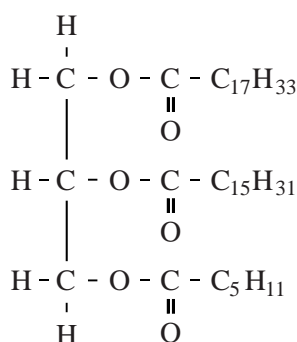


## Kiwi-kwarktaart

Hiske wil haar vader verrassen met een heerlijke kwarktaart met kiwi. Deze kwarktaart maakt zij met behulp van een kant-en-klaarpakket, dat een 'bodemmix' en een 'taartmix' bevat. Met de taartmix, kwark, slagroom en water maakt Hiske een luchtig mengsel dat zij op de taartbodem schenkt. Ze plaatst de taart vervolgens in de koelkast om op te stijven. Net voor het serveren versiert ze de taart met plakjes kiwi.

In het kwarkmengsel wordt slagroom gebruikt. Slagroom is een emulsie van voornamelijk water en vet. Ook is een stof aanwezig die dit mengsel stabiel houdt (ontmengen voorkomt). Een molecuul van een vet dat in slagroom kan voorkomen is in figuur 1 in structuurformule weergegeven. In dit molecuul is een molecuul glycerol veresterd met een molecuul oliezuur, een molecuul palmitinezuur en één ander molecuul.

figuur 1



- 2p 1 Geef de systematische naam van het andere molecuul.
- 2p 2 Licht toe dat in slagroom, behalve water en vet, een stof aanwezig is die ontmengen voorkomt. Geef je toelichting op macroniveau met behulp van de begrippen hydrofiel, hydrofoob en het begrip dat voor dit type stof gebruikt wordt.

De taartmix bevat gelatine. Gelatine is in water oplosbaar en bestaat uit eiwitten. Bij dalende temperatuur vormen de eiwitmoleculen met behulp van waterstofbruggen een netwerkachtige structuur. Daarbij worden andere stoffen in het kwarkmengsel ingesloten en ontstaat een stevig geheel.

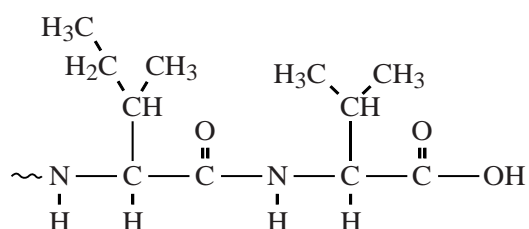


De fabrikant van het kant-en-klaarpakket waarschuwt dat verse kiwi niet door het kwarkmengsel moet worden geroerd. De taart kan dan niet opstijven en zal bovendien bitter gaan smaken. Kiwi bevat namelijk het enzym actinidase, dat vrijkomt wanneer verse kiwi wordt gesneden of gepureerd. Dit enzym verbreekt peptidebindingen in eiwitten.

- 2p 3 Leg uit dat actinidase ervoor zorgt dat de taart niet opstijft.

Kwark en slagroom bevatten eiwitten, zoals het eiwit caseïne. Daaruit kunnen door actinidase aminozuren worden afgesplitst. Sommige aminozuren, zoals valine, hebben een bittere smaak. In figuur 2 is de structuurformule van het uiteinde van een molecuul caseïne weergegeven. In dit eiwitfragment komen de aminozuren isoleucine en valine voor. Bij de hydrolyse van de peptidebinding tussen deze twee aminozuren ontstaat het bitter smakende valine.

figuur 2

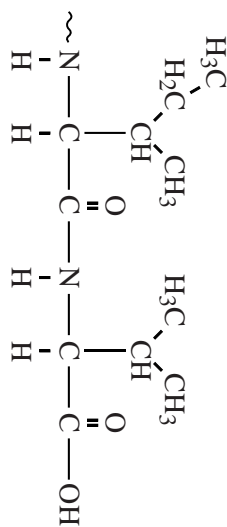


Op de uitwerkbijlage is dit eiwitfragment nogmaals weergegeven.

- 3p 4 Maak op de uitwerkbijlage de vergelijking af van de hydrolyse waarbij uitsluitend het bitter smakende valine wordt afgesplitst. Gebruik daarbij structuurformules voor de organische verbindingen.

## uitwerkbijlage

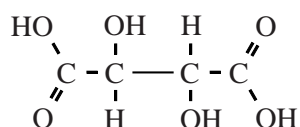
4



## Wijn zonder droesem

In wijn kan bij lage temperaturen een bezinksel ontstaan dat 'droesem' wordt genoemd. Droesem bestaat voornamelijk uit onopgeloste zouten zoals kaliumwaterstoftartraat en calciumtartraat. Deze stoffen worden gevormd uit wijnsteenzuur ( $C_4H_6O_6$ ) dat in de wijn aanwezig is. De structuurformule van wijnsteenzuur is weergegeven in figuur 1. Een molecuul wijnsteenzuur kan in oplossing achtereenvolgens twee  $H^+$  ionen afstaan, waarbij eerst het waterstoftartraation en vervolgens het tartraation ontstaat.

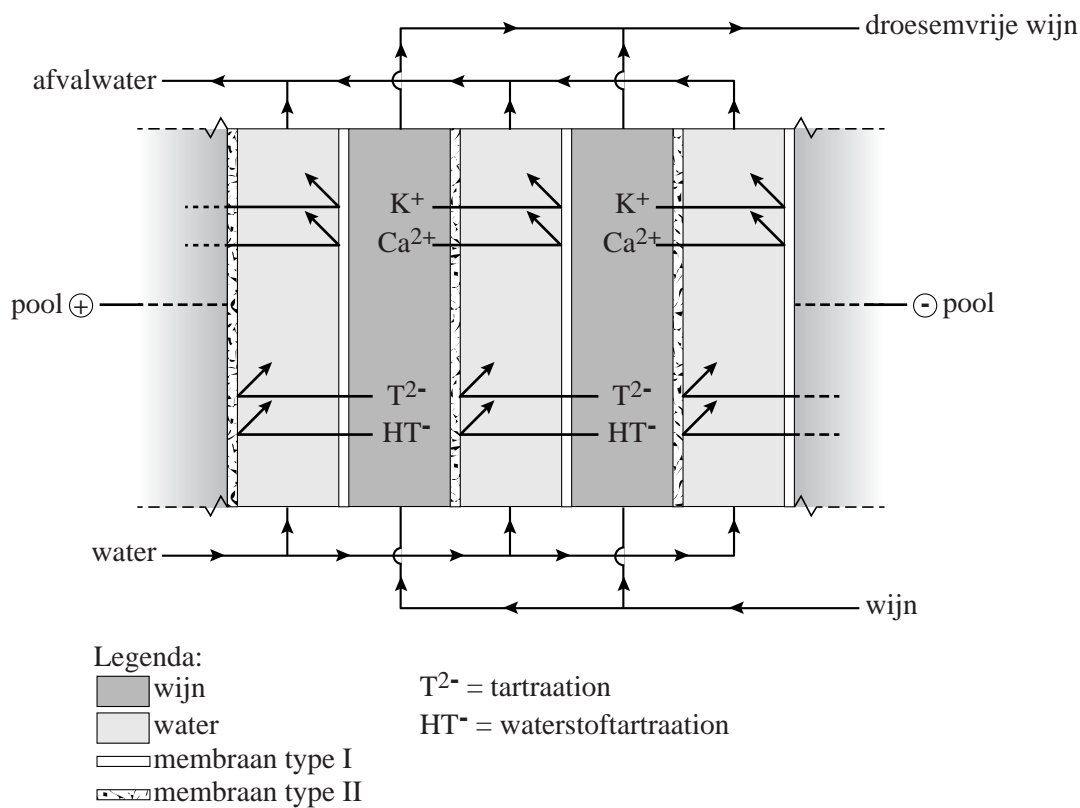
figuur 1



- 2p 5 Geef aan, aan de hand van de structuurformule van wijnsteenzuur, dat wijnsteenzuur goed oplosbaar is in water. Licht je antwoord toe op microniveau.
- 1p 6 Geef de verhoudingsformule van calciumtartraat.
- 3p 7 Leg uit aan de hand van een berekening dat calciumtartraat behoort tot de slecht oplosbare zouten. Gebruik hierbij de informatie over het begrip 'slecht oplosbaar' uit Binas-tabel 45A. Neem aan dat de oplosbaarheid van calciumtartraat  $0,38 \text{ g L}^{-1}$  is.

Om droesemvorming te voorkomen, moeten de ionen waaruit de droesem kan ontstaan, worden verwijderd uit de wijn. Hiervoor kan men de wijn behandelen door middel van elektrolyse. Bij dit proces stroomt de wijn tussen twee typen membranen, terwijl aan de andere kant van elk membraan water stroomt. Een membraan is een dun vlies dat twee ruimtes van elkaar scheidt. Haaks op de stroomrichting van de vloeistof is een verschil in spanning aangelegd. Hierdoor verplaatsen de ionen zich door de membranen vanuit de wijn naar het water zoals vereenvoudigd is weergegeven in figuur 2. In deze figuur is een gedeelte uit het midden van een lange serie aaneengeschakelde cellen weergegeven.

figuur 2



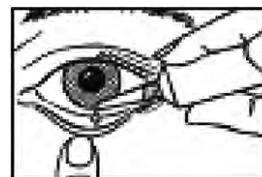
- 2p 8 Leg uit aan de hand van figuur 2 dat de twee typen membranen niet identiek kunnen zijn.

Tijdens de elektrodialyse volgt men het proces door regelmatig het geleidingsvermogen van de wijn te meten. Wanneer daaruit blijkt dat droesemvorming voldoende is voorkomen, stopt men de elektrodialyse.

- 2p 9 Leg uit waarom de afname van het elektrisch geleidingsvermogen aangeeft dat minder droesemvorming zal plaatsvinden.

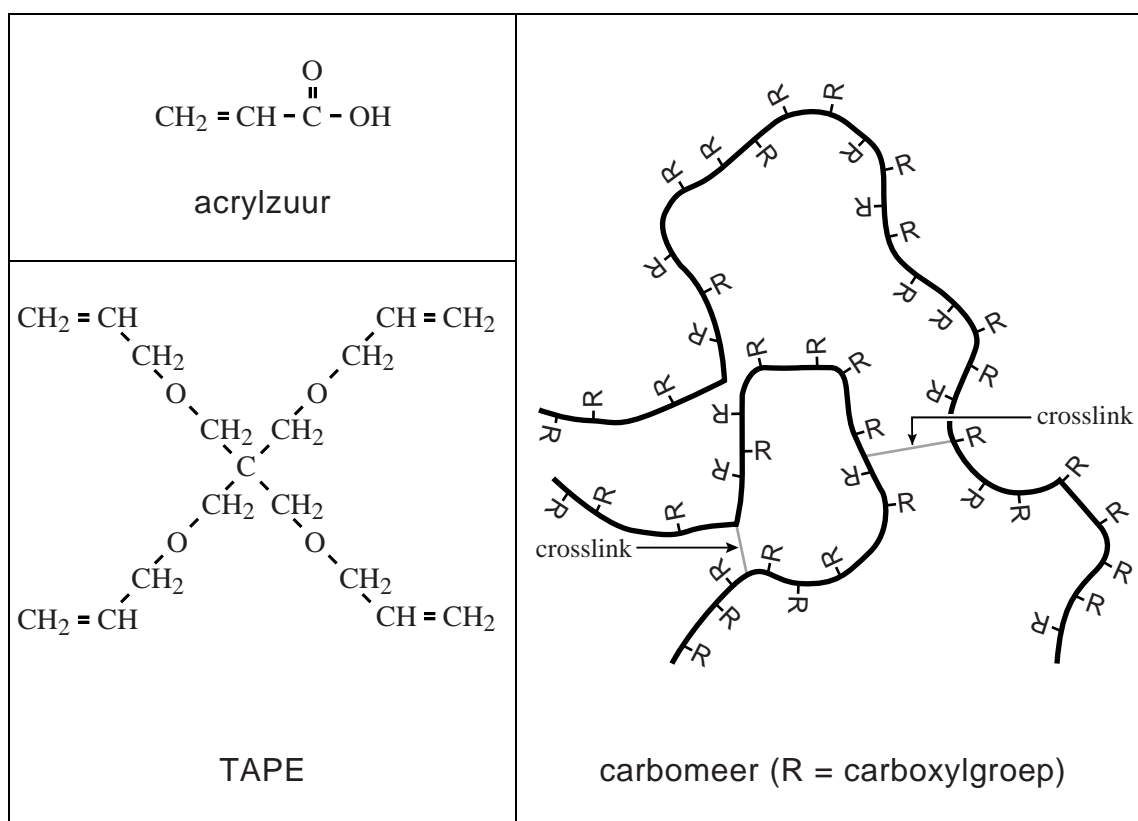
### Kunsttranen

Traanvocht beschermt het oogoppervlak tegen uitdroging. Een tekort aan traanvocht kan een pijnlijk en branderig gevoel veroorzaken. Deze symptomen kunnen worden bestreden met kunstmatig traanvocht uit een druppelflesje, de zogenoemde kunsttranen.



Kunsttranen bevatten een bevochtigingsmiddel dat het eigen traanvocht dikker maakt en uitdroging van het hoornvlies voorkomt. Als bevochtigingsmiddel worden carbomeren gebruikt. Carbomeren zijn stoffen die worden gevormd door additiepolymerisatie van acrylzuur met een stof die voor dwarsverbindingen zorgt, een zogenoemde crosslinker. Een voorbeeld van een crosslinker die wordt gebruikt bij de productie van carbomeren is TAPE. De structuurformules van acrylzuur en TAPE, evenals een schematische weergave van een gedeelte van een mogelijk carbomeermolecuul, zijn weergegeven in figuur 1.

figuur 1



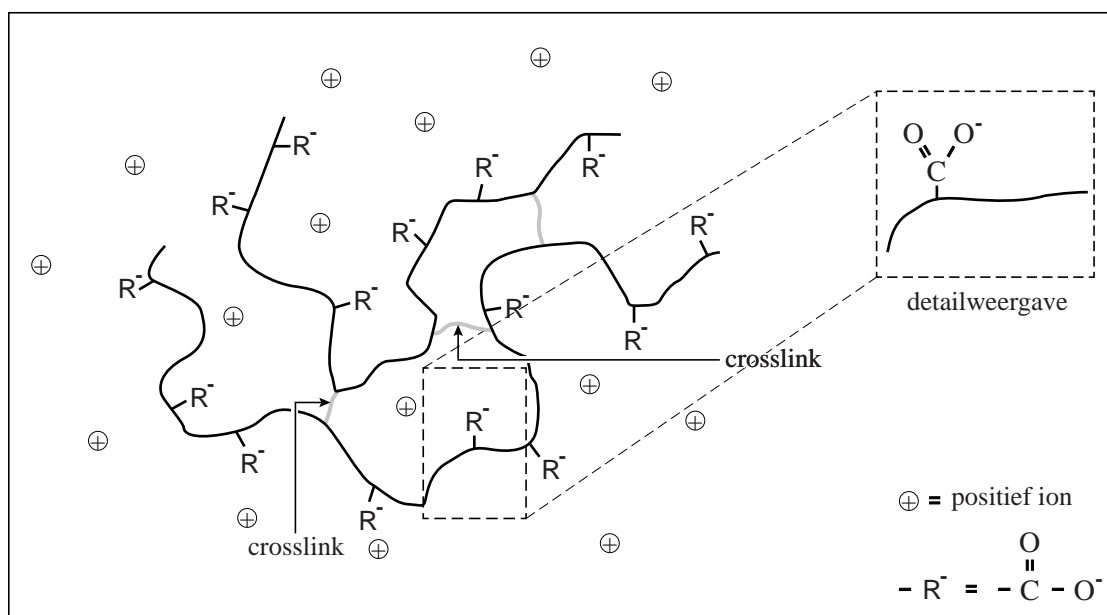
- 3p 10 Geef in structuurformule een gedeelte weer van een additiepolymeer van acrylzuur. Het weergegeven gedeelte moet komen uit het midden van de polymeerketen en moet bestaan uit drie acrylzuureenheden.
- 2p 11 Leg uit dat crosslinks ontstaan wanneer polymerisatie optreedt in een mengsel van acrylzuur en TAPE.

Een bepaald soort kunsttranen wordt gemaakt uit een mengsel dat voornamelijk uit water en een klein beetje carbomeer bestaat. Dit mengsel heeft echter een te hoge concentratie  $H^+$  ionen ( $pH=3,7$ ) om in de ogen te druppelen. Daarom is aan het mengsel ook natriumhydroxide toegevoegd, zodat de  $pH$  van de kunsttranen gelijk is aan de  $pH$  van natuurlijk traanvocht ( $pH=7,3$ ).

- 1p 12 Geef een reden waarom natriumhydroxide geschikt is voor gebruik in deze kunsttranen.
- 2p 13 Bereken de  $[H^+]$  in een vloeistof met  $pH=3,7$ .

Bij  $pH=7,3$  is het merendeel van de carboxylgroepen omgezet tot 'carboxylaat'groepen ( $R^-$ ). Het carbomeer zwelt daardoor op. Het waterbindend vermogen van het geïoniseerde carbomeer is hoger dan wanneer dit carbomeer carboxylgroepen bevat. In figuur 2 is een gedeelte van een geïoniseerd carbomeerdeeltje in een zoutoplossing schematisch weergegeven.

figuur 2

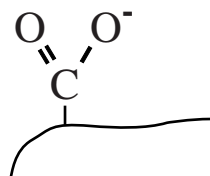


In het opgezwollen carbomeer zijn de carboxylaatgroepen gehydrateerd. Op de uitwerkbijlage is de detailweergave uit figuur 2 nogmaals weergegeven.

- 2p 14 Teken op de uitwerkbijlage hoe een caboxylaatgroep gehydrateerd wordt door twee watermoleculen. Geef elk watermolecuul in structuurformule weer.
- 2p 15 Leg uit of een carbomeer minder, evenveel of meer zal opzwellen bij  $pH=7,3$  wanneer bij een gelijkblijvende hoeveelheid acrylzuur meer crosslinker is gebruikt.

uitwerkbijlage

14





## Hybrideauto

Hybrideauto's zijn uitgerust met zowel een benzine- als een elektromotor. Afhankelijk van de rijomstandigheden wordt de auto aangedreven door de elektromotor, door de benzinemotor of door beide motoren tegelijkertijd. De benzinemotor wordt aangedreven door de verbranding van benzine. Een batterij levert de elektrische energie die nodig is om de elektromotor aan te drijven. De combinatie van deze twee motoren zorgt ervoor, dat het benzineverbruik van een hybrideauto lager is dan van een benzineauto. Hierdoor is de uitstoot van CO<sub>2</sub> door de hybrideauto lager en komen er ook minder andere ongewenste stoffen vrij.

- 2p 16 Noem twee andere ongewenste stoffen die kunnen ontstaan bij de verbranding van benzine in de benzinemotor.

Een voorbeeld van een hybrideauto is de Toyota Prius. Om aan te geven hoe 'schoon' deze auto is, geeft Toyota de volgende tabel met gegevens over het benzineverbruik en de CO<sub>2</sub> uitstoot.

Verbruik	CO <sub>2</sub>
<b>4,0</b>	<b>92</b>
L/100 km	g/km

- 4p 17 Laat door middel van een berekening zien, dat deze waarden met elkaar overeenkomen. Gebruik voor benzine de formule C<sub>7</sub>H<sub>12</sub>, en ga uit van de volgende gegevens:
- de dichtheid van benzine is 0,72 kg per liter;
  - per mol benzine ontstaat 7 mol CO<sub>2</sub>.

In de Toyota Prius is de batterij een nikkel-metaalhydride-batterij, afgekort NiMH-batterij. De ene elektrode (A) van de NiMH-batterij is gemaakt van nikkel-oxyhydroxide, NiO(OH). De andere elektrode (B) bestaat uit een metaalhydride. Het metaalhydride wordt weergegeven met MH. De elektrolyt in een NiMH-batterij is een KOH-oplossing. Wanneer de batterij stroom levert, vinden in de NiMH-batterij de volgende halfreacties plaats:



- 2p 18 Leid af wat de lading is van de nikkelionen in NiO(OH). Neem aan dat NiO(OH) bestaat uit nikkelionen en twee soorten negatieve ionen.

- 2p **19** Is elektrode B de positieve of de negatieve elektrode van de NiMH-batterij? Motiveer je antwoord.

In een handleiding van de Toyota Prius staat onder andere de volgende informatie:

Bij afnemende snelheid, zoals bij afremmen, zet de auto bewegingsenergie om in elektrische energie waarmee de batterij wordt opgeladen.

- 2p **20** Geef de vergelijking van de totale reactie die optreedt tijdens het opladen van de NiMH-batterij.

## Power-to-gas

Windmolens en zonnepanelen produceren soms meer stroom dan via het elektriciteitsnet kan worden afgenomen. Door gebruik te maken van 'power-to-gas'-techniek kan deze energie worden opgeslagen. De elektrische energie wordt dan omgezet tot chemische energie die in de vorm van een brandbaar gas wordt opgeslagen. Deze techniek is in onderstaand tekstfragment beschreven.

### tekstfragment

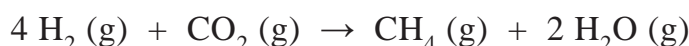
1 Met behulp van (groene) stroom kan water worden ontleed tot zuurstof en  
2 waterstof. Waterstof is een grondstof voor de chemische industrie en kan  
3 dienen als energiebron voor brandstofcelvoertuigen. Ook kan waterstof  
4 door reactie met koolstofdioxide worden omgezet tot methaan. Deze  
5 reactie wordt methanisering genoemd. Het geproduceerde methaan kan  
6 worden ingevoerd in het aardgasnet of – in vloeibare of samengeperste  
7 vorm – worden gebruikt als brandstof voor bijvoorbeeld auto's.  
8 De zuurstof die bij de elektrolyse ontstaat, kan worden gebruikt in een  
9 vergassingsinstallatie, waarin biomassa wordt vergast tot 'synthesegas':  
10 een mengsel van koolstofmonoïxide en waterstof. Hierbij ontstaat ook  
11 een beperkte hoeveelheid koolstofdioxide, die wordt gebruikt voor de  
12 methanisering. Synthesegas is een waardevolle grondstof voor de  
13 chemische industrie.

In het tekstfragment zijn drie chemische processen beschreven:

- elektrolyse;
- methanisering;
- vergassing.

- 2p **21** Geef de reactievergelijking van deze elektrolyse (regels 1 en 2).
- 2p **22** Geef aan of elektrolyse een endotherm of een exotherm proces is. Licht je antwoord toe aan de hand van een gegeven in het tekstfragment.
- 2p **23** Maak op de uitwerkbijlage het energiediagram van de elektrolyse af. Noteer daarin, met de bijbehorende bijschriften, het energieniveau van de geactiveerde toestand en het energieniveau van de reactieproducten.

Bij de methanisering (regels 3 tot en met 5) wordt waterstof exotherm omgezet tot methaan volgens:

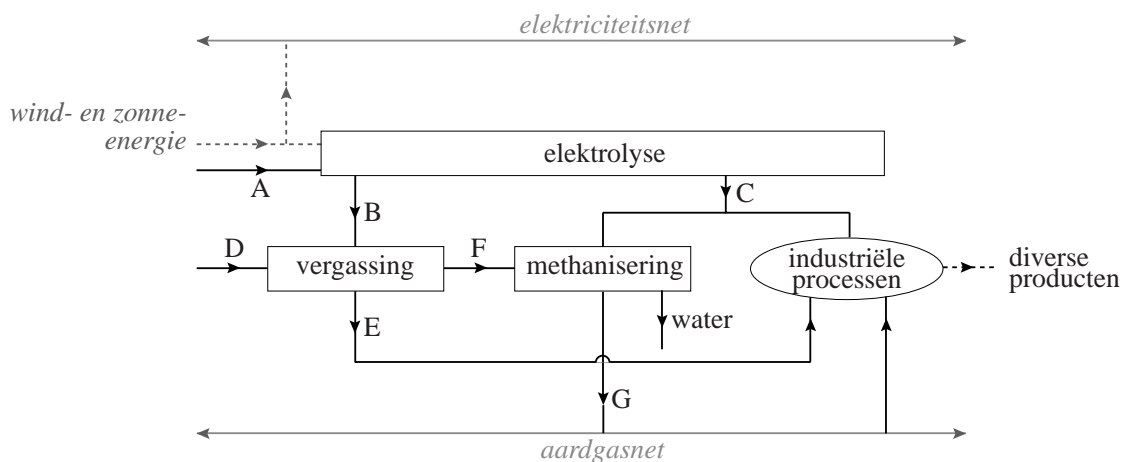


- 3p **24** Bereken voor deze methanisering de reactiewarmte in J per mol  $\text{H}_2$  (bij 298 K en  $p = p_0$ ). Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 57.

- 3p **25** Bereken de E-factor voor deze methanisering. Neem aan dat een rendement van 80% wordt behaald.

Bij de vergassing (regels 8 tot en met 10) wordt vaste biomassa bij hoge temperatuur omgezet tot voornamelijk synthesegas. Dit kan bijvoorbeeld worden gebruikt voor de productie van vloeibare koolwaterstoffen.

Hieronder zijn de processen die zijn beschreven in het tekstfragment, schematisch en vereenvoudigd weergegeven. Dit schema is onvolledig. Bij de stofstromen A t/m G ontbreken de namen.



- 3p **26** Geef de ontbrekende namen.

Noteer je antwoord als volgt:

A: ...                      E: ...  
 B: ...                      F: ...  
 C: ...                      G: ...  
 D: ...

Bij het power-to-gas-proces wordt waterstof omgezet tot methaan. Beide gassen kunnen dienen als brandstof. Men kan zich afvragen of de methanisering in de context van duurzaamheid wel zinvol is voor de opslag van energie.

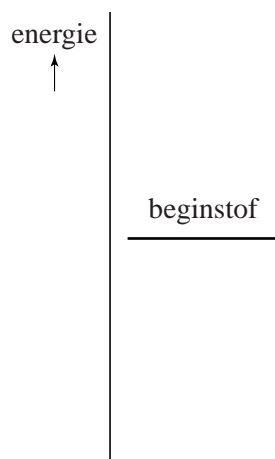
- 2p **27** Pia stelt dat het duurzamer is om de overtollige energie vast te leggen als  $H_2$  gas. Koen zegt dat het duurzamer is om het  $H_2$  gas te methaniseren. Geef voor allebei een (ander) argument om hun uitspraak te ondersteunen.

Noteer je antwoord als volgt:

- argument voor Pia: ...
- argument voor Koen: ...

uitwerkbijlage

23



## Spinazie

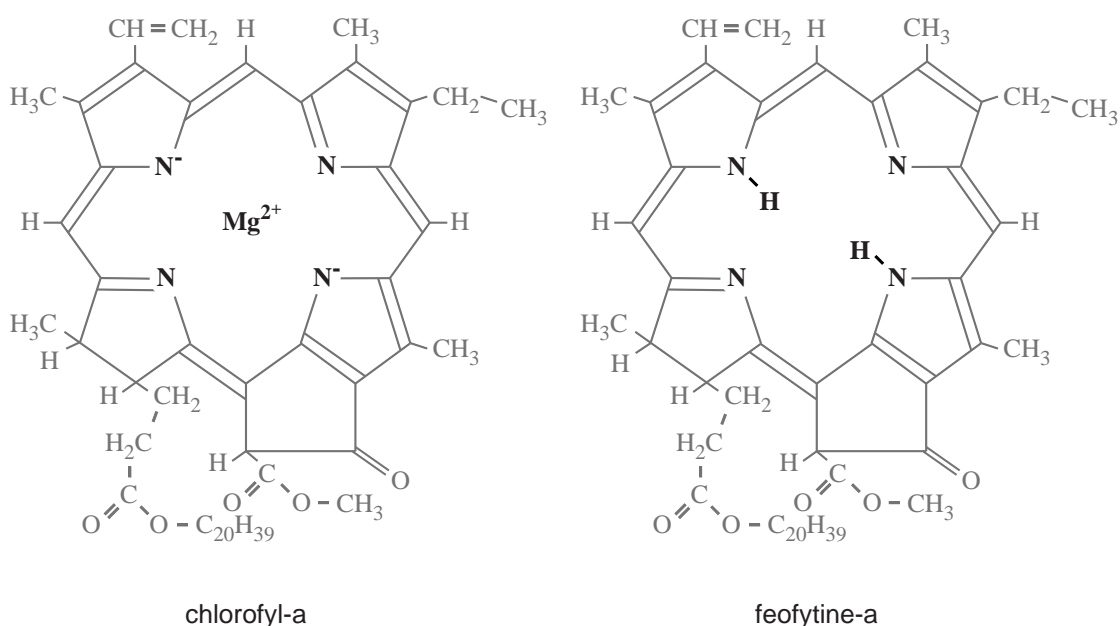
Spinazie is een bladgroente met een donkergroene kleur. Deze kleur wordt vooral veroorzaakt door vier pigmenten: chlorofyl-a, chlorofyl-b,  $\beta$ -caroteen en luteïne. Verse spinazie bevat 93,0 massaprocent water. Het overige deel is 'drooggewicht'. Het gehalte chlorofyl-a is 6,48 gram per 1,00 kilogram drooggewicht.

- 3p 28 Bereken het massa-ppm chlorofyl-a in verse spinazie.

Behalve verse spinazie is ook diepvriesspinazie te koop. Diepvriesspinazie wordt gemaakt door verse spinazie direct na de oogst te wassen, te verhitten en in te vriezen. Hierbij kan (een deel van) de spinazie verkleuren doordat chlorofyl-a en chlorofyl-b omgezet worden tot feofytine-a en feofytine-b. De kleurverandering hangt af van de temperatuur en de duur van de warmtebehandeling, maar ook van de pH.

In figuur 1 zijn de structuurformules van chlorofyl-a en feofytine-a schematisch weergegeven. Met behulp van deze structuurformules is de reactievergelijking van de omzetting van chlorofyl-a af te leiden. Hierbij reageert chlorofyl-a met waterstofionen tot feofytine-a en magnesiumionen.

figuur 1



- 3p 29 Geef met behulp van figuur 1 de reactievergelijking van de omzetting van chlorofyl-a tot feofytine-a. Gebruik voor chlorofyl-a de formule  $\text{MgC}_{55}\text{H}_{72}\text{O}_5\text{N}_4$  (gebruik dus **geen** structuurformules).

- 3p **30** Leg uit met behulp van het botsende-deeltjes-model of spinazie sneller verkleurt bij pH=6,8 dan bij pH=5,5.

Hieronder is een voorschrift weergegeven waarmee door middel van dunne-laag-chromatografie de aanwezigheid van de pigmenten kan worden onderzocht.

- stap 1 Wrijf een mengsel van 0,50 gram spinazie, 0,50 gram watervrij magnesiumsulfaat en 1,0 gram zand zo fijn mogelijk.
- stap 2 Doe dit mengsel in een reageerbuis. Voeg 2,0 mL aceton toe en schud stevig.
- stap 3 Wacht tot de vaste stof naar de bodem is gezakt.
- stap 4 Breng met een pipet een klein beetje van de heldere, groene vloeistof aan op de startlijn van een dunne-laagplaat.
- stap 5 Plaats de dunne-laagplaat in een afsluitbare bak met een laagje loopvloeistof. Gebruik hiervoor een mengsel van petroleumether, cyclohexaan, ethylacetaat, aceton en methanol. Sluit de bak.
- stap 6 Haal na verloop van tijd de dunne-laagplaat uit de bak en geef direct met een potlood aan waar het vloeistoffront is gekomen.

Tijdens stap 1 gaan de cellen in de spinazie kapot en komt de celinhoud vrij. Deze celinhoud bestaat voornamelijk uit water dat met het magnesiumsulfaat reageert tot het zouthydraat  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

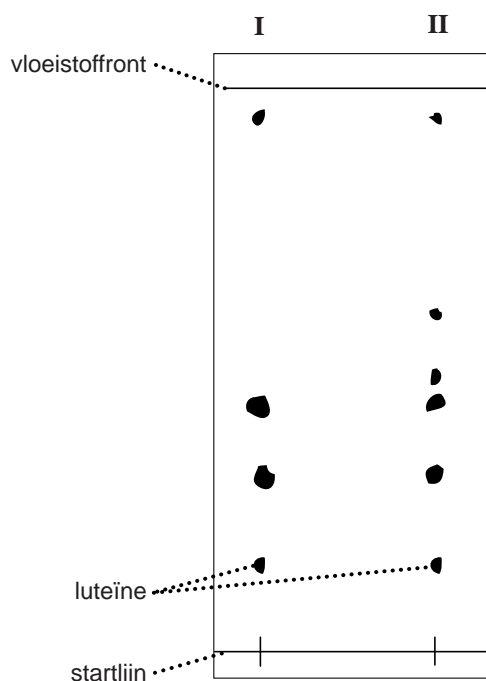
- 3p **31** Laat met een berekening zien dat 0,50 gram watervrij magnesiumsulfaat voldoende is om al het water te binden dat in 0,50 gram verse spinazie aanwezig is.

Bij stap 2 en bij stap 3 wordt een scheidingsmethode gebruikt.

- 2p **32** Noem deze scheidingsmethodes.  
Noteer je antwoord als volgt:  
stap 2: ...  
stap 3: ...

Nick en Simon voeren het voorschrift uit. Ze gebruiken zowel verse spinazie als diepvriesspinazie. Nadat ze van beide een beetje vloeistof hebben aangebracht op de startlijn, verkrijgen ze het chromatogram. Dit chromatogram is afgebeeld in figuur 2. Hierbij zijn de startlijn, het vloeistoffront en de vlekken van luteïne aangegeven.

figuur 2



- 2p 33 Leg uit dat het deel van het chromatogram onder II hoort bij diepvriesspinazie.

Bij dunne-laagchromatografie wordt het begrip Rf-waarde gebruikt. Onder de Rf-waarde wordt verstaan:

$$R_f = \frac{\text{de door de stof afgelegde afstand}}{\text{afstand tussen startlijn en vloeistoffront}}$$

Simon berekent met behulp van het chromatogram de Rf-waarde van luteïne. Deze Rf-waarde verschilt van de Rf-waarde in Binas-tabel 73. Dat verbaast Simon helemaal niet. Hij zegt: “De oplosbaarheid van luteïne in de loopvloeistof is bij onze proef anders.” Nick zegt: “Dat hoeft niet zo te zijn, de Rf-waarde kan ook anders zijn doordat een andere stofeigenschap verschilt.”

- 1p 34 Geef een argument dat Simon kan gebruiken om zijn uitspraak te ondersteunen.
- 2p 35 Geef aan welk verschil Nick bedoelt en licht je antwoord toe.  
 Noteer je antwoord als volgt:  
 verschil: ...  
 toelichting: ...