



---

Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet

01 juni 2015

Planlagt: 15:00 - 19:00

Eksamensnr: 4

Plads: E10-010

Side 1 af 13

## ESSAYOPGAVE 1

### Acetyl-CoA omsætning

Besvarelsen skal omfatte

[1] En beskrivelse af de omsætningsveje, der kan danne og forbruge acetyl-CoA i leverens mitochondrier.

1) Tilføj lige sætningen om **detaljerede reaktionsligninger** før spørgsmålene næste gang, tak. Nu er de skrevet, så nu lader Jeg dem stå (det tog mig desværre ret lang tid; tid Jeg sagtens kunne have brugt bedre). I kan evt. se bort fra dem.

Sorry ☺

#### De veje der kan danne Acetyl-CoA er:

##### 1. Pyruvat til Acetyl-CoA (direkte):

Sker ved brug af de store enzymkompleks *pyruvatdehydrogenase* (3 forskellige enzymatiske reaktioner). Dette kompleks bruger 3 prostetiske grupper: ThPP (Thiamin PyruPhosphat – Vit. B1), Lipoat (Vit. B2) og FAD<sup>+</sup>. Samt 2 substrat-Coenzymer (NAD<sup>+</sup> og HS-CoA). Reaktionen sker ved, at pyruvat overføres fra hepatocytens cytosol til mitokondriematrix.

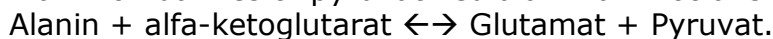
Ligningen for reaktionen, er som følgende:



##### 1. Glukoneogenese (indirekte, ved at danne pyruvat)

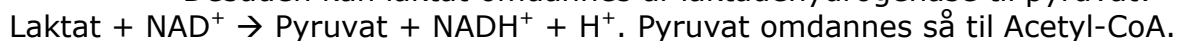
Nydannelse af Glukose ud fra andre brændselsmolekyler; særligt 4 har interesse (Alanin (generelt glukogene aminosyrer), laktat, Pyruvat og glycerol).

Alanin omdannes til pyruvat ved alanin aminotransferase i mitokondrier:



Pyruvat overføres så til mitokondrierne og omdannes til Acetyl-CoA.

Desuden kan laktat omdannes af laktadehydrogenase til pyruvat:



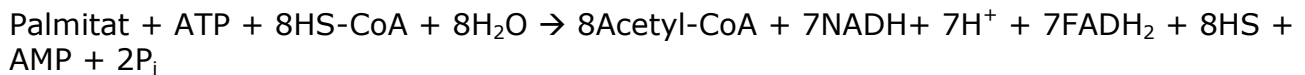
##### 2. Beta-oxidation

Lipolyse (sker i cytosol), er en stor kilde til FFA: TAG til 3FFA under forbrug af 3 H<sub>2</sub>O.

Beta-oxidation ved aktivering af FFA under forbrug af 2 ATP (ATP → AMP + PP<sub>i</sub> → 2P<sub>i</sub>).

Der vil i denne process forbruges 2 ATP pr. fedtsyre.

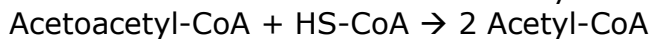
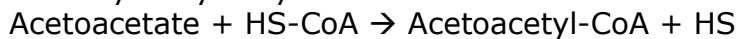
Eks. Med Palmitat:



### 5. ketonstofnedbrydelse (direkte vej)

Dette sker under længerevarende faste (når glukogendepoterne er opbrugt - efter 24 timer). Leveren vil sende ketonstoffer til blodbanen (er vandopløselige), hvor de så kan optages i hjernen gennem blodhjernebarrieren.

Hjerner cellernes omsætning af ketonsoffer er som følger:



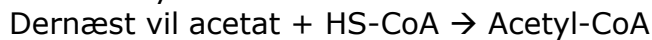
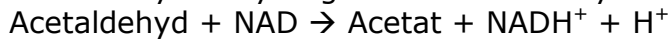
Acetyl-CoA indgår så i TCA.

### 6. Ethanolomsætning (direkte vej)

Ved alkoholindtag vil den uspecifikke alkoholdehydrogenase omsætte:



Acetaldehyd dehydrogenase vil så katalysere:



### **De veje der kan forbruge Acetyl-CoA er:**

#### 1. TCA-Cyklus.

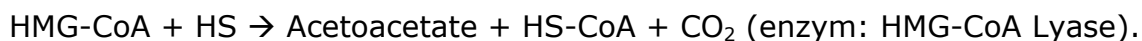
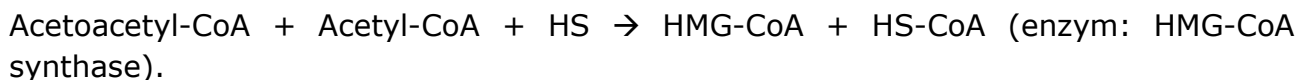
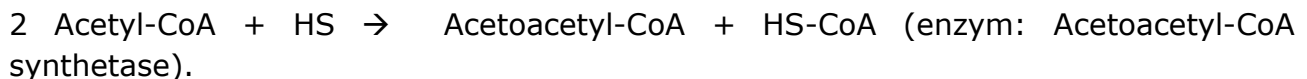
Sker i alle de af kroppens celler, der har mitokondrier og ilt.

Starter ved at Acetyl-CoA reagerer med Oxaloacetat og bliver til citrat. Citrat gennemløber så Cyklussen, og ender som Oxaloacetat.

Under cyklussen forbruges der af, særlig interesse,  $3\text{NAD}^+$ ,  $1\text{FAD}^+$ ,  $2\text{H}_2\text{O}$ . Reaktionen danner  $3\text{NADH}^+$ ,  $3\text{H}^+$ ,  $1\text{FADH}_2$ ,  $2\text{CO}_2$ ,  $1\text{GTP}$  (i nyrer og lever; kroppens andre væv danner ATP).

#### 2. Ketonstofsyntese

Af Ketonstoffer har vi i 3 kroppen: Acetoacetate, beta-hydroxybutyrat og acetone.



Acetoacetate kan ved beta-hydroxybutyrat dehydrogenase omdannes til beta-hydroxybutyrat +  $\text{NADH} + \text{H}^+$ .

Acetoacetate kan desuden spontant decarboxyleres til Acetone +  $\text{CO}_2$ .

[2] En beskrivelse af de processer, der kan omdanne mitochondrielt acetyl-CoA til cytosolært acetyl-CoA.

2)

1. Citrat til Acetyl-CoA. Efter omdannelse af mitokondrielt Acetyl-CoA + Oxaloacetat til Citrat:

Sker ved at Citrat føres ud af mitokondriet og omdannes til Oxaloacetate og Acetyl-CoA. CoA kan ikke krydse den indre mitokondrielle membran (IMM), men sagtens den ydre. Reaktionen benytter sig af malat/citrat antiporten. Citrat shuttle.

Reaktionen er overordnet, som følgende:



2. Fedtsyresyntese

CAT transporterer Acetyl-CoA (ved at frakoble CoA) fra mitokondriet til cytosolen (hvor det så tilføres CoA igen). Her indgår det så i syntesen af fedtstoffer.

[3] En beskrivelse af to omsætningsveje, som bruger cytosolært acetyl-CoA.

3)

1. Fedtsyresyntese

Acetyl-CoA omdannes til Acetyl-ACP (sker 1 gang for hver fedtsyre).

Afhængigt af fedtsyrens længde, vil Acetyl-CoA omsættes n antal gange til malonyl-CoA (afhængigt af hvor lang kæden skal blive; Palmitat ville være  $n=7$ ), for så at blive påført Acetyl-ACP. Processen forbruger  $2\text{NADPH} + 2\text{H}^+$ . Når fedtkæden er færdigdannet vil en thiolyase under forbrug af  $\text{H}_2\text{O}$  fjerne ACP, hvormed 1FFA er dannet.

[4] En redegørelse for hvilke af ovenstående omsætningsveje, der er af særlig betydning for lever og hjerne ved langvarig faste samt hvilke af reaktionerne i lever, der er hæmmet under faste.

4)

Lipolyse og beta-oxidation vil føre til frigivelse af FFA (10x FFA føres bundet til 1 serum albumin fra fedtvæv til leveren). Leveren kan så omdanne FFA til Acetyl-CoA, som så kan bruges som energikilde gennem TCA i hepatocytternes mitokondrier.

Hjernen kan ikke forbruge andet en glukose og ketonstoffer som energikilde, da de andre stoffer ikke kan krydse BBB (Blood-Brain-Barrier - GLUT1 og GLUT3 for glukose).

I starten af fasten, vil leveren benytte sig af glukogenolyse og glukoneogenese. Efter 24 timer, er glykogendepoterne (ca. 100 gram) opbrugt, og da hjernen skal bruge energi for at overleve, vil leveren sende ketonstoffer ud i blodbanen (en process der tager tid at starte op). Reaktionsligningen, for dannelse af ketonstoffer, er angivet længere oppe.

Under faste vil manglen på insulin, samt tilstedeværelsen af glukagon og adrenalin føre til, at glykolyse og glykogenesen hæmmes kovalent, mens glukoneogenesen og glykogenolysen aktiveres. (glukagon aktiverer PKA  $\rightarrow$  fosforylering. Insulin aktiverer fosfatase  $\rightarrow$  defosforylering). Forskellige enzymer kan være både aktiverede af fosforylering og inaktiverede af defosforylering.

Der ønskes ikke detaljerede reaktionsligninger undtagen i spørgsmål 2.

Igen, sorry 😊

## ESSAYOPGAVE 2

### pH i dental biofilm

[1] Beskriv processer i den dentale biofilm der kan medføre at pH falder, angiv omtrentligt hvor lav pH realistisk kan blive i biofilm og forklar hvilke ydre faktorer der kan få væsentlig betydning for disse processer.

1)

Når biofilmen dannes, vil bakterier nedbryde bl.a. proteinerne fra spyttet. Særligt glykoproteiner indeholdende sialoprotein er af interesse, idet bakterierne secernerer ekstracellulære hydrolytiske enzymer (aminopeptidaser; nedbryder proteiner fra N-enden og diverse glykosidaser), der under forbrug af vand, nedbryder henholdsvis sialoproteinerne og glukosekæderne i slytproteinerne).

Dette skaber:

- Et gelfilter (som vanskeliggør transporten af store, ladede, molekyler i plakken).
- En ionbyttereffekt (skaber en ophobning af ioner i plakken; eks. Vil [calcium] i plak være 6,5mM, mens den i spyt er 1,5mM. [Fosfat] vil være 14mM, mens den i spyt er 5mM.

Koncentrationen af ioner i plakken medfører en kritisk pH (udelukkende tandlægefagligt, teoretisk, term) på ca. 4,5. Mens den kritiske pH i spyt er 5,5. Kritisk pH ses når hydroxylapatittens Mætningsgrad er under 1: Ionprodukt = opløselighedsprodukt = Mætningsgrad på 1.

Hydroxylapatit har en hexagonal struktur, bestående af enhedsceller:  
 $(Ca^{2+})_{10}(PO_4^{3-})_6(OH)_2$

- Levan (kulhydratreserve; dannes af levansucrase/Fruktan af fruktose).
- Dextran (gelatinøs, svært opløseligt filter; dannes af dextransucrase/Glukan af glukose)
- Mutan (sværere at opløse end dextran. Dannes af S.Mutans).

Plakken bliver, efter dannelsen af ovenstående, gradvist tykkere og mere anaerob.

### **De anaerobe bakterier foretager anaerobe glykolyse.**

#### Høj sukkerkoncentration i plakken

- Mælkesyrebakterierne (lactobaciller) vil, når der er meget sukker tilstede, omdanne Glukose til 2 Pyruvat og videre til 2 laktat +  $2NAD^+$ . Dette katalyseres af **laktat dehydrogenase**, som fremmes af store koncentrationer af F-1,6-BP, her mens G-3-P hæmmer **pyruvatformatlyase**. Laktaten transporteres ud ekstracellulært til plakken.
- Bakterierne kan ikke overleve hvis pH kommer under helt ned mod 4 (laktat har pKa på 3,86) – dette er altså absolut det laveste pH vil falde til, i hvert fald under bakteriel påvirkning.
- Da forskellige typer bakterier lever i symbiose med hinanden, vil bakteriearten veillonella efter noget tid, omdanne laktaten:
  - o  $Laktat + H_2O \rightarrow Acetat + H_2 + CO_2$
  - o  $Laktat + H_2 \rightarrow Propanat + H_2O$
- Dette bevirker, at pH ikke falder for meget (da disse syrer er meget svagere; acetat har pKa på 4,79 – altså ca. 10 gange svagere ned mælkesyre).

#### Lav sukkerkoncentration i plakken

- Her vil F-1,6-BP ikke fremmer laktat dehydrogenase, mens G-3-P ikke vil hæmme pyruvatformatlyase.
- 2 Pyruvat omdannes derfor til 1 ATP + ethanol + følgende syrer: myresyre, smørsyre og eddikesyre.

### **Ydre faktorer**

Spytproteiner kan påvirke bakterierne på forskellige måder.

- IgA virker antibakterielt (**specifikke forsvarssystem**).
- **Uspecifikke forsvarssystem:**
  - o Mucin (antibakterielt - har desuden en lubrikerende effekt).
  - o Lysozym (lyserer bakteriemembranen)
  - o Laktoferrin (binder jern – hæmmer altså bakteriemetabolismen)
  - o Alfa-amylase (antibakteriel effekt – nedbryder desuden polysakkarider).
  - o Der er mange flere proteiner i spytet der virker her.

Af andre faktorer er bl.a.:

- **Buffersystemerne** (spytbufning er optimal mellem pH 5-8, da pH-optimum er  $\pm 1$  af pKa)
  - o Bikarbonatbufsystemet (pKa = 6.2) – 50% i ustimuleret spyt; 90% i stimuleret – da det fasebufner, samt bikarbonatkoncentrationen stiger ved øget flowrate).
  - o Fosfatbufsystemet (pKa = 6.8)
  - o Proteinbufsystemet (da der er ca. 30 forskellige proteiner her, vil bufningen variere, men typisk er deres isoelektriske punkt mellem pH 4-5)
- **Spyttets Flow Rate** (stimuleret spyt bufner bedre – [bikarbonat] går fra 2-5mM til op mod 28mM).
- **Spyttets residualvolumen**
  - o Normalt indtræder synkereflexen ved 1.1mL, og residualvolumen vil typisk være 0.8mL.
- **Oral (sugar) clearance**
  - o Sukker er den absolut vigtigste årsag til caries – uden sukker, ingen caries. Oral clearance = den tid det tager, at fjerne et givent element fra mundhulen.
    - Oral clearance sker ved spytflowets skylende effekt og synkning.
- **Mekanisk irritation af plakken**
- **Fluor** (indgår i kompleks med magnesium og fosfat – dette binder i enolens aktive site, hvormed G-2-P ikke kan omdannes til Phosphoenolpyruvate, og glykolysen i bakterien ophører).
  - o Fra drikkevand (er uskadeligt for mennesker, grundet den lave mængde).
  - o Fra tandpasta (NaF; Natriumfluorid (Na:0,5. F:0,5) og MFP; natriummonofluorofosfat (F:1/8) – er effektivt til at skabe en film i mundhulen, hvori ovennævnte kompleks lejres.
- Der er mange flere ydre påvirkninger, der kunne nævnes.

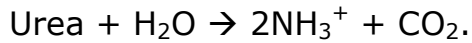
[2] Beskriv processer i den dentale biofilm der kan medføre at pH stiger og angiv omtrentligt hvilken pH værdi spyttet har under normale forhold samt hvad der menes med kritisk pH og hvad den værdi normalt andrager i menneskespyt.

2)

pH i biofilmen kan stige ved:

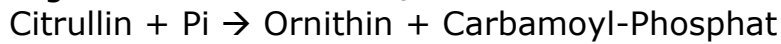
**Urease aktivitet:** der er ca. 4-5mM urea i spyt. Urea og Glukose er uladete molekyler, og kan derfor diffundere frit i plakken.

Bakterierne secernerer urease ekstracellulært, som vil foretage hydrolyse af urea:



$\text{NH}_3^+$  (ammoniak) kan reduceres til  $\text{NH}_4^+$  (ammonium) – pH øgende effekt.

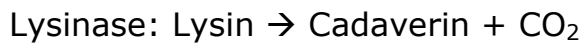
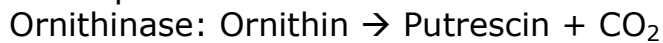
### **Arginin deaminase pathway:**



Ammoniakken kan reagere, som i ovenstående.

**Stickland reaktioner** danner både syre og base, men produkterne kan indgå i deaminering, som leder til  $\text{NH}_3^+$ .

Når pH i biofilm kommer ned omkring 4-5, vil **bakterielle decarboxylaser** aktiveres. Dette danner aminer (ildelugtende) som kan indgå med  $\text{H}^+$ , eksempler herfor:



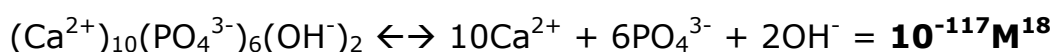
**Spyttet har typisk en pH** mellem 6-7,5.

**Spyts kritiske pH-værdi** hos gennemsnitspersonen er ca. 5,5.

Værdien er uddybet i ovenstående opgave.

Kritisk pH ses når hydroxylapatittens Mætningsgrad er under 1: Ionprodukt = opløselighedsprodukt = Mætningsgrad på 1. Altså når ionproduktet er lavere end opløselighedsgraden. Her vil ionerne udfældes fra hydroxyapatitkrystallen, hvormed der sker en demineralisering af tanden.

Når pH igen kommer over den kritiske værdi, vil tanden remineraliseres. Dette er en process der tager i hvert fald 10 gange så lang tid, som demineraliseringsprocessen.





## PROBLEMLØSNINGSOPGAVE 1

### Alanin nedbrydning

Når aminosyren alanin oxideres til  $\text{CO}_2$  omdannes den først til sin ketosyre, pyruvat.

[1] a) Opskriv den afstemte ligning for alanins omdannelse til pyruvat med angivelse af enzymnavn, reaktionens reversibilitet og eventuelle coenzymer/prostetiske grupper.

1a) Alanin + alfa-ketoglutarat  $\leftrightarrow$  pyruvat + glutamat

Katalyseres af **alanin aminotransferase**, med **Pyridoxal-Phosphat (vit. B6)**, som prostetisk gruppe. Reaktionen er, som angivet, fuldt reversibel.

b) Opskriv endvidere de reaktioner (med enzymer), der fører til at nitrogenet fra 2 alanin bliver til såvel  $\text{NH}_4^+$  og aspartat, der leverer de to nitrogenatomer i ureasyntesen.

1b)

2 Alanin + 2 alfa-ketoglutarat  $\leftrightarrow$  2 pyruvat + 2 glutamat

Katalyseres af **alanin aminotransferase**, med **Pyridoxal-Phosphat (vit. B6)**, som prostetisk gruppe.

Glutamat(1) +  $\text{H}_2\text{O}$  +  $\text{NAD}^+/\text{NADP}^+ \rightarrow$  alfa-ketoglutarat +  $\text{NH}_4^+$  +  $\text{NADH}/\text{NADPH}$  +  $\text{H}^+$

Katalyseres af **glutamat dehydrogenase**.

$\text{NH}_4^+$  indgår i den kommende Urea.

$\text{NH}_4^+ + \text{CO}_2 + 2 \text{ATP} \rightarrow$  Carbamoyl-Phosphat +  $2\text{ADP} + 2\text{P}_i$ .

Katalyseres af Carbamoyl-P-syntetase.  $\text{CO}_2$  donerer C til det kommende Urea.

Carbamoyl-P + Ornithin  $\rightarrow$  Citrullin +  $\text{P}_i$

Ornithin kommer her fra tidligere Urea cyklus.

Glutamat(2) + oxaloacetat  $\leftarrow \rightarrow$   $\alpha$ -ketoglutarat + **aspartat**

Katalyseret af **aspartat aminotransferase**. Aspartat indgår med det andet  $\text{NH}_2^+$  i Urea.

(Oxaloacetat kan dannes ved at  $\alpha$ -ketoglutarat indgår i 1/2TCA cyklus).

Citrullin + **Aspartat** + ATP  $\rightarrow$  Argininosuccinat + AMP +  $\text{PP}_i$  ( $\text{PP}_i \rightarrow 2\text{P}_i$ )

Argininosuccinat  $\rightarrow$  Fumarat + Arginin

Arginin  $\rightarrow$  Urea + Ornithin

Katalyseret af **Arginase**.

[2] Opskriv den afstemte ligning for pyruvats videreomsætning til acetyl-CoA, herunder enzymnavn, reaktionens reversibilitet og eventuelle coenzym/prostetiske grupper.

2)

Sker ved brug af det store enzymkompleks **pyruvatdehydrogenase** (3 forskellige enzymatiske reaktioner). Dette kompleks bruger 3 prostetiske grupper: ThPP (Thiamin PyruPhosphat – Vit. B1), Lipoat (Vit. B2) og  $\text{FAD}^+$ . Samt 2 substrat-Coenzym (NAD<sup>+</sup> og HS-CoA). Reaktionen har en stor negativ delta G, og er derfor irreversibel.

Ligningen for reaktionen, er som følgende:

$\text{Pyruvat} + \text{NAD}^+ + \text{HS-CoA} \rightarrow \text{Acetyl-CoA} + \text{NADH} + \text{H}^+ + \text{CO}_2 + \text{HS}$

[3] Beregn under passende antagelser ATP-udbyttet ved oxidation af pyruvat til 3  $\text{CO}_2$ .

3)

$\text{Pyruvat} \rightarrow \text{Acetyl-CoA} + \text{CO}_2 = 1\text{NADH}$  dannet.

Acetyl-CoA i 1 TCA cyklus ( $2\text{CO}_2$  dannes) = dannelse af 3NADH, 1 FADH og 1 GTP (GTP dannes i TCA i lever og nyrer, mens ATP i de andre væv.)

NADH og FADH har forskellig ATP værdi, afhængigt af hvilke væv de oxideres i, samt hvilke transportere der bruges. Jeg benytter mig af en ATP værdi på 2.5 for NADH og 1.5 for FADH i det følgende:

1 Pyruvats fuldstændige oxidation medfører:

$4\text{NADH}: 4 * 2.5\text{ATP} = 10\text{ATP}$

1 FADH:  $1 * 1.5\text{ATP} = 1.5\text{ATP}$

1 GTP = 1ATP

**Totalt:**  $10\text{ATP} + 1.5\text{ATP} + 1\text{ATP} = \mathbf{12.5\text{ATP}}$ .

## PROBLEMLØSNINGSOPGAVE 2

### Biofilm dannelse

[1] Beskriv en tandoverflades ultrastrukturelle opbygning og forklar begrebet enhedscelle.

1)

En tandoverflade (både dentin og emalje) består af Hydroxylapatitkrystaller. Disse er, som alle krystaller, opbygget af enhedsceller;  $(\text{Ca}^{2+})_{10}(\text{PO}_4^{3-})_6(\text{OH}^-)_2$ , teoretisk begreb, idet 2 enhedsceller deler ioner, hvorfor den mindste eksistens er 2 enhedsceller).

[2] Forklar hvordan pellikelen dannes på tandoverfladen og beskriv sammensætningen af henholdsvis pellikel og biofilm med klar angivelse af væsentlige kemiske komponenter.

2)

### Pellicler dannelse

Pelliclen dannes på den rene tandoverflade indenfor sekunder til minutter.

- Tandoverfladen vil ved kontakt med spyt, få opløst positive calcium ioner. Dette medfører blottelse af enhedscellens negative fosfationer, og dermed en negativ overflade.
- Calcium modioner, fra spyttet, vil herefter binde sig til de negative fosfationer, hvormed der dannes et ionisk dobbeltlag, med en nu positiv overflade.
- Sure Prolinrige Proteiner (SRP) fra spyttet, vil, sammen med Histatin og Statherin, adhærere til den positive overflade (35% af de første kolonisatorer). SRP vil binde via. Deres negative ladning, samt dipol og hydrogenbindinger.
- Sidenhen vil mange flere af spyttets proteiner adhærere (mucin, etc.).
- Den dannede pellikel er ca.  $10\mu\text{m}$ .

### Biofilm dannelse

Bakterier der residuerer i mundhulen, kommer ind via. Føden, luften eller andet. Vil sidenhen forsøge at adhærere til pelliclen og med tiden danne en surface og en gelatinøs subsurface.

- 90% af den initiale kolonisering vil inhiberes af SRPs, da disse også binder til bakteriens overflade, og dermed skaber en elektrostatisk repulsion (negativ mod negativ).

- Når bakterierne så lykkes med at adhærere (en process der besværliggøres af en masse faktorer; en del er tidligere nævnt i besvarelsen), vil de begynde at nedbryde spytproteinerne, samt deres sukkergrupper (mucin er eks. Et glykoprotein med mange sukkergrupper).
- Der dannes derfor et avanceret produkt af nedbrudte proteinrester, som danner et effektivt gelfilter.
- **Levan** (fruktoseenheder sammenbundne med  $\alpha$ -1,4-glykosidbinger) vil sidenhen deponeres mellem de denaturerede proteiner – dette skaber et sukkerdepot for bakterier, som de kan benytte ved fravær af glukose.
- **Dextran** (glukoseenheder sammenbundne med  $\alpha$ -1,4-glykosidbinger) vil skabe en gelatinøst, svært opløseligt, gel-filter.
- **Mutan** er svarende til dextran, men sværere opløseligt (dannes af streptococcus mutans).
- Plakken vil løbende blive mere og mere kompleks, med bl.a. diffusionskanaler osv.
- Samtidig med den bliver tykkere, vil den blive mere anaerob (da  $O_2$  ikke kan diffundere tilstrækkeligt ind i den tykke plak).
- Plakken kan blive flere mm tyk.
- Efter ca. 14 dage, siges plakken at være cariogen – den er nu i stand til, at danne et tilstrækkeligt lavt ionprodukt, til at det er lavere end opløselighedsproduktet. Der vil nu ske en demineralisering af tanden.

[3] Forklar hvorfor diffusionsforholdene i dental biofilm som oftest ændres over tid hvis ikke biofilmen fjernes.

3)

Se ovenstående.

[4] Angiv hvorledes koncentrationen af calcium og fosfat i dental biofilm afviger fra koncentrationen i spytet og beskriv hvilken betydning dette kan have for henholdsvis mineralisering, demineralisering og remineralisering.

4)

Grundet ionbyttreffekten vil calcium og fosfat lejes i plakken.

	<b>I Spyt</b>	<b>i Plak</b>	
<b>[Calcium]</b>	1,5mM/L	6,5mM/L	
<b>[Fosfat]</b>	5mM/L	14mM/L	
<b>Kritisk pH</b>	5.5	4.5	

Grundet koncentrationsforskellene er den kritiske pH altså lavere i plak end i spyt – Da ionproduktet ( $10^{-121}M^{18}$ ) er tilsvarende højere end opløselighedsproduktet. Opløsningen har altså en

positiv mætningsgrad. Når pH er over 4.5 vil der altså være en tendens til remineralisering af hydroxylapatitten.