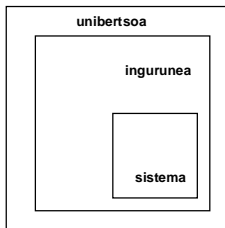


## 4. GAIA: TERMODINAMIKA PROZESU BIOLOGIKOETAN

### 1. TERMODINAMIKA (DEFINIZIOA)

- Grezieratik **termo** = beroa + **dinamis** = indarra / dinamika
- Beroa eta lanaren arteko konbertsioa aztertzen duen fisikaren arloa da. Sistema baten energiaren konbertsioak aztertzeko tenperatura, bolumena eta presioa bezalako aldagai makroskopikoak elkar-erlazionatu eta ikasten ditu.



**Unibertsoa:** Existitzen den materia eta energia guztia eta denbora eta espazio guztia.

**Ingurunea:** Sistemaren gain eragiten duten unibertsoaren beste objektuak.

**Sistema:** Gure behaketan aztertzen dugun unibertsoaren zatia.

#### Sistema-motak

- **Sistema irekia:** Ingurunearekin energia eta materia elkartrukutzen du (adb: kotxe bat)
- **Sistema itxia:** Soilik energia trukatu ingurunearekin (adb: korda-erlojua)
- **Sistema isolatua:** Energia eta materia ez dira trukutzen ingurunearekin (adb: termo bat)

Termodinamikak **Egoera-Funtzioak** aztertzen ditu: Prozesu bat deskribatzeko balio duten aldagaiak soilik hasierako eta bukaerako egoeraren menpean daudenean eta bidearekiko independenteak direnean, egoera-funtzioak direla esaten da. Adibidez: distantzia,  $T^a$  aldaketa, entalpiaren aldaketa...)

#### 1.a) Termodinamikaren 1go printzipioa (Energiaren kontserbazioa)

- Sistema isolatuetan energia konstante mantentzen da
- Energia ezin da sortu edo desegin, eraldatu egiten da

**Lana** eta **beroa** sistema batek ingurunearekin energia transferitzeko motak dira. Lana, beroa ez bezala, sistema mekanikoetan erabiltzen da. Lana eta beroa baliokideak dira ( $1\text{cal} = 4,18\text{J}$ ). **Adibidea:** Polea baten albo batean harri bat (pisu handikoa) eta bestean balde bat dugu. Harria altuera batetik behera botatzen badugu, harriak duen energiak baldea igotzeko balioko du (**lana**) eta, harriak lurra jotzean, haren energia **bero** bihurtuko da.

**Entalpia (H):** Grezieratik **enthalpos** = berotu (substantziaren eduki kalorikoa)

**Entalpiaren aldaketa ( $\Delta H$ ):** Sistema baten barne-energiaren aldaketa neurtzeko unitatea da. Adierazten digu zenbat energia bereganatuko edo askatuko duen sistemak ingurunearekin (Unitatea: Kcal/mol).

Erreaktibo  $\rightarrow \rightarrow \rightarrow$  Produktu

(+) **ENDOTERMIKOA:**  $\Delta H > 0$  ----  $H_{\text{produktu}} > H_{\text{erreaktibo}}$  ----- Sistemak beroa bereganatuko du

(-) **EXOTERMIKOA:**  $\Delta H < 0$  ----  $H_{\text{produktu}} < H_{\text{erreaktibo}}$  ----- Sistemak beroa eman inguruneari

Baina entalpiak ez digu ezer esaten erreakzioaren espontaneitateari buruz, horregatik, termodinamikak bigarren lege bat du:

### 1.b) Termodinamikaren 2. printzipioa

Polearen adibidean, harria jaustea prozesu espontaneo da eta atzeraezina (oreka lortzen du). Aldiz, harria igotzea ez da espontaneo.

**Entropia (S):** Grezieratik eboluzioa, barruko aldaketa edo transformazioa (Unitatea: Kcal/mol·K°) esan nahi du.

- Desordena edo kaos-a adierazten du.
- Erreakzio baten espontaneitatea (zorizkotasuna) neurtzeko sortu zen balio hau, izan ere, sistema batek berezko aldaketa bat jasateko duen ahalmena adierazten digu.
- Erreakzioaren noranzkoa erregulatzen du. Erreakzio bat noranzko batean ematen bada, kontrako noranzkoan ematea ezinezkoa izango da.
- Edozein prozesu espontaneok entropia handituko du.

Erreaktibo → → → → Produktu

$\Delta S = 0$  -----  $S_{\text{produktu}} = S_{\text{erreaktibo}}$  ----- Sistema orekatua / itzulgarria  
 $\Delta S > 0$  -----  $S_{\text{produktu}} > S_{\text{erreaktibo}}$  ----- Prozesu espontaneo / itzulezina  
 $\Delta S < 0$  -----  $S_{\text{produktu}} < S_{\text{erreaktibo}}$  ----- Prozesu ezinezkoa

### 1.d) Gibbs-en energia askea

Erreakzio bat modu espontaneoan ematen den ala ez adierazteko sortu zen, baina soilik sistemaren aldagaiak kontuan hartuz (ez ingurunearenak) eta tenperatura eta presio konstantean. Erreakzio batean zenbat energiak lan egin dezakeen (lan erabilgarri maximoa) adierazten du (Unitatea: Kcal/mol).

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

Erreaktibo → → → → Produktu

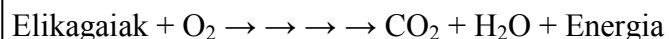
$\Delta G = 0$  -----  $G_{\text{produktu}} = G_{\text{erreaktibo}}$  ----- Erreakzioa orekan / itzulgarria  
 $\Delta G < 0$  -----  $G_{\text{produktu}} < G_{\text{erreaktibo}}$  ----- Erreakzio espontaneo (EXOERGONIKOA), lana egin dezake zentzu horretan  
 $\Delta G > 0$  -----  $G_{\text{produktu}} > G_{\text{erreaktibo}}$  ----- Erreakzio EZ-espontaneo (ENDOERGONIKOA), lana jaso beharko du gertatzeko

## 2. GIZAKIAREN BEHAR ENERGETIKOAK

Izakiak ez dira sistema isolatuak baina haien energia-erabilpena aztertzeko, termodinamikaren 1go printzipioa aplikatzen da. Horretarako, ikasi nahi dugun prozesuaren hasiera eta bukaera orekan daudela kontsideratzen da.

### 2.a) Elikagaien konbustio-entalpia

Gizakiok erabiltzen dugun energia elikagaietatik hartzen dugu. Elikagaiak “erretzean” energia askatzen da eta energia hori ATP modura gordetzen dugu. Energia lortzeko erreakzioaren eskema ondorengoa litzateke (konbustio-erreakzioa = arnasketa):



Konbustio-erreakzioaz sor daitekeen bero maximoari **konbustio-beroa** (konbustio-entalpia) deritzo. Kalorimetroaren bidez neurtzen da eta, “erretzen” den substantziaren izaeraren arabera, konbustio-beroa desberdina izango da, izan ere, substantziaren erredukzio-mailaren arabera konbustio-beroa aldatzen da. Elikagai energetikoak 3 dira; karbohidratoak, lipidoak eta proteinak.

## 2.b) Elikagaien balio-kalorikoa

**Def:** elikagai baten gramo baten konbustioak askatzen duen beroa.

Hauk dira dietatik hartutako elikagaien balio-kalorikoak:

- Karbohidratoak: 4 Kcal/g
- Lipidoak: 9 Kcal/g
- Proteinak: 4 Kcal/g

## 2.d) Metabolismo energetikoa

Gure gorputzak bere jarduerarako erabiltzen duen energia, azkenean, bero bilakatuko da (energiaren kontserbazioaren printzipioa), beraz, organismoak ekoiztutako beroa ezagutuz, metabolismoa ezagutu ahal izango dugu. Hori neurtzeko kalorimetria erabiltzen da:

- **Zuzena:** kamara isolatu batean izakia sartu eta bero-ekoizpena neurtu.
- **Ez-zuzena:** O<sub>2</sub> kontsumoan oinarrituta. Izan ere, elikagai baten konbustioan erabilitako O<sub>2</sub> litro bakoitzeko, organismotik askatutako beroa, batez beste, 4,825 Kcal/g da.

## Gastu-energetikoa baldintzatzen duten faktoreak

### 1. Oinarrizko metabolismoa

Gorputzaren oinarrizko bizi-funtzioak mantentzeko egin behar den gastu energetikoa (arnasketa, odol-zirkulazioa, molekulen sintesia, T°-ren mantenua, ioien garraioa...).

### 2. Ekintza dinamiko espezifikoak

Organismoak gastatutako energia elikagaiak xurgatzen, prozesatzen, banatzen, metatzen...

### 3. Jarduera fisikoa / muskularra

Metabolismoa gehien aldaraziko duen faktorea izango da.

### 4. Bestelako faktoreak

Hainbat egoera fisiologikok (adina, loaldia...), fisiopatologikok (sukarra, estresa...) eta inguruneak (klima...) gastu-kalorikoa aldatuko dute.

## 3. TENPERATURAEN ERREGULAZIOA (HOMEOSTASIA TERMIKOA)

Gizakia izaki homeotermoa da, hau da, barne-ingurunearen tenperatura egonkor mantentzeko gai den animalia da, ingurune tenperatura edozein izanda. Barne-ingurunea  $37 \pm 0,6$  °C-an mantendu behar dugu.

### Zergatik da garrantzitsua tenperatura mantentzea?

- T<sup>a</sup> baxuetan, uraren izozketa ematen da eta erreakzioen abiadura moteltzen da. Gainera, uraren izozketagatik, egitura zelularrak apurtzeko arriskua handitzen da.
- T<sup>a</sup> altuetan proteinen desnaturalizazioa ematen da.

### 3.a) Gorputzeko temperatura kontrolatzeko sistemak

#### 1. Gorputz-sistemaren isolaketa

Temperatura ez aldatzeko, azala eta gantz-ehunak ditugu eta isolatzaile termiko bezala jokatzeko beste ehunetarako.

#### 2. Bero ekoizpena (Termogenesis)

Temperatura galtzen dugunean, beroa sortzea izango da mekanismo eraginkorrena temperatura mantentzeko. Hala ere, bero ekoizpenaren kantitatea metabolismoarekin batera aldatzen da, beraz, metabolismoa aldatzen duten faktoreek bero ekoizpenean eragina edukiko dute (ariketa fisikoa, adina, pisua, estres-hormonak, sexu-hormonak, klima, elikagai eskasia...).

#### 3. Bero galerak (Termolisia)

Gehiegizko temperatura dugunean, beroa askatzea izango da mekanismo eraginkorrena temperatura mantentzeko. Hala ere, temperatura egokia izanda ere, temperatura galdu daiteke ikusiko ditugun mekanismoen bidez, eta hori ez da komenigarria izango.. Hainbat mekanismo daude:

##### a) Erradiazioa

- $T^a_{\text{gorputza}} > T^a_{\text{ingurunea}}$  denean, gorputz guztiek energia galduko dute erradiazio elektromagnetikoen bidez (infragorriak).
- Biluzik dagoen gorputzaren bero galeraren % 60 erradiazioz ematen da.

##### b) Eroankortasuna

- Bi gorputz kontaktuan daudenean, eta  $T^a_{\text{gorputz 1}} \neq T^a_{\text{gorputz 2}}$  denean, bero transferentzia gertatzen da gorputz batetik bestera.
- Bero galeraren % 3 suposatu.

**Adibidea:** Aulki baten esertzean gertatzen den egoera.

##### d) Konbekzioa

- Gorputz fluido bati beroa transferitzean ematen den xahupen-gertakaria da (disipazio-fenomenoa).  $T^a_{\text{gorputza}} > T^a_{\text{ingurunea}}$  denean, gorputzeko beroa airera (fluidora) pasatzen da eta konbekzio korranteek bero partikula horiek urruntzen dute.
- Bero galeraren % 12 modu horretan xahutzen da.

**Adibidea:** *Sentsazio termikoa*. Gorputzeko temperatura mantentzeko, gorputzaren azal-ondoko airea berotzen dugu. Aire bero hori igotzeko joera du (hala ere, ileek oztopatzen dute aire bero hori ihes egitea). Baina, haizea badago, azaletik hurbilen dagoen aire geruza bero hura errazago trukatu da airearekin, konbekzioz, eta haize horrek aire beroa xahutuko du. Hori dela eta, berriro aire beroa sortu beharko dugu, eta horregatik irudituko zaigu dagoen temperatura baino temperatura baxuagoa dagoela (sentsazioa).

##### e) Lurrunketa

- Gorputzak gehiegizko beroa pairatzen duenean, edo gehiegizko beroa ekoizten duenean, soberan duen energia hori askatzeko, uraren lurrunketan gastatuko du. Modu horretan, gorputzeko temperatura ez da gehiegi igoko.
- $T^a_{\text{ingurunea}} > T^a_{\text{gorputza}}$  denean, lurrunketa da beroa galtzeko mekanismo garrantzitsua, aurreko hiruak (erradiazioa, eroankortasuna eta konbekzioa) inhibitutako daudelako.