

Eksamen THP204 – Metabolisme.

Høsten 2025 (Utsatt eksamen)

Oppgavesettet består av 6 (seks) oppgaver som vekter likt.

Forslag til disposisjon av de 3 timer som er til rådighet: Bruk ca. 30 min på hver besvarelse.

Det er mulig å inkludere tegninger i besvarelsen.

Oppgave 1. Kortsvarsoppgaver. Hvert spørsmål kan gi et poeng. Spørsmålene kan besvares med et enkelt ord eller en setning.

- 1) Hvordan er proteiner oppbygget? **Svar:** Aminosyrer er byggesteinene for proteiner.
- 2) Er cytosin en aminosyre? **Svar:** Nei
- 3) Enzymkinetikk: Hva beskriver V_{max} ? **Svar:** Den maksimale enzymaktivitet.
- 4) Hva er en ikke-favorabel reaksjon? **Svar:** En reaksjon som ikke foregår spontant/positiv endring i fri Gibbs energi/endergonic.
- 5) Hvilke reaksjoner katalyserer oksidoreduktaser? **Svar:** Dehydrogenaser overfører elektroner (energi) mellom metabolitter (oksidere en metabolitt og reduserer en annen).
- 6) Hvilken funksjon har fosfataser? **Svar:** Fjerner fosfat-gruppe av proteiner og andre molekyler.
- 7) Hvilke molekyler binder glykosidbindinger sammen? **Svar:** monosakkarider (glukose anses også som korrekt svar).
- 8) Hva kjennetegner en mettet fettsyre? **Svar:** Ingen dobbeltbindinger, kun enkeltbindinger mellom karbonatomene.
- 9) Hva er Joule og kalorier måleenheter for? **Svar:** Energi (og arbeid).
- 10) Hvilken binding kobler aminosyrer sammen i proteiner? **Svar:** Peptidbindinger.
- 11) Foregår ureasyklus i leveren? **Svar:** Ja
- 12) Hva hedder enzymer som nedbryter proteiner? **Svar:** Proteaser eller proteinaser.
- 13) Hvilken kinase aktiverer cAMP? **Svar:** cAMP-avhengig protein kinase (andre navne på kinasen: protein kinase A og PKA).
- 14) Kan leverceller (hepatocytter) oksidere ketonlegemer **Svar:** Nei
- 15) Hvilken funksjon har leptin? **Svar:** regulerer sult/metthet.
- 16) Nevn en funksjon til kyllomikroner. **Svar:** Transporterer triglycider fra tarmen til fettvev.

Oppgave 2. Kortsvarsoppgaver. Hvert spørsmål kan gi to (2) poeng. Spørsmålene kan besvares med en eller to setninger.

- 1) Nevn en forgreinet aminosyre og en aminosyre som ikke er forgreinet? **Svar:** Forgreinet aminosyre: Leucin, isoleucin eller valin. Ikke forgreinede aminosyrer: f.eks. alanin eller glutamin.
- 2) Hvordan er glykogenpartikkelen oppbygget? **Svar:** mange glukosemolekyler bunnet sammen; 2 poeng: α -1-4 glykosid-bindinger og forgreninger via α -1-6 glykosid-bindinger skal nevnes.
- 3) Hvordan er triglyserid (triacylglycerol) oppbygget? **Svar:** Glycerol + 3 fettsyrer.
- 4) Hvordan reguleres aktiviteten av enzymer? **Svar:** kovalent (fosforylering), allosterisk, ekspresjon, translokasjon. pH aksepters også. 2 poeng: 3 reguleringsmåter.

- 5) Beskriv reaksjonen citrat syntase katalyserer. **Svar:** Oksaloacetat + acetyl-CoA $\rightarrow$ citrat + CoA
- 6) Nevn to enzymer som PKA fosforylerer. **Svar:** F.eks. pyruvat kinase, glykogenfosforylase kinase eller hormonsensitiv lipase (HSL).
- 7) Beskriv reaksjonen som α -ketoglutarat dehydrogenase katalyserer: **Svar:** α -ketoglutarat + CoA + NAD⁺ $\rightarrow$ succinyl-CoA + NADH + CO₂.
- 8) I hvilke vev uttrykkes/finnes GLUT4? **Svar:** Skjelettmuskler, fettvev og hjerte.

Oppgave 3. De fire underspørsmål teller 4 poeng hver. Det forventes et forholdsvis grundig svar, men ikke at alle detaljer forklares.

- a) Forklar kort hvordan elektron-transportkjeden bidrar til ATP syntese. **Svar:** NADH leverer elektroner elektron transportkjeden. Elektronene transporteres gjennom kompleks til kompleks I, kompleks III og videre til kompleks IV samtidig som protoner pumpes ut av mitokondrienes matriks og det dannes en elektrokjemisk gradient. Den elektrokjemiske gradient gir energi til ATP syntesen.
- b) Beskriv kort funksjonen av Krebs syklus og hvordan energi til ATP syntese dannes (transformeres). **Svar:** I Krebs syklus foregår den endelig oksidasjon av energisubstrater. Acetyl-CoA dannes ved oksidasjon av karbohydrat, fett og noen aminosyrer og inngår i Krebs syklus. I Krebs syklus frigis CO₂ samtidig som NAD⁺ og FAD reduseres og i tillegg foregår der en substratfosforylering and ADP/GDP så det dannes ATP/GTP. NADH og FADH₂ leverer elektroner til elektrontransportkjeden.
- c) Beskriv kort β -oksidasjonen. **Svar:** β -oksidasjonen er prosessen hvor karbonene i fettsyrer avspaltes som acetyl-CoA. De 4 enzymer som katalyserer β -oksidasjonen bør nevnes sammen de 4 intermediater. Det bør nevnes at β -oksidasjonen foregår i mitokondriene og der fanges elektroner som inngår i elektrontransportkjeden.
- d) Forklar hvorfor og hvordan melkesyre dannes når det ikke er tilstrekkelig oksygen. **Svar:** I glykolysen dannes NADH som må oksideres. Hvis det er tilstrekkelig oksygen overføres elektronene til elektrontransportkjeden. Hvis det ikke er tilstrekkelig oksygen tilstede kan NADH oksideres av laktatdehydrogenase hvorved pyruvat (pyrodruesyre) omdannes til melkesyre.

Oppgave 4. De fire underspørsmål teller 4 poeng hver. Det forventes et forholdsvis grundig svar, men ikke at alle detaljer forklares.

- a) Forklar hvordan adrenalin aktiverer glykogen fosforylase i muskler. **Svar:** Adrenalin binder seg til beta-reseptor og aktiverer adenylatsyklase så det dannes cAMP intracellulært. cAMP aktiverer PKA som fosforylerer og aktiverer glykogen fosforylase kinase som igjen fosforylerer og aktiverer glykogen fosforylase.
- b) Beskriv lipolysen og forklar hvordan aktiviteten reguleres i fettceller. **Svar:** Lipolyse nedbryter triglyserid til frie fettsyrer (FFA) og glyserol. Der er tre lipaser involvert: adipose triglyserid lipase (ATGL), hormonsensitiv lipase (HSL) og monoacylglyserol lipase (MAGL). Det skal forklares at adrenalin, via β -adrenerge reseptorer, aktiverer adenylatsyklase, dannelse av cAMP og aktivering av PKA som fosforylerer og aktiverer HSL.
- c) Forklar hvor og hvordan ketonlegemer dannes. **Svar:** Ketonlegemer dannes fra acetyl-CoA. De fire reaksjoner som omdanne to acetyl-CoA skal beskrives med metabolitter og enzymer.

- d) Hvordan dannes glukagon og hvordan reguleres glukagonsekresjonen? **Svar:** Glukagon er et peptidhormon som syntetiseres (proteinsyntese) i α -cellene i pankreas. Glukagonsekresjon stimuleres av lav glukosekonsentrasjon, av høy aminosyrer konsentrasjon, av høy konsentrasjon av katekolaminer (adrenalin og noradrenalin). Høye glukose og insulin konsentrasjoner hemmer glukagonsekresjonen.

Oppgave 5. Beskriv glykolysen. Besvarelse skal beskrive alle metabolitter og enzymene som katalyserer reaksjonene. Tre av enzymene i glykolysen er viktige for å regulere hvor mye glukose som metaboliseres (fluksen). Forklar hvilke tre enzymer som er viktige for å regulere fluksen og hvordan aktiviteten av de tre enzymer reguleres.

Det er lov å tegne en figur som en del av besvarelsen.

Sensorveiledning: Det forventes at studentene beskriver metabolittene og enzymene i glykolysen. Enzymene som regulerer fluksen i glykolysen er især hexokinase/glukokinase, fosfofruktokinase-1 (PFK-1) og pyruvat-kinase. Aktiviteten av hexokinase hemmes av glukose 6-phosphate. Aktiviteten av PFK-1 reguleres allosterisk: ATP og citrat hemmer; fruktose 2,6-bisfosfat og AMP aktiverer. Pyruvat-kinase fosforyleres av PKA (i lever) hvorved aktiviteten hemmes; pyruvat-kinase aktiveres allosterisk av fruktose 1,6-bisphosphate.

Oppgave 6. Overvekt og diabetes.

Forklar årsaker til overvekt og hvordan vekten kan reduseres. Forklar årsakene til type 1 og type 2 diabetes. Beskriv videre hvordan diabetes diagnostiseres og hvordan de to sykdommene behandles.

Sensorveiledning: Det forventes at studenten forklarer overvekt skyldes et større inntak energi enn det som brukes, hvilket resulterer i at fett akkumuleres. Studenten skal diskutere hvordan redusert energiinntak og trening kan redusere vekten. Besvarelsen skal beskrive at type 1 diabetes er en autoimmun sykdom hvor beta-cellene i pankreas ødelegges og insulin ikke blir produsert. Type 2 diabetes skyldes insulinresistens i flere vev; bl.a. lever, muskel og fettvev. Diabetes diagnostiseres ved en $\text{HbA1c} \geq 48 \text{ mmol/mol}$ ($\geq 6,5 \%$) eller fastende glukose $\geq 7.0 \text{ mM}$. Type 1 diabetes behandles med insulin. Type 2 diabetes kan behandles med diet og trening eller behandles medikamentell med metformin eller GLP-1 analog. Insulinbehandling hvis insulinproduksjonen blir lav.