Respiration التنفس

الميتوكندريا هي أحد أجزاء الخلايا حقيقية النواة، لها شكل بيضاوي أو عصوي يتراوح حجمها ما بين 0.5 الى 10 ميكروميتراً، وظيفتها الأساسية هي إنتاج الطاقة على شكل ثلاثي الأدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) إضافةً الى تخزين الكالسيوم وتوليد الحرارة، وهي موجودة في جميع خلايا الجسم ما عدا خلايا كريات الدم الحمراء، كما تحتوي الميتوكندريا على غشائين، الغشاء الخارجي قابل لنفاذية الجزيئات الصغيرة مع وجود قنوات لنقل الجزيئات الكبيرة، أما الغشاء الداخلي فهو أقل نفاذية ويسمح فقط للجزيئات الصغيرة بالعبور إلى الكتلة المركزية للميتوكندريا والتي تحتوي على حمض ديوكسيريبونوكلييك (DNA) وحمض الستريك.

مراحل التنفس الخلوي

تتكون عملية التنفس الخلوي بداخل الميتوكنديا من أربعة مراحل متكاملة تبدأ بعملية تحلل السكر وتنتهي بإطلاق الإلكترونات، وهي:

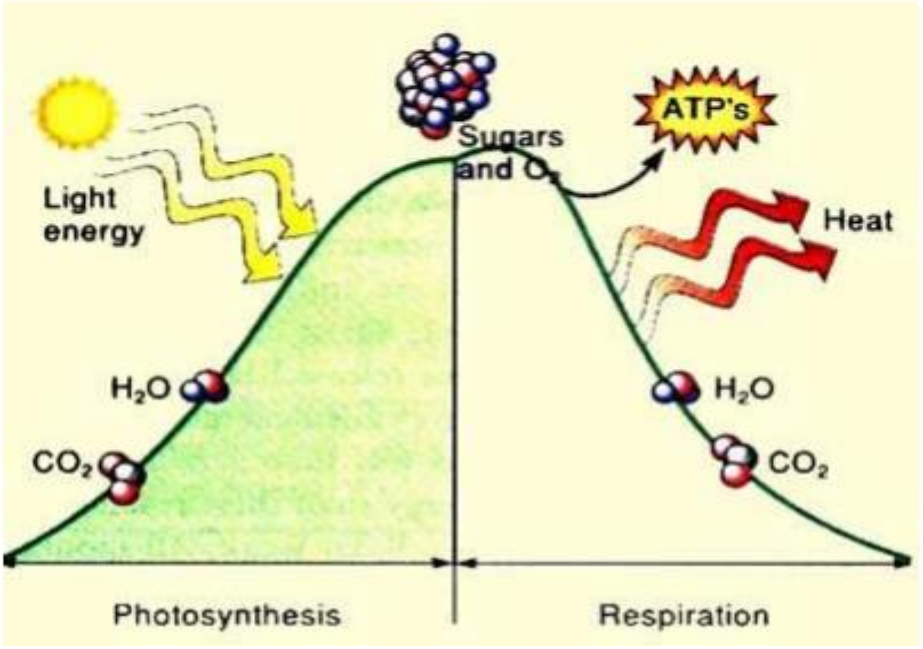
تكسير جزيئات الجلوكوز وتحولها من سكر سداسي الكربون إلى أثنين من الجزيئات العضوية ثلاثية الكربون وتسمى بيروفات.

أكسدة جميع البيروفات الناتجه من تحلل السكر وتحويلها الى وتحويلها الى جزيئين من الكربون ثم ربطها مع أنزيم يسمى أسيتيل، وينتج عن هذه العلملية التي تحدث حجرة داخلية للميتوكندريا غاز ثاني أكسيد الكربون.

يتحد أنزيم أسيتيل الناتج من المرحلة السابقة مع مركب رباعي الكربون ثم يحدث العديد من تفاعلات الأكسدة لأعاده تشكيل الذرات فيما يسمى دورة حمض الستريك.

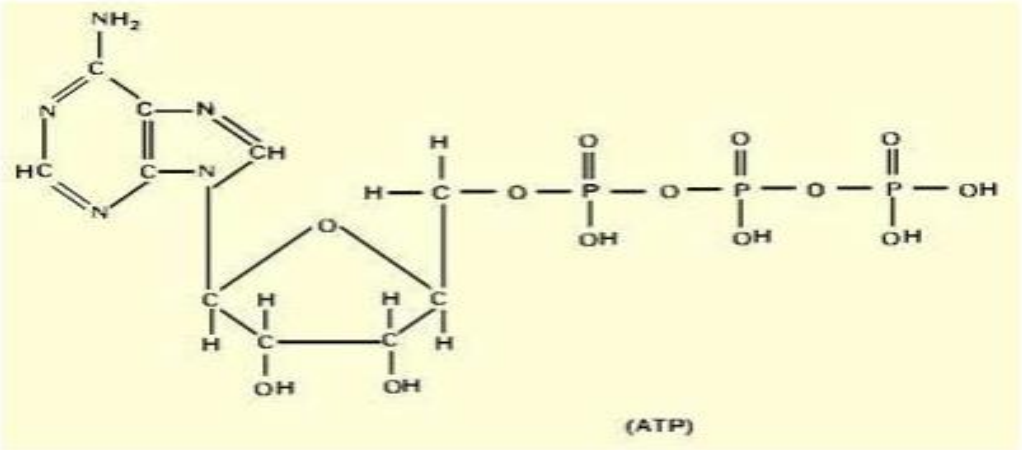
الفسفرة التأكسدية وهي أخر مرحلة من مراحل التنفس الخلوي ويتم فيها تحويل الطاقة المنتجه من التفاعلات الكيميائية الى طاقة قابلة للإستعمال عن طريق أكسدة المرافقات الإنزيمية مما يطلق إلكترونات عالية الطاقة تُنقل عبر النواقل الى خارج الميتوكندريا وصولاً الى الأكسجين مما ينتج جزيئات الماء.

تستمد الكائنات الحية الطاقة المخزونة فى المركبات العضوية وذلك اثناء اكسدتها وتفتيتها فتنطلق الطاقة المخزنة على حالة طاقة نشطة تستغل فى العمليات الحيوية المختلفة وكذلك فى تنشيط بعض المركبات الكيماوية لتكوين مركبات جديدة تساهم فى زيادة كمية البروتوبلازم وبالتالى نمو الكائن الحى وتعرف عملية تفتيت وأكسدة المركبات العضوية وانطلاق الطاقة المخزنة بها على حالة طاقة حرة بعملية التنفس وعلية فالتنفس هو عملية أكسدة واختزال تحدث فى جميع الخلايا الحيه فتسبب انطلاق الطاقة الكامنة فى المواد المتفاعلة على حالة طاقة نشطة وبالتالى فهى عكس عملية البناء المعروفة بالتمثيل الضوئى وتعطى نواتج عكسية كما فى البيان التالى.



عملية نقل الطاقة داخل النباتات

الطريقةالعامة لنقل الطاقة في الكائنات الحية تعتمد علي وجود مركبات مفسفرة Phosporylated Compoundsمثل مركبات Adenosine triphosphate) , (ADP) diphosphate (ATP Adenosineتستطيع تخزين الطاقة ونقلها . الشق الأساسي في هذه المركبات هو مركب الادينوزين الذي يتكون من مركب Purines المرتبط بسكر الريبوز وثلاث مجموعات من حمض الفوسفوريك كما فى حالة ATP ومجموعتين من الحمض فى حالة ADP ويتم الأرتباط برابطة استر.

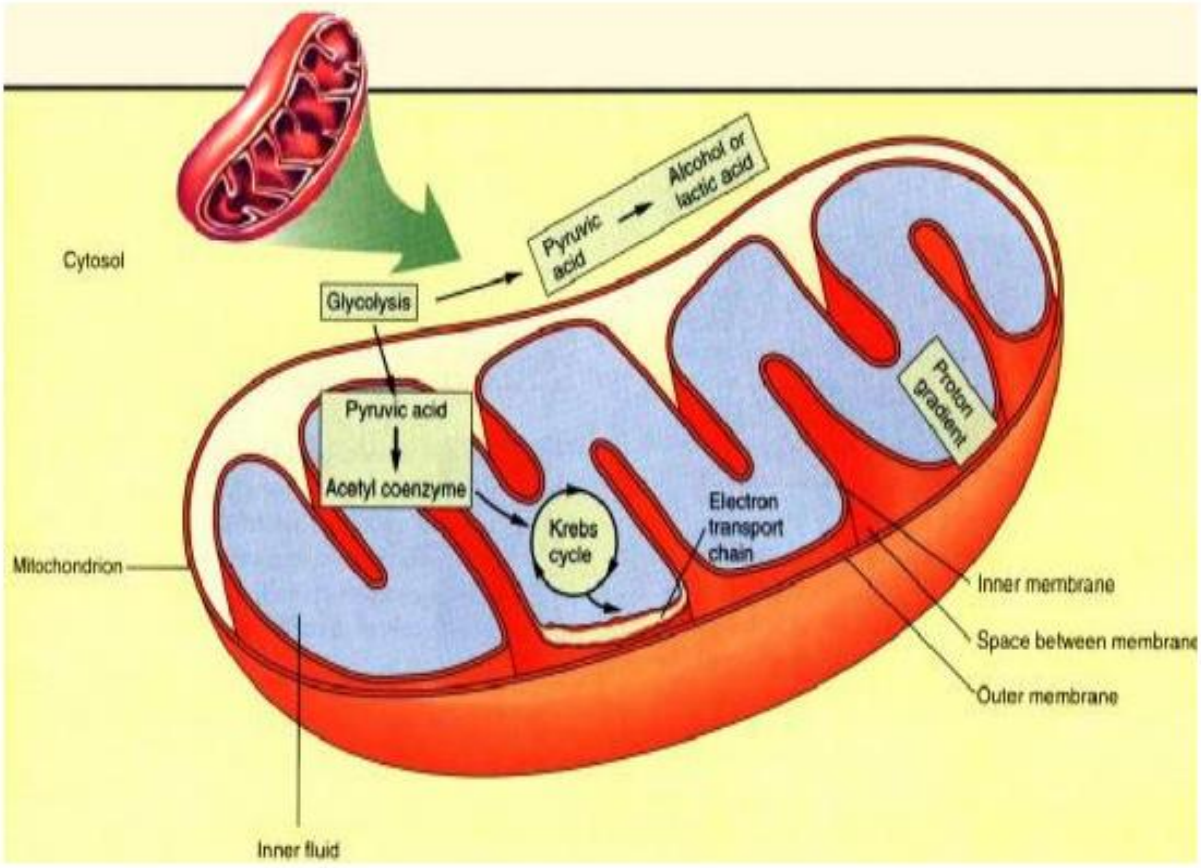


وعند تحلل ATP بتأثير الانزيم المناسب ينتزع شق الفوسفات الطرفي وينتج عن ذلك كمية من الطاقة تعادل١٢,٠٠٠سعر لكل جزئ وهي نفس الكمية من الطاقة التي تنتج من تحلل ADP لينتج , AMP أما شق الفسفور في AMP عند تحلله الي حمض ادينليك ينتج عنة طاقة أقل نسبيا من الطاقة السابقة تقدر ب ٣٠٠٠ سعر لكل جزئ

من المفيد ان نسأل أنفسنا عن سبب الفرق الكبير نسبيا في الطاقة الحرة المنفردة من تحلل ATP عن المنفردة من تحلل AMPوالسبب يرجع الي أن ذرات الأوكسجين في جزئ البيروفوسفات فى ATP و ADP تحمل شحنات سالبة جزيئية كما تحمل ذرات الفوسفور شحنات موجبة وبذلك تلزم وجود كمية كبيرة من الطاقة للتغلب على التنافر بين الشحنات الكهربية المتماثلة على ذرات الأوكسجين وذرات الفوسفور وتنطلق الطاقة عند تحلل تلك المركبات وتعرف الرابطة بين جزيئات البيروفوسفات السابقة الذكر بالروابط الغنية بالطاقة energy- rich phosphate bondويمكن لمركب مثل ADPمن تخزين الطاقة عن طريق ربطة مجموعة فوسفات اليه ليكون ATPأثناء عملية التنفس ليقوم هو مرة آخري الي منحها الي مركب آخر في تفاعل حيوي آخر

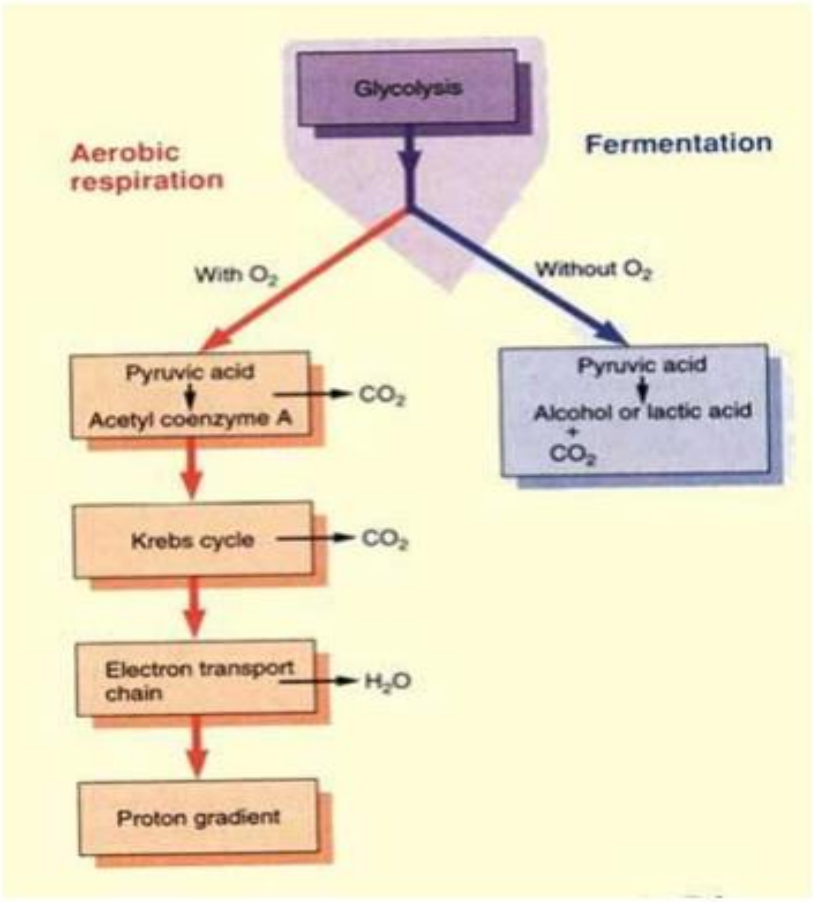
مكان حدوث التنفس

يحدث التنفس فى عضويات صغيرة تعرف بالميتاكوندريا هى بمثابة بيت الطاقة حيث تحتوى على انزيمات التنفس وهى أجسام محاطة بوحدتين غشائيتين يضمان بداخلهما الحشوة و أنزيمات دورة كربس ومركبات عديدة من نواتج التفاعلات الأنزيمية والسيتوكرومات ويلاحظ كثافة الميتوكوندريا في الخلايا النشطة مثل الخلايا الميرستيمية حيث تسود بها الميتوكوندريا . ونظرا لاحتواء الميتوكوندريا علي DNA فان لها القدرة علي الانقسام دون الأعتماد علي النواة.



التحولات التي تحدث اثناء عملية التنفس:

أثبتت الأبحاث تشابة عملية التنفس في جميع الكائنات الحية. ويقسم التنفس الي نوعين من التنفس اللاهوائي في غياب الأوكسجين والتنفس الهوائي.



التنفس الهوائى

وتقسم الخطوات التي يمر بها نوعي التنفس الي مرحلتين رئيستين هما -:

(1الجلكزه Glycolysisوفيها تتحول السكريات السداسية (الهكسوزات) الي حامض البيروفيك Pyruvic acidو تتم هذة المرحلة في كلا من التنفس الهوائي واللاهوائي . علي أن هذة المرحلة غير هوائية .

(2المرحلة الثانية يتحول حامض البيروفيك الي :

٨كحول ايثايل وثاني اكسيد الكربون كما في الخميرة ويطلق علي هذة العملية عملية التخمر وتتم في غياب الأوكسجين

يتحول حمض البيروفيك الي حمض اللاكتيك كما في ٨عضلات الحيوان

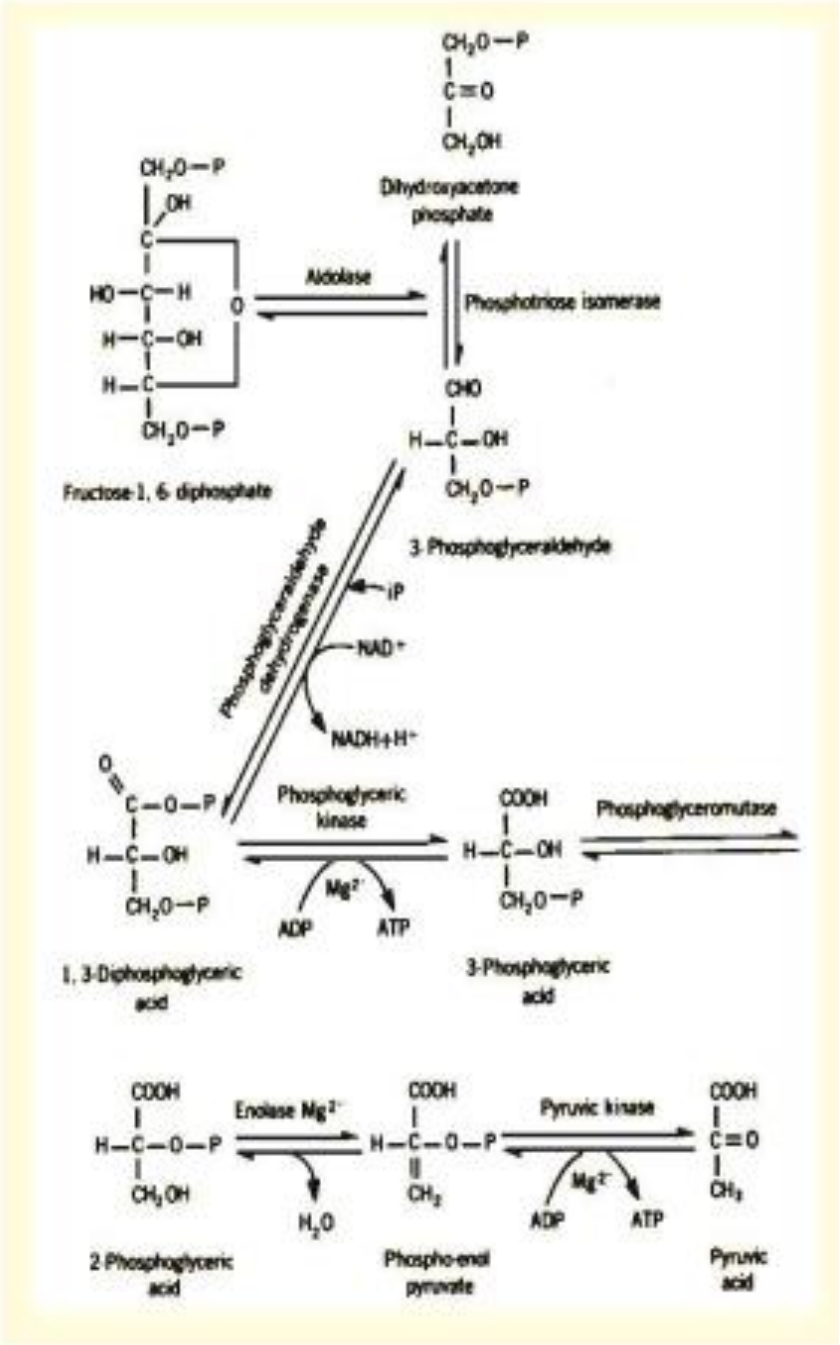
يتحول حمض البيروفيك الي ثاني اكسيد الكربون والماء وذلك في Øوجود الأوكسجين وفي جميع الاحوال تنفرد الطاقة

آولآ : الجلكزة Glycolysis

تبدأ تفاعلات تحليل الجليكوجين والنشا بالتحلل الفوسفورى بواسطة انزيم الفوسفويليز الذي يحلل الرابطة الجليكوسيدية 4-1 عند الطرف الغير مختزل بجزئ النشا أو الجليكوجين . ويقوم انزيم الفوسفوريليز بتحلل سلسلة الاميلوبكتين المتفرعة بنسبة ٥٥ % لعدم امكان تخطي الرابطة ١-٦ وينتج عن ذلك الدكسترين الحدي . ثم يتحول فوسفات ١- جلوكوز الي فوسفات – ٦ – جلوكوز بواسطة انزيم Phosphoglucomutase في وجود المغنسيوم اما الجلوكوز الغير مفسفر فلابد لة من الفسفرة باستخدام ATP عن طريق انزيم Hexokinaseثم يتحول فوسفات٦–فركتوز بواسطة انزيم Phosphohexoisomerase ثم يقوم انزيم Phosphofructokinaseبفسفرة فوسفات ٦- فركتوز الي فوسفات ١، ٦ فركتوز ، عندئذ يتفكك ثنائي فوسفات الفركتوز الي مركبين كل منهما يتكون هيكلة الكربونس من ثلاث ذرات كربون هي : فوسفات ثنائي هيدروكسى اسيتون وفوسفات الدهيد الجليسرول بواسطة انزيم Aldolase يقوم انزيم Phosphate triose isomeraseبتحول فوسفات هيدروكس الاسيتون الي ٣ فوسفو الدهيد الجليسرول .

ثم يحدث اول تفاعل بة اكسدة حيث يتأكسد فوسفات الدهيد الجليسرول و يختزل NAD وتتحول مجموعة الالدهيد نتيجة للأكسدة الي حمض ويستخدم جزء من الطاقة التي تنطلق في تكوين . ATP

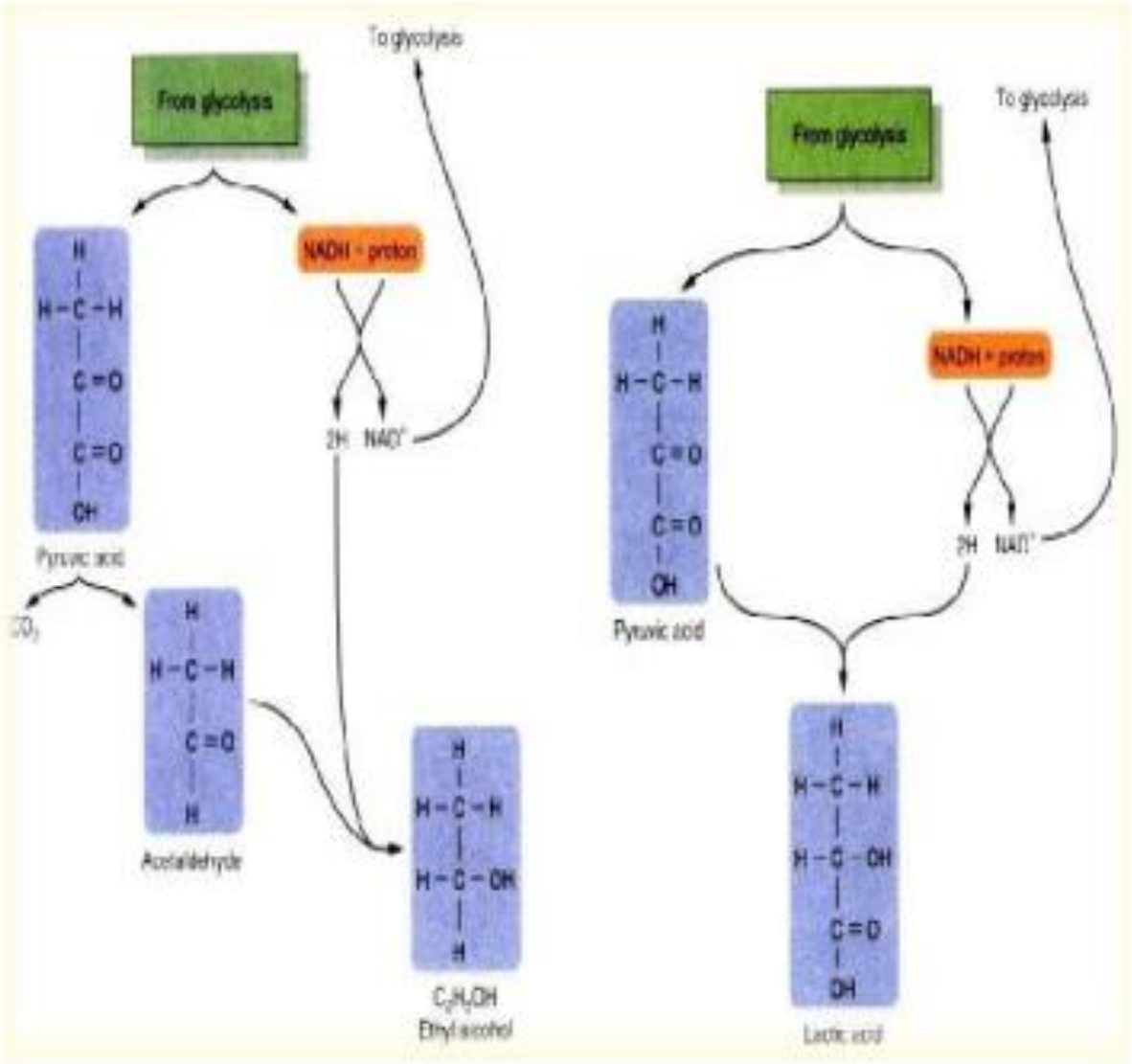
يقوم انزيم Phosphoglyceromutase بتحول ٣ فوسفوالجليسريك الي ٢ فوسفوالجليسريك في وجود المغنسيوم .
ويتم نزع الماء من المركب السابق في وجود انزيم enolase فيتكون فوسفواينول البيروفيك . ثم يقوم أنزيم Pyruvic kinase بدور العامل المساعد في تحو ل الصورة الاينولية لحمض البيروفيك الي الصورة الكيتونية الاكثر ثباتا و يستخدم جزء من الطاقة الناتجة في فسفرة ADP الي ATP .



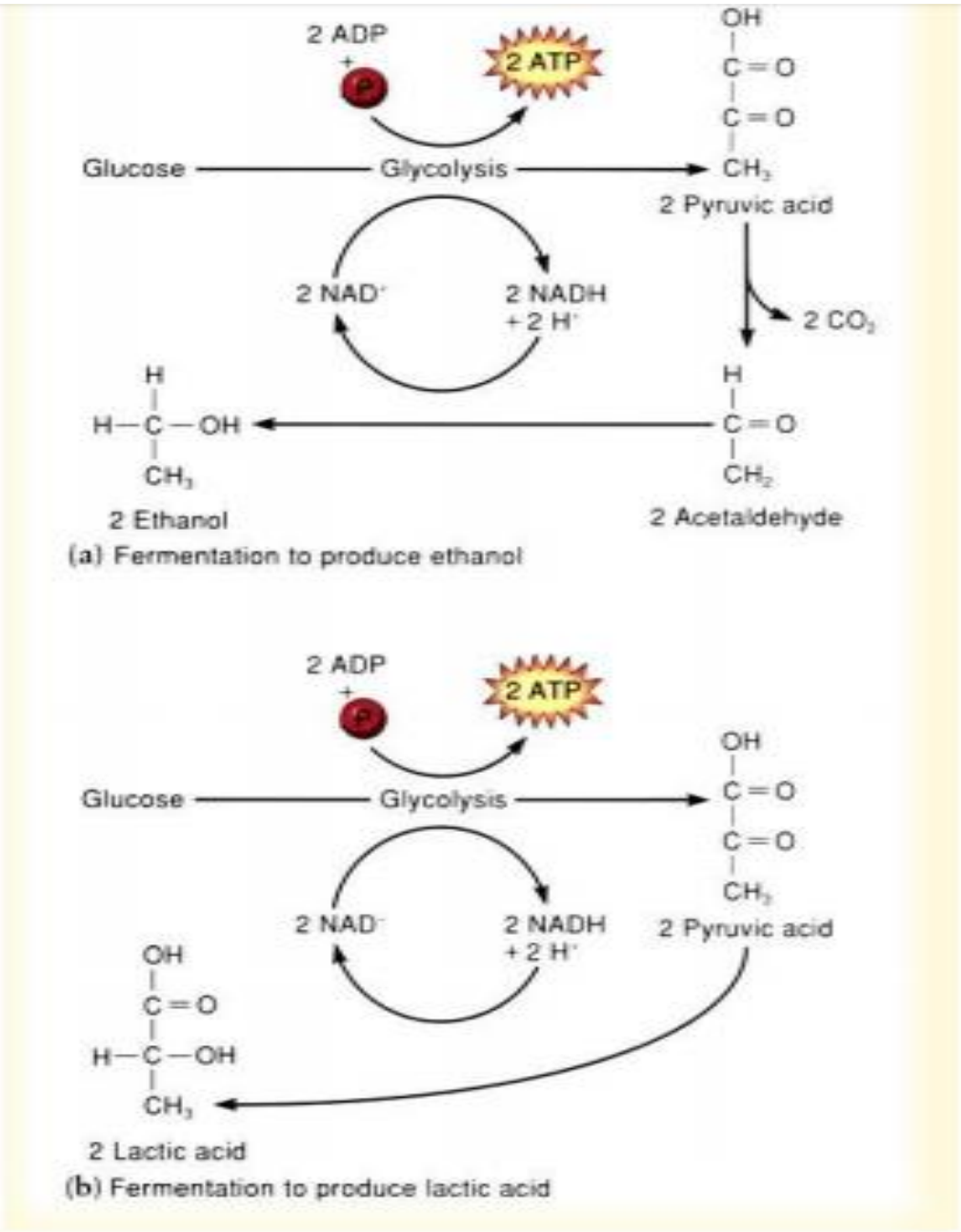
ثانيا : المرحـــــــلة الثانيـــــــــــــــــــــــــة

أ- التخمر Fermentation :

كثير من الكائنات الدقيقة كذلك بعض النباتات الراقية تستطيع تفتيت السكريات في غياب الأوكسجين وتستعمل الطاقة الناتجة في هذة الحالة في نمو تلك الكائنات. أبسط صور التخمر هو التخمر اللاكتيكي Lactic fermentationحيث يتحول حمض البيروفيك الي حمض لاكتيك . ولا يعرف هذا النوع من التخمر في النباتات الراقية ولكنة منتشر في الكائنات الدقيقة وتستطيع كثير من انسجة النباتات الراقية بعملية التخمر الكحولي alcoholic fermentationو فية يتحول البيروفات الي استيالدهيد و ينفرد CO2 بتأثير انزيم Carboxylaseثم يختزل الاستيالدهيد الي كحول ايثانول في وجود انزيم Alcohol dehyrogenase



ولا ينتج عن ذلك طاقة اي لا تتكون مركبات ATP و بذلك بعملية التنفس اللاهوائي بداية من تفتيت السكر حتي تكون حمض اللاكتيك و كحول الايثانول لا نتج عنها سوي جزيئان من ATP و هي الناتجان اثناء عملية الجلكزة و يتم التنفس اللاهوائي في عدم وجود الاكسجين كما سبق الاشارة وعادة في الكائنات الدقيقة التي يطلق عليها anaerobes



ب- الخطوة الثانية في التنفس الهوائي

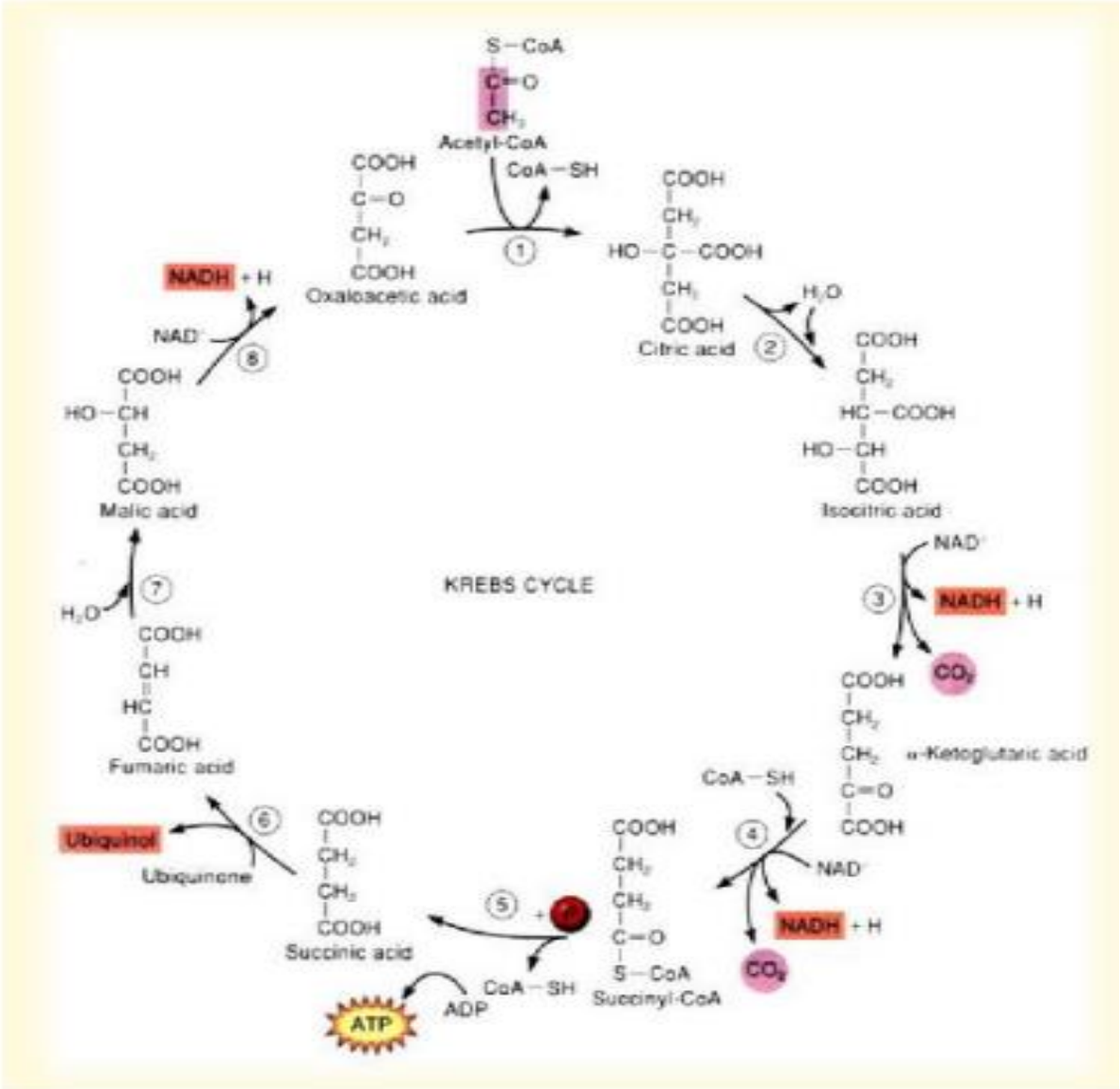
يتم ذلك عن طريق سلسلة من التفاعلات تبدأ أولا بتكوين acetyl coenzyme A وهي عملية معقدة . وتحتاج الي خمس مساعدات ضرورية (thiamine pyrophosphate (TPP ، المغنسيوم ، NAD، Coenzyme A و اخيرا Lipoic acid وقد اقترح Gunsalus أربع خطوات لتكوين Acetyl Co A

ومن التفاعل نجد تكوين Acetyl CoA وثاني اكسيد الكربون أول مجموعة تخرج من حمض البيروفيك وفي اثناء هذا التحول السابق الاشارة اليه يتم نقل الكترونان لل NAD لتكوين NADH واثناء نقل هذا الالكترونان ينتج عن ذلك ثلاث جزيئات من ATP و يمكن تلخيص التفاعل كالآتي :

Pyruvate + Co A + NAD Acetyl Co A +CO2 + NADH +3ATP

دورة كربس Krebs cycle

يعتبر Acetyl CoA حلقة الوصل بين عملية الجلكزة ودورة كرب (أو دورة السترات أو دورة الاحماض ثلاثية الكربون). أول تفاعل في تلك الدورة هو تكثيف Acetyl COA مع حمض الاوكسالوخاليك لتكوين حمض السترييك . لاعادة تكوين حمض الاوكسالوخاليك مرة أخري تتم سلسلة من التفاعلات يتم خلالها اربع خطوات أكسدة وثلاث جزيئات ماء وجزيئين من ثاني أكسيد الكربون وبذلك يكون تفتيت كل ذرات الكربون التي كونت حمض البيروفيك وثمان ذرات ايدروجين كما بالرسم التالي .



في خلال هذة الدورة يتم تكوين حمض الالفا كيتوجلوتاريك Ketoglutaric acid & ويعتبر هذا الحمض هو مفتاح عمليات التمثيل داخل النبات. فهو يلعب دوراً هاما في تمثيل كلا من الكربوهيدرات والدهون و كذلك الأحماض الامينية

العوامل المؤثرة علي معدل التنفس :

1-الاكسجين :

من الواضح ان نقص الأكسجين بالجو المحيط بالنباتات التي تتنفس عادة تنفسا هوائيا يكون لة تأثيرات ضارة بهذة النباتات ويختلف مدي الضرر باختلاف نوع النبات أو النسيج وعمره ومدة التعرض لهذة الظروف اللاهوائية ويرجع حدوث هذه الأضرار الي العديد من العوامل ومنها نقص الطاقة المتحصل عليها عن طريق التنفس اللاهوائي وتراكم بعض النواتج الضارة أو السامة بالكائن الحي .

وعموما لا يعتبر الأكسجين عاملا محددا للتنفس تحت الظروف الطبيعية حيث ان تركيزه بالجو يعتبر كافيا جدا للتنفس الهوائي ويعتبر ثابتا الي حد ما . اما الأجزاء النباتية بالتربة أو كائنات التربة فقد تتأثر نتيجة لقلة الأكسجين اذا كانت التربة سيئة التهوية لثقلها او لغمرها بالماء .

2-الحرارة :

تعتبر تأثيرات الحرارة علي معدل التنفس راجعه للعديد من العوامل المتداخلة وعموما يمكن القول ان زيادة الحرارة يزيد من سرعة عملية التنفس بدرجة ملحوظة . ولابد من الأخذ في الاعتبار أن النباتات بل الأعضاء تختلف فيما بينها في استجاباتها للحرارة ولكن لوحظ ان أغلب الأنسجة النباتية تزيد سرعة تنفسها عند زيادة درجة الحرارة عن ٣٥ درجة منوية . ويظل هذا التأثير لمدد معينة فقط حيث ان الاستمرار يعرض النبات لتأثيرات عكسية ضارة وغالبا يرجع لابطاء أو ابطال عمل الانزيمات وبقية المكونات البروتينية بالسيتوبلازم وقد يكون استمرار الحرارة المرتفعة سببا في تراكم بعض نواتج التفاعل مثل غاز ثاني اكسيد الكربون وقد يزداد تركيزه الي المعدل الضار أو السام بالخلايا الحية نتيجة لسرعة عملية التنفس . وعند درجات الحرارة المنخفضة فانة من المتوقع ان يزداد تركيز ك أ٢ الناتج من التنفس وهو ما يؤدي الي أبطاء تفاعلات انتاج ك أ٢ decarboxyaltion .

3-تركيز ثاني اكسيد الكربون :

بزيادة تركيز ك أ٢ بالخلايا يقل أو يبطل عمل الانزيمات الخاصة بنزع جزيئات ك أ٢ من المركبات الكربوهيدراتية وغيرها decarboxylases وذلك طبقا لقانون نقل الكتلة Moss action كذلك فأن زيادة تركيز ك أ٢ يؤدي الي ارتفاع الحموضة بالعصير الخلوي وبسيتوبلازم الخلية مما له ابلغ الاثر علي تراكم و نوع التفاعلات الانزيمية المختلفة وسرعة اتمامها . ولكن نظرا لثبوت تركيز ثاني اكسيد الكربون نسبيا في الهواء فان تأثيرة السام يتركز اساسا علي الأجزاء الارضية من النبات وكذلك الكائنات الحية الدقيقة حيث أنة بالأرض سيئة التهوية يزداد تركيزه ويقل الأكسجين مما يبطئ عمل الجذور في الامتصاص النشط للعناصر الغذائية .

4-العناصر الغذائية :

لوحظ من التفاعلات السابق ذكرها بالنسبة للتنفس اللاهوائي والهوائي أن أغلب الانزيمات المتحكمه في هذه التفاعلات يلزم لها مساعدات انزيمية من بعض العناصر المعدنية مثل Mn ، Mg ، Cl ، Fe وغيرها .

فالمغنسيوم يلزم لتفاعلات الفسفرة وتفاعل نزع ك أ٢ في حيث البوتاسيوم يعمل كمساعد انزيمي في تفاعل انتاج حمض البيروفيك في حين ان الحديد يقوم بنفس العمل في تفاعل تحول حمض الستريك الي الايزوستريك في التنفس الهوائي بل ويقوم المنجنيز كعامل مساعد للانزيم المتحكم في انتاج حمض الاوكسال سكسينيك

5-الضوء :

يعتبر الضوء من العوامل المؤثرة تأثيرا مباشرا أو غير مباشر علي التنفس فالضوء يزيد من حرارة الانسجة مما يؤدي الي زيادة عملية التنفس كما وان ارتفاع الكثافة الضوئية يشجع عملية البناء الضوئي وبالتالي تزداد تركيزات السكريات الناتجة واللازمة كمادة تفاعل لعملية التنفس .

6-درجة تبلل الانسجة :

كلما ارتفعت درجة رطوبة الأنسجة كلما ارتفع معدل التنفس عادة يرجع ذلك اساسا لزيادة احتياج الانزيمات الي محتويات مائية مرتفعة وقد لوحظ أنة كلما قل المحتوي المائي يقل معدل التنفس كما في البذور الجافة . كذلك فأن قلة الرطوبة تؤثر علي درجة نفاذية الأغشية البلازمية للغازات وبالتالي فان نقص الأكسجين سيكون عاملا محددا في حين ان زيادة ثاني أكسيد الكربن سيصبح عاملا ضارأو معيقا لعملية التنفس.