التنفس و التخمر Respiration and Fermentation

يعرف التنفس بأنه عملية أكسدة وإرجاع تحدث في جميع الخلايا الحية وتتم من خلال مسار حيوي معقد يتضمن عدداً كبيراً من التفاعلات تبدأ في السيتوبلازم وتنتهي في الميتوكوندريا . يتم في هذه العملية انتقال الهيدروجين من سكر الغلوكوز إلى الأكسجين ، وعليه يتأكسد الغلوكوز ويرجع الأكسجين وينطلق في هذه العملية كم من طاقة الإلكترونات تستخدم في تركيب الأدينوزين ثلاثي الفوسفات (ATP) .وإن من أهم المواد التي تحدث فيها الاكسدة هي المواد الكربوهيدراتية والدهون ، وفيما يلي مثالين الأول عن الغلوكوز (مادة كربوهيدراتية) ، والثاني حمض الأوليك (مادة دهنية) :

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \Longrightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O + 673\ Kcal$$

$$C_{18}H_{36}O_2 + 26\,O_2 \Longrightarrow 18\,CO_2 + 18\,H_2O + 673\ Kcal$$

وفي ظروف خاصة قد يستعمل البروتين أيضاً كمادة تنفسية ويؤكسد كلياً إلى CO2 والماء والأمونيا أو بصورة جزئية إلى نواتج وسطية .إذاً التنفس عبارة عن التحطم الكيميائي للغذاء من أجل إطلاق الطاقة الضرورية لكل الكائنات الحية.

لا تنحصر **أهمية التنفس** في تحرير الطاقة فقط بل في أنه عند التفكك أو التحلل التدريجي للمواد الكربوهيدراتية تتشكل سلسلة من المركبات الوسطية التي يمكن أن تستخدم في بناء المواد العضوية كالبروتينات والدهون وغيرها . وعلى هذا الأساس يعد التنفس المجرى الرئيسي لاستقلاب المواد والطاقة في النبات .**ومن الظواهر الخارجية للتنفس**:استهلاك المواد الغذائية ممايؤدي إلى نقص الوزن – امتصاص الاكسجين و طرح غاز الفحم- انتشار الحرارة.

إذا رافق التنفس امتصاص الاكسجين الجوي يسمى التنفس تنفساً هوائياً وإذا لم يستهلك الأكسجين يسمى تنفساً لا هوائياً،و إذا رافق التنفس اللاهوائي اطلاق غاز الفحم تسمى العملية بالتخمر ويمكن اختصار مايجري اثناء التخمر الذي يتضمن إنتاج الكحول الإيثيلي وثاني أكسيد الكربون من سكر الغلوكوز كما في المعادلة التالية

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \Longrightarrow 2\,C_2H_5OH + 2\,CO_2 + 21\ Kcal$$

– أن عملية التنفس تقوم بها جميع الخلايا الحية وتحدث في الظلام والضوء على السواء بينما عملية التمثيل الضوئي لا تقوم بها إلا الخلايا المحتوية على الصانعات الخضراء وفي وجود الضوء . وتجري العمليتان في نفس الوقت في الأنسجة الخضراء المعرضة للضوء ولكن معدل عملية التمثيل الضوئي يفوق كثيراً معدل التنفس . ولولا ذلك لما كان هناك (فائض إنتاج) من السكريات ومشتقاتها . وفائض الإنتاج هذا هو المواد التي يعتمد عليها النبات في نموه وحفظ حياته وتكاثره . – أثناء ظاهرة التركيب الضوئي يتم تركيب المادة العضوية بينما أثناء التنفس يتم تفكيكها و ذلك لاستخراج الطاقة الكامدة فيها

–أثناء التركيب الضوئي يتم امتصاص $CO2$ و طرح $O2$ في حين أثناء التنفس يتم العكس، إذن فالتنفس يبدأ حين تنتهي ظاهرة التركيب الضوئي.

وتتم عملية التنفس الهوائي بشكل أساسي في الميتوكندريا ، بينما يحدث التنفس اللاهوائي في السيتوبلازما .

أولاً : التنفس الهوائي :

– إظهار عملية التنفس عند النباتات :

إظهار عملية التنفس مبنية على أساس حساب التغير في تركيب الهواء في وعاء مغلق بعد وضع النباتات الحية فيه .حيث يتم تحديد غاز ثاني أوكسيد الكربون المنطلق بعملية التنفس عن طريق تعكر ماءات الباريوم :

$$Ba(OH)_2 + CO_2 \Longrightarrow BaCO_3 \Downarrow + H_2O$$

– شدة التنفس : (IR) Intensity respiration :

يعبر عن شدة التنفس بكمية غاز ثاني أوكسيد الكربون المنطلق أو بكمية الأوكسجين الممتص في وحدة الزمن وفي وزن معين من النباتات . وتقاس إما بـ مل O_2 / ساعة / غ وزن رطب ، أو بـ مغ CO_2 / ساعة غ وزن رطب . وتكون شدة التنفس عالية في مرحلة انتاش البذور وتفتح البراعم والأزهار ، وهي أكثر شدة في الأوراق الفتية منها في الأوراق والأغصان المسنة وتكون قريبة من الصفر في طور السكون .وتقاس شدة التنفس بطريقتين:

آ – قياس حجم CO_2 المنطلق :

تقدير شدة التنفس بهذه الطريقة مبنى على أساس حساب كمية CO_2 المنطلق أثناء عملية تنفس النبات الموجود في وعاء مغلق ، فخلال وقت محدد من الزمن يمتص غاز ثاني أوكسيد الكربون عن طريق حجم معلوم من محلول قلوي ، أما الزائد منه فيعاير بحمض كلور الماء ٠.١ نظامي ، وحساب الحجم البدائي (الأولي) لغاز ثاني أوكسيد الكربون يتم ذلك في وعاء مغلق آخر .

$$CO_2 + Ba(OH)_2 \Longrightarrow BaCO_3 \Downarrow + H_2O$$

القسم المتبقي من ماءات الباريوم والذي لم يتفاعل مع CO_2نعايره بواسطة حمض كلور الماء وفق المعادلة :

$$Ba(OH)_2 + 2\,HCL \longrightarrow BaCL_2 + 2H_2O$$

$$IR = \frac{2.2(VHClk - VHClT)}{Pt}$$

حيث : IR : شدة التنفس مغ CO2 / ساعة / غ وزن رطب .

$VHCl_k$: حجم حمض كلور الماء HCl (٠.١ عياري) المستخدم في معايرة الفائض من محلول $Ba(OH)_2$ في طبق الشاهد .

$VHCl_T$: حجم حمض كلور الماء ٠.١ عياري المستخدم في معايرة الفائض من محلول $Ba(OH)_2$ في طبق التجربة .

p : وزن النسيج النباتي بالغرام .

t : الزمن / الساعة .

٢.٢ : معامل حساب HCl في CO2 (١ مل ٠.١ عياري من HCl أو محلول $Ba(OH)_2$ يكافئ ٢.٢ مغ من CO2) .

ب– قياس حجم الأوكسجين المستهلك في عملية التنفس :

تتنفس البذور المنتشة الموجودة جهاز قياس التنفس ، فتأخذ الأوكسجين وتطرح غاز ثاني أوكسيد الكربون ، الذي يمتص من قبل ماءات البوتاسيوم KOH ويتفاعل معها مكوناً كربونات البوتاسيوم K_2CO_3 ، وهذا يؤدي إلى نقص حجم الغاز داخل مقياس التنفس وإلى صعود الزئبق في الأنبوب المعقوف باتجاه البذور .. ويحسب حجم الأكسجين بالمعاملة التالية :

حجم الأوكسجين = ارتفاع عمود الزئبق × مساحة الأنبوب

وزن الأوكسجين = حجم الأوكسجين × كثافته

كثافة الأوكسجين = ١.١٤

مساحة الأنبوب = ر^{٢} = ٣.١٤ × ر^{٢} : حيث ر^{٢} = نصف قطر الأنبوب = ٤مم

– تدير معامل التنفس (QR) Quotient Respiration

هو النسبة بين حجم CO_2 المنطلق وحجم الأوكسجين الممتص من نفس الوزن من النباتات التي تتم فيه عملية التنفس . ويمكن استعمال معامل التنفس كدليل على الطبيعة الكيميائية للمادة المستخدمة في عملية التنفس . فأثناء أكسدة الكربوهيدرات فإن معامل التنفس QR يساوي الواحد :

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \Longrightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O + \text{طاقة} \quad (QR = 6CO_2/6O_2)$$

وأثناء أكسدة الدهون (حمض الأوليك) فإن QR يساوي أقل من الواحد :

$$C_{18}H_{36}O_2 + 26O_2 \Longrightarrow 18CO_2 + 18H_2O + \text{طاقة} \quad (QR = 18CO_2/26O_2)$$

أما أثناء أكسدة الأحماض العضوية (حمض الماليك) فإن QR يكون أكبر من الواحد :

$$C_4H_6O_5 + 3O_2 \Longrightarrow 4CO_2 + 3H_2O + \text{طاقة} \quad (QR = 4CO_2/3O_2)$$

جهاز قياس معامل التنفس ومبدأ عمله :

يتكون جهاز قياس معامل التنفس من أنبوب اختبار يغلق بإحكام بواسطة سدادة مطاطية مثقوبة ، يتخلل ثقب السدادة أنبوب زجاجي معقوف بزاوية قائمة يلصق عليه ورقة ميلليمترية أو يكون الأنبوب نفسه مدرجاً ،

في بداية التجربة يتم إدخال قطرة ملونة من الماء في الأنبوب الزجاجي ، والتي تتحرك بسهولة عندما يكون نظيفاً ، فإذا كان حجم الأوكسجين الممتص يساوي حجم ثاني أوكسيد الكربون المنطلق فإن : (QR=1) ، فهذا يعني أن القطرة الملونة في الأنبوب الزجاجي لا تتحرك . أما عندما تكون قيمة QR لا تساوي الواحد ، هذا يعني أن حجم O_2 الممتص لا يساوي حجم CO_2 المنطلق ، فقطرة الماء الملونة سوف تتحرك في جهة أنبوب الاختبار إذا كان حجم CO_2 المنطلق أقل من حجم O_2 الممتص والضغط في الأنبوب سينخفض وقيمة (QR<1) ، بينما تتحرك القطرة الملونة من جهة أنبوب الاختبار إلى نهاية الأنبوب الزجاجي عندما يكون حجم CO_2 المنطلق أكبر من حجم O_2 الممتص ، وهنا يزداد الضغط في أنبوب الاختبار وقيمة (QR>1)

تحدد قيمة A و B كما يلي :

$$A = O_2 - CO_2 \; ; \quad CO_2 = O_2 - A$$

$$B = O_2 \quad \text{وبالتالي} \quad CO_2 = B - A$$

وعندئذ تحسب قيمة QR على النحو التالي :

$$QR = CO_2 / O_2 = \frac{B - A}{B}$$

ثانياً : التنفس اللاهوائي : Anoerobic Respiration

ويتم بمعزل عن الأوكسجين ، ويمكن أن يتم بوجود الأوكسجين ، لكن نسبته تكون قليلة في الوسط (أقل من ٥ %) ، ويحدث ذلك في بعض البذور في طور مبكر من الانتاش إذا كان غلاف البذور كتيماً ولا يسمح للأوكسجين بالدخول ومثال ذلك : بذور البازلاء والذرة الصفراء وبذور الشوفان .

كما يمكن أن تتم عملية التنفس اللاهوائي في كثير من النباتات عندما تغمر بالماء ، حيث إن الطاقة الناتجة عنه منخفضة ولا تفي بحاجة الخلية ، بالإضافة إلى تجمع بعض المواد التي تسمم الخلايا ، والنواتج النهائية له أحماضاً عضوية مثل حمض التفاح ، حمض الطرطريك .

ثالثاً : التخمر الكحولي : Alcoholic Fermentation

وهو نوع من التنفس اللاهوائي الذي يجري في الخمائر والبكتريا ويتم بمعزل عن الهواء . وتستعمل بعض أنواع التخمر في الصناعة على نطاق واسع لإنتاج بعض المركبات ، ومن أنواع التخمر المعروفة : التخمر الكحولي الذي يعطي الكحول الايثيلي ، التخمر الخلي الذي يعطي حمض الخل ، التخمر اللبني الذي يعطي حمض اللبن ، التخمر الليموني ويعطي حمض الليمون ،. وتتضمن عملية التخمر الكحولي تحول السكريات إلى ثاني أوكسيد الكربون والكحول الايثيلي بواسطة الخميرة ، وتتمثل العملية بالمعادلة التالية :

$$C_6 H_{12} O_6 \Longrightarrow 2\ CO_2 + 2\ CH_3 CH_2 OH + 21\ KCalories$$

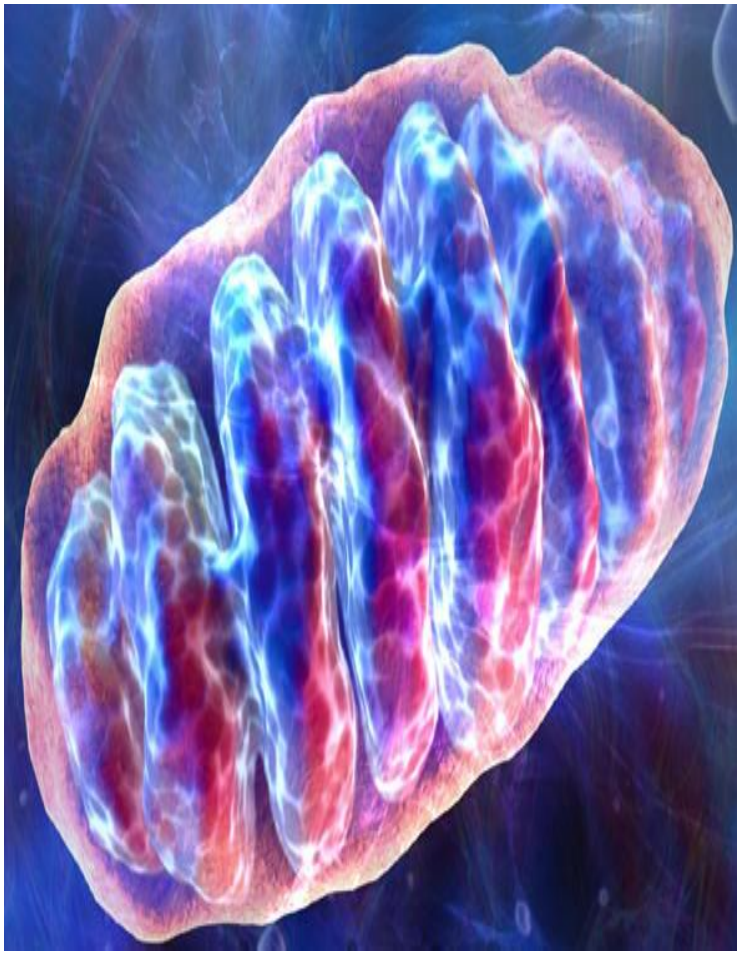
أن تخمر جزئية من سكر سداسي تعطي جزيئتين من غاز الفحم وجزيئتين من الكحول الايتيلي ، وتنطلق طاقة قدرها ٢١ حرة (كيلو حريرة) .

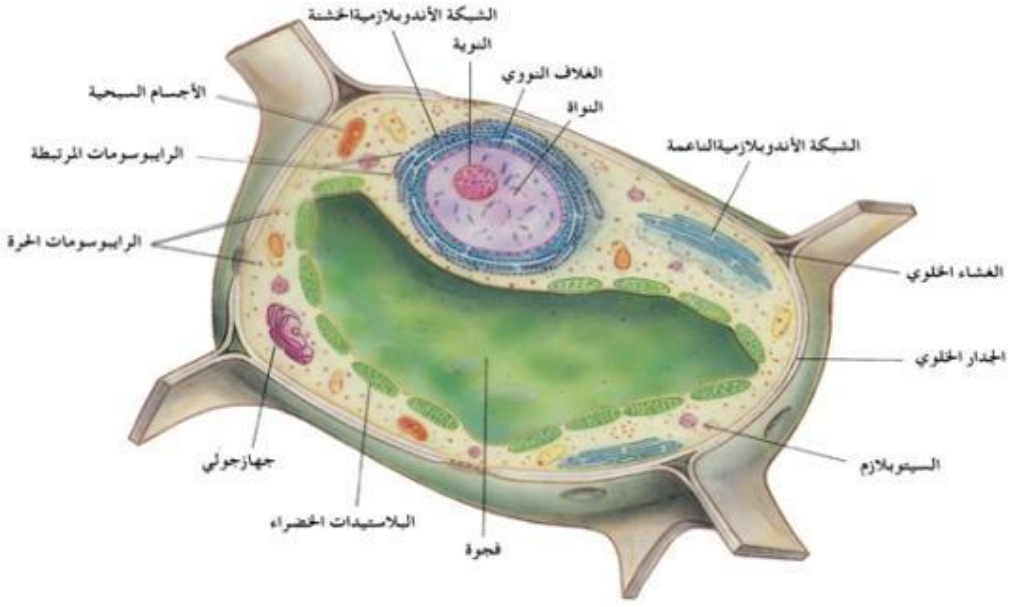
ولإظهار حادثة التخمر نقوم بالتجربة التالية:

نحضر ٥٠ مل من محلول سكر العنب (غلوكوز)بتركيز٢% ثم نذوب ١ غ من الخميرة مع المحلول في أنبوب ،نخض الانبوب جيداً ثم نضعه على درجة حرارة ٣٠° فنلاحظ تشكل الفقاعات .

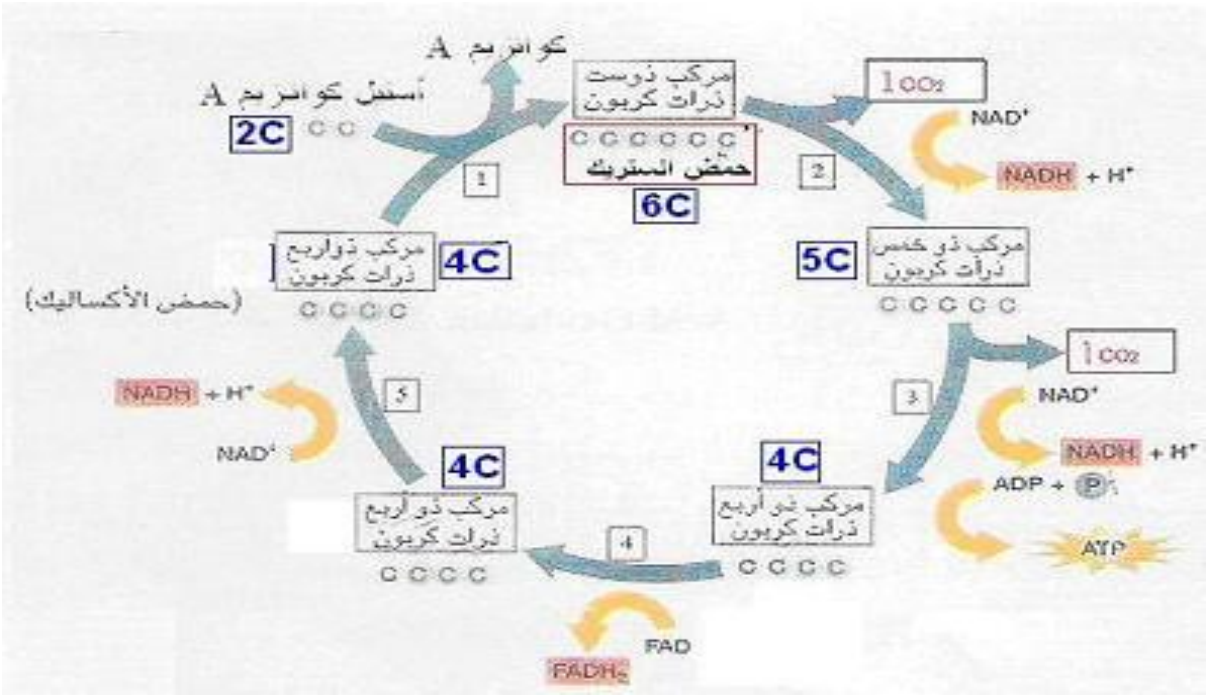
وبعد ساعتين نضيف قرص من ماءات البوتاسيوم و نخض الانبوب بلطف حتى ينحل القرص فنلاحظ تقلص حجم الغاز المنطلق.(ما هو الغاز الذي امتصه KOH)

ملاحظة : تعد خميرة العجين فطر من الفطور الزقية وحيدة الخلية تتكاثر بالتبرعم أو الأبواغ الزقية .

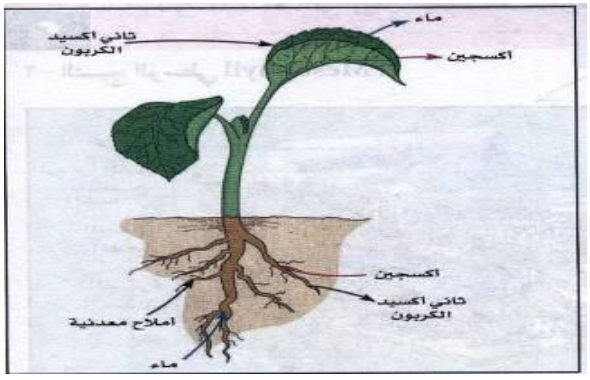



الشبكة الأندوبلازمية الخشنة
النوية
الغلاف النووي
النواة
الأجسام السبحية
الرايبوسومات المرتبطة
الشبكة الأندوبلازمية الناعمة
الرايبوسومات الحرة
الغشاء الخلوي
الجدار الخلوي
السيتوبلازم
جهاز جولجي
البلاستيدات الخضراء
فجوة

mo3alem.com


كو انزيم A
أسيتل كو انزيم A
2C
مركب ذوست ذرات كربون
6C
حمض الستريك
1 CO2
NAD+
NADH + H+
مركب ذو خمس ذرات كربون
5C
مركب ذو أربع ذرات كربون
4C
(حمض الأكساليك)
1 CO2
NAD+
NADH + H+
ADP + P
ATP
مركب ذو أربع ذرات كربون
4C
مركب ذو أربع ذرات كربون
4C
NADH + H+
NAD+
FAD
FADH2

دورة كريبس


ثاني اكسيد الكربون
ماء
اكسجين
اكسجين
ثاني اكسيد الكربون
املاح معدنية
ماء