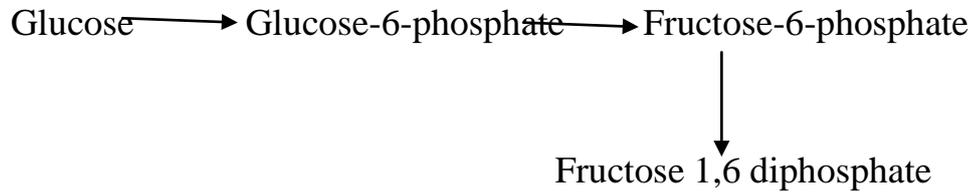


Fungal metabolism and fungal products

يمكن للفطريات الحصول على الطاقة في مختلف الظروف من مصادر المركبات السكرية بطريقتين:

1. Glycolysis or Embden-Meyerhof (EM) pathway
2. Tricarboxylic acid (TCA)

يتكون EM pathway من عشر خطوات من التفاعلات الانزيمية التي تحدث في السايكوبلازم وهناك مرحلتين اساسيتين في هذا المسار:
المرحلة الاولى:



يتم خلال عملية الفسفرة هذه صرف لجزيئين من ATP إضافة الى انتاج اربع جزيئات من ATP .

المرحلة الثانية: تنقسم جزيئة Fructose 1,6 diphosphate الى جزيئين من dihydroxyacetone phosphate و glyceraldehydes-3-phosphate وفي سلسلة من التفاعلات الانزيمية تتحول هاتان الجزيئتان الى حامض البيروفك pyruvic acid الذي يعتبر احد النواتج الايضية الوسطية المهمة لانه يعتبر نقطة التفرع branch point (وهذا يعني ان الخطوات التي تلي تكونه تعتمد على نمو الفطر اذا كان بظروف هوائية او لا هوائية).

In the presence of Oxygen:

ينتقل حامض البيروفك (يتكون من ثلاث ذرات من C) الى المايتوكوندريا ويتحول الى acetyl-Coenzyme A (acetyl-CoA) الذي يتكون من ذرتين كربون من خلال ارتباط حامض البيروفك بجزيئة coenzyme A مع تحرر جزيئة من CO₂.

بعد ذلك يرتبط مع acetyl-CoA (4 C) لينتج citric acid وفي النهاية فان citric acid يتحول مرة اخرى الى oxaloacetate في تفاعلات دورة كريبس (TCA cycle) مع فقدان جزيئين من CO₂.

✓ بالاعتماد على معادلة التنفس الهوائي aerobic respiration الناتج النهائي من سلسلة التفاعل لجزيئة واحدة من سكر الكلوكوز التي تتأكسد بشكل كامل الى 6CO₂ و 6H₂O



بشكل عام ان اكسدة اي مادة يجب ان يرافقها اختزال لمادة اخرى تتم من خلال NAD^+ و $NADP^+$ و FAD حيث ان هذه المركبات تستقبل الالكترونات وبالمقابل تختزل الى $NADH$ و $NADPH$ و $FADH_2$.

هذه المركبات تحتاج فيما بعد الى اعادة اكسدة reoxidation لتستمر العملية التي تعتبر اساسية لعبور الكترونات على طول سلسلة النواقل الالكترونية electron transport chain الذي يعتبر فيها الاوكسجين المستلم النهائي للالكترونات terminal electrons acceptors . وتتكون هذه السلسلة من نواقل للالكترونات electron carriers التي توجد في غشاء الميتوكوندريا.

وبشكل اساسي فان كل من $NADH$ او $NADPH$ تتاكسد مرة اخرى الى NAD^+ و $NADP^+$ من خلال انتقال الكترونات الى الجزيئة الناقلة carrier molecules وكذلك مع $FADH_2$ الذي يتاكسد الى FAD .

Proton motive force قوة البروتون الحركية

قوة تتكون من سلسلة من النواقل الالكترونية بسبب قذف البروتونان (H^+) الى خارج الميتوكوندريا في حين ان الايونات السالبة (OH^-) تتجمع داخل الميتوكوندريا وهذه القطبية في الجدار تستخدم لتصنيع ATP من $ADP + inorganic phosphate$ عندما تدخل البروتونات مرة اخرى خلال ما يسمى (ATP synthase) membrane-located ATPase .

ما هي الطاقة الناتجة من التنفس الهوائي؟؟؟

يتم قياس الطاقة الناتجة من الكلوكوز خلال التنفس الهوائي نظريا من خلال حساب عدد جزيئات ATP الناتجة:

2 ATP from the EM pathway down to pyruvic acid (4 ATP produced but 2 ATP used initially to phosphorylate glucose).

2 ATP from the TCA cycle (one in each turn of the cycle, but 2 molecules of pyruvate must be processed through this cycle).

30 ATP from the reoxidation of 10 pyridine nucleotides ($NADH / NADPH$)

4 ATP from the reoxidation of 2 flavin nucleotides.

Total 38 ATP

هذا ما ينتج نظريا في حين ان الناتج الحقيقي actual ATP yield اقل من هذا العدد بكثير لسببين على الاقل:

١. استمرار تكون النواتج الوسطية من مسارات التفاعلات لعمليات التخليق الحيوي التي يتم فيها فقدان ATP .

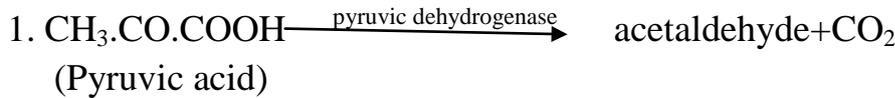
٢. الدور الرئيسي لكل من $NADH / NADPH$ كعكاس لـ $NAD^+/NADH^+$ لتجهز قوة اختزال لتفاعلات التخليق الحيوي اكثر مما هو عليه لتصنيع ATP .

Pentose –phosphate pathway

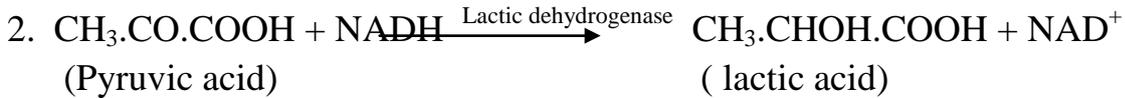
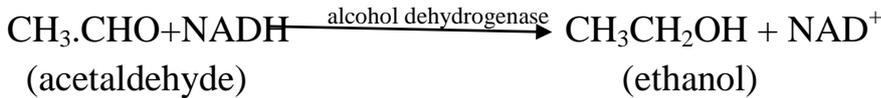
يستخدم كمسار بديل عن EM pathway لانتاج الطاقة من السكريات لكنه ينتج جزيئة ATP واحدة بدلا من الجزيئتين المتكونة من EM pathway لكن دوره المهم هو في تكوين بعض النواتج الوسطية المهمة مثل ribose-5-phosphate لتخليق الاحماض النووية و-erythrose-4-phosphate المهم لتكوين الاحماض الامينية الاروماتية.

ماذا يحدث عند فقدان الاوكسجين؟؟

عند فقدان المستقبل النهائي للالكترونات المتمثل بالاوكسجين فان سلسلة النواقل الالكترونية لا يمكن ان تستمر بالعمل لذلك فان النيوكليوتيدات المختزلة ($NADH$ وغيرها) تتجمع ويتوقف الايض بشكل سريع. لكن الفطريات والعديد من الكائنات الاخرى يمكنها ان تحصل على الطاقة عند غياب الاوكسجين من خلال التفاعلات التالية:



Then:



في كلتا الحالتين يتم اختزال حامض البيروفك لتكوين حامض اللاكتك او الايثانول ويتم اعادة اكسدة $NADH$ الى NAD^+ وهذا يسمح باستمرار مسار EM وتستمر الخلايا ايضا بتحرير المزيد من حامض اللاكتك والايثانول الى الوسط المحيط بها وهذا هو اساس صناعة المشروبات الكحولية حيث ان اغلب الفطريات الخيطية والخمائر تمتلك القدرة على انتاج الكحول وهناك انواع تعود للفطريات الكثريرية تنتج حامض اللاكتك مثل *Allomyces* و *Blastoclaiella*. مجمل تفاعلات انتاج الطاقة التي تعمل فيها المركبات غير العضوية كمستقبلات نهائية للالكترونات يطلق عليها بعمليات التخمير.

ان الطاقة الناتجة من تحول حامض البيروفك الى حامض اللاكتك او ايثانول غير كافية (٢ مول من ATP تنتج لكل مول واحد من السكر المتايض) بالمقارنة مع الطاقة المتكونة في التنفس الهوائي (ATP٣٨) لذلك فان الفطريات بحاجة الى مصدر للسكر للنمو في الظروف اللاهوائية.

Alternative terminal electron acceptors

بعض الفطريات مثل *Neurospora crassa* و *Emericella nidulans* لها طرق بديلة للحصول على الطاقة في الظروف اللاهوائية حيث انها تستخدم nitrate كمستقبل نهائي للالكترونات بدلا من O₂ في سلسلة النواقل الالكترونية لذلك فان مقدار الطاقة المتكونة من تفاعلات دورة TCA هو ٢٨ ATP (بشكل نظري) لكل جزيئة من الكلووز المتايض وهو اقل من الطاقة المتكونة فيما اذا كان O₂ كمستقبل نهائي للالكترونات لان الطاقة الناتجة من تحول NADH/NADPH الى nitrate فقط 2 ATP اضافة الى جزيئة واحدة من ATP ناتجة من تحول الفلافين الى nitrate .

Secondary metabolism

- 1.They tend to be produced at the end of the exponential growth phase in batch culture or when growth is substrate-limited in continuous culture
- 2.They are produced from common metabolic intermediates but by special enzymatic pathways encoded by specific genes;
3. They are not essential for growth or normal metabolism;
- 4.Their production tends to be genus-, species- or even strain-specific.

