

## TEMA 11. METABOLISMUL CELULAR

1. Caracteristica generală a metabolismului
2. Anabolismul sau metabolismul plastic
3. Catabolismul sau metabolismul energetic

### 1. CARACTERISTICA GENERALĂ A METABOLISMULUI

*Metabolismul* (gr. *metabole* – transformare, schimbare), sau schimbul de substanțe și de energie, reprezintă totalitatea reacțiilor chimice care au loc într-un organism viu în vederea asigurării activității vitale. În urma acestor reacții, organismul obține energie și substanțe ce îi asigură creșterea, dezvoltarea, reproducerea, adaptarea la condițiile mediului de viață etc. Metabolismul constă în două procese diametral opuse, dar strâns legate între ele: *anabolism* și *catabolism*. Anabolismul, sau metabolismul plastic, reprezintă reacțiile chimice de sinteză a substanțelor macromoleculare din substanțe simple. În celulele vegetale compușii organici se sintetizează din CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O și săruri minerale (mod de nutriție – *autotrof*). Animalele consumă hrană și primesc compuși organici gata sintetizați (mod de nutriție – *hetrotrof*).

Catabolismul, sau metabolismul energetic, întrunește reacțiile chimice de descompunere (reacții de hidroliză, reacții de oxidare) a substanțelor macromoleculare în substanțe mai simple, cu degajare de energie. Energia compușilor organici care se degajă în cadrul reacțiilor de oxidare se stochează sub formă de energie ATP (adenozintrifosfat), pe lângă aceasta se mai eliberează CO<sub>2</sub> și H<sub>2</sub>O.

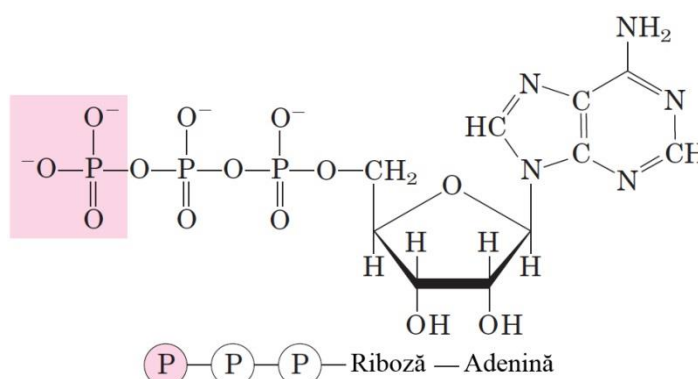


Fig. 1. Structura moleculei de ATP

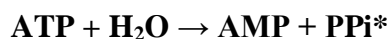
Energia stocată în ATP poate fi utilizată în două moduri:

- 1) prin scindarea hidrolitică unui rest fosforic ATP



\*Pi (engl. – *phosphate inorganic*), PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> sau HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – anionii acidului ortofosforic, fosfat sau ortofosfat anorganic

- 2) prin scindarea hidrolitică a două resturi fosforice ATP



\*PPi (engl. – *pyrophosphate inorganic*), P<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>4-</sup> – anionul acidului pirofosforic, pirofosfat anorganic

Arderea compușilor organici (lemn, petrol, gaz) de asemenea este însoțită de eliberarea CO<sub>2</sub> și H<sub>2</sub>O, însă toată energia se degajă sub formă de căldură.

Așadar, funcțiile metabolismului sunt următoarele:

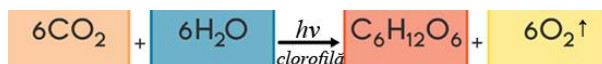
- obținerea energiei pentru funcționarea organismului;
- obținerea materialului de construcție pentru creșterea și restabilirea organismului;
- sinteza proteinelor, lipidelor, glucidelor și a altor componenți celulari;
- depozitarea substanțelor nutritive de rezervă;

## 2. ANABOLISMUL SAU METABOLISMUL PLASTIC

### Metabolismul plastic la organismele autotrofe

Substanțe anorganice (fotosinteză, chemosinteză) monomeri (sinteze biologice) macromoleculele corpului.

**Fotosinteza.** Organismele autotrofe (*plantele verzi și cianobacteriile*) sintetizează compuși organici din CO<sub>2</sub> cu utilizarea energiei solare, proces numit fotosinteză. Celulele plantelor verzi și a cianobacteriilor posedă structuri specifice și complexe de substanțe chimice, care le permit să capteze energia soarelui. La plantele verzi acestea sunt cloroplaste, pigmentul clorofila și enzimele necesare pentru sinteza glucozei. Reacția sumară a fotosintezei se prezintă astfel:

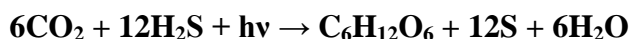


Așadar, din punct de vedere biochimic, fotosinteza este un proces de oxido-reducere, care se desfășoară în cloroplaste și în care apa se oxidează, iar CO<sub>2</sub> se reduce. Fotosinteza are loc în două faze: *de lumină și de întuneric*.

În faza de lumină se realizează absorbția luminii de către moleculele de clorofilă și transformarea energiei solare în energie chimică cu formare de ATP și a altor molecule purtătoare de energie, precum și degajarea de O<sub>2</sub> în atmosferă.

În faza de întuneric se realizează fixarea CO<sub>2</sub> de către un acceptor primar ribulozo-1,5-difosfat (o pentoză), cu participarea enzimelor cloroplastelor și pe baza energiei ATP se sintetizează substanțe organice, în primul rând glucide. Principala cale de fixare a CO<sub>2</sub> și de sinteză a glucidelor este *ciclul Calvin*.

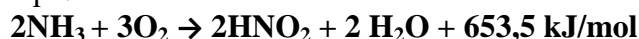
Bacteriile *fotothrofe* (verzi și purpurii) conțin un pigment specific – *bacterioclorofila* – capabil de a absorbi energia solară. Sub acțiunea acesteia, H<sub>2</sub>S se descompune și donează un atom de hidrogen pentru sinteza compușilor organici (donatorul de hidrogen al plantelor este apa). Fotosinteza bacteriană decurge fără formarea oxigenului atomic și se numește *foto-reducere*:



**Chemosinteza** este un fenomen de sinteză a substanțelor organice cu ajutorul energiei chimice obținută la oxidarea substanțelor minerale. Primele substanțe organice sintetizate în cadrul acestui proces sunt glucidele, iar primul acceptor de CO<sub>2</sub> este ribulozo-1,5-difosfat. Chemosinteza este specifică unor anumite bacterii: nitrobacterii, sulfobacterii, ferobacterii, hidrogenbacterii etc.

Sursa de energie pentru aceste bacterii sunt reacțiile chimice. Astfel, bacteriile *nitrificatoare* trăiesc în sol și oxidează amoniacul rezultat din descompunerea proteinelor din cadavre și a resturilor vegetale de către bacteriile de putrefacție. Acest proces decurge în două etape.

Bacteriile din genul *Nitrosomonas* oxidează NH<sub>3</sub>, care se obține la putrefacția proteinelor, cu formare de acid azotos și apă:

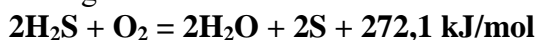


Bacteriile nitrificatoare din genul *Nitrobacter* oxidează acidul azotos cu formarea acidului azotic:



Procesul de nitrificare duce la acumularea nitriților (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) și nitraților (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) în sol, substanțe anorganice asimilate de sistemul radicular al plantelor.

*Sulfobacteriile* oxidează hidrogenul sulfurat



*Ferobacteriile* oxidează  $\text{Fe}^{2+}$  până la  $\text{Fe}^{3+}$ :



*Hydrogenbacteriile* oxidează  $\text{H}_2$  până la apă conform reacției :



### Metabolismul plastic la organismele heterotrofe

Organismele heterotrofe sintetizează compuși organici complecși din produsele etapei pregătitoare a catabolismului – *monomeri*. În tubul digestiv, sub acțiunea enzimelor, substanțele nutritive din hrană (proteinele, lipidele și poliglucidele) se descompun până la monomeri:

- proteinele – în aminoacizi;
- lipidele – în glicerol și acizi grași;
- poliglucidele – în monoglucide.

Din tractul digestiv, monomerii trec în sânge și limfă, care îi transportă la toate celulele și organele. Din monoglucide, în ficat se sintetizează glicogenul – poliglucida de rezervă al animalelor. Din glicerolul și acizi grași se sintetizează grăsimi specifice organismului. Din aminoacizi se sintetizează proteine necesare organismului: hormoni, enzime, proteine transportatoare, anticorpi etc.

### Relațiile reciproce dintre catabolism și anabolism

Procesele anabolice și cele catabolice sunt indisolubil legate între ele: toate reacțiile de sinteză aunevoie de energie și de materie primă, care sunt puse la dispoziție de procesele catabolice. Acestea, la rândul lor, au loc doar cu participarea fermenților și hormonilor sintetizați în procesele anabolice.

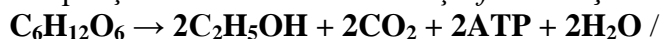
În organism, procesele anabolice și cele catabolice se află într-un echilibru dinamic. Astfel, în caz de foame, de alimentare insuficientă sau slab calorică prevalează procesele catabolice. Ca urmare, organismul consumă rezervele sale, ceea ce poate duce la epuizare, iar uneori și la deces. În perioada de creștere și de dezvoltare a organismului, la însănătoșire predomină procesele anabolice. Prevalarea anabolismului se poate solda cu obezitate.

## 3. CATABOLISMUL SAU METABOLISMUL ENERGETIC

Sursa principală de energie pentru majoritatea organismelor vii este catabolismul sau metabolismul energetic – procesul de transformare și descompunere a substanțelor organice complexe în substanțe mai simple cu degajare de energie. Principalul substrat energetic al celulei îl constituie glucidele. Catabolismul glucidelor în vederea obținerii energiei decurge în trei etape. În prima etapă – *pregătitoare* – poliglucidele sunt descompuse până la monomeri (de ex., glucoza). Toată energia produsă în această etapă se elimină sub formă de căldură. În cea de-a doua etapă a catabolismului – *respirația anaerobă* (scindarea anaerobă parțială) – are loc descompunerea glucozei, în lipsa oxigenului, cu participarea fermenților, în două molecule de acid piruvic ( $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$ ) – produs intermediar, proces numit *glicoliză*. 40% din energia eliberată în urma glicolizei se depozitează sub formă de legături macroergice (legături bogate în energie) ale compusului chimic numit adenzin trifosfat – ATP.



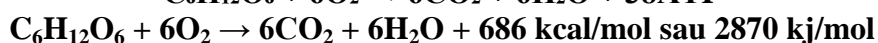
Celelalte 60% din energie se dispersează sub formă de căldură. Respirația anaerobă a fost descoperită la bacterii, ciuperci, în țesuturile plantelor superioare, în țesutul muscular la animale. La unele bacterii și ciuperci respirația anaerobă se mai numește *fermentație*.



A treia etapă a metabolismului energetic este – *respirația aerobă* (scindarea aerobă completă). Respirația aerobă reprezintă tipul de respirație prin care substanțele bogate în energie

(*glucide, proteine, grăsimi*) se descompun complet, până la dioxid de carbon și apă, în prezența oxigenului molecular (O<sub>2</sub> este un acceptor de electroni), cu eliberare de energie chimică. 55% din energia degajată la respirația celulară se depozitează în 36 de molecule de ATP.

Bilanțul energetic total al scindării unei molecule de glucoză în cele trei etape ale catabolismului sunt 38 de molecule de ATP



Respirația aerobă se realizează concomitent în toate celulele la nivelul mitocondriilor. Energia eliberată se utilizează la diferite sinteze organice, pentru creșterea organismului, mișcare etc. Cantitatea de energie eliberată depinde de substanțele organice degradabile. Astfel, la biodegradarea unui gram de *glucoză* se degajă 3,9 kcal, a unui gram de *amidon* se degajă 4,2 kcal, a unui gram de *substanțe proteice* – 5,7 kcal, *lignină* – 6,3 kcal, *lipide* – 9,4 kcal.

Substanțele organice care se descompun în cadrul catabolismului se numesc *substraturi respiratorii*. Substratul fundamental și universal al respirației este reprezentat prin glucidele de rezervă. Proteinele și lipidele se folosesc în calitate de substraturi respiratorii la germinarea semințelor oleaginoase și la respirația fructelor de măsline. Pe lângă glucide, proteine și lipide se pot utiliza și substraturi respiratorii specifice. Bunăoară, acidul citric se descompune la respirația în fructele de lămâi, acidul tartric – în fructele tinere de viță-de-vie, acidul malic – în fructele tinere de măr, manitolul – în lăstarii tineri de frasin, măsline, frunzele de dafin, iar sorbitolul – în măr, păr, scoruș.

**Tabelul 1. Caracteristica comparativă a respirației celulare și a fotosintezei**

<b>Caracteristica</b>	<b>Respirația celulară</b>	<b>Fotosinteza</b>
<i>Reacția sumară</i>	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$
<i>Metabolism</i>	Reacții de descompunere a compușilor organici	Reacții de biosinteză a compușilor organici
<i>Produse inițiale</i>	Glucide, proteine, lipide	CO <sub>2</sub> și H <sub>2</sub> O
<i>Produse finale</i>	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O și ATP	Glucide și O <sub>2</sub>
<i>Localizarea</i>	Citoplasmă și mitocondrii	Cloroplaste