

Capitolo B2 Il metabolismo energetico: dal glucosio all'ATP

Quesiti e problemi

1 Le funzioni del metabolismo cellulare sono: ricavare energia utile per la cellula attraverso la degradazione di sostanze nutrienti; convertire i nutrienti in molecole utili per la cellula; sintetizzare macromolecole e polimeri a partire dai precursori.

2 Gli enzimi

3 Molecole generate dai processi catabolici: ATP, FADH₂, NADPH, NADH; molecole generate dai processi anabolici: NAD⁺, ADP, FAD, NADP⁺, HPO₄²⁻.

4 A

5 a) catabolismo; b) anabolismo.

6 Le vie metaboliche si distinguono in lineari e cicliche, convergenti (cataboliche) e divergenti (anaboliche).

7 Il metabolismo terminale consiste in reazioni a cui convergono le vie cataboliche e nelle quali si completa l'ossidazione e la degradazione delle molecole di partenza, con produzione di una serie di coenzimi ridotti.

8 Sintesi: $ADP + P_i + E \rightarrow ATP$

Idrolisi: $ATP \rightarrow ADP + P_i + E$

9 Circa 93,97 mol

10 B

11 D

12 A

13 A

14 A

15 D

16 Al contrario di un organismo anaerobio, un organismo aerobio utilizza l'ossigeno come accettore finale di elettroni.

17 Gli organismi litotrofi sono organismi chemioautotrofi, che ossidano sostanze inorganiche per ottenere energia.

18 Gli eterotrofi si affidano all'energia chimica delle sostanze organiche prodotte dagli autotrofi; gli autotrofi convertono l'energia solare o l'energia chimica di sostanze inorganiche per produrre sostanze organiche.

19 No, per gli organismi anaerobi obbligati l'ossigeno è una sostanza dannosa.

20 I fototrofi (come le piante) ottengono energia dalla luce del Sole, mentre gli organismi chemiotrofi (come gli animali o i funghi) ottengono energia dall'ossidazione delle sostanze chimiche presenti nell'ambiente.

21 A

22 In condizioni anaerobiche, dopo la glicolisi il metabolismo energetico procede verso una fermentazione.

23 Il prodotto finale è il piruvato, una molecola in cui il carbonio non è completamente ossidato e dalla quale si può ottenere ancora energia per ossidazione.

24 Le due fasi principali della glicolisi sono la fase di preparazione e la fase di recupero energetico; nella fase di preparazione sono consumate 2 molecole di ATP, nella fase di recupero sono prodotte 4 molecole di ATP, con un bilancio netto di 2 ATP.

25 Per ogni molecola di glucosio metabolizzata i prodotti sono: 2 ATP, 2 molecole di piruvato, 2 molecole di NADH, 2 H⁺ e 2 H₂O.

26 L'enzima chiave della glicolisi è la fosfofruttochinasi, che induce la seconda fosforilazione sul fruttosio; è regolata in modo allosterico: attivata da AMP, ADP e fruttosio-2,6-bisfosfato e inibita da ATP e citrato.

27 Lo scopo della fermentazione è ripristinare il NAD⁺, utilizzando il piruvato come accettore di elettroni e protoni del NADH.

28 La fermentazione alcolica libera CO₂, che gonfia la pasta in lievitazione.

29 A

30 C

31 B

32 A, C

33 C

34 B

35 C

36 I processi coinvolti nel metabolismo terminale sono la decarbossilazione ossidativa e il ciclo dell'acido citrico.

37 La piruvato deidrogenasi ha il compito di determinare la decarbossilazione ossidativa del piruvato e generare l'acetil-CoA che entrerà nel ciclo dell'acido citrico.

38 Ciclo di Krebs e ciclo degli acidi tricarbossilici.

39 Per ogni gruppo acetile confluito al ciclo dopo la decarbossilazione ossidativa si formano, in otto tappe consecutive 2 molecole di CO₂, 3 molecole di NADH, 1 molecola di FADH₂, 1 molecola di GTP, 3 ioni H⁺ e 1 molecola di CoA.

40 La funzione del ciclo dell'acido citrico è quella di ottenere molecole di agenti ossidanti (NADH e FADH₂).

41 La citrato sintasi, che è inibita da ATP e NADH.

42 B

43 A

44 B

45 D

46 A

47 A

48 I trasportatori di elettroni sono molecole organiche in grado di acquistare e poi cedere elettroni a un altro trasportatore con potenziale di riduzione maggiore.

49 Flavoproteine, proteine ferro-zolfo, citocromi, proteine contenenti Cu, coenzima Q.

50 Due elettroni

51 Complesso I (NADH:ubichinone ossidoreduttasi o NADH deidrogenasi); complesso II (Succinato-ubichinone ossidoreduttasi o succinato deidrogenasi); complesso III (ubichinone:citocromo *c* ossidoreduttasi o citocromo *c* reduttasi); complesso IV (citocromo *c* ossidasi).

52 Il gradiente elettrochimico è un gradiente di concentrazione di specie chimiche elettricamente cariche; nella catena respiratoria il gradiente è formato da ioni H^+ .

53 Gli ioni H^+ provenienti dalla catena respiratoria si accumulano nello spazio intermembrana, generando una forza protonmotrice.

54 A

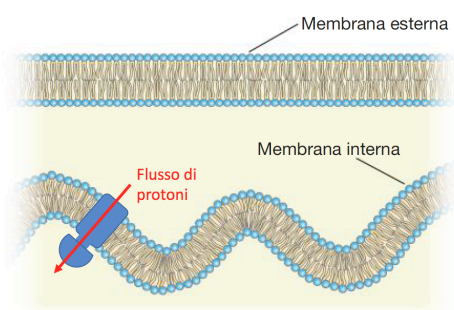
55 La fosforilazione ossidativa è il processo grazie al quale l'energia derivata dal catabolismo ossidativo viene impiegata per produrre ATP da ADP e P_i . La fosforilazione a livello del substrato realizza la sintesi di ATP, trasferendo il gruppo P_i direttamente dalle molecole fosforilate, intermedi della glicolisi.

56 La teoria chemiosmotica di Mitchell afferma che biosintesi dell'ATP dipende dalla creazione di un gradiente elettrochimico ai due lati della membrana mitocondriale interna; la formazione di questo gradiente deriva, a sua volta, dal trasferimento di elettroni nella catena respiratoria.

57 L'ATP sintasi (o F_0F_1 ATPasi) è un complesso proteico associato alla membrana mitocondriale interna. Il complesso della ATP sintasi usa l'energia associata al gradiente protonico ai due lati della membrana mitocondriale interna per sintetizzare ATP da ADP e P_i .

58 Il NADH porta alla produzione di 2,5 molecole di ATP, mentre il $FADH_2$ solo 1,5. Il NADH cede i suoi elettroni a trasportatori posizionati più a monte rispetto al $FADH_2$.

59



60

Localizzazione cellulare	Fase	ATP o GTP	NADH	$FADH_2$	CO_2	H_2O	ATP totali
Citoplasma	Glicolisi	2	2	-	-		7
Matrice mitocondriale	Decarbossilazione ossidativa	-	2	-	2		5
Matrice mitocondriale	Ciclo dell'acido citrico	2	6	2	4		20
Membrana mitocondriale interna	Catena di trasporto degli elettroni	-	-	-	-		-
Membrana mitocondriale interna	Fosforilazione ossidativa	-	-	-	-		32

61 34,05%

62 C

63 A

64 A

65 C

66 C

67 A, B

68 C

69 A, D

70 E

71 A

72 A

73 A, D

Il laboratorio delle competenze

98

Processo	Citoplasma	Membrana mitocondriale esterna	Spazio intermembrana	Membrana mitocondriale interna	Matrice mitocondriale
Glicolisi	x				
Decarbossilazione ossidativa del piruvato					x
Ciclo dell'acido citrico					x
Catena di trasporto elettronico				x	
Fosforilazione ossidativa				x	

99

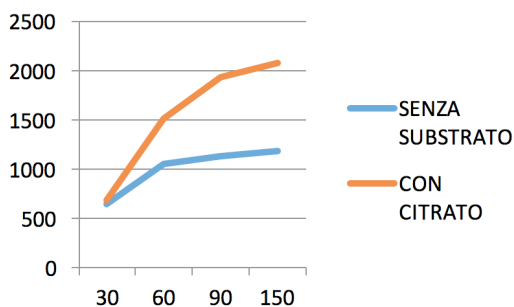
Enzima	Substrato	Tipo di reazione
Citrato sintasi	Ossalacetato	Condensazione
Aconitasi	Citrato	Deidratazione + idratazione
Isocitrato deidrogenasi	Isocitrato	Ossidazione + decarbossilazione
α -chetoglutarato deidrogenasi	α -Chetoglutarato	Decarbossilazione ossidativa
Succinil-CoA sintetasi	Succinil-Coa	Trasferimento di un gruppo fosfato
Succinato deidrogenasi	Succinato	Ossidazione
Fumarasi	Fumarato	Idratazione
Malato deidrogenasi	Malato	Ossidazione

100 L'energia liberata dai processi catabolici non è sufficiente, perché una parte è dissipata come calore; occorre sempre un rifornimento di energia chimica o solare, a seconda che l'organismo sia fotoautotrofo o chemioeterotrofo.

102 Le fibre di tipo I sono aerobiche, quelle di tipo IIb sono quelle che possono eseguire la fermentazione; si deduce sia dalle caratteristiche cellulari sia dagli enzimi che in un caso sono ossidativi nell'altro glicolitici. Le fibre intermedie IIa possono funzionare in entrambe le condizioni.

103 a) Si accumula il prodotto A2; b) sull'enzima E2.

104



- a) In presenza di citrato il consumo di ossigeno è molto più elevato.
 b) Il citrato è una sostanza del ciclo di Krebs, la sua presenza aumenta la velocità del ciclo e quindi la sua capacità ossidativa.

105 a) $-17 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; b) occorre fosforilare il glucosio per renderlo chimicamente più reattivo; c) attraverso un processo di accoppiamento energetico.

107 La glicemia è controllata dagli ormoni insulina e glucagone. Dopo un pasto, le cellule β del pancreas endocrino liberano insulina che promuove la captazione del glucosio dal sangue e il suo utilizzo nel metabolismo di organi e tessuti (azione ipoglicemizzante). La glicemia torna a valori normali circa due ore dopo il pasto e si mantiene più o meno costante fino al pasto successivo, nonostante il sia consumato per rifornire i tessuti di energia. Questa tendenza verso l'ipoglicemia durante il digiuno è contrastata dal glucagone, un ormone che promuove l'immissione di glucosio nel sangue da parte del fegato (azione iperglicemizzante).

Diagramma di flusso: *vedi* Figura B2.38 e B2.39 del libro di testo.