

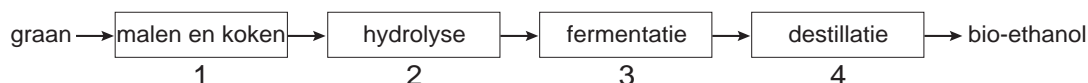
## Biobrandstof

De Nederlandse overheid wil het gebruik van biobrandstof stimuleren, niet alleen voor verbrandingsmotoren maar ook voor elektriciteitsproductie. Biobrandstof is een brandstof die uit biomassa verkregen wordt. Bekende autobrandstoffen zijn bio-ethanol uit plantaardige suikers en biodiesel uit plantaardige oliën.

- 1p **21** Noem een milieuvoordeel van het produceren van autobrandstof uit biomassa in plaats van uit aardolie.

Bij de huidige commerciële productieprocessen van bio-ethanol zijn koolhydraten uit suikerrijke voedingsgewassen, zoals suikerriet, suikerbieten en uien, de grondstof voor het vergistingsproces.

Zetmeel kan niet rechtstreeks tot ethanol vergist worden doordat gisten alleen enzymen bezitten voor de omzetting van mono- en disachariden. Toch worden steeds meer zetmeelrijke plantendelen als grondstof gebruikt voor de productie van bio-ethanol. In een voorbehandeling vindt dan de omzetting van zetmeel tot suikers plaats. Hieronder is in vier stappen de omzetting van zetmeel uit graan in bio-ethanol schematisch weergegeven.



Tijdens het proces worden enzymen en gist toegevoegd.

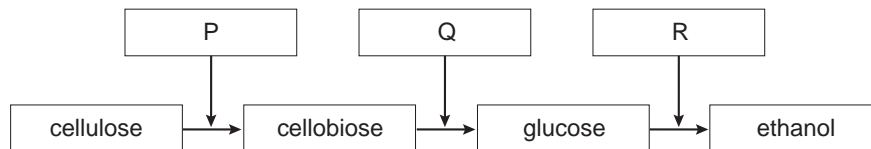
- 2p **22** Bij welke van de genummerde stappen in het proces worden bepaalde enzymen toegevoegd en bij welke wordt gist toegevoegd?

	enzymen	gist
<b>A</b>	alleen 2	alleen 3
<b>B</b>	alleen 2	2 en 3
<b>C</b>	alleen 3	alleen 2
<b>D</b>	alleen 3	2 en 3
<b>E</b>	2 en 3	alleen 2
<b>F</b>	2 en 3	alleen 3

Veel onderzoek is gericht op het benutten van (afval)hout en andere celluloserijke biomassa voor de productie van ethanol. De omzetting van cellulose is veel moeilijker dan de omzetting van zetmeel. Bij de afbraak van cellulose ontstaat het disacharide cellobiose dat vervolgens tot glucose wordt afgebroken.

Een belangrijke verbetering in het productieproces van ethanol uit cellulose werd gerealiseerd door de omzetting van cellulose, cellobiose en glucose gelijktijdig in hetzelfde vat te laten plaatsvinden. Deze gecombineerde procesgang wordt SSF (simultaneous saccharification and fermentation) genoemd. Als de deelprocessen in verschillende vaten gescheiden plaatsvinden, treedt productinhibitie op die bij SSF minder groot is.

Hieronder zijn de genoemde omzettingen schematisch weergegeven. De werkzame enzymen zijn met de letters P, Q en R aangeduid.



- 2p **23** – Geef een voorbeeld van productinhibitie die in een van de in de afbeelding aangegeven deelprocessen tot remming zal leiden, maar die bij SSF minder optreedt.
- Leg uit waardoor deze productinhibitie bij SSF minder optreedt.

Een voordeel van het gebruik van celluloserijke biomassa in plaats van zetmeelrijke biomassa bij de productie van bio-ethanol is dat het goedkoper is.

- 1p **24** Wat is een ander belangrijk voordeel van het gebruik van celluloserijke biomassa in plaats van zetmeelrijke biomassa bij de productie van bio-ethanol?