

Eksamen ved

Københavns Universitet i

Biokemi

Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet

30. maj 2013

Eksamensnummer: 28

ESSAYOPGAVE 1

Stivelse, sucrose og lactose

Besvarelsen skal omfatte:

- [1] En beskrivelse af fordøjelsen af stivelse, sucrose og lactose, herunder hvorfra de involverede enzymer kommer samt absorptionen af de ultimate fordøjelsesprodukter.**

Kulhydratnedbrydningen initieres i mundhulen. Enzymet, alfa-amylase, der secerneret fra spytkirtlerne, vil nedbryde alfa-(1→4)-glykosidbindinger i stivelse. Alfa-amylase er et endoenzym, og kan nedbryde stivelses til mindre polysaccharid-kæder i form af fx trisaccharider og disaccharider.

Stivelse består af amylose og amylopektin. Amylose er en lang polysaccharid kæde, der udgøres af glykosyl-enheder, der er forbundet med alfa-(1→4)-glykosidbindinger.

Amylopektin er derimod et forgrenet molekyle. Det består af flere kæder på en længde af 30 glykosyl-enheder med alfa-(1→4)-glykosidbindinger imellem sig. Disse polysaccharid-kæder, er krydsforbundet med hinanden via alfa-(1→6)-glykosidbindinger.

Nedbrydning af stivelse i mundhulen er begrænset, da alfa-amylase fra spytet kun er i kontakt med føden i kort tid. Når bolus føres med esophagus til ventriklen, vil alfa-amylase blive denatureret af den lave pH (ca. 2), der forekommer i ventriklen, som resultat af HCl-sekretion fra ventriklens parietalceller.

Kulhydratnedbrydningen fortsætter og afsluttes i duodenum. Når den sure chymus kommer til duodenum vil det stimulere sekretionen af CCK og sekretin. Disse hormoner vil stimulere sekretion af alkalisk pancreassaft med fordøjelsesenzymet samt galdesalte. Alfa-amylase (tilsvarende det enzym fra spytet) secerneret fra den exokrine del af pancreas. Alfa-amylase vil fortsætte nedbrydning af stivelsens alfa-(1→4)-glykosidbindinger. Enzymet kan ikke bryde alfa-(1→6)-glykosidbindinger, som findes i amylopektin. Så efter alfa-amylase aktivitet er stivelse nedbrudt til maltose (disaccharid), triomaltose og grænse dextrin.

Nedbrydningen af alfa-(1→6)-glykosidbindinger i amylopektin varetages af isomaltase (alfa-(1→6)-glykosidase).

Laktase/beta-galaktosidase og sucrase er to enzymer, der findes i tarmen. Disse enzymer varetager henholdsvis nedbrydning af laktose og sucrose.

Laktase bryder således beta-(1→3)-glykosidbindingen imellem galaktose og glukose i laktose, mens sucrase bryder alfa-(1→2)-glykosidbindingen imellem fruktose og glukose.

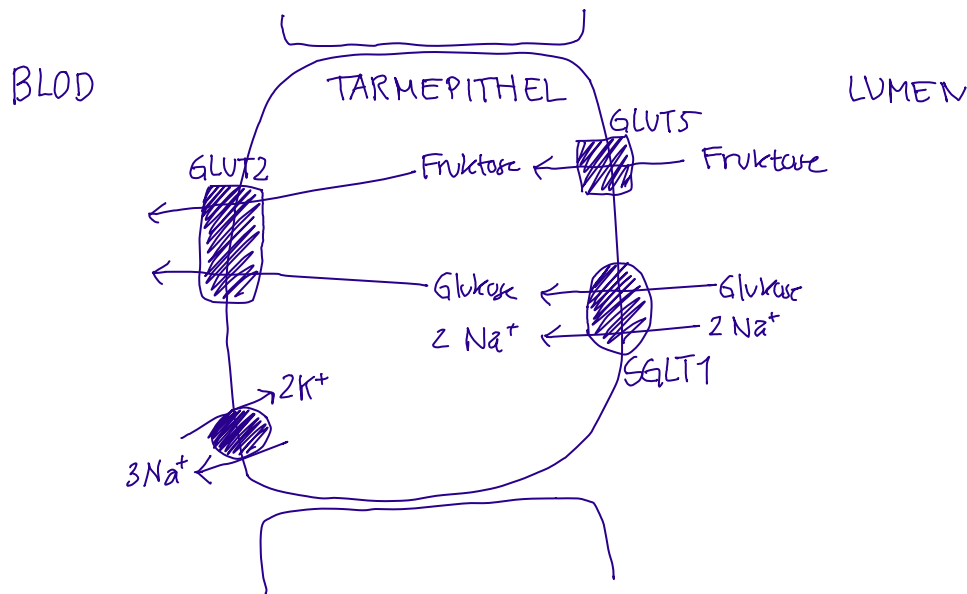
Kulhydratnedbrydningen er nu tilendebragt, og de ultimative fordøjelsesprodukter er glukose, fruktose og galaktose.

Glukose og galaktose optages i tarmepithelet ved sekundær aktiv transport. Transporten over tarmepithelcellernes luminal membran facilliteres af et transportprotein (SGLT1). Da ATPase i cellernes membran opretholder en lav intracellulær koncentration af natrium, og høj ekstracellulær koncentration, kan transporten af glukose og galaktose udnytte denne gradient. Igennem SGLT1 vil der transporteres 2 natrium-ioner samtidig med et glukose-molekyle.

Glukose opkoncentreres således inde i epithelcellen og kan ved facilliteret diffusion trænge ud i blodet via en GLUT2.

Fruktose optages i tarmepithelcellen via transportproteinet; GLUT5, og vil ligesom glukose og galaktose føres til blodet via GLUT2.

Følgende tegning illustrerer absorptionen af glukose, fruktose og galaktose. (Galaktose følger samme pathway som glukose, men er ikke angivet på tegningen).



[2] En beskrivelse af hvorledes den absorberede glucose fra tarmen bliver lagret i muskel og lever, herunder redegørelse for alle deltagende processer fra optag i cellerne til endelig lagring.

Glukose transporteres ind i leverceller via GLUT2, mens glukose transporteres ind i muskelceller via GLUT4 (insulin-afhængig optagelse). I cellerne vil glukose blive phosphoryleret af henholdsvis glucokinase i leverceller og hexokinase i muskelceller. Reaktionen kræver energi i form af ATP. De to enzymer er isoenzymer. Det betyder, at de er ens, men har forskellige karakter fx i forhold til deres affinitet for glukose. Glucokinase har en lavere affinitet for glukose end hexokinase. Derudover bliver hexokinasens aktivitet hæmmet af sit eget produkt; glukose-6-phosphat.

Ved phosphorylering af glukose til glukose-6-phosphat, sikrer cellen, at glukose-6-phosphat ikke diffunderer ud af cellen igen. Derudover opretholdes en koncentrationsgradient, så yderligere glukose vil trænge ind i cellerne.

Glukose-6-phosphat konverteres til glukose-1-phosphat. Reaktionen katalyseres af en phosphoglucomutase.

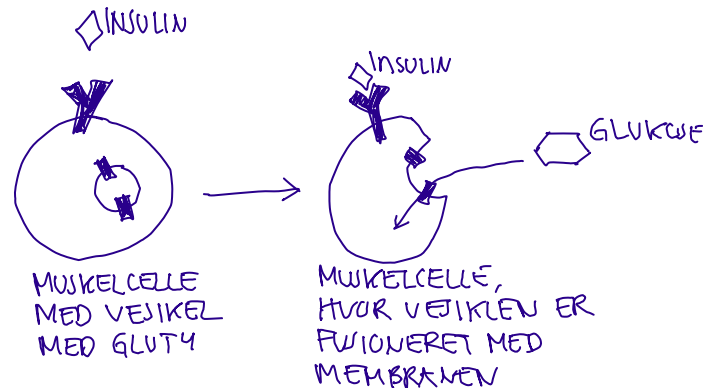
Ved enzymatisk aktivitet af UDPG-pyrophosphorylase vil glukose-1-phosphat sammen med UTP blive til UDP-glukose og pyrophosphat. Denne pyrophosphat vil endvidere konverteres til uorganisk phosphat af en phosphatase. Dette bevirker, at foregående reaktion bliver irreversibel og kontrollerbar.

UDP-glukose vil vha. glykogen synthase påsættes på en glykogenprimer. Glykogenmolekylet bliver således forlænget fra den non-reducerende ende.

Glykogenmolekylet er et meget forgrenet molekyle. Dannelse af disse forgreninger varetages af et forgreningsenzym. Når der er dannet en kæde på 11 glykosidbindinger i glykogenmolekylet, vil forgreningsenzymet flytte 7 af disse glykosyl-enheder til en alfa-(1-6)-glykosidbindinger, og således bevarer glykogenmolekylet sit meget forgrenede udseende.

[3] En angivelse af de trin fra optagelse til lagring der er hormonelt stimuleret i henholdsvis muskel og lever samt hvilket hormon, der stimulerer.

Insulin er et peptid hormon, der secerneret fra beta-celler i den endokrine del af pancreas. Insulin-udskillelsen stimuleres af højt glukosekoncentration i blodet. Insulin vil i muskelceller binde sig til insulinreceptorer. Dette igangsætter et intracellulært respons, som får vesikler i muskelcellen til at fusionere med cellens membran. I vesiklerne findes GLUT4, der er særlige insulin-afhængige glukosetransporter. Igennem GLUT4 kan glukose nu optages i muskelcellen.



Endvidere vil insulin stimulere aktiviteten af glykogen syntasen.

I leverceller er glukose optagelsen insulin-uafhængig. Til gengæld vil insulin fremme aktiviteten af glucokinase. Tilmed aktiverer insulin også aktiviteten af glykogen syntase, ligesom i muskelceller.

ESSAYOPGAVE 2

Sucrose og anaerobe sucrose-metabolisme i biofilm

Besvarelsen skal omfatte:

[1] En forklaring på hvorfor sucrose er speciel i forhold til udvikling af biofilm på tænderne.

Glykosidbindingen imellem fruktose og glukose i sucrose er særlig energirig. Det viser sig, at den indeholder dobbelt så meget energi (svarende til én ATP), som bindingen i maltose og laktose. Denne energi vil de orale bakterier anvende. Bakterierne producerer enzymer, der i form af transferase-aktivitet, kan bryde glykosid-bindingen i sucrose, og efterfølgende danne polysaccharid-kæder (glukaner med høj molekylvægt) af henholdsvis glukosemonomer og fruktosemonomer.

Enzymet dextran sucrose vil anvende energien fra sucrose nedbrydningen til at danne bindingen imellem glukosemonomerne, så der dannes et polysaccharid, benævnt; dextran.

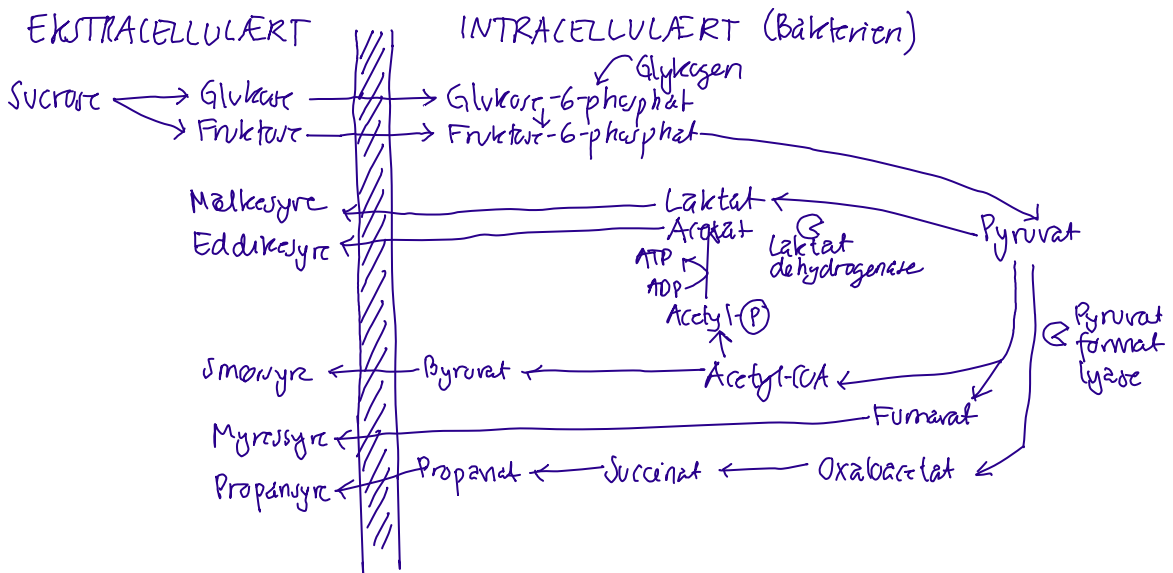
Ligeledes vil levan sucrose anvende energien til at danne levan ud fra fruktosemonomer. Både dextran og levan er vandopløselige, og har en klæbelig konsistens. Når disse polysaccharider inkorporeres i matriks af dental plaque vil det mindske bevægeligheden af materiale i plaquen, samt øge ophobningen af uopløselige stoffer i den dentale plaque. Sammenfattet

medvirker disse polysaccharider til at give den dentale plaque en mere kompakt tekstur. Oftest observeres mest dextran frem for levan i dental plaque. Det skyldes, at bakterierne anvender levan til deres metabolisme.

[2] En redegørelse for den bakterielle, anaerobe sucrose-metabolisme. Redegørelsen skal omfatte kardinalenzymet og ultimative produkter i tilfælde af henholdsvis overskud og underskud af sucrose.

Som nævnt nedbrydes sucrose til glukose og fruktose, der optages af bakterierne og nedbrydes i glykolysen ved anaerobe forhold. Slutproduktet i glykolysen er pyruvat. Ved enzymatisk aktivitet af enzymet, laktat dehydrogenase, vil pyruvat konverteres til laktat. Laktat vil i form af mælkesyre ledes ud af bakterieren. Denne reaktionsvej vil forløbe, når der er rigelige mængder sucrose til stede.

Ved enzymatisk aktivitet af pyruvat format lyase kan pyruvat konverteres til henholdsvis acetat, byruvat, fumarat og propanat, der udskilles som eddikesyre, smørsyre, myresyre og propansyre. Denne reaktionsvej forløber, når der er underskud af sucrose til rådighed.

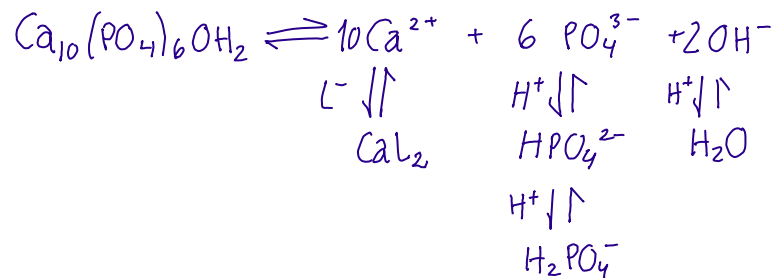


Årsagen til, at bakterierne anvender forskellige metabolismereaktioner i tilstande med overskud af sucrose og i tilstande med underskud, er, at når bakterierne har overskud af sucrose til rådighed vil koncentrationen af fruktose-1:6-biphosphat og glyceraldehyd-3-phosphat (komponenter i glykolysen) være høj. Fruktose-1:6-biphosphat vil aktivere laktat dehydrogenase, mens glyceraldehyd-3-phosphat vil hæmme pyruvat format lyase. Dette fremmer dannelsen af mælkesyre.

Når bakterierne derimod har underskud af sucrose vil sukkermolekylerne metaboliseres til svagere syrer i form af eddikesyre, smørsyre, myresyre og propansyre, da fruktose-1:6-biphosphat ikke længere vil aktivere laktat dehydrogenase, og glyceraldehyd-3-phosphat ikke længere hæmmer pyruvat format lyase.

[3] En forklaring på hvordan de ultimative produkter ved anaerobe sucrose-metabolisme påvirker tandemaljen, herunder om der er forskel på påvirkningen ved henholdsvis overskud og underskud af sucrose.

Den dannede mælkesyre (L^-) ved overskud af sucrose, kan i protoneret form (LH) trænge ind i emaljen. Her vil den bevirke til en reduktion af ionproduktet. Mælkesyre vil forsøge at danne et kompleks (CaL_2) med calcium, som indgår i emaljens hydroxyapatit. Samtidig vil protonerne danne komplekser med fosfat og hydroxyl. Dette bevirker en reduktion af ionproduktet. Da nedenstående ligevægt forskydes mod højre:



Bliver ionproduktet lavere end opløselighedsproduktet, vil der ske demineralisering af tandsubstans.

Da syrerne, der dannes ved underskud af sucrose, er mange gange svagere end mælkesyrer, vil disse syrer ikke sænke pH i den dentale plaque, og således vil protoner ikke kunne forskyde reaktionen mod højre i ligeså høj grad.

PROBLEMLØSNINGSOPGAVE 1

Alanin er sammen med glutamin de kvantitativt vigtigste aminosyrer, der transporteres mellem vævene. Alanin kan indgå i flere forskellige omsætningsveje.

I muskler omdannes en signifikant mængde glucose til alanin, idet alanin fungerer som N-transportør fra muskel til lever.

[1] Redegør for hvorledes glucose omdannes til alanin, idet nitrogenet kommer fra en transaminerbar aminosyre. Redegørelsen skal være kvantitativt afstemt med hensyn til glucose, aminosyre, alanin og ATP/NADH.

Et glukose-molekyle vil via glykolysen omdannes til 2 pyruvat.

Når glukose trænger ind i cellen vil det phosphoryleres til glukose-6-phosphat af glucokinase (i leveren) og hexokinase (muskel-, hjerne-, blod- og fedtceller). Reaktionen er ATP-afhængig.

Glukose-6-phosphat vil konverteres til en fruktose-6-phosphat af phosphohexoisomerase. Fruktose-6-phosphat vil ved tilføjelse af ATP phosphoryleres til fruktose-1:6-biphosphat. Reaktionen er katalyseret af phosphofruktokinase.

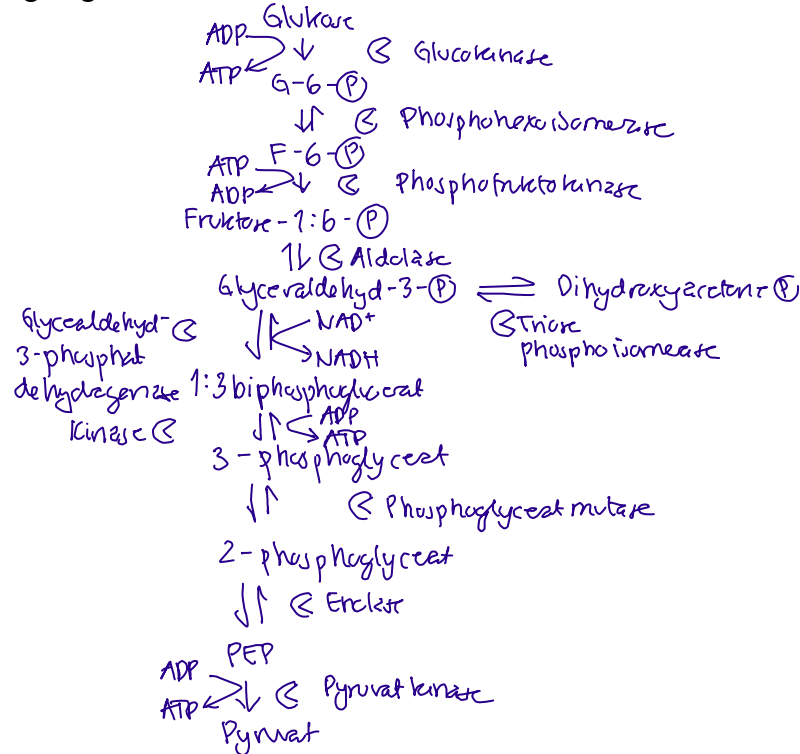
En aldolase vil splitte fruktose-1:6-biphosphat til henholdsvis glyceraldehyd-3-phosphat og dihydroxyacetone phosphat. De to komponenter er i ligevægt med hinanden ved enzymatisk aktivitet af triose phosphoisomerase. Da glyceraldehyd-3-phosphat bruges i næste trin i glykolysen, vil ligevægten kontinuerligt forskydes mod dannelse af glyceraldehyd-3-phosphat. Følgende produkter, der dannes i glykolysen, skal således regnes dobbelt, ved oxidationen af ét glukosemolekyle.

Glyceraldehyd-3-phosphat vil kontinuerligt konverteres til 1:3-biphosphoglycerat af en glyceraldehyd-3-phosphat dehydrogenase. Denne oxidation sker ved samtidig reduktion af NAD^+ til $NADH + H^+$.

1:3-biphosphoglycerat omdannes til 3-phosphoglycerat, der endvidere omdannes til 2-phosphoglycerat af en phosphoglycerat mutase.

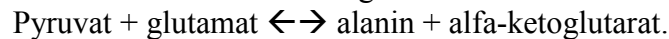
Enzymet, enolase, vil omdanne 2-phosphoglycerat til PEP. PEP konverteres til pyruvat af pyruvat kinase ved brug af energi i form af ATP.

Nedenstående tegning illustrerer de omtalte reaktioner:



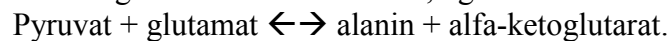
I glykolysen forbruges 2 ATP, og dannes 4 ATP, samt en reduktion af 2 NAD^+ til 2 $\text{NADH} + \text{H}^+$.

Pyruvat vil nu ved en transaminering konverteres til sin korresponderende aminosyre, alanin. Transamineringen katalyseres af en transaminase, der anvender PLP, som prothetisk gruppe. Reaktionen for denne transaminering er:



[2] a) Redegør for hvorledes alanin omdannes til glucose og urea. Redegørelsen skal være kvantitativt afstemt med hensyn til alanin, glucose, urea (men ikke ATP/NADH).

Førnævnte transaminerings-reaktion er reversibel, og kan således forløbe i begge retning.



Redegørelse for, hvorledes alanin omdannes til glukose:

Pyruvat (alanins korresponderende ketosyre) kan indgå i gluconeogenesisen, og således konverteres til glukose. Gluconeogenesisen er i store træk glykolysen i bagvendt rækkefølge. Dette er dog en sandhed med modifikationer, da glykolysen og gluconeogenesisen begge indeholder irreversible reaktioner, hvor der anvendes forskellige enzymer for de to forskellige reaktionsveje.

Omdannelsen af pyruvat til PEP sker i 2 step. Først vil pyruvat carboxylase omdanne pyruvat til oxaloacetat. Denne reaktion forbruger ATP. Enzymet forekommer kun i cellens mitokondrie. Oxaloacetat omdannes endvidere til PEP af PEP-CK (phosphoenolpyruvat

carboxykinase). Dette enzym kan både forekomme i mitokondriet og i cytosolen. Denne reaktion forbruger GTP.

PEP vil nu gennemgå de reversible trin, der er ens for både den førnævnte glykolyse og gluconeogenesis. Ved omdannelse af fruktose-1:6-bisphosphat til fruktose-6-phosphat vil enzymet, fruktose-1:6-bisphosphatase varetage dephosphoryleringen.

Omdannelse af glukose-6-phosphat til glukose foregår kun i leveren. Kun leverceller har enzymet, glukose-6-phosphatase. Enzymet er placeret i membranen af det endoplasmatiske reticulum. Glukose-6-phosphat vil transporteres ind i lumen i ER, hvor det vil dephosphoryleres af enzymet. Glukose vil fragtes ud af ER igen, og transporteres ud af levercellen.

Der skal vel og mærke 2 alanin til at danne et glukose-molekyle!

Redegørelse for, hvorledes alanin deltager i urea-dannelsen:

Nitrogen-gruppen af alanin bliver overført til alfa-ketoglucarat i transaminering. Alfa-ketoglycerat blev således omdannet til sin korresponderende aminosyre; glutamat.

Glutamat vil ved en deaminering, der er katalyseret af glutamat dehydrogenase, fraspalte denne nitrogen-gruppe.

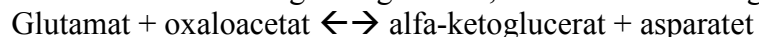


Ammonium-ionen vil sammen med CO_2 , og ved brug af 2 ATP danne carbamoyl-phosphat.

Carbamoyl-phosphat vil indgå i ureacyklus ved at danne citrullin sammen med ornithin.

Citrullin vil få tilført en ekstra ammonium-ion og danne argininosuccinat. Reaktionen forbruger igen 2 ATP. Denne ekstra ammonium-ion doneres af asparatet.

Asparatet kan ved en transaminering med glutamat, få overført en nitrogen-gruppe:



Som tidligere nævnt, skulle der bruges 2 carbon-skeletter af alanin til glukose-dannelsen i gluconeogenesis. Ligeledes skal der anvende 2 nitrogen-grupper til dannelsen af urea i ureacyklus.

Arginiosuccinat vil endvidere i ureacyklus splittes til fumarat og arginin. Arginin vil i det videre forløb i ureacyklus fraspalte urea.

Opsummerende betyder det, at 2 alanin kan danne ét glukose-molekyle og ét urea-molekyle.

b) Forklar de forhold, der gør at ATP-forbruget for denne proces er større end ATP-udbyttet under spørgsmål 1.

Ved omdannelse af glukose til alanin forbruges 2 ATP i glykolysen.

Ved omdannelse af alanin til henholdsvis glukose og urea forbruges 6 ATP i gluconeogenesis og 4 ATP i ureacyklus.

Helt generelt vil anaboliske processer, som gluconeogenesis, kræve højere ATP-forbrug end kataboliske processer, som glykolysen.

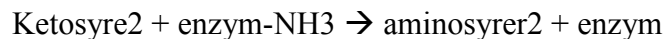
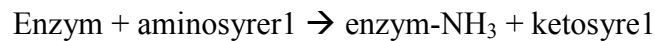
Endelig kan alanin oxideres fuldstændigt til CO₂.

[3] a) Opskriv afstemte ligninger for de to indledende reaktioner i alanins oxidation med angivelse af involverede coenzym/prostetiske grupper.

For at alanin skal oxideres til CO₂, må alanin omdannes til sin korresponderende ketosyre, pyruvat, i en transaminering:

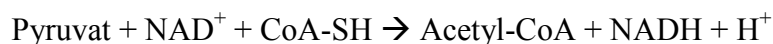


Reaktionen er katalyseret af en transaminase. Den prostetiske gruppe i dette enzym er PLP (pyrodoxial fosfat). PLP er et B-vitamin derivat. Enzymet har egentlig to katalytiske funktioner, idet det tager ammonium-ion fra alanin, og overfører det til alfa-ketoglucarat. Dette er illustreret ved nedenstående generelle ligninger:



Endvidere vil pyruvat omdannes til acetyl-CoA, som kan indgå i citronsyreacyklus. Denne reaktion katalyseres af pyruvat dehydrogenase. Pyruvat dehydrogenase er et stort enzym, men 3 forskellige katalytiske funktioner. Der forekommer 3 prostetiske grupper i enzymet. Det er henholdsvis FAD, lipoat og TPP.

Pyruvat dehydrogenase katalyserer følgende reaktion:



b) Giv et kvalificeret bud på ATP-udbyttet ved denne reaktion, idet der ikke medregnes ATP-regnskab for ureaproduktion.

Den indledende transamineringsreaktion genererer intet ATP. Ved omdannelse af pyruvat til acetyl-CoA reduceres én NAD⁺ til NADH + H⁺. Endvidere vil der i citronsyreacyklus reduceres 3 NAD⁺ til 3 NADH + H⁺, samt reduceres én FAD til FADH₂ og dannes én GTP. I elektrontransportkæden vil de 4 NADH bevirke dannelsen af 10 (2,5x4) ATP, mens den ene FADH₂ vil medvirke til dannelsen af 1,5 ATP.

Samlet giver det et teoretisk udbytte på (10 ATP + 1,5 ATP + 1 GTP) 12,5 ATP.

PROBLEMLØSNINGSOPGAVE 2

Spyttet er en væsentlig faktor i relation til begrænsning af cariesudvikling.

[1] Beskriv hvorledes spyttet sandsynligvis kan beskytte den rene emaljeoverflade mod dannelse af biofilm.

Vores emalje består af 97% uorganisk matriks. Denne uorganiske matriks udgøres overvejende af hydroxyapatit. Hydroxyapatit er en krystal, der er opbygget af hundrede/tusindevis af enhedsceller. Enhedscellen er en teoretisk hexogonal struktur, der netop indeholder det antal ioner, der indgår i et iongitter i hydroxyapatit. Enhedscellen kan ikke stå enkelstående, men indgår i et gentagende mønster i krystallen. Formlen for enhedscellen er $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}_2$.

Ud mod emaljeoverfladen vil phosphationerne i iongitteret dominere. Dette giver en overvejende negativ ladning af emaljeoverfladen. Hertil vil binde sig positive modioner (særligt calcium-ioner). Det medfører, at overfladen får en positiv ladning. Til det ioniske dobbeltlag vil sure proteiner fra spytet binde sig med elektrostatiske kræfter. Spytet indeholder et bredt spektrum af proteiner, men særligt 3 sure proteiner (statherin, histatin og prolin-rige proteiner) vil binde sig først til emaljeoverfladen. 35% af de førstbindende proteiner af denne initiale pellicel udgøres af prolin-rige proteiner. De sure proteiner har et negativt isoelektrisk punkt ved neutral pH. Derfor vil de gerne binde sig til den positive overflade.

Flere af spytets proteiner vil også binde sig til emaljeoverfladen og udvikle pelliclen. Pelliclen kan opnå en størrelse på 10 μm .

Den dannede pellicel består af en suboverflade, der er elektrontæt, og en overflade, der er elektronsvag. Spytets pelliceldannelse på emaljeoverfladen indgår i alle grænseflade-reaktioner.

Udover, at spytets negative proteiner binder sig til emaljeoverfladen, vil nogle af proteinerne binde sig til bakteriernes overflade. Dette bevirker, at både emalje- og bakterieoverflade får hydrofobiske karakter, og vil frastøde hinanden pga. ladning. Således vil succesfuld spytkapacitet forhindre bakteriekolonisering, og derved også biofilm dannelse med 90%.

[2] Angiv nogle komponenter i spytet som virker bakterie hæmmende og beskriv hvilken type stoffer der er tale om.

Følgende proteiner har betydning for spytets bakteriehæmmende effekt:

- Laktoferrin er et jern-bindende protein i spytet. Da bakterierne er afhængig af jern til deres vækst, vil dette protein være bakteriehæmmende.
- Agglutinerer fra spytet vil sørge for, at bakterierne klumper sig sammen. Dette mindsker bakteriernes mulighed for kolonisering, og tilmed vil en samling af bakterier være nemmere at fjerne ved oral clearance (spytflow og synkning).
- IgA er et specifikt immunrespons mod bakterie invadering, mens lysozymer fungerer som et uspecifikt immunrespons.
- Peroxidase kan ved reaktion mellem H_2O_2 (hydrogen peroxid) og kalium thiocyanat danne hypothiocyanat (OSCN^-). Hypothiocyanat vil hæmme bakteriernes metabolisme, syreproduktion samt ødelægge bakteriernes DNA og phospholipider i deres membran.

[3] Beskriv hvorledes spytet kan være med til at begrænse pH fald under anaerob sucrose-metabolisme i biofilm.

Spyttet indeholder 3 biologiske buffersystemer. Et buffersystem vil have størst bufferkapacitet, når $\text{pH}=\text{pK}$, eller i et interval på ± 1 .

De tre buffersystemer er:

- Bicarbonat buffersystemet (fungerer optimalt ved pH omkring 6).
- Phosphat buffersystemet (fungerer optimalt ved pH omkring 6,5-7).
- Protein buffersystemet (fungerer optimalt ved pH omkring 4-5).

Bicarbonat buffersystemet er det dominerende buffersystem i vores spyt. Det har en bufferkapacitet på 50% ved ustimuleret spytflow, og en bufferkapacitet på 90% ved stimuleret spytflow. Det skyldes, at bicarbonat-sekretionen i vores spytkirtler er afhængig af spytkirtelcellernes metaboliske aktivitet samt den reabsorption, der sker i spytkirtlernes udførelseskanaler. Ved høj spytflow vil kirtelcellerne have høj metabolisk aktivitet, hvilket bevirker en øget bicarbonat-udskillelse.

Bicarbonat-koncentrationen er på 2-5 mM i ustimuleret spyt, og på 28 mM i stimuleret spyt. Jo større bufferkapacitet, jo mindre vil pH ændre sig, når der er syre til stede.

Phosphatbuffersystemet udgør 50% af bufferkapaciteten ved ustimuleret spytsekretion. Ved øget spytsekretion vil phosphatkoncentrationen i spytet (i modsætning til bicarbonat) reduceres, hvilket bevirker en lavere bufferkapacitet.

Protein buffersystemet bufrer bedst ved så lav pH-værdi, at den har ikke nævneværdig betydning i mundhulen.

[4] Forklar hvordan spytet efter anaerob sucrose-metabolisme i biofilm kan være med til at remineraliser demineraliseret emalje.

Spyttet er overmættet i forhold til hydroxyapatit. Spyttet kan tilføre calcium og phosphat-ioner til emaljen, samtidig med der sker ophobning af fluorid fra fx kosten og drikkevandet. Når ionproduktet overstiger opløselighedsproduktet, vil der ske udfældning af krystal på den demineraliserede emalje.