

# BIOENERGÈTICA

## PROGRAMA:

### 1. INTRODUCCIÓ: L'ENERGIA I LA BIOSFERA

Temes tractats per la Bioenergètica. Sistemes vius fototròfics i quimiotròfics. Cicle de la matèria i flux d'energia a la biosfera.

### 2. ELS PRINCIPIS DE LA TERMODINÀMICA I ELS MODELS MICROSCÒPICS

Primer principi de la Termodinàmica. Segon principi de la Termodinàmica: entropia i producció interna d'entropia, qualitat dels diferents tipus d'energia, energia lliure i treball màxim útil, potencial químic, aplicació a les reaccions químiques. La termodinàmica i els models microscòpics. Mecànica estadística: l'entropia i el model atòmico-molecular. Mecànica quàntica: distribucions moleculars, interpretació de l'entropia. Aplicacions a proteïnes i DNA. (SEMINARI I)

### 3. L'ENERGIA QUÍMICA DELS SISTEMES VIUS

La vida com a procés químic: calor de combustió dels aliments, calorimetria directa i indirecta, metabolisme basal. Els treballs cel·lulars: els sistemes vius com a transformadors d'energia. Importància energètica dels triacilglicèrids i dels cossos cetònics. Enllaços ester fosfat: l'ATP, energia lliure d'hidròlisi, les reaccions acoblades i l'intermediari comú, la fosfocreatina, nucleòsid trifosfats diferents de l'ATP, el pirofosfat. Tractament crític del concepte d'enllaç "ric en energia". Alguns aspectes energètics de la catalisi enzimàtica: la Termodinàmica i el temps, cinètica química, interpretacions energètiques de l'acció catalítica dels enzims, les reaccions termodinàmicament possibles i els enzims.

### 4. PRODUCCIÓ D'ATP EN LES FERMENTACIONS I EN LA RESPIRACIÓ

Producció d'ATP en les fermentacions: fosforilació a nivell de substrat. Producció d'ATP lligada a la respiració: fosforilació oxidativa, el mitocondri. La cadena del transport electrònic mitocondrial: els transportadors i llur ordenació, localització dels transportadors en la membrana mitocondrial interna. Partícules submitocondrials: ATP sintetasa. Problema de l'acoblament entre el transport electrònic i la fosforilació oxidativa: hipòtesi de l'acoblament químic, hipòtesi de l'acoblament conformacional. Hipòtesi de l'acoblament quimiosmòtic: reaccions vectorials, diferència de potencial electroquímic, determinació experimental del gradient de pH i de la diferència de potencial elèctric, ionòfors, qüestions estequiomètriques, el cicle Q, dinàmica dels transportadors, estructura de la citocrom c oxidasa, proves a favor d'un gradient de protons deslocalitzat. El complex ATPasa F1-F0: propietats, estructura, mecanisme de síntesi d'ATP. Consideracions generals sobre la fosforilació oxidativa: rendiment i reversibilitat.

### 5. PRODUCCIÓ D'ATP EN LA FOTOSÍNTESI

Fase fosca i fase lluminosa. Cloroplasts i cromatòfors. Absorció i transport de l'energia de la radiació solar: fotoreceptors, model de l'antena, mecanisme de transport d'energia de l'antena al centre fotoquímic. Estructura d'antenes: ficobilisomes, antenes de bacteris i plantes. El centre fotoquímic: reaccions de transferència de càrrega, estructura i funcionament dels centres fotoquímics. Cadena de transport electrònic fotosintètic en bacteris. Cadena de transport fotosintètic en plantes: l'efecte cooperatiu d'Emerson i els dos fotosistemes, diagrama Z, transport

electrònic cíclic. Fosforilació fotosintètica. Sistemes fotosintètics senzills: la proteïna bacterirodopsina. Possibles aplicacions tecnològiques del coneixement actual sobre la fotosíntesi biològica. (SEMINARI II)

## 6. TREBALL DE BIOSÍNTESI

Importància del treball de biosíntesi: vida mitjana dels components moleculars de les cèl·lules de diferents teixits, treball de biosíntesi en cèl·lules en creixement. El nivell d'ATP i el treball de biosíntesi: estat estacionari, càrrega energètica, regulació independent de les vies productores i consumidores d'ATP. Aspectes energètics de la biosíntesi i degradació de la glucosa: relació entre els valors de  $\Delta G$  i els punts de regulació d'aquestes dues vies, cicles fútils. Aprofitament de la fotosíntesi per l'obtenció d'energia i materials: plantes C3 i C4, fotorespiració, millorament del rendiment energètic de la fotosíntesi mitjançant intervenció bioquímica. (SEMINARI III)

## 7. TREBALL DE TRANSPORT

Processos de transport espontani en membranes: difusió, òsmosi, equilibri Donnan i potencial de membrana. Exemples de transport espontani en sistemes biològics. Transport facilitat. Treball de transport: transport actiu i transport passiu. Sistemes de transport:  $(\text{Na}^+ - \text{K}^+)$ -ATPasa,  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPasa, cotransport, transport dirigit per gradients de protons, transposició de grup.

## 8. TREBALL MECÀNIC I ALTRES TREBALLS CEL·LULARS

Transformació de l'energia química en energia mecànica: contracció muscular, motors moleculars. Transformació directa de l'energia dels gradients de protons en energia mecànica: els flagels bacterians. Energia elèctrica: membranes excitables, potencial d'accio, electroplaques de peixos elèctrics. Transformacions energètiques diverses en els receptors. Transformació de l'energia química en energia fotònica: bioluminescència.

## 9. RELACIONS ENTRE LA TEORIA DE LA INFORMACIÓ, LA TERMODINÀMICA I LA BIOLOGIA

Temes bàsics de la teoria de la informació. Contingut d'informació. Relacions entre el contingut d'informació i l'entropia. Relacions entre energia i informació: el problema del dimoni de Maxwell. Implicacions a nivell biològic. Els sistemes vius i el segon principi de la Termodinàmica. (SEMINARI IV)

## 10. LA TERMODINÀMICA DELS PROCESSOS IRREVERSIBLES I LA BIOLOGIA

Necessitat d'una Termodinàmica de sistemes oberts. Sistemes poc allunyats de l'equilibri: velocitat de producció interna d'entropia, equacions d'Onsager, estat estacionari, principi de la mínima producció d'entropia, aplicacions a sistemes vius. Sistemes molt allunyats de l'equilibri: inestabilitat de Bénard, reacció de Zhabotinski. Estructures dissipatives: possibles aplicacions a l'estudi dels sistemes vius.

## 11. QÜESTIONS ENERGÈTIQUES SOBRE LA FORMACIÓ D'ESTRUCTURES CEL·LULARS

Formació d'estructures supramoleculars: diferències entre el treball de biosíntesi i la formació d'estructures supramoleculars, renaturalitzacions i reassociacions espontànies, cooperativitat, processos dirigits per l'entropia, efecte hidrofòbic. Consideracions energètiques sobre l'origen

de la vida: fonts d'energia per la síntesi dels elements i les molècules fonamentals de la vida, formació de macromolècules, hipercicles, sistemes oberts. Evolució de les reaccions redox emprades pels sistemes vius: evolució de les cadenes de transport d'electrons, aparició dels organismes autotròfics fotosintètics, dels heterotròfics i dels eucariotes. (SEMINARI V)

## 12. BIOENERGÈTICA I ECOLOGIA

Flux d'energia en els ecosistemes: la cadena tròfica, el segon principi de la Termodinàmica i la piràmide energètica dels ecosistemes, energètica dels ecosistemes madurs, necessitat de l'existència d'un flux d'energia.

### PRÀCTIQUES:

Experiments sobre respiració de llevats. Respiració i fosforilació oxidativa en mitocondris de fetge de rata. Cloroplasts: experiments de fotosíntesi.

### AVALUACIÓ:

Examen amb preguntes de temes fonamentals i problemes teòrics (80% de la nota).

Realització de les pràctiques i memòria sobre les pràctiques (20% de la nota).

### BIBLIOGRAFIA:

- Concepts in Bioenergetics  
L. Peusner (1974) Prentice-Hall.
- Foundations of Bioenergetics  
H.J. Morowitz (1979) Academic Press.
- The Vital Force: A Study of Bioenergetics  
F.M. Harold (1986) W.H. Freeman and Company.
- Molecules, Dynamics and Life: An Introduction to Self-organization of Matter  
A. Babloyantz (1986) J. Willey and Sons.
- Energy and the Evolution of Life  
R.F. Fox (1988) Academic Press.
- Energy Transduction in Biological Membranes: A Texbook of Bioenergetics  
W.A. Cramer & D.B. Knaff (1990) Springer-Verlag.
- Bioenergetics 2  
D.G. Nicolls & S.J. Ferguson (1992) Academic Press.
- Bioenergetics at a glance  
D.A. Harris (1995) Blackwell Science.

**ADREÇA E-mail:** T120159@cc-uab.uab.es / P120159@cc-uab.uab.es

**PROFESSORS:** Teoria: Dr. Joan-Ramon Daban  
Pràctiques: Dra. Imma Ponte