

# PRINCIPI DI BIOCHIMICA DELLA NUTRIZIONE UMANA

Libri ed esami

Biochimica degli alimenti e della nutrizione. Date: 1/02 16/02 24/06 15/07 31/08 15/09 ed esame scritto (forse preappello)

30/09 LEZIONE 1

## INTRODUZIONE

Anche il corpo segue le leggi della fisica, in particolare le leggi termodinamiche. Gli organismi, infatti, acquisiscono energia per produrre lavoro biologico (siamo delle macchine termiche): questo lavoro biologico si divide in: lavoro meccanico muscolare, chimico di trasporto di sostanze da un compartimento all'altro, elettrico per produrre differenze di potenziale tra le membrane cellulari. Una grande quantità di energia viene persa sotto forma di calore e per mantenere l'omeostasi. Il cervello consuma circa il 30% delle kcal ingerite per mantenere separati gli ioni (per far funzionare i neuroni, pompa sodio-potassio).

## ENERGIA

L'energia è LA CAPACITÀ DI UN SISTEMA DI COMPIERE UN LAVORO. Ne esistono varie forme: meccanica, chimica, elettrica, magnetica, calore. La sorgente principale di energia è il sole. Circa l'1% della luce che raggiunge il suolo è usata dalle piante per la fotosintesi.

L'unità di misura è il Joule (J,  $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$ ). Una caloria è 4,18J o un elettronvolt =  $1,602 \times 10^{-19}\text{J}$ .

## TERMODINAMICA

La termodinamica studia l'energia e le sue trasformazioni, rispondendo in quale verso precederà una reazione, se avviene spontaneamente (cioè avviene quando non è necessario fornire energia dall'esterno) e qual è il punto di equilibrio di un processo spontaneo (cioè i processi si possono fermare in un punto di equilibrio).

Il SISTEMA è la regione di spazio sotto osservazione (porzione di AMBIENTE). Possono essere isolati (no materia no energia), chiusi (no materia si energia) o aperti (si energia si materia). Sistema e ambiente e sistema formano l'UNIVERSO.

Lo stato di un sistema è descritto da diverse variabili che si distinguono in ESTENSIVE (dipende dalla quantità di materia: energia, massa, volume, numero di molecole) ed INTENSIVE (non dipendono dalla quantità di materia: pressione, densità, capacità termica, temperatura).

## TEMPERATURA

Proprietà intensiva e può essere definito il grado di "caldezza" del sistema. La relazione che lega il calore alla T è  $Q = mC_sT$  ed è il calore scambiato.

Calore specifico = quantità di calore necessaria per far innalzare il liquido di un grado. (esercizio sul quaderno)

## FUNZIONI DI STATO

Queste variabili non sono indipendenti l'une dall'altre ma all'equilibrio sono collegate in delle equazioni dette EQUAZIONI DI STATO, individuano le FUNZIONI DI STATO, dipendono solo dal punto iniziale e finale del sistema.



Con questo ragionamento, ad esempio, posso capire la quantità di energia scambiata dalla combustione dello zucchero bruciandola all'esterno su un tavolo rispetto che dentro al mio corpo.

## LEZIONE 2

### LA PRIMA LEGGE DELLA TERMODINAMICA

Esiste una funzione di stato detta energia interna  $U$  che dipende da un flusso di calore  $Q$  e dal lavoro  $W$  compiuto o subito dal sistema.

### IL CALORE

Il calore è una forma di energia, variabile estensiva che dipende dalla massa dell'oggetto. E naturalmente trasferito da un oggetto più caldo ad uno più freddo. Tutte le altre forme di energia possono essere trasformate in calore, al contrario non tutto il calore può essere trasformato in altre forme di energia.

### LAVORO

Rappresenta la capacità di un sistema di muovere o cambiare la materia. In fisica è il prodotto vettoriale tra forza e spostamento ed è espresso in  $J$ . In termodinamica, in seguito a varie dimostrazioni, è indicato dal prodotto tra variazione di volume e pressione.

### POTENZA

Misura della quantità di energia consumata o assorbita nell'unità di tempo. In pratica esprime la velocità con cui avvengono gli scambi di energia. Espressa in Watt ( $J/s$ ).

### LAVORO BIOLOGICO

All'interno del corpo umano il lavoro è compiuto per: superare forze elettrostatiche, muovere materia da un comportamento all'altro, produrre reazioni cataboliche e anaboliche.

### ENERGIA INTERNA $U$

Le variazioni di energia interna vengono misurate attraverso la bomba CALORIMETRICA. Se in acqua dissolviamo  $KOH$ , la  $T$  aumenta, con  $NaCl$  la  $T$  rimane costante e con  $NH_4NO_3$  la  $T$  diminuisce. In tutti e tre i casi le reazioni avvengono spontaneamente. Nel primo caso il sistema cede energia all'ambiente e nell'ultimo caso il calore è assorbito dall'ambiente. Per questo l'energia interna non è necessaria per capire se la reazione è spontanea

Essa non è altro che il calore assorbito a volume costante

**ENTALPIA H**

All'interno dell'organismo le reazioni non vengono a volume costante, ma a pressione costante, per questo motivo è stata introdotta l'entalpia

Essa non è altro che il calore svolto o assorbito dal sistema a pressione costante

È di fondamentale importanza conoscere la differenza di entalpia in quanto il contenuto calorico degli alimenti corrisponde a questo valore, cambiata di segno che accompagna l'ossidazione dei cibi (è cambiato di segno perché il calore in realtà viene assorbito dall'organismo). (calore di combustione a pressione costante). L'energia liberata dagli alimenti viene utilizzata per compiere lavoro dall'organismo.

alimento	$-\Delta H^\circ$ (kcal/g)	prodotti
glucosio	3.7	$H_2O + CO_2$
amido	4.2	$H_2O + CO_2$
lipidi	9.3	$H_2O + CO_2$
proteine	4.0	$H_2O + CO_2 +$ urea

**MISURAZIONE DEL CONTENUTO CALORICO**

-METODI DIRETTI: Bomba calorimetrica per valutare il contenuto calorico degli alimenti ( $Q_v = \Delta U$ ) oppure calorimetri che possono accogliere uomini ed animali

-METODI INDIRETTI: L'energia liberata dagli alimenti ed utilizzata durante il metabolismo è misurata dai prodotti finali eliminati ( $CO_2$ , urea,  $H_2O$ ) oppure dal consumo di ossigeno

**POTENZA**

Il cervello consuma circa 5 grammi di glucosio per ora. Ciò significa che il consumo energetico in termini di potenza equivale a circa 21.5 W (J/s). (esercizio). L'energia acquistata durante l'ossidazione degli alimenti non viene però immediatamente utilizzata, ma immagazzinata nei legami chimici della molecola di ATP- Quando sarà necessario la rottura di tali legami renderà l'energia accumulata.

**AEROBIOSI E ANAEROBIOSI**

Vengono detti AEROBIOSI organismi che utilizzano l'ossigeno come ossidante finale (il glucosio quando viene ingerito di per sé viene ossidato, in quanto fa in modo di cedere elettroni) nei processi di ossidazione negli alimenti. I prodotti finali del glucosio sono  $CO_2$  e  $H_2O$ . Invece gli organismi ANAEROBIOSI non utilizzano l'ossigeno ma altri ossidanti, durante l'ossidazione del glucosio vengono prodotte altre molecole organiche.

**METABOLISMO**

Si indica con il termine METABOLISMO il consumo di energia da parte dell'organismo e la produzione di calore. Si dà per scontato che questi due processi coincidano anche se in realtà può esserci uno sbilanciamento e l'energia in eccesso o in difetto viene immagazzinata o eliminata dalla massa adiposa. Del

metabolismo riconosciamo due processi fondamentali ANABOLISMO, in cui riconosciamo principalmente gluconeogenesi e litogenesi e CATABOLISMO, in cui riconosciamo glicolisi, ciclo di Krebs e lipolisi. Esistono vari fattori che influenzano il metabolismo riconosciamo: -Lavoro muscolare • Processi digestivi • Temperatura ambiente • Sesso • Età • Dimensioni del corpo • Stress (sia a breve che a lungo termine) • Temperatura corporea • Concentrazioni ormonali (ad esempio ormoni tiroidei, bisfenol A)

È detto **metabolismo basale**, la quantità di kcal, cioè di energia assorbita e utilizzata esclusivamente per mantenermi vivo, che si aggira intorno alle 1800kcal, cioè la maggior parte delle calorie ingerite. Viene effettuata nello stato di veglia ad una temperatura confortevole (25°C), perché in stato di dormienza, il metabolismo si riduce e la temperatura prima considerata confortevole diventa fredda.

### LE FUNZIONI BIOLOGICHE E LA TEMPERATURA (dipendenza metabolismo dalla temperatura)

Le reazioni biochimiche che avvengono nel nostro organismo hanno una velocità ottimale a circa 37°C. In condizioni di IPERTERMIA avviene la denaturazione delle proteine con possibilità di emorragie e di danno celebrarle a partire da circa 41°C. In condizioni di IPOTERMIA invece i processi metabolici rallentano. A 30°C i sistemi regolatori della temperatura si bloccano, diventano critici respirazione e battito cardiaco). Un aumento della temperatura corporea di 1°C fa aumentare il metabolismo del 15%.

### DIPENDENZA METABOLISMO DALLE DIMENSIONI CORPOREE

Molti processi di dissipazione del calore avvengono attraverso la pelle e la loro efficienza dipende dalla SUPERFICIE corporea. La produzione di energia invece dipende dalla massa del corpo e quindi dal suo VOLUME. In particolare modo il metabolismo dipende dal rapporto superficie volume, più è basso più il corpo dissipa calore più lentamente. Inoltre, a essere influenzata è anche la velocità con cui gli organismi consumano ossigeno per unità di massa corporea. Essa diminuisce all'aumentare delle dimensioni corporee.

### INDICE DI MASSA CORPorea

È un rapporto tra peso e altezza (al quadrato) che serve come parametro per indicare lo stato di normopeso. È un valore assolutamente indicativo.

### LA DISTRIBUZIONE DELLE TEMPERATURE ALL'INTERNO DEL CORPO VARIA CON LA TEMPERATURA DELL'AMBIENTE

In un ambiente caldo la vasodilatazione periferica tende a migliorare la dissipazione di calore. In un ambiente freddo i vasi periferici subiscono una vasocostrizione garantendo il mantenimento della temperatura ottimale degli organi vitali.

### DIPENDENZA DEL METABOLISMO DALL'ETA'

La velocità con cui avvengono i processi metabolici diminuisce con l'invecchiamento

### QUOZIENTE RESPIRATORIO

È il rapporto di volume di CO<sub>2</sub> prodotto e di O<sub>2</sub> consumato. È un parametro di estrema importanza per la corretta determinazione del metabolismo. Dalla misura del Q<sub>r</sub> si può stabilire da quale fonte viene preferibilmente prodotta l'energia necessaria al metabolismo e quindi individuare eventuali disfunzioni del metabolismo di determinate sostanze (malattie metaboliche). Ad esempio, un pasto elevato in glucidi fa equivalere il Q<sub>r</sub> a circa 1.

**LE TRASFORMAZIONI**

Riconosciamo diverse tipologie di trasformazioni:

- REVERSIBILI: il valore di una certa variabile differisce solo di una quantità infinitesima dal valore della stessa variabile nell'istante successivo. La trasformazione richiede un tempo infinito ed è una successione infinita di stati di equilibrio
- IRREVERSIBILI: il valore di una certa variabile termodinamica in un dato istante differisce di una quantità finita dal valore della stessa variabile nell'istante successivo
- SPONTANEE: trasformazioni che avvengono senza che vi sia apporto di energia dall'esterno.

**ENTROPIA (TERMODINAMICA)**

È considerata la misura d'ordine di un sistema. Istintivamente si riconosce che la creazione di disordine rappresenta il decorso spontaneo degli eventi nel mondo reale. L'entropia è una funzione di stato che aumenta durante una trasformazione spontanea e raggiunge il massimo all'equilibrio in un sistema isolato. È espressa in J/K. La seconda legge della termodinamica vale per l'UNIVERSO e per i SISTEMI ISOLATI. Per i processi reversibili la somma tra la variazione di entropia del sistema con quella dell'ambiente equivale a zero. Per i sistemi irreversibili è sempre maggiore di zero. Dal punto di vista termodinamico vale:

**ENTROPIA (STATISTICA)**

Dal punto di vista statistico, L'entropia è una misura della molteplicità di un sistema. Per un sistema che contiene una grande quantità di particelle, come una soluzione, lo stato più stabile è lo stato più probabile. Dal punto di vista statistico vale che:

$W$  è la molteplicità degli stati. Un sistema evolve spontaneamente da uno stato a minore molteplicità ad uno a maggiore molteplicità. Per ogni trasformazione spontanea l'entropia totale (sistema + ambiente) deve aumentare.

**ENERGIA LIBERA**

È stata introdotta una nuova funzione di stato per descrivere la spontaneità delle trasformazioni che avvengono nei sistemi biologici (a T e P costanti).

Sappiamo che per trasformazioni irreversibili  $\Delta S$  è maggiore di  $Q_p/T$  per cui  $T\Delta S$  è maggiore di  $Q_p$  e quindi  $\Delta G$  è SEMPRE MINORE DI 0 per i processi SPONTANEI. Inoltre, i processi spontanei sono esoergonici e possono essere utilizzati per compiere lavoro. Lo stato di equilibrio è raggiunto quando il valore  $G$  raggiunge il suo minimo. Vengono definiti gli STATI STANDARD (1 atm a 25 °C) e ad ogni elemento nello stato standard è assegnata Energia Libera  $G = 0$

## GLI ORGANISMI VIVENTI

Un organismo vivente non è un sistema all'equilibrio. Esso è costituito da compartimenti in cui le concentrazioni, le temperature, le pressioni ed i potenziali elettrici sono mantenuti a valori differenti da quelli dell'ambiente circostante. Nella combustione (ossidazione) degli alimenti viene liberata dell'energia (Energia Libera). Non tutta l'energia può essere utilizzata per compiere un lavoro: una parte viene pagata in aumento di entropia. Infatti, è possibile comunque accoppiare una reazione spontanea ( $\Delta G < 0$ ) ad una non spontanea ( $\Delta G > 0$ ) per far decorrere la seconda sfruttando l'energia liberata dalla prima. Gli organismi viventi DIPENDONO dalle reazioni accoppiate. Gli enzimi rappresentano l'elemento che permette l'accoppiamento. Essi legano selettivamente i reagenti ed assicurano che quando una reazione avviene con diminuzione di Energia Libera ( $\Delta G < 0$ ) essa sia accoppiata ad una reazione che presenta un  $\Delta G > 0$ , in modo che si perda la minore quantità possibile di energia sotto forma di calore.