وتعيد تكوينه، وتنتج بذلك جزيئات متعددة من مرافقات الإنزيم في أثناء هذه العملية.

رابعاً، تستخدم الفسفرة التأكسدية مرافقات الإنزيم هذه لإجراء سلسلة من التفاعلات الكيميائية الحيوية التي تولد العديد من جزيئات الأدينوسين الثلاثي الفوسفات (ATP).



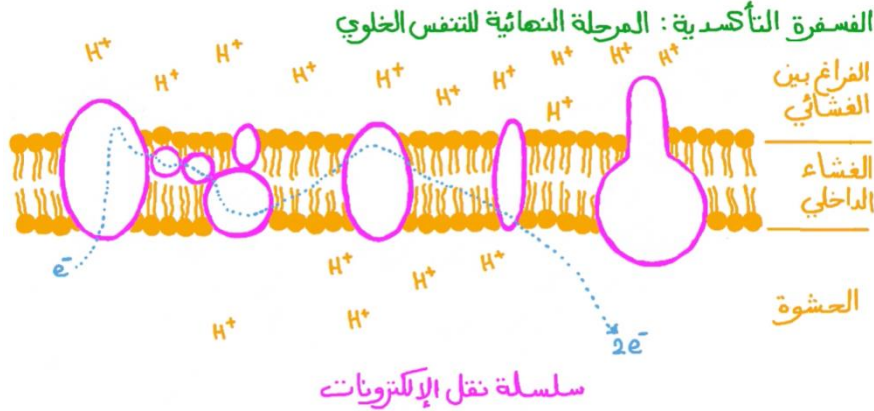


مدرسة درة الخليج الدولية الخاصة
DORAT ALKHALEEJ
INTERNATIONAL PRIVATE SCHOOL
UNDER THE SUPERVISION OF THE MINISTRY OF EDUCATION

الفسفرة التأكسدية هي : عملية هوائية. هذا يعني أن حدوثها يتطلب وجود أكسجين. **تحديث الفسفرة التأكسدية** داخل ميتوكوندريا معظم الخلايا الحية. وذلك لأن الفسفرة التأكسدية تعتمد على ما يسمى «سلسلة نقل الإلكترونات».

سلسلة نقل الإلكترونات هي: مجموعة من المركبات البروتينية المتخصصة في نقل الإلكترونات. توجد هذه المركبات البروتينية داخل الغشاء الداخلي للميتوكوندريا.

إليك مخططًا بسيطًا للمركبات البروتينية الموجودة داخل سلسلة نقل الإلكترونات.

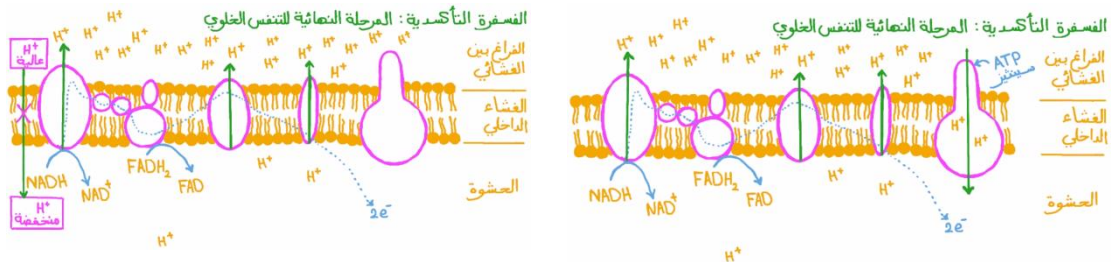


الرمز e^- سالب يمثل أحد الإلكترونات. يمكننا ملاحظة أن الإلكترون سينتقل عبر البروتينات والإنزيمات والسيتوكرومات المختلفة، قبل خروجه من سلسلة نقل الإلكترونات.

لكن من أين تأتي هذه الإلكترونات؟

تذكروا أنه في دورة كريس، تنتج جزيئات NAD وجزيئات FAD المختزلة. ها هي موضحة في المخطط. مرافقا الإنزيم هذان مسئولان عن توفير الإلكترونات لسلسلة نقل الإلكترونات. تفقد ذرات الهيدروجين في كل من جزيء NADH وجزيء FADH2 أيضا. وتنقسم إلى أيونات هيدروجين وإلكترونات. تمنح الإلكترونات بعد ذلك إلى سلسلة نقل الإلكترونات.

والآن، دعونا نتابع رحلة هذه الإلكترونات الممنوحة. عندما تتحرك الإلكترونات في سلسلة نقل الإلكترونات، فإنها تفقد طاقة. هذه الطاقة تستخدم بعد ذلك في النقل النشط لأيونات الهيدروجين، من حشوة الميتوكوندريا إلى الفراغ بين الغشائي. ومن ثم، تبدأ أيونات الهيدروجين في التراكم بتركيزات عالية نسبياً في الفراغ بين الغشائي. لعلكم تذكرون أنها تتحرك عادة بسهولة من منطقة عالية التركيز إلى أخرى منخفضة التركيز. وهذا ما يحدث مع أيونات الهيدروجين. لكن هذه الأيونات لا يمكنها الانتقال عبر الغشاء. لا بد لها أن تستخدم قناة خاصة. في هذه الحالة، تتحرك أيونات الهيدروجين عبر قناة إنزيم ATP-سينثيز.



وهنا فدور ATP-سينثيز من اسمه. ATP-سينثيز هو إنزيم مسئول عن إنتاج جزيئات ATP. ويقوم بهذا الدور عن طريق ربط حركة أيونات الهيدروجين عبر قنواته بفسفرة جزيئات ADP. تذكروا أن جزيء ADP، أو الأدينوسين الثنائي الفوسفات، يحتوي على مجموعتين من الفوسفات. أثناء تفاعل الفسفرة، يكتسب جزيء ADP مجموعة فوسفات أخرى لتكوين جزيء ATP، أو الأدينوسين الثلاثي الفوسفات.



يشرح أنه أثناء الفسفرة التأكسدية:

• تنشطر ذرات الهيدروجين إلى بروتونات وإلكترونات عالية الطاقة

• تطلق الإلكترونات عالية الطاقة أثناء مرورها طاقةً عبر سلسلة نقل الإلكترون (تفاصيل النواقل ليست مطلوبة)

• تُستخدم الطاقة المنطلقة لنقل البروتونات عبر غشاء الميتوكوندريا الداخلي

• تعود البروتونات إلى حشوة الميتوكوندريا عن طريق الانتشار المسهل من خلال ATP سينثيز، الأمر الذي يوفر الطاقة لبناء ATP (تفاصيل ATP سينثيز ليست مطلوبة)

• يعمل الأكسجين كمستقبل نهائي للإلكترونات لتكوين الماء.



مدرسة درة الخليج الدولية الخاصة
DORAT ALKHALEEJ
INTERNATIONAL PRIVATE SCHOOL
UNDER THE SUPERVISION OF THE MINISTRY OF EDUCATION

تسمى حركة أيونات الهيدروجين مع تدرج تركيزها «الأسموزية الكيميائية». نظرًا لأن أيونات الهيدروجين هي جسيمات مشحونة كهربيًا، فإننا نصف تدرج التركيز هذا «بالتدرج الكهروكيميائي». يمكننا القول إن جزيء ATP ينتج عن طريق الاسموزية الكيميائية، لأن ATP- سينثز يستخدم حركة الأيونات هذه لفسفرة جزيء ADP. في هذه المرحلة، تخرج كل من الإلكترونات التي تناولناها سابقًا وأيونات الهيدروجين من سلسلة نقل الإلكترونات. إذن، ما الذي يحدث لها؟ تمرر الإلكترونات التي تغادر سلسلة نقل الإلكترونات إلى جزيئات الأكسجين. ويستقبل الأكسجين هذه الإلكترونات بسهولة. ولهذا السبب نشير إلى الأكسجين «بالمستقبل النهائي للإلكترونات».

في الواقع، نحو 90 بالمائة من الأكسجين الذي تمتصه خلايانا يستخدم بوصفه مستقبلًا نهائيًا للإلكترونات في سلسلة نقل الإلكترونات. ويؤثر هذا التفاعل أيضًا بدرجة كبيرة على التتابع الكامل للتفاعلات التي تسبق عملية الفسفرة التأكسدية. إذا كان الأكسجين غير متاح، فلا يمكن أن تتحرك الإلكترونات عبر سلسلة نقل الإلكترونات. ومن ثم، لا تحدث الفسفرة التأكسدية. في حالة عدم وجود الأكسجين، فإن المرحلة الوحيدة التي تحدث من بين مراحل التنفس الخلوي هي عملية تحلل الجلوكوز. إذن، تستقبل جزيئات الأكسجين الإلكترونات وتتحد مع أيونات الهيدروجين لتكوين الماء. النواتج النهائية للفسفرة التأكسدية هي جزيئات ATP والماء.

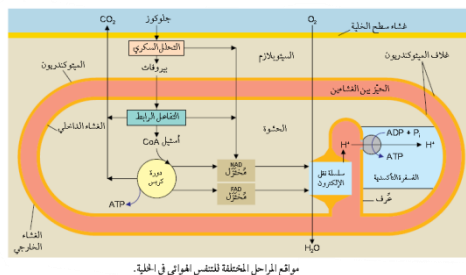
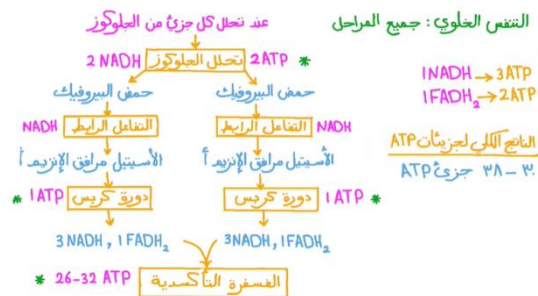
أصبحنا الآن نفهم المزيد عن الفسفرة التأكسدية وسلسلة نقل الإلكترونات، لكننا نحتاج إلى الرجوع مجددًا إلى التفاعلات الأخرى لعملية التنفس الخلوي لكي نقدر تمامًا أهمية هذه المرحلة. دعونا نبدأ بالمعادلة الكيميائية الكلية للتنفس الخلوي الهوائي.

الجلوكوز + الأكسجين ← ثاني أكسيد الكربون + ماء + طاقة

تذكروا أن الطاقة تطلق خلال هذه العملية على صورة ATP. يدخل جزيء واحد من الجلوكوز عملية تحلل الجلوكوز. عند تحلل كل جزيء من الجلوكوز، فإن الناتج الكلي من جزيئات ATP يساوي جزيئين، والناتج الكلي من جزيئات NAD المختزل يساوي جزيئين.

الناتج النهائي لتحلل الجلوكوز هو جزيئان من حمض البيروفيك. يعمل كل جزيء من حمض البيروفيك الآن متفاعلًا في التفاعل الرابط. ومن ثم، فإنه لكل جزيء من الجلوكوز يحدث تفاعلان رابطان. الناتج الكلي لجزيئات FAD المختزل لكل تفاعل رابط يساوي جزيئًا واحدًا، والناتج النهائي لكل تفاعل رابط يساوي جزيئًا واحدًا من الأسيتيل مرافق الإنزيم أ. يعمل الأسيتيل مرافق الإنزيم أ الآن متفاعلًا رئيسيًا في دورة كريس. خلال دورة واحدة من دورات كريس، ينتج جزيء ATP واحد وجزيء FADH₂ واحد وثلاثة جزيئات NADH. تدخل جزيئات NAD وجزيئات FAD المختزلين، وكذلك الجزيئات الناتجة عن التفاعلات السابقة، الآن عملية الفسفرة التأكسدية.

لكل جزيء من جزيئات NAD المختزل التي تدخل عملية الفسفرة التأكسدية، ينتج عادة ثلاثة جزيئات من ATP. ولكل جزيء من جزيئات FAD المختزل التي تدخل عملية الفسفرة التأكسدية، ينتج عادة جزيئان من ATP. لكل جزيء من الجلوكوز، يمكن أن تنتج الفسفرة التأكسدية ما بين ٢٦ و ٣٢ جزيء ATP. وبوضع جميع مراحل التنفس الخلوي في الاعتبار، فإن الناتج الكلي لجزيئات ATP يتراوح من ٣٠ إلى ٣٨ جزيء ATP. يمكننا الآن أن نرى السبب في أن المرحلة النهائية من عملية التنفس الخلوي مهمة للغاية. إذ تنتج فيها الغالبية العظمى من جزيئات ATP الحامل للطاقة.



قياس امتصاص الأكسجين

يمكن قياس معدل امتصاص الأكسجين أثناء التنفس باستخدام مقياس التنفس .
يبين الشكل 9 -6 مقياس تنفس مناسب لقياس معدل استهلاك الأكسجين لبذور نبات
أو لافقاريات صغيرة تعيش في اليابسة في درجات حرارة مختلفة.

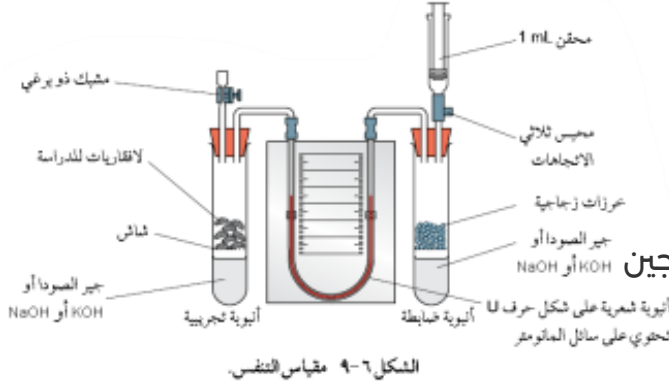


مدرسة درة الخليج الدولية الخاصة
DORAT ALKHALEEJ
INTERNATIONAL PRIVATE SCHOOL
UNDER THE SUPERVISION OF THE MINISTRY OF EDUCATION

يصف ويفسر الاستقصاءات
باستخدام مقاييس تنفس
بسيطة لتحديد تأثير درجة
الحرارة على معدل التنفس.

عندما تتنفس الكائنات الحية تمتص الأكسجين من الهواء المحيط بها، ما يقلل من حجم الهواء. ويتم امتصاص ثاني أكسيد الكربون الناتج من عملية التنفس بواسطة مادة كيميائية مناسبة مثل جير الصودا أو محلول مركز من هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) أو هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) وهكذا، فإن ثاني أكسيد الكربون الناتج لن يزيد من حجم الهواء. لذلك، فإن أي تغيير في حجم الهواء المحيط بالكائنات الحية ينتج من استهلاك هذه الكائنات الحية للأكسجين فقط. يمكن أن يقاس استهلاك الأكسجين بقراءة مستوى عمود سائل المانومتر مقابل التدريج، ويمكن قياس معدل استهلاك الأكسجين بقسمة حجم الأكسجين المستخدم على الزمن المستغرق.

تذكر أن أي تغيرات في درجة الحرارة أو الضغط ستغير أيضًا من حجم الهواء في الجهاز. لذا، من المهم الحفاظ على ثبات درجة حرارة البيئة المحيطة أثناء أخذ القراءات. يمكن القيام بذلك، على سبيل المثال، باستخدام حمام مائي يتم التحكم في درجة حرارته. لا يمكنك التحكم في الضغط، لكن ستكون التغيرات فية هي نفسها في كلتا الأنبوبتين، عند استخدام أنبوبة ثانية لا تحتوي على كائنات حية، وبالتالي، لن تكون هناك أي حركة لسائل المانومتر. يساعد وجود أنبوبة ضابطة تحتوي على حجم من المادة الخاملة يماثل حجم الكائنات الحية المستخدمة، على موازنة التغيرات في الضغط الجوي. يمكن استقصاء تأثير درجة الحرارة على معدل التنفس عن طريق وضع الجهاز في حمامات مائية بدرجات حرارة مختلفة، وقياس معدل استهلاك الأكسجين عند كل درجة حرارة. ويجب إجراء عدة قياسات متكررة على درجة الحرارة نفسها وحساب متوسط قيم استهلاك الأكسجين. يمكن بعد ذلك، رسم تمثيل بياني لمتوسط معدل استهلاك الأكسجين مقابل درجة الحرارة.



الشكل 9-6 مقياس التنفس.

تذكر: مقياس التنفس :

جهاز يستخدم لقياس معدل

امتصاص الكائنات الحية للأكسجين

أثناء التنفس.

الدرس الثالث : تركيب الميتوكوندريا ووظيفتها

ما أهمية دراسة تركيب الميتوكوندريا ووظيفتها الآن ؟

التفاعل الرابط ودورة كربس وسلسلة نقل الإلكترون تحدث جميعها داخل الميتوكوندريون.

الشكل العام : الميتوكوندريون عضوية عصوية الشكل أو خيطية شكلها غير ثابت ويتغير باستمرار.

قطرها : 0.5-1µm

عددها : يعتمد عددها على نشاط الخلية مثلا : خلايا الكبد من ١٠٠٠ الى ٢٠٠٠ (٢٠% من حجم الخلية) .

تركيبها : تحاط بغلاف من غشائين من الدهون المفسفرة .

الغشاء الخارجي : أملس منفذ نسبيا للجزيئات الصغيرة .

الغشاء الداخلي : أقل نفاذية وهو مكان وجود سلسلة الإلكترونات ينثني نحو الداخل مكونا طيات تعرف بالأعراف .

وظيفة الأعراف : توفر للغشاء الداخلي في الإجمالي مساحة سطح كبيرة ، كلما كانت نشطة تكون الأعراف أطول وأكثر كثافة .

الرؤية : يمكن مشاهدة الميتوكوندريون بواسطة المجهر الالكتروني .

الرقم الهيدروجيني pH للحيز بين الغشاءين : أقل مما هو في حشوة الميتوكوندريون، ويعود ذلك إلى انتقال البروتونات عبر الغشاء الداخلي من الحشوة، لإنشاء منحدر التركيز اللازم لتكوين ATP

تذكر أن : التركيز المرتفع للبروتونات - وتسمى أيضًا أيونات الهيدروجين - تعني حامضية مرتفعة (رقم هيدروجيني منخفض)

حشوة الميتوكوندريون : هي موقع التفاعل الرابط ودورة كربس . وهي تحتوي على الإنزيمات اللازمة لهذه التفاعلات . وتحتوي أيضًا على رايبوسومات صغيرة (70S) وعدة نسخ متطابقة من DNA الميتوكوندريا الحلقي، تستخدم لبناء بعض البروتينات اللازمة لعمل الميتوكوندريا.

الدرس الرابع : التنفس من دون الأكسجين (اللاهوائي)

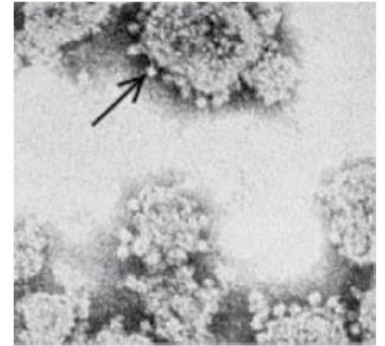
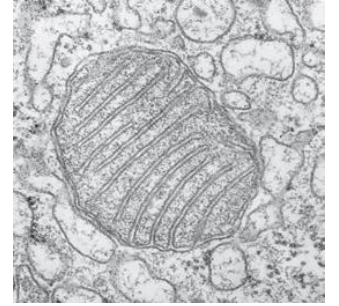
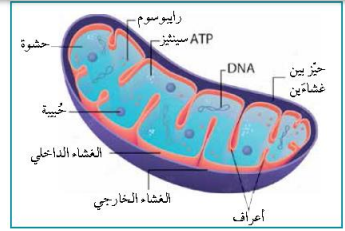
تنفس من دون الأكسجين

عند غياب أو قلة الأكسجين داخل الميتوكوندريون تتوقف سلسلة نقل الإلكترون، ولا يتكوّن المزيد من ATP بالفسفرة التأكسدية . لذلك لا يوجد ناقل حر في السلسلة لاستقبال الهيدروجين من NAD المُختزل و FAD المُختزل، فتبقى هذه النواقل مختزلة، وبالتالي يتوقف عمل دورة كربس لعدم وجود NAD مؤكسدة أو FAD مؤكسدة لتحدث خطوات نزع الهيدروجين.



مدرسة درة الخليج الدولية الخاصة
DORAT ALKHALEEJ
INTERNATIONAL PRIVATE SCHOOL
UNDER THE SUPERVISION OF THE MINISTRY OF EDUCATION

يصف العلاقة بين تركيب ووظيفة الميتوكوندريا باستخدام الرسوم التخطيطية والصور المجهرية الإلكترونية.



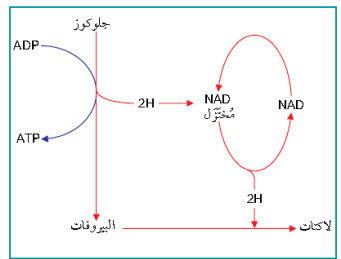
الصور ٣-٦ صورة مجهرية إلكترونية (النافذ). يشير السهم إلى ارتباط ATP سينثيز بالغشاء الداخلي بواسطة سيقان ضيقة (x300000).



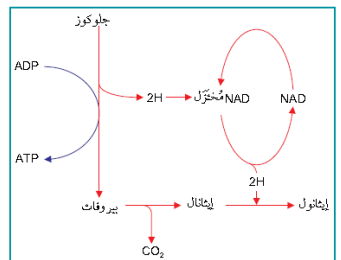
مدرسة درة الخليج الدولية الخاصة
DORAT ALKHALEEJ
INTERNATIONAL PRIVATE SCHOOL
UNDER THE SUPERVISION OF THE MINISTRY OF EDUCATION

يلخص التنفس في الظروف
اللاهوائية في الثدييات (تخمير
اللاكتات) وفي خلايا الخميرة
وبعض الكائنات الحية الدقيقة
الأخرى وبعض خلايا النباتات
(تخمير الإيثانول)

يشرح سبب أن كمية الطاقة
المنطلقة من التنفس في
الظروف الهوائية أعلى بكثير من
كمية الطاقة المنطلقة من
التنفس في الظروف اللاهوائية
(الحساب التفصيلي للناتج
الإجمالي من ATP من التنفس
الهوائي للجلوكوز ليس مطلوباً)



الشكل ١٢-٦ تخمير اللاكتات.



الشكل ١١-٦ تخمير الإيثانول.

على الرغم من ذلك تبقى الخلية قادرة على إنتاج كمية صغيرة من ATP ، حتى في الظروف اللاهوائية إذا أمكن أكسدة NAD المُختَزَل الناتج من التحلل السكري مرة أخرى بطريقة ما .

للخلايا مساران لتحقيق ذلك:

يحدثان في سيتوبلازم الخلية. في الخميرة وبعض الكائنات الحية الدقيقة الأخرى، وفي بعض أنسجة النبات.

- ١ - يمر الهيدروجين من NAD المُختَزَل إلى الإيثانول.
- ٢ - يتم أولاً نزع الكربوكسيل من البيروفات ليتحول إلى إيثانول.
- ٣ - ثم يُختَزَل الإيثانول إلى إيثانول بواسطة إنزيم الكحول ديهيدروجيناز (عملية تخمير الإيثانول) مثال : الكائنات الحية الدقيقة الأخرى، وفي عضلات الثدييات عند فقدان الأكسجين، يعمل البيروفات كمستقبل للهيدروجين، ويتحول في هذه العملية إلى لاکتات بواسطة الإنزيم لاکتات ديهيدروجيناز يعرف هذا المسار باسم (تخمير اللاكتات) .

الاختلاف المهم بين تخمير الإيثانول وتخمير اللاكتات: هو ما يمكن أن يحدث للمواد الناتجة، إذ يمكن أن يتأكسد اللاكتات ويتحول مرة أخرى إلى بيروفات، والذي يمكن أن يدخل بعد ذلك في دورة كربس لإنتاج ATP . كما يمكنه بدلاً من ذلك، أن يتحول إلى عديد التسكر الجلايكوجين، فيُخَزَّن.

مثال : خلايا كبد الثدييات، حيث تتطلب أكسدة اللاكتات أكسجيناً إضافياً، يشار إليه أحياناً باسم « دين الأكسجين » أو (EPOC) فرط استهلاك الأكسجين الزائد بعد التمارين الرياضية . وهذا هو السبب في

استمرار التنفس بعمق وبسرعة أكثر من المعتاد بعد انتهاء التمارين . بالمقابل، لا يمكن الاستمرار في أيض الإيثانول، لأنه ببساطة عبارة عن فضلات.

يعيد كل من تخمير الإيثانول وتخمير اللاكتات NAD المُختَزَل إلى حالته المؤكسدة NAD ، ويكون جاهزاً لقبول المزيد من الهيدروجين . ويتيح ذلك إمكانية استمرار التحلل السكري في العمل، على الرغم من عدم توافر الأكسجين . ومع ذلك، تكون الطاقة المنطلقة من التنفس الهوائي أكبر بكثير من الطاقة المنطلقة من أي من المسارين للتنفس اللاهوائي.

يتيح استمرار العمليات بعد التحلل السكري في التنفس الهوائي أكسدة كاملة لجزيء الجلوكوز، بينما تتوقف العملية في التنفس اللاهوائي بعد التحلل السكري، ما يؤدي إلى أكسدة غير كاملة لجزيء الجلوكوز، وينتج جزيئان من ATP لكل جزيء جلوكوز

اذكر المفهوم العلمي لكل مما يأتي :

تخمير الإيثانول - تخمير اللاكتات .

تخمير الإيثانول : تنفس لاهوائي يتحول فيه البيروفات إلى إيثانول.

تخمير اللاكتات : تنفس لاهوائي يتحول فيه البيروفات إلى لاکتات.

تخمير الإيثانول في الأرز

معظم النباتات لا تستطيع النمو في المياه العميقة لأن جذورها لا تحصل على ما يكفي من الأكسجين للتنفس الهوائي. ولا يمكن أن يحدث التمثيل الضوئي إذا كانت الأوراق مغمورة في الماء، لعدم توافر ما يكفي من ثاني أكسيد الكربون. ويحدث ذلك لأن الغازات تنتشر في الماء بشكل أبطأ بكثير من انتشارها في الهواء. بالإضافة إلى ذلك، تكون تراكيز الأكسجين وثاني أكسيد الكربون الذائبين



مدرسة درة الخليج الدولية الخاصة
DORAT ALKHALEEJ
INTERNATIONAL PRIVATE SCHOOL
UNDER THE SUPERVISION OF THE MINISTRY OF EDUCATION

يشرح كيفية مناسبة تركيب
نبات الأرز للنمو مع غمر
جذوره في الماء، مقتصرًا على
نمو نسيج الإيرنشيما في
الجذور، وتخمير الإيثانول في
الجذور والنمو السريع في
الساق.

في الماء أقل بكثير مما هي عليه في الهواء. وهذا ينطبق بشكل خاص على حقول الأرز المغمورة بالمياه، حيث يحتوي الطين الذي تزرع فيه جذور الأرز على أعداد كبيرة من جماعات الكائنات الحية الدقيقة، والعديد منها يتنفس هوائيًا ويحصل على الأكسجين من الماء.

تستجيب بعض أصناف الأرز للفيضانات بالنمو في الطول بسرعة. وهي تستمر في النمو طولًا مع ارتفاع المياه بسرعة حولها، بحيث تكون الأجزاء العلوية من أوراقها وأزهارها فوق سطح الماء، الأمر الذي يتيح إمكانية تبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون من خلال الثغور على الأوراق.

تحتوي سيقان نباتات الأرز وجذورها على خلايا غير مترابطة تسمى إيرنشيما وتكون الغازات، بما في ذلك الأكسجين، قادرة على الانتشار عبر نسيج الإيرنشيما إلى أجزاء أخرى من النبات، بما فيها تلك الموجودة تحت الماء. ويضمن ذلك أن تحتوي الخلايا في الجذور على بعض الأكسجين، فتتمكن بالتالي من التنفس هوائيًا.

ومع ذلك، فإن إمداد الأكسجين هذا لا يكفي عادة لتوفير كل الطاقة التي تحتاج إليها الخلايا للتنفس الهوائي. لذلك، تستخدم خلايا جذور الأرز المغمورة تخمير الإيثانول، لبعض الوقت. يمكن للإيثانول أن يتراكم في الأنسجة، وهو سام، لكن خلايا جذور الأرز تستطيع تحمل مستويات منه أعلى بكثير من معظم النباتات. وهي تنتج أيضًا المزيد من إنزيم

إيثانول ديهيدروجينيز والذي يفكك الإيثانول باستخدام ATP الناتج من تخمير الإيثانول، وهذا يسمح بنمو النباتات بنشاط حتى عندما ينذر وجود الأكسجين. وقد نجح مزارع عماني في زراعة الأرز بمزرعته الخاصة، متمكّنًا من حصاد ما يقارب 8 كيلوجرامات من خلال

تجربته الأولى بالرغم من التحديات التي واجهها والمتعلقة بنوعية التربة ونوع الأسمدة المستخدمة ومع الاهتمام الكبير الذي أولاه لجودة التربة والري وإزالة الأعشاب الضارة بشكل مستمر، فإن نجاحه في عام 2022 م يثبت إمكانية زراعة مجموعة متنوعة من المحاصيل الجديدة في سلطنة عمان.



الصورة ٥-٦ صورة مجهرية ضوئية لقطع عرضي في ساق الأرز يبين فراغات هوائية كبيرة.

اذكر المفهوم العلمي لـ إيرنشيما :

إيرنشيما: نسيج نباتي يحتوي على فراغات هوائية.

قياس معدل التنفس باستخدام كواشف الأكسدة والاختزال

تتمثل إحدى طرائق استقصاء معدل التنفس في الخميرة باستخدام صبغة مثل محلول ديكلوروفينول إندو فينول أو محلول أزرق الميثيلين. لا تتلف هاتان الصبغتان الخلايا، وبالتالي يمكن إضافتهما إلى معلق خلايا الخميرة الحية. فكلتا الصبغتين زرقاء اللون، لكنهما تصبحان عديمي اللون عندما تُختزلان؛ وهما مثالان على كواشف الأكسدة والاختزال

تعرفت أن نزع الهيدروجين من المواد المتفاعلة جزء مهم من التنفس. عادة، يلتقط NAD و FAD هذا الهيدروجين، ومع ذلك، يمكن أيضًا لصبغة DCPIP أو أزرق الميثيلين في حال وجودهما التقاط الهيدروجين لتصبح مُختزلة. وكلما زادت سرعة التنفس، أطلق المزيد من الهيدروجين لكل وحدة زمنية، وأختزلت الصبغتان بشكل أسرع. ويتمثل قياس معدل التنفس في الخميرة بمعدل التغير من اللون الأزرق إلى فقدان اللون.

يمكن استخدام هذه التقنية لاستقصاء تأثير عوامل مختلفة على تنفس الخميرة، مثل درجة الحرارة أو تركيز المادة المتفاعلة أو المواد المتفاعلة المختلفة.

تذكر: كاشف الأكسدة والاختزال : مادة يتغير لونها عند تأكسدها أو اختزالها.



مدرسة درة الخليج الدولية الخاصة
DORAT ALKHALEEJ
INTERNATIONAL PRIVATE SCHOOL
UNDER THE SUPERVISION OF THE MINISTRY OF EDUCATION

يصف ويفسر الاستقصاءات
باستخدام كواشف الأكسدة
والاختزال، بما في ذلك DCPIP
وأزرق الميثيلين، لتحديد تأثير
درجة الحرارة وتركيز المادة
المتفاعلة على معدل تنفس
الخميرة.