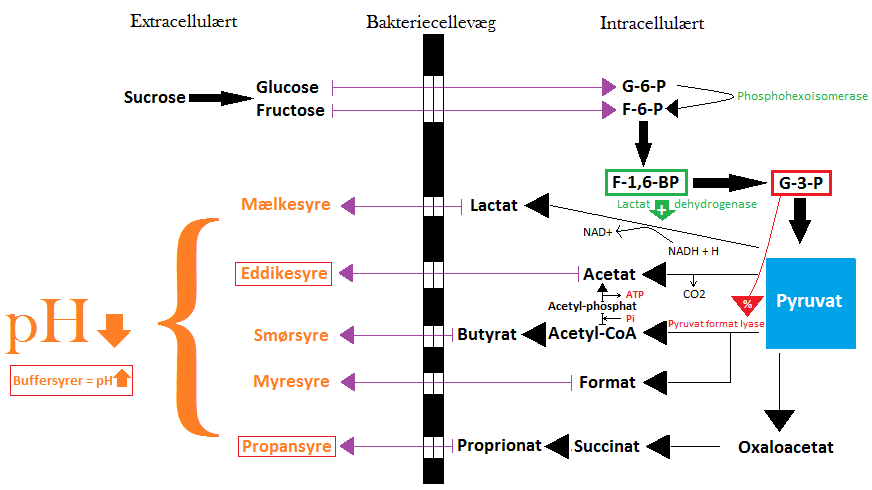
**3.1. Man skal kunne beskrive bakteriernes metabolisme af kulhydrat ved aerobe og anaerobe forhold og forklare hvordan pH påvirkes.**Ifm. bakteriernes aflejring af ekstracellulær matrix, dvs. ifm. biofilm/plak-syntesen, metaboliseres kulhydrater med henblik på at danne energi til førnævnte syntese. Både under aerobe og anaerobe forhold omdannes glukose til pyruvat under almen glykolyse; skæbnen der afventer pyruvat afhænger af, hvorvidt ilt er til stede eller ej.   
  
a) Aerobe forhold  
I den udviklende plak er kun det yderste (orale) lag aerobt, da dette frit eksponeres for det inspirerede oxygen. I dette iltholdige miljø oxideres pyruvat fuldstændigt til CO2 og vand via citronsyrecyklus og elektrontransportkæden. pH påvirkes ikke.  
  
b) Anaerobe forholdI den udviklende plak er alt på nær det yderste lag *anaerobt*, da biofilmen fungerer som et gelfilter hvorigennem O2 ej kan diffundere. Den dybe del af plakken indeholder derfor anaerobe og fakultativt anaerobe bakterier, hvis glukoseomsætning uden tilstedeværelse af ilt benævnes fermentering. Her omdannes pyruvat til organiske syrer; hvilke der er tale om afhænger af mængden af tilgængeligt sukker (se underoverskrifter)! pH falder sfa. syrefremkomsten!

**LÆRINGSMÅL 3  
METABOLISME I BIOFILM PÅ TÆNDER**

* *Høj sukkertilgængelighed (anaerobe forhold) – se tegning næste side!*

Ved høj tilgængelighed akkumulerer fructose-1,6-bisphosphat og glyceraldehyd-3-phosphat, idet glykolytisk aktivitet er ligefrem proportional med sukkerkoncentrationen.   
  
*Fructose-1,6-bisphosphat* aktiverer *laktat dehydrogenase* der katalyserer omdannelsen af pyruvat til laktat (mælkesyre).   
  
Glyceraldehyd-3-phosphat hæmmer *pyruvat-format-lyase* der katalyserer omdannelsen af pyruvat til acetyl-CoA og format; hermed hæmmers dannelsen af smør- og myresyre totalt, og dannelsen af eddikesyre delvist. Propansyreproduktionen er konstant. Se nedenfor.   
  


* *Lav sukkertilgængelighed (anaerobe forhold)*

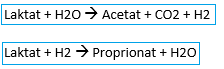
Lav tilgængelighed korresponderer med lav glykolytisk aktivitet og få mængder fructose-1,6-bisphosphat og glyceraldehyd-3-phosphat.   
Hermed mangler laktat dehydrogenase sin aktivator (F-1,6-BP) og mælkesyreproduktionen indstilles.   
Pyruvat-format-lyase hæmmes ej af G-3-P, hvilket resulterer i dannelse af smør og myresyre; desuden i øget eddikesyreproduktion.

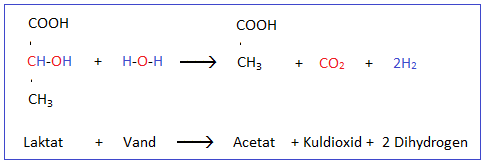
* *pH-påvirkning ved hhv. høj og lav sukkertilgængelighed under anaerobe forhold*

pH i plakken falder i alle tilfælde under anaerob sukkermetabolisme (se ovenstående); dog særligt ved høj sukkertilgængelighed, da mælkesyre, hvis enzym aktiveres ved høj glykolytisk aktivitet (sv.t. høj tilgængelighed og ophobning af F-1,6-BP), er en relativt *stærk* organisk syre sammenlignet med de øvrige. Desuden hæmmes pyruvat-format-lyase af G-3-P (høj sukkertilgængelighed) hvilket mindsker produktion af acetat (via acetyl-CoA og acetyl-phosphat vejen - se tegning) og dermed eddikesyre; eddikesyre fungerer som pH-buffer i plakken, hvorfor dens *manglende* tilstedeværelse driver pH nedad.   
Modsatte af ovenstående gør sig gældende ved lav sukkertilgængelighed (se på tegningen).   
  
Buffersyrer  
Som det fremgår af tegningen produceres eddike- og propansyrekonstant; siden disse er svagere syrer end mælke-, smør-, og myresyres fungerer de i plakken som pH-buffere, hvormed de driver pH opad.

**3.2. Man skal kunne beskrive hvordan ekstracellulære polysakkarider kan medvirke til dannelse af en lukket plaque og ydermere kan indgå i bakteriemetabolismen.**Se forrige læringsmål (2 – dannelse af biofilm i plakken).   
Stikord:

* Glycosyl- og fructosyltransferase
* Glukaner (dextran og mutan) og fruktaner (levan)
* Energireserve (særligt levan)

**3.3. Man skal kunne beskrive omdannelsen af pyruvat ved henholdsvis stor og lille tilgængelighed af kulhydrat, samt hvordan affaldsstoffer fra en bakterieart er substrat for andre.**Førstnævnte står beskrevet i 3.1.  
  
Streptokokker (såsom mutans) transporterer laktat ud i ekstracellulærrummet som mælkesyre, via en membrantransportør. Når dette metaboliske *affaldsprodukt* ophobes i ekstracellulærrummet forhindres yderligere aflejring, og bakteriens intracellulære pH falder da den organiske syre ophobes intracellulært. Resultatet er, at metabolismen stilles i bero.   
Løsningen findes hos en anden plak-bakterie, benævnt *Veilonella!*   
Denne omdanner laktat til acetat (🡪 eddikesyre) eller proprionat (🡪 propansyre) via følgende reaktioner:   
  




På tegningen ses det afstemte reaktionsskema for omdannelsen af laktat til acetat (strukturformler hvor interessant)

De to produkter, eddikesyre (acetat) og propansyre (proprionat), fungerer som pH-buffere (da disse er svagere syrer end laktat/mælkesyre), og omdannelsen af laktat til en af to ovenstående tillader streptokokkerne at genoptage sukkermetabolismen og aflejre ny laktat/mælkesyre i ekstracellulærrummet.

**Man skal kunne beskrive optagelsen af kulhydrat ved neutral og lav pH.**a) Neutral pH

* *Phosphotransferase system (membrantransporter)*
  + Høj affinitet
  + Virker ved neutral pH

Resultat: Bakterien klarer sig ved neutral pH og lav sukkerkoncentration; en tilstand vi ser oralt uden tilstedeværelse af føde/sukker

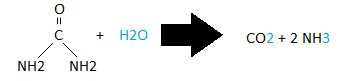
b) Lav pH

* *Proton motive force (membrantransporter)*
  + Lav affinitet
  + Virker ned lav pH (ca. 5.5)

Anvender protongradient mellem surt bakterielt ekstracellulærrum (mange H+’er) og neutralt bakterielt cytoplasma (få H+’er) til at drive sukker ind i cellen.

Resultat: bakterien klarer sig ved lav pH og høj sukkerkoncentration: en tilstand vi ser oralt ved høj tilstedeværelse af sukker og tilhørende laktataflejring som følge af anaerob sukkermetabolisme

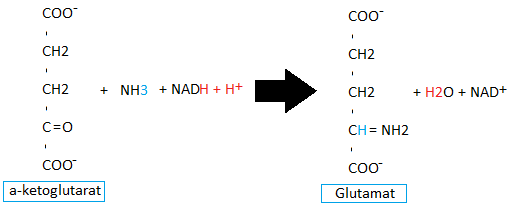
**3.4. Man skal kunne beskrive bakteriemetabolismen af urinstof fra spyt, dannelse og nedbrydning af aminosyrer, samt hvordan plakkens pH påvirkes af denne metabolisme.**a) Bakteriemetabolisme af urinstof fra spyt   
  
Bakterier er dybt afhængige af nitrogen hvis de skal vokse.   
Kilden er overvejende urinstof fra saliva:



b) dannelse og nedbrydning af aminosyrer

Bakterierne anvender den fremkomne ammoniak (NH3) til at danne aminosyrer ud fra disses korresponderende oxosyrer (a-ketoglutarat er korresponderende oxosyre til aminosyren glutamat):

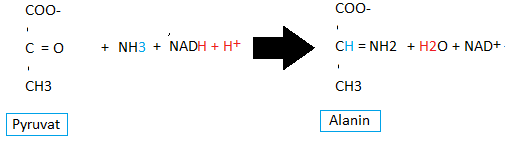
1. **a-Ketoglutarat 🡪 Glutamat**



1. **Glutamat 🡪 Glutamin**   
   Glutamat kan optage endnu en NH3 og danne **glutamin**.

Glutamin kan siden afgive sin ene aminogruppe til alfa-ketoglutarat hvormed 2 glutamat-molekyler fremkommer. Denne reaktant (glutamat) er selvfølgelig ikke en oxosyre.

1. **Pyruvat 🡪 Alanin**



c) aminosyreskæbner og pH

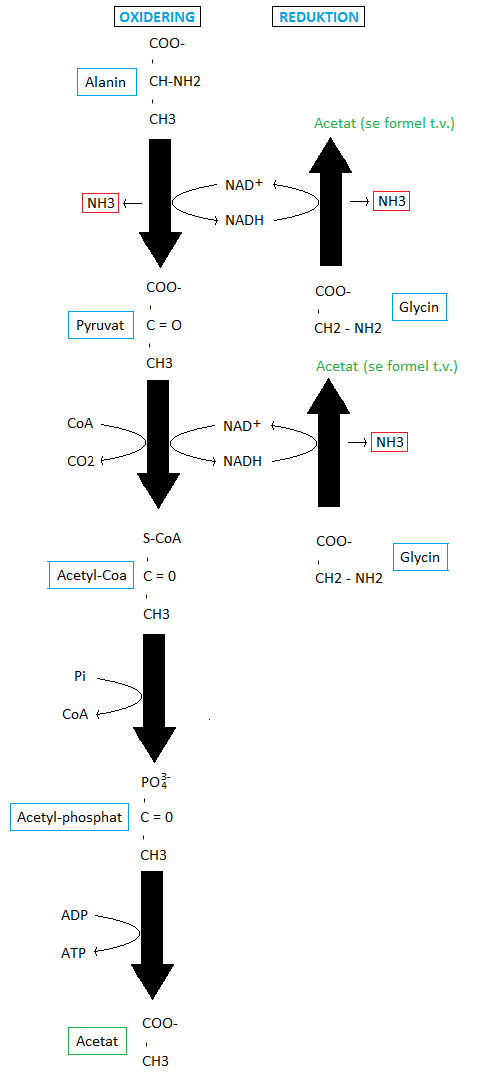
1. *Proteinsyntese*

Ved transamineringsprocesser(dvs. aminosyre a + oxosyre b 🡪 oxosyre a + aminosyre b), fremkommer de resterende aminosyrer – oftest med glutamin som aminogruppe-donor. Hermed kan bakterieren syntetisere proteiner og vokse.

1. *Stickland reaktioner*

Frie aminosyrer, der ikke bruges til proteinsyntese, fermenteres (dvs. nedbrydes anaerobt) via såkaldte Stickland reaktioner. Stickland reaktioner kombinerer oxidation (hvor man fjerner H+’er) af én aminosyre med reduktion (hvor man tilfører H+’er) af en anden.  
Produktet af en Stickland reaktion er organiske syrer og ammoniak (base) i forholdet 1:1.  
Desuden ATP.

Stickland reaktioner ændrer derfor ikke pH nævneværdigt (se tegning næste side) idet base (på tegningen markeret med rød) og syre (på tegning markeret med grøn) udligner hinanden:



**STICKLAND-REAKTION MED ALANIN OG 2 GLYCIN (eksempel)**

* 3 NH3
* 3 Acetat
* 1 ATP
* Ingen pH-ændring

En undtagelse til ovenstående er fermenteringen af arginin; her dannes nemlig udelukkende ATP og 2 ammoniak, men derimod *ingen syrer* - fermentering af arginin hæver altså pH da produktet er to baser (to NH3).