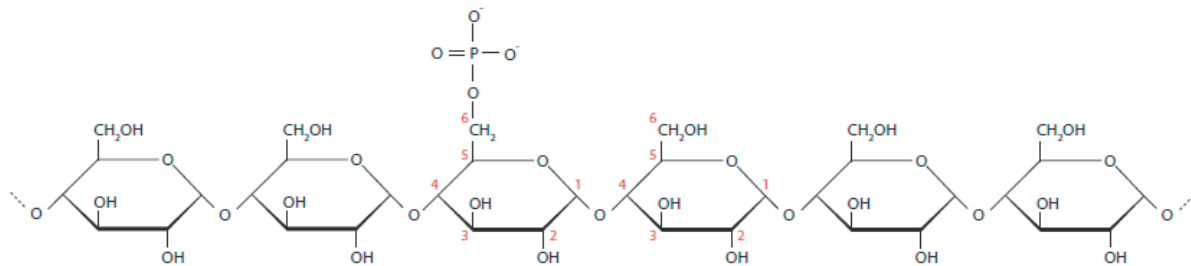


Opgave 4 Bionedbrydelig emballage

I industrien bruges kartofler til fremstilling af emballager som kan nedbrydes i naturen. Stivelsesbaseret emballage kan erstatte traditionelle emballager af plastik, som er fremstillet på grundlag af olie. Phosphoryleret stivelse udvinder man blandt andet fra kartofler og majs. Jo større mængde fosfat, der er bundet til stivelsen, des mere anvendelig er den til fremstilling af bionedbrydeligt emballage. *Figur 2* viser et udsnit af et phosphoryleret stivelsesmolekyle.



Figur 1. Kartofler.



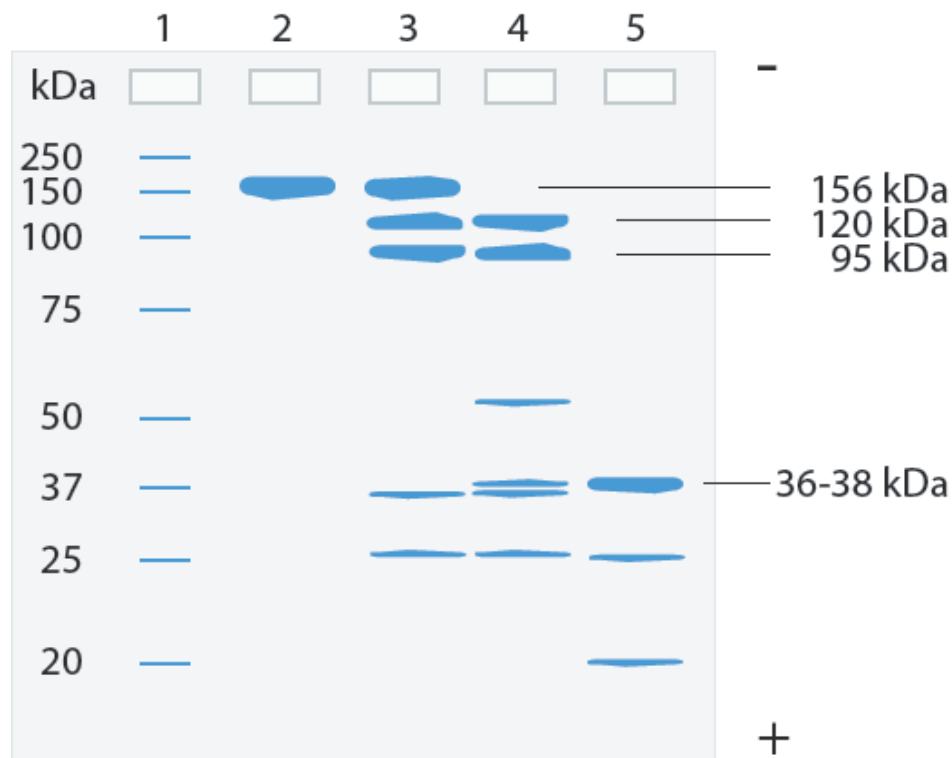
Figur 2. Udsnit af phosphoryleret stivelses-molekyle.

1. Beskriv den kemiske opbygning af phosphoryleret stivelse. Inddrag *figur 2*.

Opgaven fortsætter næste side.

Stivelse fra kartofler har en relativ høj phosphoryleringsgrad³. Det viser sig, at kartoffelplanten indeholder enzymet *GWD*, *Glucan Water Dikinase*, der katalyserer phosphoryleringen. Man har isoleret *GWD*-enzymet. For at bestemme aminosyrerækkefølgen af *GWD*, er det nødvendigt at nedbryde *GWD* til kortere peptidkæder ved hjælp af en specifik protease.

Man har bestemt længden af disse peptidkæder ved hjælp af en såkaldt SDS-gelelektroforese⁴. Resultatet kan ses i *figur 3*.



Figur 3. SDS-gelelektroforese. Bane 1: Størrelsesmarkør, Bane 2-5: Prøver af *GWD*-opløsningen 0, 5, 15 og 60 minutter efter tilsætning af protease. Størrelsen af peptiderne er angivet i enheden kDa (kiloDalton). 1 Dalton = 1 unit (atommasseenhed)

2. Forklar hvorfor det er nødvendigt at behandle peptidkæderne med SDS for at kunne adskille dem efter størrelse.
3. Analyser resultaterne vist i *figur 3*.

³ Mængde af fosfat bundet til et stivelsesmolekyle

⁴ Det særlige ved SDS-gelelektroforese er, at man inden elektroforesen denaturerer peptiderne ved hjælp af et sæbelignende stof SDS. Det negativt ladede SDS binder sig regelmæssigt langs med det udfoldede peptid. Peptiderne kan derefter adskilles efter størrelse og sammenlignes med en størrelsesmarkør.

Efterfølgende analyse af aminosyresekvensen har vist rækkefølgen af de første syv aminosyrer i den stivelsesbindende del af enzymet.

H₂N - met - val - leu - thr - thr - asp - thr -

Figur 4. De 7 første aminosyrer af den stivelsesbindende del af *GWD*.

4. Angiv en mulig RNA-sekvens for aminosyrerækkefølgen vist i *figur 4*.

For at kunne fremstille bioemballage ud fra planter med en lavere phosphoryleringsgrad end kartofler, benyttes en kemisk phosphoryleringsproces. Denne proces er meget energikrævende og ikke særlig miljøvenlig. Der forskes derfor i følgende bioteknologiske muligheder:

- a) Enzymatisk phosphorylering af stivelsen ved hjælp af *GWD* oprenset fra kartofler.
 - b) Enzymatisk phosphorylering af stivelsen ved hjælp af kartoffel-*GWD* produceret af gensplejsede mikroorganismer.
 - c) Transformation af andre plantearter med *GWD*-gen fra kartoffel.
5. Diskuter hvilken af de tre nævnte bioteknologiske metoder der vil være mest velegnet til at få produceret stivelse med en høj phosphoryleringsgrad.