

ENSEIGNEMENT DE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE (SVT)
°° SCIENCES DE LA VIE °°
>> Cours <<

Chapitre 10 : plan complet

Métabolisme 2

Le devenir de la matière organique

Objectifs : extraits du programme
Introduction

I. Une matière organique qui peut être oxydée lors de la production d'ATP : le catabolisme oxydatif

A. Le catabolisme oxydatif : une vue d'ensemble

1. La notion de respiration cellulaire : une oxydation complète de la matière organique
2. L'exemple du catabolisme du glucose : une vision globale
 - a. Équation-bilan de la respiration cellulaire (sens large)
 - b. Trois étapes principales
 - α. La glycolyse cytosolique
 - β. Le cycle de KREBS au niveau de la matrice mitochondriale
 - γ. La chaîne respiratoire et la phosphorylation oxydative au niveau de l'espace intermembranaire
 - c. L'existence d'oxydations incomplètes et anaérobies* de matière organique : les fermentations
3. L'existence d'autres voies d'entrée dans le catabolisme oxydatif : autres oses, glycérol, acides gras, acides aminés
 - a. Les polymères, dimères, etc. (peptidiques, glucidiques...) : une préalable dépolymérisation
 - b. Les oses, des substrats pouvant entrer dans la glycolyse (ou la voie des pentoses phosphates)
 - c. Le glycérol, un substrat pouvant entrer dans la glycolyse
 - d. Les acides gras, substrats possibles de la β-oxydation (= hélice de LYNEN)
 - e. Les acides aminés, substrats possibles de transaminations et désaminations
 - f. Et les nucléotides ? Des substrats rarement catabolisés

B. La glycolyse, une oxydation partielle du glucose en pyruvate

1. Une dizaine de réactions que l'on peut diviser en deux phases clefs : investissement puis remboursement d'énergie
 - a. La phase d'investissement d'énergie : consommation d'ATP puis scission de l'hexose bi-phosphorylé en deux trioses phosphorylés
 - b. La phase de récupération d'énergie : intégration de Pi et production d'ATP, de pouvoir réducteur (NADH, H⁺) et de pyruvate
2. Le contrôle de la glycolyse
 - a. Le rôle clef des trois réactions irréversibles [(1), (3), (10)] à forte variation d'enthalpie libre
 - b. Des enzymes (HK, PFK1, pyruvate kinase) rétroinhibées ou rétrostimulées par les métabolites de la glycolyse et de la respiration
 - c. Chez les Mammifères : un contrôle hormonal de la glycolyse (ex. insuline, glucagon)

C. Le devenir du pyruvate

1. En conditions aérobies : entrée dans la mitochondrie et conversion en acétyl-CoA par décarboxylation oxydative avec production de pouvoir réducteur (NADH, H⁺)
2. En conditions anaérobies* chez certaines cellules : la fermentation qui ré-oxyde les coenzymes préalablement réduits par la glycolyse
 - a. Deux types de fermentations en fonction du produit formé : la fermentation alcoolique et la fermentation lactique
 - b. Intérêts biologiques de la fermentation
 - c. Intérêts agro-alimentaires et agronomiques de la fermentation

D. Dans les mitochondries : une oxydation complète des substrats organiques (respiration cellulaire au sens strict)

1. Rappels sur la structure des mitochondries
2. Entrée des petits métabolites dans les mitochondries [pour information ?]
3. Le cycle de KREBS : un ensemble de réactions matricielles cycliques produisant une importante quantité de pouvoir réducteur
4. La conversion du pouvoir réducteur en une importante quantité d'ATP : chaîne respiratoire et phosphorylation oxydative
 - a. L'établissement d'un gradient de protons dans l'espace intermembranaire : un couplage chimio-osmotique entre oxydation des coenzymes et flux de protons
 - α. Principe général
 - β. Composition et fonctionnement de la chaîne respiratoire
 - γ. Un transfert des électrons selon une suite de potentiels redox (E°) croissants (et un ΔrG° de valeur absolue décroissante)
 - δ. Comparaison entre deux chaînes de transfert d'électrons (CTE) : la chaîne photosynthétique et la chaîne respiratoire
 - b. L'emploi du gradient de protons dans la phosphorylation d'ADP en ATP par l'ATP synthétase : un couplage osmochimique

E. Bilan énergétique comparé de la respiration cellulaire au sens large et de la fermentation dans le cas d'une molécule de glucose

1. Cas de la respiration cellulaire (sens large) : un rendement jusqu'à 40 %
2. Cas des fermentations : un rendement de 2 %

F. D'autres origines possibles du pouvoir réducteur ou des substrats respiratoires : l'exemple des acides aminés et des acides gras

1. Les cas de l'oxydation cataboliques des acides aminés : de nombreuses réactions cytosoliques (limite programme ?)
2. Le cas de l'oxydation catabolique des acides gras (AG)
 - a. Une vue d'ensemble du catabolisme lipidique
 - b. Les modalités de l'oxydation mitochondriale (ou péroxysomique) des acides gras : mécanismes de la β-oxydation ou hélice de LYNEN
 - c. Le bilan énergétique du catabolisme complet d'un acide gras (à 6 C et à 16 C) et sa comparaison au catabolisme complet d'un glucose

G. Quelques données expérimentales

1. Étude *in vitro* de la vitesse initiale de la PFK1 en fonction de la présence d'effecteurs allostériques
2. Effet de l'ATP sur la vitesse initiale de la PFK1
3. Mise en évidence du rôle des coenzymes réduits dans le transfert de protons et la réduction du dioxygène
4. Mise en évidence du rôle du gradient de protons dans la régénération d'ATP au niveau de la membrane interne mitochondriale
5. Expérience de CHANCE & WILLIAMS (1955) : mise en évidence de réactions successives d'oxydoréduction mitochondriales

H. Bilan

II. Une matière organique qui peut servir d'emploi à la synthèse de nouvelles biomolécules : l'anabolisme

- A. Les cellules eucaryotes, des entités dont les constituants ont une durée de vie limitée et sont renouvelés par des biosynthèses**
- Des constituants complexes et altérables, à durée de vie limitée
 - Une durée de vie limitée des composés biochimiques
 - Une altération spontanée ou due à des mécanismes de dégradation enzymatique
 - Un *turn-over* moléculaire entretenu par des biosynthèses (constituant l'anabolisme)
- B. L'anabolisme, un processus localisé et conditionné**
- Un processus qui prend appui sur la spécialisation et la coopération des compartiments cellulaires : panorama des principales biosynthèses dans une cellule eucaryote
 - Un processus requérant de la matière, de l'énergie, un catalyseur et de l'information
 - Un processus endergonique dont l'énergie est fournie par un couplage à un travail exergonique (notion de couplage énergétique)
- C. Un acheminement possible des produits de l'anabolisme**
- D. Un processus qui repose sur des interconversions entre familles de molécules**
- Panorama des interconversions entre famille de molécules
 - L'importance de molécules au confluent de plusieurs voies anaboliques et/ou cataboliques : les carrefours métaboliques (ex. pyruvate, acétylCoA)
- E. Focus sur trois exemples de voies anaboliques sur lesquelles insiste le programme**
- La synthèse d'acides gras et de lipides à partir d'acétylcoenzyme A
 - La synthèse cytosolique d'acides aminés à partir de pyruvate : l'exemple de l'alanine (par transamination)
 - La synthèse de polysaccharides à partir de glucose phosphorylé
 - La synthèse plastidiale (chloroplastique ou amyloplastique) des composés de l'amidon (amylose et amylopectine) chez les Chlorophytes
 - La synthèse cytosolique (hépatique ou musculaire) du glycogène chez les Métazoaires (exemple des Mammifères) : la glycogénogenèse
 - Mise en expérience historique de la glycogénogenèse : l'expérience du foie lavé de Cl. BERNARD (vers 1860)
 - Modalités de la glycogénogenèse

III. Une matière organique qui peut être stockée ou déstockée avant utilisation et/ou exportation : le métabolisme des réserves

- A. La diversité des réserves existantes**
- Le stockage des polysaccharides (exemples : amidon, glycogène)
 - L'amidon chez les Angiospermes et le glycogène chez les Mammifères : des polymères de glucose permettant son stockage
 - Amidon et glycogène, des composés à localisation particulière
 - Localisations possibles de l'amidon (Angiospermes) : chloroplastes ou amyloplast
 - Localisation du glycogène (Mammifères) : le cytosol (foie, muscles)
 - Le stockage des protéines : l'exemple du gluten (Angiospermes Poacées)
 - Les grains d'aleurone, grains vacuolaires desséchés de protéines à fonction de réserve
 - Le gluten, une partie de la fraction protéique de l'albumen des Poacées
 - Le stockage des lipides : l'exemple des triglycérides (Angiospermes et Mammifères)
 - Nature biochimique et formation
 - Des molécules hydrophobes à rôle de réserve et à localisation cytosolique (ou plastidiale)
- B. Le devenir des trioses phosphates et les conséquences de l'alternance jour-nuit dans les cellules chlorophylliennes**
- En journée (à la lumière) : la production de glucides variés stockés ou exportés
 - Le devenir des trioses phosphates : des glucides variés (une vue d'ensemble)
 - Le saccharose, molécule stockée dans la vacuole et/ou exportée vers le phloème
 - L'amidon, polymère glucidique mis en réserve dans le chloroplaste en journée
 - La nuit (à l'obscurité) : une mobilisation des réserves (notamment l'amidon chloroplastique) assurant la continuité de l'approvisionnement trophique du végétal
 - Mise en évidence d'une variabilité nyctémérale du transport glucidique et des réserves amylopectinées foliaires
 - Les mécanismes de dégradation de l'amidon : une vision d'ensemble
 - Remarque : de jour comme de nuit, l'existence d'une activité respiratoire mitochondriale et d'activités de synthèses variées
 - Bilan : une vue d'ensemble comparative du métabolisme selon les conditions d'éclairement
- C. Le stockage et le déstockage du glucose chez les Mammifères**
- Un stockage par glycogénogenèse dans le foie et les tissus musculaires
 - La production de glycogène dans les cellules hépatiques et musculaires : la glycogénogenèse
 - Régulation enzymatique de la glycogénogenèse : zoom sur l'hexokinase et la glucokinase
 - Un déstockage par glycogénolyse dans les cellules hépatiques (et musculaires à l'effort)
 - La mobilisation du glycogène dans les cellules hépatiques et musculaires : la glycogénolyse
 - Pour information : la production possible de glucose néoformé dans le foie à partir de substrats non glucidiques (néoglucogenèse)
 - Des processus contrôlés hormonalement dans le cadre de la régulation de la glycémie

Bilan global et schémas transversaux

Pour faire une fiche de révision : quelques pistes

Références

Plan du chapitre

Plan simplifié du chapitre (3 niveaux de plan)

Plan très simplifié du chapitre (2 niveaux de plan)



T. JEAN (2024)