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 السايتوبلازم وهناك مرحلتين اساسيتين في هذا المسار:

المرحلة الاولى:

Glucose → Glucose-6-phosphate → Fructose-6-phosphate

↓

Fructose 1,6 diphosphate

يتم خلال عملية الفسفرة هذه صرف لجزيئتين منATP إضافة الى انتاج اربع جزيئات منATP .

المرحلة الثانية: تنقسم جزيئة Fructose 1,6 diphosphate الى جزيئتين من glyceraldehydes-3-phosphate وdihydroxyacetone phosphate وفي سلسلة من التفاعلات الانزيمية تتحول هاتان الجزيئتان الى حامض البايروفك 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 البايروفك (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 بجزيئةcoenzyme A مع تحرر جزيئة منCO_2.

بعد ذلكacetyl-CoA يرتبط مع oxaloacetate (4 C) لينتج citric acid وفي النهاية فان citric acid يتحول مرة اخرى الى oxaloacetatet في تفاعلات دورة كريبس (TCA cycle) مع فقدان جزيئتين منCO_2 .

✓ بالاعتماد على معادلة التنفس الهوائيaerobic respiration الناتج النهائي من سلسلة التفاعل لجزيئة واحدة من سكر الكلوكوز التي تتاكسد بشكل كامل الى $6CO_2$ و $6H_2O$

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

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

هذه المركبات تحتاج فيما بعد الى اعادة اكسدة reoxidation لتستمرالعملية التي تعتبر اساسية لعبور الكتروناتها على طول سلسلة النواقل الالكترونيةelectron 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 اوNADPH تتاكسد مرة اخرى الىNAD^+ و $NADP^+$من خلال انتقال الكتروناتها الى الجزيئة الناقلةcarrier molecules وكذلك مع $FADH_2$الذي يتاكسد الى FAD .

قوة البروتون الحركية Proton motive force

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 membrane-locted ATPase (ATP synthase) .

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 الحقيقيactual 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 كمعاكس ل$NAD^+/NADH^+$ لتجهز قوة اختزال لتفاعلات التخليق الحيوي اكثر مما هو عليه لتصنيعATP .

Pentose –phosphate pathway

يستخدم كمسار بديل عن EM pathway لانتاج الطاقة من السكريات لكنه ينتج جزيئةATP واحدة بدلا من الجزيئتين المتكونة منEM pathway لكن دوره المهم هو في تكوين بعض النواتج الوسطية المهمة مثلribose-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:

1. $CH_3.CO.COOH \xrightarrow{\text{pyruvic dehydrogenase}} acetaldehyde + CO_2$
(Pyruvic acid)

Then:
$CH_3.CHO + NADH \xrightarrow{\text{alcohol dehydrogenase}} CH_3CH_2OH + NAD^+$
(acetaldehyde) (ethanol)

2. $CH_3.CO.COOH + NADH \xrightarrow{\text{Lactic dehydrogenase}} CH_3.CHOH.COOH + NAD^+$
(Pyruvic acid) (lactic acid)

في كلتا الحالتين يتم اختزال حامض البيروفك لتكوين حامض اللاكتك او الايثانول ويتم اعادة اكسدة NADHالى 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 الكتريدية تنتج حامض اللاكتك مثل*Allomyces* و *Blastoclaiella*.
مجمل تفاعلات انتاج الطاقة التي تعمل فيها المركبات غير العضوية كمستقبلات نهائية للالكترونات يطلق عيها بعمليات التخمر.

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 مصدرللسكر 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 O_2 في سلسلة النواقل الالكترونية لذلك فان مقدار الطاقة المتكونة من تفاعلات دورة TCA هو ٢٨ ATP (بشكل نظري) لكل جزيئة من الكلوكوز المتايض وهو اقل من الطاقة المتكونة فيما اذا كانO_2 كمستقبل نهائي للالكترونات لان الطاقة الناتجة من تحول NADH/NADPH الى nitrate فقطATP 2 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.