Verifica di fine parte II

Scienze naturali 5 · Parte II · Biochimica: le molecole della vita e il metabolismo · versione 1.0
Verifica: Verifica di fine parte II · pagine 315–320 del volume completo · estratto per lo studio

Biochimica: le molecole della vita e il metabolismo (parte II: capitoli 7–11). Tempo: 100 minuti. Punteggio totale: 100 punti. Puoi usare la calcolatrice e le tavole dell'appendice (costanti, costanti di acidità, amminoacidi, bilancio energetico della respirazione). Nei calcoli scrivi i passaggi e indica sempre le unità di misura; dai i risultati con il numero corretto di cifre significative.

Punteggio. Scelta multipla: 2 punti per ogni risposta corretta (24 punti). Vero o falso: 2 punti ciascuno; 1 punto se la risposta è giusta ma la correzione dell'affermazione falsa manca o è sbagliata (12 punti). Applicare: 5 punti ciascuno, di cui 3 per l'impostazione e i passaggi e 2 per il risultato corretto con le unità (40 punti). Indagare e argomentare: 6 punti ciascuno, 2 per i concetti scientifici corretti, 2 per la completezza del ragionamento, 2 per la chiarezza e l'uso del lessico specifico (24 punti).

Comprendere e ricordare (12 × 2 punti)

1. ● Il saccarosio non dà il saggio di Fehling perché:
   - **A.** è un chetoso e non un aldoso
   - **B.** contiene un legame glicosidico β(1→4)
   - **C.** i carboni anomerici di entrambe le unità sono impegnati nel legame glicosidico
   - **D.** non contiene glucosio

2. ●● Amilopectina e glicogeno sono entrambi polimeri ramificati del D-glucosio. Che cosa li distingue?
   - **A.** il glicogeno ha legami β(1→4) nelle catene lineari
   - **B.** il glicogeno è più ramificato: un legame α(1→6) ogni 8–12 unità circa
   - **C.** l'amilopectina contiene anche unità di galattosio
   - **D.** le ramificazioni dell'amilopectina sono legami β(1→6)

3. ● A pH 7 la catena laterale dell'acido glutammico è:
   - **A.** carica negativamente
   - **B.** carica positivamente
   - **C.** neutra e apolare
   - **D.** neutra e polare

4. ●● Che cosa distingue un enzima allosterico da un enzima che segue l'equazione di Michaelis–Menten?

   A. non ha un sito attivo

   B. la sua velocità non dipende dalla concentrazione del substrato

   C. i suoi effettori si legano sempre al sito attivo, in competizione con il substrato

   D. la curva della velocità in funzione di [S] è sigmoide, perché il legame del substrato a una subunità facilita il legame alle altre

5. ● Nella mioglobina e nell'emoglobina la molecola di O_2 si lega:

   A. a un ponte disolfuro fra due cisteine

   B. a uno ione Mg^{2+} al centro di un anello porfirinico

   C. agli atomi di azoto dei legami peptidici della globina

   D. allo ione Fe^{2+} al centro del gruppo eme

6. ●● La decarbossilazione ossidativa di una molecola di piruvato, nella matrice mitocondriale, produce:

   A. lattato e NAD^+

   B. acetil-CoA, CO_2 e NADH

   C. ossalacetato e ATP

   D. acetil-CoA, CO_2 e $FADH_2$

7. ●● Il cianuro blocca il complesso IV della catena respiratoria. In una cellula avvelenata:

   A. il consumo di O_2 aumenta e la cellula produce più calore

   B. la glicolisi si arresta immediatamente

   C. il flusso di elettroni si ferma, il gradiente di protoni si esaurisce e la fosforilazione ossidativa cessa

   D. l'ATP sintasi continua a produrre ATP usando l'ossigeno direttamente

8. ●●● Se a una coltura di lievito che fermenta si fornisce ossigeno, il consumo di glucosio diminuisce (effetto Pasteur). Perché?

   A. respirando, il lievito ricava da ogni glucosio molto più ATP che fermentando, e la glicolisi, regolata dall'ATP disponibile, rallenta

   B. l'ossigeno inibisce direttamente tutti gli enzimi della glicolisi

   C. con l'ossigeno il lievito trasforma il glucosio soprattutto in etanolo

   D. l'ossigeno sostituisce il glucosio come combustibile del lievito

9. ●● Nei primi secondi di uno scatto di 100 metri il muscolo rigenera l'ATP soprattutto a partire:

   A. dalla fosfocreatina

   B. dall'ossidazione degli acidi grassi

   C. dai corpi chetonici prodotti dal fegato

   D. dal glucosio prodotto dalla gluconeogenesi del muscolo

10. ●●● Nel digiuno prolungato i corpi chetonici sono prodotti:
    A. nel muscolo, a partire dal suo glicogeno
    B. nel fegato, a partire dall'acetil-CoA della β-ossidazione
    C. nel rene, a partire dall'urea
    D. nel tessuto adiposo, a partire dal glicerolo

11. ● Nel flusso non ciclico della fase luminosa l'accettore finale degli elettroni è:
    A. l'O_2
    B. il $P680^+$
    C. il $NADP^+$
    D. la CO_2

12. ●● In una pianta CAM la CO_2 assorbita di notte viene conservata fino al giorno successivo come:
    A. amido nel cloroplasto
    B. 3-fosfoglicerato nello stroma
    C. ossalacetato nelle cellule della guaina del fascio
    D. acido malico nel vacuolo

Vero o falso (6 × 2 punti; correggi le affermazioni false)

13. ● I trigliceridi sono esteri del glicerolo con tre acidi grassi.

14. ●● Gli zimogeni, come il tripsinogeno, sono enzimi attivi che vengono inattivati quando hanno finito di digerire le proteine.

15. ● La fermentazione lattica e quella alcolica ricavano da una molecola di glucosio la stessa quantità di ATP: le 2 ATP nette della glicolisi.

16. ●● Nella catena respiratoria gli elettroni passano spontaneamente dalle coppie redox con $E^{\circ\prime}$ più alto a quelle con $E^{\circ\prime}$ più basso.

17. ●● Le HDL trasportano il colesterolo dal fegato alle cellule dei tessuti.

18. ● Nelle piante C_4 la RuBisCO e il ciclo di Calvin si trovano nelle cellule della guaina del fascio.

Applicare (8 × 5 punti)

19. ●● Si idrolizzano completamente 34,2 g di lattosio ($C_{12}H_{22}O_{11}$, M = 342,3 g/mol). a) Scrivi l'equazione e indica i due monosaccaridi prodotti e il tipo di legame che si è rotto. b) Calcola la massa di ciascun monosaccaride ottenuto e la massa d'acqua consumata (M = 180,16 g/mol per gli esosi, 18,02 g/mol per l'acqua). c) Il lattosio è uno zucchero riducente? Motiva.

20. ●● L'alanina ha pK_a = 2,34 per il gruppo –COOH e pK_a = 9,69 per il gruppo $-NH_3^+$. a) Calcola il punto isoelettrico. b) Scrivi la forma prevalente, con la sua carica, a pH 2,0, a pH 6,0 e a pH 10,5, motivando con il confronto fra pH e pK_a. c) In un'elettroforesi a pH 8,6, verso quale elettrodo migra l'alanina?

21. ●●● Un enzima ha K_M = 4,0 mmol/L e V_{max} = 75 µmol/min. a) Calcola la velocità iniziale con [S] = 2,0 mmol/L. b) Quale [S] serve per avere v = 60 µmol/min? c) In presenza di un inibitore competitivo il K_M apparente diventa 12 mmol/L: calcola la nuova velocità con [S] = 2,0 mmol/L e la [S] necessaria per tornare a 60 µmol/min.

22. ● Il glicerolo liberato dalla lipolisi viene fosforilato nel fegato: glicerolo + P_i → glicerolo-3-fosfato + H_2O, con $\Delta G^{\circ\prime}$ = +9,2 kJ/mol. L'enzima accoppia la reazione all'idrolisi di un ATP ($\Delta G^{\circ\prime}$ = −30,5 kJ/mol). Scrivi la reazione complessiva, calcolane il $\Delta G^{\circ\prime}$ e di' se è spontanea in condizioni standard biochimiche.

23. ●●● Il cuore ossida anche il lattato che arriva con il sangue: il lattato è ossidato a piruvato nel citosol dalla lattato deidrogenasi, con formazione di NADH, e il piruvato è ossidato completamente nel mitocondrio. Conta i NADH, i $FADH_2$ e i GTP prodotti per una molecola di lattato e calcola l'ATP totale (2,5 ATP per NADH, anche per quello citosolico che nel cuore entra con la navetta del malato-aspartato; 1,5 per $FADH_2$; 1 per GTP).

24. ●● Calcola l'ATP ottenuto dall'ossidazione completa dell'acido miristico (tetradecanoico, 14 atomi di carbonio): numero di giri di β-ossidazione, di acetil-CoA, di $FADH_2$ e di NADH, e ATP totale (2,5 per NADH, 1,5 per $FADH_2$, 10 per acetil-CoA ossidato nel ciclo di Krebs, 2 ATP spesi per l'attivazione). Confronta l'ATP per atomo di carbonio con quello del glucosio (32 ATP).

25. ●● In una giornata una foglia accumula nei cloroplasti 0,81 g di amido (M = 162,1 g/mol per l'unità $C_6H_{10}O_5$). Contando solo il ciclo di Calvin e il flusso non ciclico, calcola le moli di CO_2 fissate e di ATP e NADPH consumati, le moli minime di fotoni assorbite per produrre quel NADPH e la massa di O_2 liberata (M = 32,00 g/mol).

26. ●●● Nel fotosistema I gli elettroni passano dalla ferredossina ($E^{\circ\prime} \approx -0{,}43$ V) al $NADP^+$ ($E^{\circ\prime} \approx -0{,}32$ V). Calcola il $\Delta G^{\circ\prime}$ per la riduzione di una mole di $NADP^+$ (2 elettroni) e spiega perché questo passaggio non ha bisogno di luce, mentre il trasferimento dall'acqua al $NADP^+$ sì.

Indagare e argomentare (4 × 6 punti)

27. ●●● Una persona intollerante al lattosio digerisce senza disturbi la pasta e lo zucchero da tavola, ma non il lattosio del latte; un uovo cotto, invece, resta nutriente anche se le sue proteine hanno perso la loro forma. Spiega i due fatti collegando la struttura delle molecole alla specificità degli enzimi digestivi e distinguendo la denaturazione dall'idrolisi del legame peptidico.

28. ●●● Progetta un esperimento per studiare come la temperatura influisce sulla velocità di fermentazione del lievito (volume di CO_2 prodotto). Indica variabile indipendente e dipendente, le variabili da controllare, il controllo, le norme di sicurezza e l'andamento atteso dei risultati, spiegandolo con la natura enzimatica della glicolisi e delle fermentazioni.

29. ●●● Descrivi come cambia il metabolismo di una persona sana fra tre ore dopo un pasto e due giorni di digiuno: che cosa fanno insulina e glucagone, che cosa succede al glicogeno del fegato, alla gluconeogenesi, alla lipolisi e ai corpi chetonici, e quale combustibile usa il cervello in ciascuna fase.

30. ●●● Alcuni erbicidi bloccano il trasferimento di elettroni dal fotosistema II al plastochinone. Spiega quali conseguenze ha il blocco sulla liberazione di O_2, sulla produzione di ATP e di NADPH, sul ciclo di Calvin e sull'amido della foglia, e perché la pianta finisce per morire anche se le sue cellule continuano per un certo tempo a respirare.

Soluzioni

1. C (2 punti). Il legame α1→β2 unisce i due carboni anomerici (C1 del glucosio e C2 del fruttosio): nessuna unità può riaprirsi nella forma aperta, quindi il saccarosio non è riducente.

2. B (2 punti). Entrambi hanno catene α(1→4) con ramificazioni α(1→6), ma nel glicogeno le ramificazioni sono più fitte (ogni 8–12 unità circa); le molte estremità permettono di liberare in fretta molto glucosio. I legami β si trovano nella cellulosa.

3. A (2 punti). Il gruppo carbossilico della catena laterale è deprotonato a pH 7 ($-COO^-$): l'acido glutammico è un amminoacido acido.

4. D (2 punti). Gli enzimi allosterici, di solito con più subunità, mostrano cooperatività: la curva v–[S] è una sigmoide, non un'iperbole. Gli effettori allosterici si legano a siti regolatori diversi dal sito attivo.

5. D (2 punti). Il gruppo eme è un gruppo prostetico: un anello porfirinico con uno ione Fe^{2+} al centro, che lega l'O_2. Lo ione Mg^{2+} è al centro dell'anello delle clorofille.

6. B (2 punti). Il complesso della piruvato deidrogenasi stacca un carbonio come CO_2, ossida il frammento di due atomi, che si lega al coenzima A, e riduce il NAD^+ a NADH (3 C → 1 C + 2 C). A è la fermentazione lattica, nel citosol.

7. C (2 punti). Gli elettroni non raggiungono l'O_2, i complessi smettono di pompare protoni, il gradiente si esaurisce e l'ATP sintasi si ferma; resta solo l'ATP della glicolisi. A descrive un disaccoppiante.

8. A (2 punti). Con la respirazione un glucosio rende circa 30–32 ATP invece dei 2 della fermentazione, circa 15 volte di più; la cellula regola la glicolisi in base all'ATP disponibile e demolisce meno glucosio. L'ossigeno non è un combustibile: è l'accettore finale degli elettroni.

9. A (2 punti). Per i primi secondi la fosfocreatina cede il fosfato all'ADP; seguono la glicolisi anaerobica, che produce lattato, e negli sforzi lunghi l'ossidazione aerobica. La gluconeogenesi avviene nel fegato e nel rene, non nel muscolo; i corpi chetonici sono un combustibile del digiuno.

10. B (2 punti). Nel digiuno il fegato ossida gli acidi grassi e accumula acetil-CoA, che trasforma in corpi chetonici (acetoacetato e derivati), esportati verso cuore, muscoli e cervello.

11. C (2 punti). Gli elettroni tolti all'acqua passano per il PSII, il plastochinone, il citocromo b_6f, la plastocianina, il PSI e la ferredossina; la ferredossina-$NADP^+$ reduttasi riduce il $NADP^+$ a NADPH nello stroma. L'O_2 è un prodotto della fotolisi, non un accettore; la CO_2 è ridotta dopo, nel ciclo di Calvin.

12. D (2 punti). Di notte la PEP carbossilasi fissa la CO_2 e il malato si accumula nel vacuolo come acido malico; di giorno libera la CO_2 per il ciclo di Calvin.

13. V (2 punti). Sono triesteri: ciascun ossidrile del glicerolo è esterificato da un acido grasso.

14. F (2 punti). Gli zimogeni sono precursori inattivi, che diventano attivi quando un enzima ne taglia un tratto della catena (il tripsinogeno, nell'intestino, per opera dell'enteropeptidasi): così le proteasi non digeriscono le cellule che le producono.

15. V (2 punti). In entrambe l'ATP viene solo dalla glicolisi; la riduzione del piruvato a lattato, o dell'acetaldeide a etanolo, non produce ATP ma rigenera il NAD^+ che la glicolisi consuma.

16. F (2 punti). Passano dalla coppia con il potenziale più basso (NAD^+/NADH, −0,320 V) a quella con il potenziale più alto (O_2/H_2O, +0,816 V): $\Delta E^{\circ\prime}$ è positivo e $\Delta G^{\circ\prime} = -nF\Delta E^{\circ\prime}$ è negativo.

17. F (2 punti). Questo è il compito delle LDL, che derivano dalle VLDL; le HDL raccolgono il colesterolo in eccesso dai tessuti e lo riportano al fegato.

18. V (2 punti). La PEP carbossilasi fissa la CO_2 nel mesofillo; il malato la porta nelle cellule della guaina del fascio, dove la RuBisCO la fissa nel ciclo di Calvin.

19. (5 punti) a) $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6$ (D-galattosio) + $C_6H_{12}O_6$ (D-glucosio); si rompe il legame glicosidico β(1→4) fra il C1 del galattosio e il C4 del glucosio. b) n = 34,2 g / 342,3 g/mol = 0,0999 mol ≈ 0,100 mol; glucosio 0,100 mol × 180,16 g/mol = 18,0 g, galattosio 18,0 g; acqua 0,100 mol × 18,02 g/mol = 1,80 g. Controllo: 34,2 + 1,80 = 36,0 g = 18,0 + 18,0 g. c) Sì: l'unità di glucosio ha il carbonio anomerico libero e può riaprirsi nella forma aldeidica.

20. (5 punti) a) pI = (2,34 + 9,69)/2 ≈ 6,02. b) pH 2,0, sotto il pK_a 2,34: il –COOH è ancora in prevalenza protonato (circa il 69 %), quindi prevale il catione H_3N^+–$CH(CH_3)$–COOH, carica +1; pH 6,0, circa il pI e lontano da entrambi i pK_a: zwitterione H_3N^+–$CH(CH_3)$–COO^-, carica netta 0; pH 10,5, sopra il pK_a 9,69: il gruppo amminico è in prevalenza deprotonato (circa l'87 %), prevale l'anione H_2N–$CH(CH_3)$–COO^-, carica −1. c) A pH 8,6, più alto del pI, la carica netta è negativa: l'alanina migra verso l'anodo (polo positivo).

21. (5 punti) a) v = 75 × 2,0/(4,0 + 2,0) = 25 µmol/min. b) [S] = $K_M \cdot v/(V_{max} - v)$ = 4,0 × 60/15 = 16 mmol/L. c) v = 75 × 2,0/(12 + 2,0) = 11 µmol/min; [S] = 12 × 60/15 = 48 mmol/L: tre volte di più, ma la V_{max} resta raggiungibile.

22. (5 punti) Glicerolo + ATP → glicerolo-3-fosfato + ADP; $\Delta G^{\circ\prime}$ = (+9,2) + (−30,5) = −21,3 kJ/mol. È negativo: la reazione accoppiata è spontanea in condizioni standard biochimiche (l'enzima la realizza con un trasferimento diretto del fosfato).

23. (5 punti) Lattato → piruvato: 1 NADH. Piruvato → acetil-CoA: 1 NADH e 1 CO_2. Ciclo di Krebs: 3 NADH, 1 $FADH_2$, 1 GTP, 2 CO_2. Totale: 5 NADH, 1 $FADH_2$, 1 GTP → 5 × 2,5 + 1,5 + 1 = 15 ATP per lattato. Controllo del carbonio: 3 C → 3 CO_2.

24. (5 punti) 14/2 − 1 = 6 giri; 7 acetil-CoA, 6 $FADH_2$, 6 NADH (controllo: 7 × 2 = 14 C). ATP = 7 × 10 + 6 × 1,5 + 6 × 2,5 − 2 = 70 + 9 + 15 − 2 = 92. Per atomo di carbonio: 92/14 ≈ 6,6 ATP, contro 32/6 ≈ 5,3 del glucosio: gli acidi grassi sono più ridotti.

25. (5 punti) n(unità di glucosio) = 0,81 g / 162,1 g/mol = $5,0 \times 10^{-3}$ mol. Ogni esoso richiede 6 CO_2, 18 ATP e 12 NADPH: CO_2 $3,0 \times 10^{-2}$ mol, ATP $9,0 \times 10^{-2}$ mol, NADPH $6,0 \times 10^{-2}$ mol. Ogni NADPH richiede 2 elettroni, ciascuno eccitato due volte (PSII e PSI): 4 fotoni per NADPH, cioè 0,24 mol di fotoni. Per ogni 2 NADPH si libera un O_2: $3,0 \times 10^{-2}$ mol × 32,00 g/mol = 0,96 g. (La sintesi dell'amido dalla G3P ha un costo in ATP in più, qui non contato.)

26. (5 punti) $\Delta E^{\circ\prime} = E^{\circ\prime}$(accettore) − $E^{\circ\prime}$(donatore) = −0,32 − (−0,43) = +0,11 V; $\Delta G^{\circ\prime} = -2 \times 96\,485$ C/mol × 0,11 V = $-2,1 \times 10^4$ J/mol ≈ −21 kJ/mol: spontaneo. Gli elettroni della ferredossina sono già stati sollevati dalla luce nel PSI; dall'acqua (+0,82 V) al $NADP^+$ (−0,32 V), invece, il $\Delta G^{\circ\prime}$ è di circa +220 kJ/mol, e l'energia la forniscono i fotoni assorbiti dai due fotosistemi.

27. (6 punti) Traccia: ogni enzima digestivo riconosce nel sito attivo un legame preciso, con la sua configurazione al carbonio anomerico e le unità che unisce (specificità). L'amilasi idrolizza i legami α(1→4) dell'amido, il saccarosio (α1→β2) è idrolizzato da un altro enzima, e il glucosio e il fruttosio liberati vengono assorbiti; il lattosio ha invece un legame β(1→4) fra galattosio e glucosio, che solo la lattasi idrolizza: chi non la produce più da adulto non scinde il lattosio nei due monosaccaridi assorbibili. Lo stesso principio spiega perché non digeriamo la cellulosa, pur fatta di glucosio. La cottura denatura le proteine dell'uovo: si perdono le strutture secondaria e terziaria, ma la sequenza resta; le proteasi idrolizzano poi i legami peptidici e liberano gli amminoacidi, che sono ciò che ci nutre. Anzi, la proteina denaturata, srotolata, è spesso più accessibile alle proteasi.

28. (6 punti) Traccia: variabile indipendente la temperatura (per esempio 15, 25, 35, 45, 55 °C in bagni d'acqua); dipendente il volume di CO_2 raccolto in un tempo fissato (siringa graduata o spostamento d'acqua); da controllare quantità di lievito e di zucchero, volume d'acqua, tipo di zucchero, tempo, agitazione; controllo: zucchero senza lievito (e lievito senza zucchero); almeno tre ripetizioni. Sicurezza: bagni elettrici, niente fiamme, attenzione all'acqua

calda, recipienti non sigillati ermeticamente. Atteso: la velocità cresce con la temperatura fino a un ottimo (circa 30–40 °C), poi cala perché gli enzimi si denaturano; sopra circa 55–60 °C il lievito muore e la produzione si arresta.

29. (6 punti) Traccia: dopo il pasto l'insulina è alta: il fegato e il muscolo fanno glicogeno, il glucosio entra nei tessuti, la lipolisi è frenata; il cervello usa glucosio. Nelle prime ore di digiuno il glucagone sale: il fegato demolisce il glicogeno e libera glucosio (glucosio-6-fosfatasi). Dopo circa un giorno il glicogeno epatico è quasi esaurito: la gluconeogenesi del fegato usa lattato, glicerolo e amminoacidi; la lipolisi libera acidi grassi, che fegato e muscoli ossidano; il fegato produce corpi chetonici. Dopo due giorni il cervello usa ancora soprattutto il glucosio della gluconeogenesi; se il digiuno si prolunga per alcuni giorni, ricava dai corpi chetonici una parte crescente della sua energia e risparmia così le proteine muscolari che servirebbero a produrre glucosio.

30. (6 punti) Traccia: senza flusso di elettroni dal PSII si fermano la fotolisi (niente O_2), il flusso non ciclico e quindi la produzione di NADPH e gran parte del gradiente di protoni e dell'ATP. Il ciclo di Calvin, senza ATP e NADPH, smette di fissare CO_2 e di rigenerare il RuBP. La foglia consuma l'amido accumulato per respirare e costruire, finché le riserve finiscono; inoltre i fotosistemi, che continuano ad assorbire luce senza poter scaricare l'energia, si danneggiano. La respirazione cellulare può solo usare zuccheri già fatti: senza nuova fissazione del carbonio la pianta esaurisce le riserve e muore.