

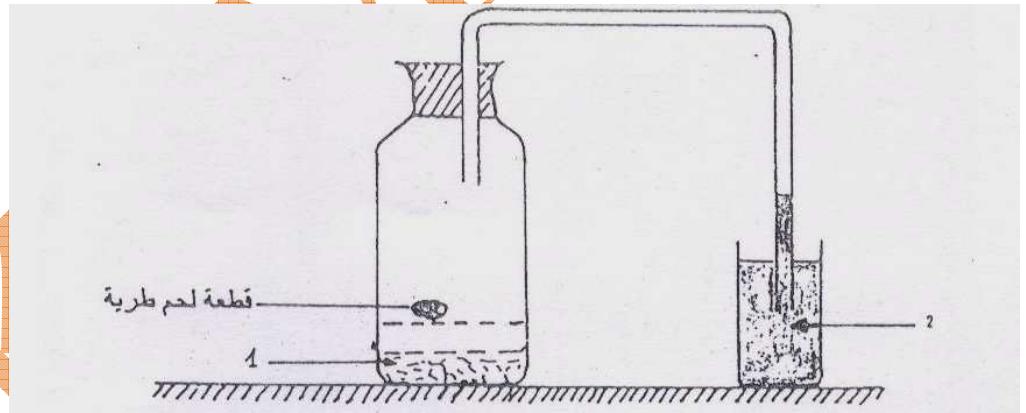
استهلاك المادة العضوية لإنتاج الطاقة

يقوم المنتج أي النباتات اليخضورية بوظيفة التركيب الضوئي المنتجة للمادة العضوية بمختلف أنواعها دهون ، بروتيدات و سكريات خاصة النشا ، و عبر السلاسل الغذائية يحصل المستهلكون على هذه المادة العضوية التي يقتاتون عليها ، بعض هضمها على طول الأنبوب الهضمي تتحول كل المادة العضوية المركبة من بروتينات و دهون و سكريات إلى مادة عضوية بسيطة أو قيت في مستوى المعى الدقيق ، و يتكون من الأحماض الأمينية الغليسرول ، الأحماض الدهنية و الغليكوز .

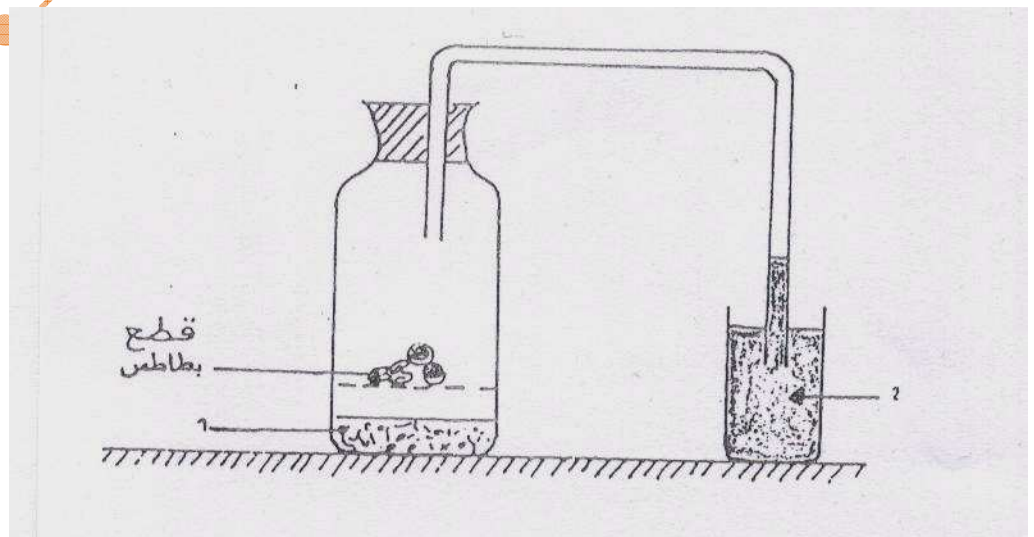
في مستوى المعى الدقيق تتم عملية الامتصاص ، فينتقل القيت إلى الدم و يوزع رفقة ثنائي أوكسجين التنفس على جميع أعضاء الجسم المكونة من خلايا لتستفيد منه .
فيم تستعمل الخلايا مواد القيت و الأوكسجين ؟
ماذا ينتج عن استهلاك مواد القيت و الأوكسجين ؟

1- الكشف عن التنفس الخلوى :

أ- تجارب :



1- ماء الجير
2- سائل ملون



ب- نتائج :

مع الأنسجة الطرية النباتية أو الحيوانية يتعكر ماء الجير و يصعد السائل الملون في الأنبوب U

ت- استنتاج :

يدل تعكر ماء الجير على طرح ثنائي أوكسيد الكربون ، و يدل صعود الماء الملون على استهلاك الهواء خاصة ثنائي الأوكسجين ، يسمى هذا التبادل الغازي بالتنفس .
الأنسجة الطرية المستعملة هي عبارة عن خلايا حية نباتية أو حيوانية ، فالخلايا إذا هي التي تستهلك ثنائي الأوكسجين و تطرح ثنائي أوكسيد الكربون ، تسمى هذه الظاهرة بالتنفس الخلوي .

2- تأثير الظروف الهوائية على بنية الخلية :

أ- ملاحظة :

تستطيع بعض الأنواع من الكائنات الحية العيش في ظروف هوائية أي في حضور ثنائي الأوكسجين فتنجز وظيفة التنفس أو في ظروف لا هوائية أي في غياب ثنائي الأوكسجين فتقوم بوظيفة التخمر ، من هذه الأنواع نذكر فطر الخميرة .

ب- تجربة :

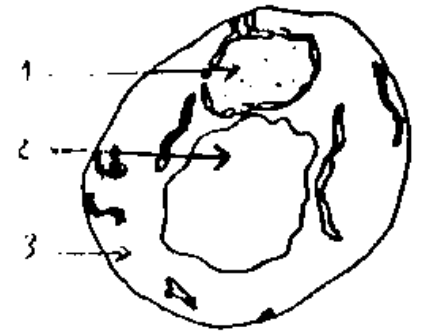
نزرع الخميرة في محلول غليكوز و نوزعها على وسطين أحدهما حيهوائي غني بثنائي الأوكسجين و الثاني حي لاهوائي ينعدم فيه الأوكسجين . و بعد مدة نلاحظ فوق بنية الخميرة في الوسطين .

ت- نتيجة :



الشكل ب

وسط حيهوائي



الشكل أ

وسط لاهوائي

ظروف لاهوائية	ظروف هوائية
نواة غير متضخمة	تضخم النواة
فجوة ضخمة	فجوة متراجعة
غياب الميتوكوندري	ظهور عضيات بعدد كبير : الميتوكوندريات

ث- استنتاج :

حضور أو غياب ثنائي الأوكسجين في الوسط ، يؤثر على فوق بنية الخلية ، حضور O_2 يؤدي إلى تكاثر عضي الميتكندري ، أما غياب O_2 فيؤدي إلى غياب هذا العضي .

3- مصير المادة العضوية المستهلكة :

أ- تجربة :

نزرع خلايا حيوانية في وسط غني ب O_2 و يحتوي على غليكويز مشع ب C^{14} ، مكنت ملاحظة عينات من هذه الخلايا في فترات متتالية من الكشف عن عدة مواد مشعة وفي عدة مستويات من الخلية :

ب- نتيجة :

الوسط الداخلي للخلية		الوسط الخارجي للخلية	الزمن
الميتكندري	الجبلة الشفافة	$G^{+++++++}$	t_0
	G^{+++++}	G^{++}	t_1
P^{+++}	P^{++++}		t_2
P^{+++} و K^+		CO_2^{+++}	t_3
K^{+++}		CO_2^{+++}	t_4

+++++ : كمية كبيرة جدا من المواد المشعة + : كمية ضعيفة من المواد المشعة
G : غليكويز P : حمض البيروفيك K : أحماض عضوية ل حلقة كريبس
ت- استنتاج :

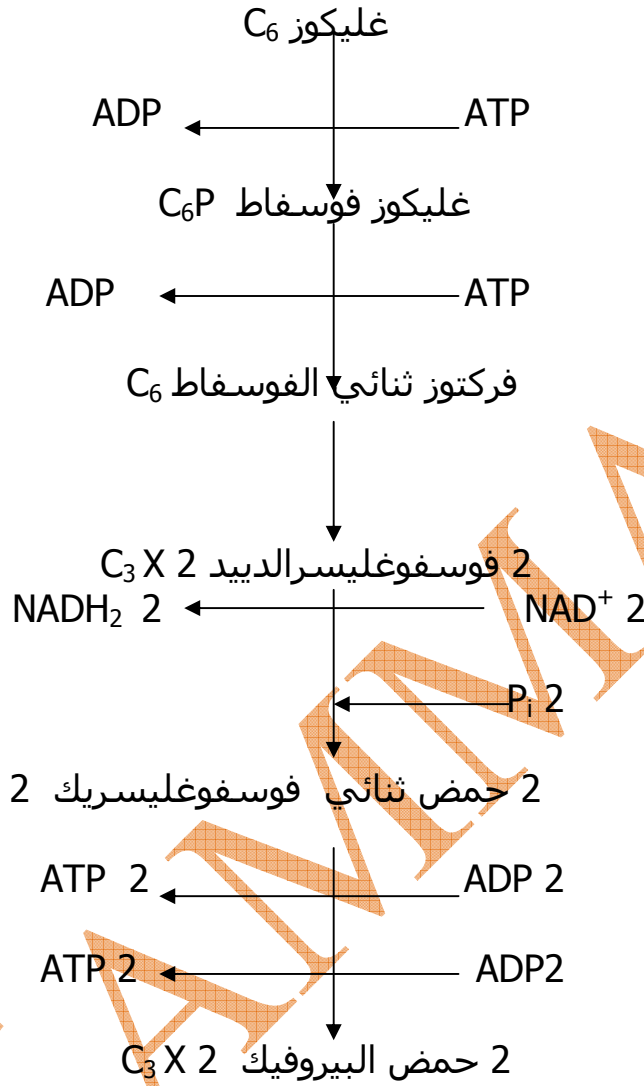
ينتشر الغليكويز من الوسط الخارجي نحو الوسط الداخلي للخلية ، و يتم استهلاكه عبر مرحلتين ، و في مستويين من السيتوبلازم :
+ في الجبلة الشفافة يتحول الغليكويز إلى حمض البيروفيك عبر سلسلة من التفاعلات يطلق عليها انحلال الغليكويز
+ داخل الميتكندري يتحول حمض البيروفيك إلى CO_2 مروراً بأحماض حلقة كريبس

ت- ملحوظة :

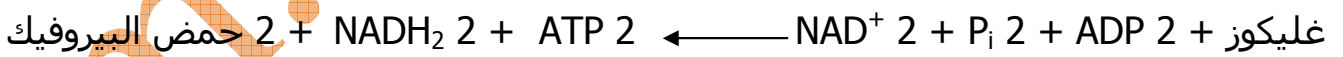
يتم الاستهلاك الكامل للغليكويز عبر هاتين المرحلتين أثناء التنفس أي في حضور O_2 و الميتكندريات ، أما في التخمر أي في غياب O_2 و الميتكندريات فاستهلاك الغليكويز يكون غير كاملاً و يتم الانحلال فقط في الجبلة الشفافة .

4- انحلال الغليكويز في الجبلة الشفافة :

تتم هذه العملية بفضل عدد من الأنزيمات و عبر سلسلة من التفاعلات ، بعض هذه التفاعلات تستهلك الطاقة أي ATP و البعض الآخر ينتجها :



الحصيلة : كل جزيئة غليكوز تستهلك 2 ATP و تنتج 4 ATP + 2 NADH₂ .
تستفيد الخلية إذا من 2 ATP و 2 NADH₂ ، و بذلك يكون التفاعل النهائي لانحلال الغليكوز في الجبلة الشفافة هو :

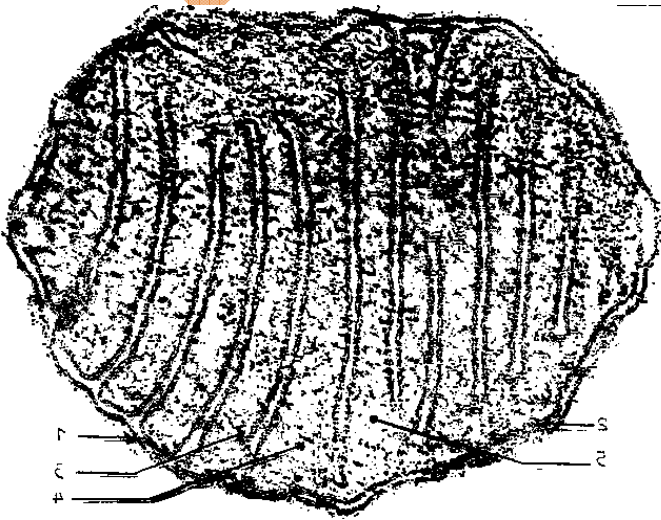


حمض البيروفيك الناتج ينتقل في الظروف الهوائية إلى داخل الميتوكوندري .

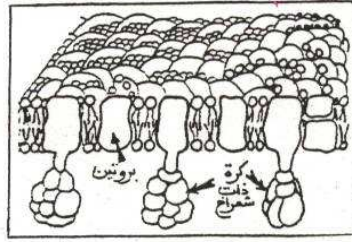
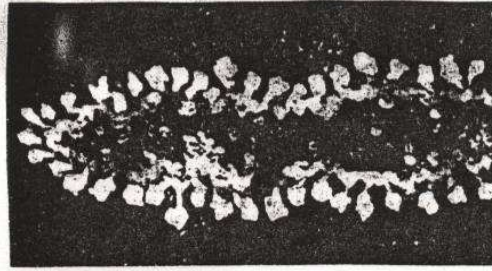
5- الميتوكوندري و التفسفر الأوكسدي :

أ- فوق بنية الميتوكوندري:

الغشاء الخارجي شبيه من حيث التكوين الكيمائي بالغشاء السيتوبلازمي للخلية ، أما الغشاء الداخلي فهو غني بالبروتينات و تمثل 80 % منه .



- 1- غشاء خارجي 2- غشاء داخلي
- 3- عرف
- 4- جسم ريبوسومي
- 5- ماتريس

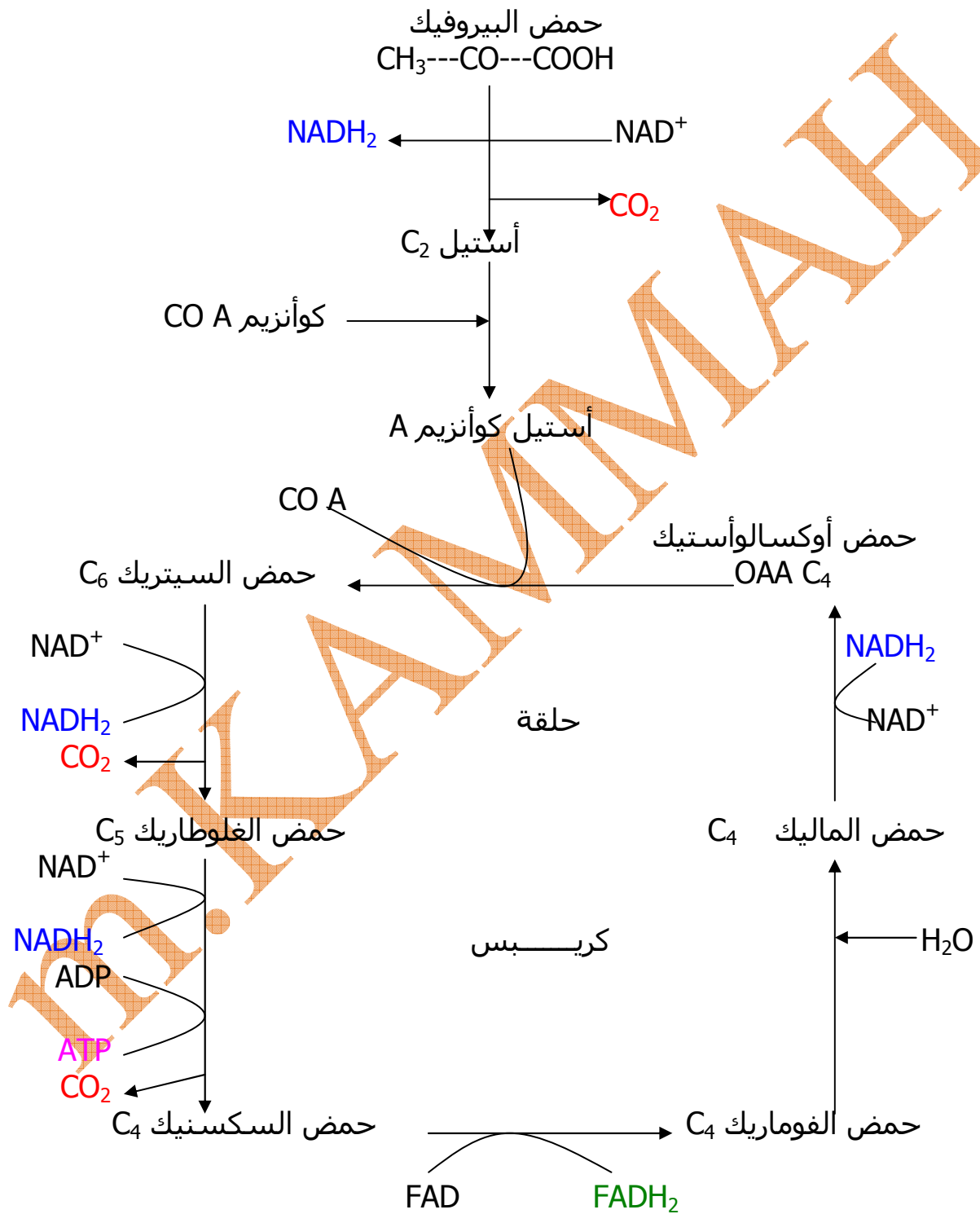


فوق بنية الغشاء الداخلي

أغلب هذه البروتينات هي عبارة عن أنزيمات تركيب ATP أو ATP سنتتاز تظهر في الغشاء الداخلي على شكل كريات ذات شمراخ .
أما في الماتريس فنجد أنزيمات مزيلات الكربون و أنزيمات مزيلات الهيدروجين، كما يحمل الغشاء الداخلي عدة سلاسل من ناقلات الإلكترونات e^- و البروتونات H^+ .

ب- حمض البيروفيك في الماتريس :

في هذا المستوى يخضع حمض البيروفيك لإزالة الكربون من طرف أنزيمات مزيلات الكربون $décarboxylase$ التي تنتزع منه CO_2 وإزالة الهيدروجين من طرف مزيلات الهيدروجين $déshydrogénase$ التي تنتزع منه e^- و H^+ و تلتقطها الناقلات NAD^+ ، فتتحول إلى $NADH_2$ ، و ذلك عبر سلسلة من التفاعلات التي تكون حلقة كريبس :



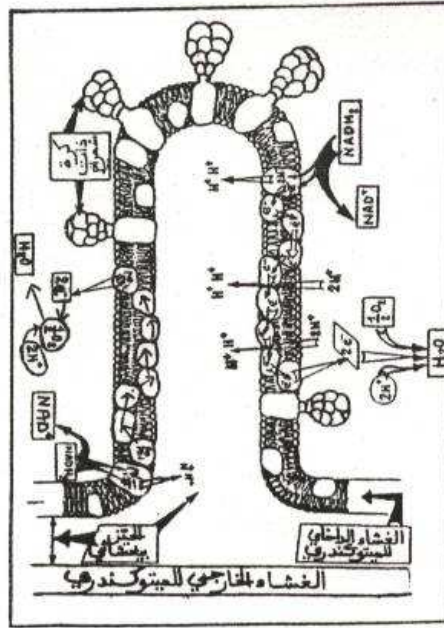
تتلقى الماتريس حمض البيروفيك C_3 و يخرج منها 3 جزيئات من CO_2 و يبقى في الماتريس انطلاقاً من حمض بيروفيك واحد : $ATP\ 1 + FADH_2\ 1 + NADH_2\ 4$.

ت - مصير ناقلات H^+ و e^- :

تسلم $FADH_2$ و $NADH_2$ الإلكترونات و البروتونات التي تحملها إلى سلسلة من الناقلات المتواجدة في الغشاء الداخلي للمتكوندي و التي تكون السلسلة التنفسية ، تنتقل

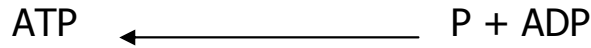
الإلكترونات عبر عناصر السلسلة التنفسية حتى المستقبل الأخير ، في حين تتراكم البروتونات H^+ في الحيز البيغشائي .

عند نهاية السلسلة التنفسية يتواجد المستقبل الأخير للإلكترونات و هو أوكسجين الشهيق ، الذي يتلقى $2\ e^-$ من السلسلة التنفسية و $2\ H^+$ من الماتريس و يتحول إلى ماء داخل الماتريس حسب التفاعل التالي :



ت- إنتاج الطاقة :

تراكم H^+ في الحيز البيغشائي يجعل pH الحيز أكثر حمضية من pH الماتريس فيظهر ممال لتركيز H^+ ، تستغل الكريات ذات شمراخ هذه الظروف فتتنقل H^+ من الحيز البيغشائي نحو الماتريس مختزنة الطاقة الدافعة له في جزيئه ATP حسب التفاعل التالي :



تسمى هذه العملية بالتفسفر الأوكسيدي

يمكن انتقال الإلكترونات والبروتونات المسلمة من طرف $NADH_2$ عبر السلسلة التنفسية من تحرير طاقة كافية لتركيب 3 من ATP ، في حين تلك المسلمة من طرف $FADH_2$ لا تعطي سوى طاقة كافية لتركيب 2 من ATP .

6- المردودة الطاقة للتنفس :

انطلاقاً من غليكوز واحد نحصل على :
يعطي انحلال الغليكوز في الجبلة الشفافة : $NADH_2 \ 2 + ATP \ 2$

داخل الميتوكوندري :

$FADH_2 \ 2 + NADH_2 \ 8 + ATP \ 2$: حمض البيروفيك يعطي :

$FADH_2 \ 2 + NADH_2 \ 10 + ATP \ 4$

الحاصل

ATP 4

ATP 30

في السلسلة التنفسية

ATP 38

الحصيلة الطاقة لكل غليكوز هي

ملحوظة :

يعتبر الغليكوز هو المصدر الرئيسي للطاقة الخلوية ، في غيابه يمكن للخلية أن تلجأ إلى باقي أنواع المادة العضوية من دهون تحولها إلى أستيل $CO \ A$ تدخل في حلقة كريبس و من أحماض أمينية تحولها إلى حمض البيروفيك يدخل إلى حلقة كريبس . و ص

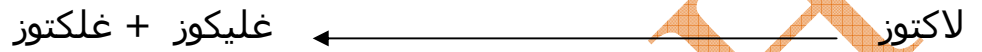
7- إنتاج الطاقة في غياب الأوكسجين : التخمر

أ- ملاحظة :

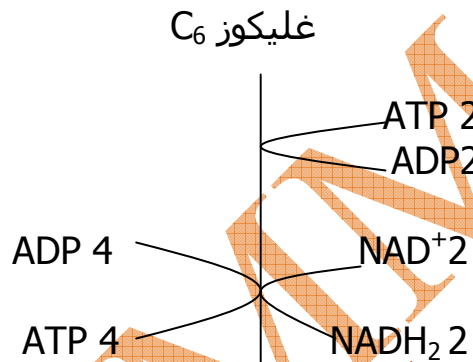
عندما نترك الحليب لعدة ساعات نلاحظ تخثره و زيادة عدد البكتيريا به ، و إذا طالت المدة يصبح حمضيا نتيجة تراكم الحمض اللبني .

ب- تحليل

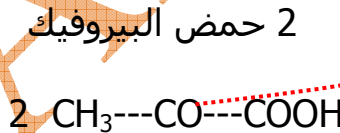
يعيش في الحليب و بصورة طبيعية بكتريا غير ممرضة تسمى البكتريا اللبنية ، تحتاج هذه الكائنات إلى الطاقة لضمان نموها و تكاثرها ، هذه البكتيريا لا تمتلك ميتوكوندريا و تستعمل لاكتوز الحليب كمصدر لإنتاج الطاقة بعد حلماته :



ينتقل الغليكوز إلى سيتوبلازم البكتيريا فيخضع للانحلال :

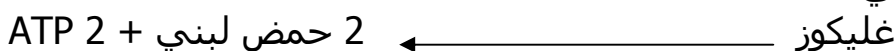


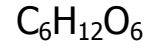
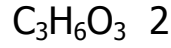
في غياب الميتوكوندري
تنقل NADH₂ الإلكترونات
و البروتونات إلى الحمض
اللبني الذي يستقبلها



ت- استنتاج :

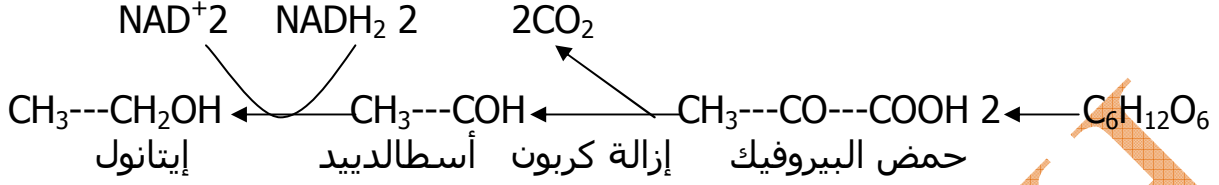
يؤدي هذا النشاط إلى استهلاك الغليكوز ، و إلى إنتاج الحمض اللبني و تستخدم البكتريا من ATP 2 ، يسمى هذا النشاط بالتخمير اللبني ، و يتمخلاله الاستهلاك الغير كامل للغليكوز حسب التفاعل التالي :





ث- ملحوظة :

بالإضافة إلى التخمر اللبني نجد التخمر الكحولي الذي تقوم به بعض الأنواع من الفطريات المجهرية كالخميرة ، هذا التخمر يطرح CO_2 و ينتج الكحول الإيتيلي و ذلك حسب التفاعل التالي :



ج- مقارنة الحصيلة الطاقةية للتنفس و للتخمر :

في التنفس يعطي غليكوز واحد 38 ATP و يخضع للأكسدة الكاملة أما في التخمر فالأكسدة غير كاملة و لا يعطي الغليكوز سوى 2 ATP .
تمثل جزيئة الغليكوز مدخرا طاقيا يقدر ب 2840 KJ ، في حين لا تمثل جزيئة ATP سوى مدخرا طاقيا قيمته 30.5 KJ :

$$\text{المردودية الطاقةية للتنفس} = 100 \times \frac{30.5 \times 38}{2840} = 41\%$$

$$\text{المردودية الطاقةية للتخمر} = 100 \times \frac{30.5 \times 2}{2840} = 2.1\%$$