

Plastic Hero

Begin 2009 is de campagne Plastic Hero van start gegaan. Het doel van deze campagne is meer plastic verpakkingsafval efficiënt te recyclen.

Het verzamelde plastic kan een nieuw leven krijgen als grondstof voor producten zoals fleecedekking, speelgoed en mobiele telefoons. Ook komt door recycling minder afval in verbrandingsovens terecht, waardoor de CO₂ uitstoot wordt beperkt.

Plastic Hero spoort aan om plastic afval gescheiden van ander huishoudelijk afval in te zamelen. Dit plastic afval wordt naar een sorteerstation gebracht, waar de plastics op soort worden gescheiden.

Voorbeelden van plastics die kunnen worden gerecycled, zijn polyetheen, polypropreen en polystyreen.



Veel verpakkingen, plastic draagtassen en knijpflessen zijn gemaakt van polyetheen.

Polyetheen wordt gevormd door polymerisatie van etheen. Etheen wordt verkregen in de aardolie-industrie tijdens het kraakproces.

- 2p 1 Geef een beschrijving van wat er gebeurt tijdens het kraakproces. Gebruik in je beschrijving begrippen op microniveau (deeltjesniveau).

Van polyetheen zijn twee hoofdtypen te onderscheiden: LD-polyetheen (LDPE) en HD-polyetheen (HDPE).

In onderstaande tabel staat een aantal gegevens van LDPE en HDPE.

tabel

	LDPE	HDPE
soort plastic	thermoplast	thermoplast
eigenschappen	<ul style="list-style-type: none"> - onaantastbaar door andere chemicaliën - goed bewerkbaar - soepel - moeilijk breekbaar 	<ul style="list-style-type: none"> - onaantastbaar door andere chemicaliën - goed bewerkbaar - stijf - minder goed bestand tegen stoten
smelttemperatuur	105 – 125 °C	125 – 135 °C
dichtheid	0,92 · 10 ³ kg m ⁻³	0,95 · 10 ³ kg m ⁻³

- 2p 2 Welk type polyetheen is gezien het gebruik het meest geschikt voor plastic draagtassen? Geef een verklaring voor je antwoord; verwerk daarin twee gegevens uit bovenstaande tabel.

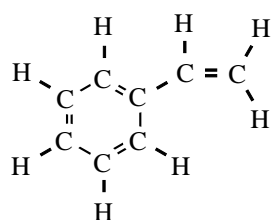
Van polyproppeen worden onder andere yoghurtbekers en bloempotten gemaakt. Polyproppeen wordt gevormd door polymerisatie van propheen.

- 3p **3** Teken een stukje uit het midden van de structuurformule van polyproppeen. In het getekende stukje moeten drie monomeereenheden zijn verwerkt.

De recyclebare plastics worden per soort vermalen tot korrels. Deze korrels worden gesmolten, in een vorm geperst en afgekoeld. Deze methode is toepasbaar voor thermoplasten omdat deze kunnen smelten. Thermoharders kunnen dit niet.

- 3p **4** Leg uit aan de hand van verschillen in de microstructuur waarom thermoplasten wel kunnen smelten en thermoharders niet.

Wegwerpkoffiebekertjes worden gemaakt van polystyreen. Polystyreen wordt gevormd door polymerisatie van styreen. De structuurformule van styreen kan als volgt worden weergegeven:



Door plastic te verbranden, komt er CO₂ in de atmosfeer.

- 1p **5** Hoeveel koolstofdioxidemoleculen ontstaan per monomeereenheid van polystyreen bij de volledige verbranding van polystyreen? De formule van de monomeereenheid van polystyreen is C₈H₈.
- 3p **6** Bereken hoeveel dm³ koolstofdioxide ontstaat bij de volledige verbranding van 50 wegwerpbekertjes.
Ga er bij de berekening van uit dat de bekertjes volledig uit polystyreen bestaan en maak gebruik van de volgende gegevens:
- een wegwerpbekertje weegt 2,8 gram;
 - de molaire massa van de monomeereenheid van polystyreen bedraagt 104,1 g mol⁻¹;
 - het volume van een mol CO₂ is 24,5 dm³.

Door plastic te recyclen in plaats van te verbranden, wordt de CO₂ uitstoot verminderd. Toch gaat recyclen ook gepaard met de uitstoot van CO₂.

- 1p **7** Geef een reden waarom dit zo is.

Picrinezuur

In mei 2009 kopte een krant: “Explosieve stof bij school tot ontploffing gebracht”. De stof waar het hierbij om ging is picrinezuur, $C_6H_3N_3O_7$. Picrinezuur is een gele vaste stof. Oplossingen van deze stof werden vroeger op scholen bij het vak biologie gebruikt om preparaten van planten te kleuren. In droge toestand is picrinezuur explosief. Daarom wordt het geleverd in potten waarin vast picrinezuur onder water staat. In dit water is wat picrinezuur opgelost. Het opgeloste picrinezuur is gedeeltelijk geïoniseerd volgens:



In een pot picrinezuur heersen dus twee evenwichten:

- A het evenwicht tussen vast picrinezuur en opgelost picrinezuur;
- B het ionisatie-evenwicht van picrinezuur zoals hierboven is weergegeven.

- 2p **8** Leg voor beide evenwichten uit of het hierbij gaat om een homogeen of een heterogeen evenwicht.

Noteer je antwoord als volgt:

Evenwicht A is een ... evenwicht, omdat ...

Evenwicht B is een ... evenwicht, omdat ...

De oplosbaarheid van picrinezuur is niet hoog, namelijk 1,4 gram per 100 mL. In een verzadigde oplossing van picrinezuur is 89% van het picrinezuur geïoniseerd. Hierdoor is een verzadigde oplossing van picrinezuur toch behoorlijk zuur.

- 3p **9** Bereken de molariteit, in mol L^{-1} , van een verzadigde oplossing van picrinezuur.

- 2p **10** Bereken de pH van deze verzadigde oplossing.

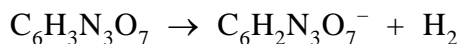
Als het water uit een pot picrinezuur is verdampt, kan het picrinezuur sublimeren. Dit heeft tot gevolg dat zich kristallen picrinezuur tussen de pot en het deksel vormen. Dan kan het openen van de pot tot een explosie leiden door wrijving van het deksel langs de rand van de pot.

- 2p **11** Geef het sublimeren van picrinezuur in een vergelijking weer. Geef hierbij ook de toestandsaanduidingen.

Bij de explosie van picrinezuur treedt een zogenoemde inwendige verbranding op. Bij een inwendige verbranding wordt de zuurstof niet door zuurstof uit de lucht geleverd, maar door de te verbranden stof zelf. Als picrinezuur explodeert, ontstaan koolstofdioxide, koolstofmono-oxide, water, waterstof en stikstof. De molverhouding waarin deze stoffen ontstaan, kan variëren.

- 3p **12** Geef de reactievergelijking voor een explosie van picrinezuur waarbij koolstofdioxide en koolstofmono-oxide in de molverhouding 1 : 11 ontstaan.

Een andere gevaarlijke eigenschap van picrinezuur is, dat het via een redoxreactie kan reageren met metalen. Hierbij ontstaan zogenoemde metaalpicraten. Deze metaalpicraten zijn nog explosiever dan picrinezuur. De vergelijking van de halfreactie van picrinezuur is hieronder gedeeltelijk weergegeven:



In deze vergelijking zijn e^- en de coëfficiënten weggelaten.

- 2p **13** Neem de vergelijking over, zet e^- aan de juiste kant van de pijl en maak de vergelijking kloppend.
- 1p **14** Leg uit of picrinezuur in de reactie met een metaal als oxidator of als reductor reageert.

Op de etiketten van potten met gevaarlijke stoffen staan nummers van R-zinnen (gevarencinnen, zie Binas-tabel 97E) vermeld. Op het etiket van een pot picrinezuur staan er twee vermeld uit de R-zinnen R1 t/m R4. Tijdens een discussie in de klas stelt Kees dat dat de zinnen R2 en R3 kunnen zijn. Karien vindt het meer voor de hand liggend dat het de zinnen R1 en R4 zijn. Voor beide standpunten is iets te zeggen, maar er valt op beide standpunten ook wel iets af te dingen.

- 3p **15** Geef een argument voor en een argument tegen elk van beide standpunten. Gebruik gegevens uit deze opgave en Binas-tabel 97E.

Synthesegas

Synthesegas is een mengsel van koolstofmono-oxide en waterstof. Het is onder andere de grondstof voor de productie van methanol.

- 2p **16** Leg uit welke stoichiometrische verhouding voor koolstofmono-oxide en waterstof moet worden gekozen voor de productie van methanol.

In een bepaald continu productieproces wordt methanol verkregen uit synthesegas met een rendement van 68%.

- 1p **17** Bereken hoeveel ton methanol in dit proces kan worden verkregen uit 5,0 ton synthesegas. Neem aan dat het gebruikte synthesegas de juiste stoichiometrische verhouding voor koolstofmono-oxide en waterstof heeft.

De vorming van methanol uit synthesegas is een evenwichtsreactie. Dit is echter niet de oorzaak van het feit dat het rendement van het proces lager is dan 100%.

- 1p **18** Leg dit uit.
2p **19** Waardoor kan het rendement van dit proces toch lager dan 100% zijn? Geef twee mogelijke oorzaken.

Onderstaand tekstfragment gaat over de productie van synthesegas.

tekstfragment 1

- 1 Synthesegas werd vroeger gemaakt door methaan met stoom te laten reageren
- 2 bij hoge temperatuur en druk (methode 1). De reactie is behoorlijk endotherm
- 3 waardoor het proces erg duur is.
- 4 Men zocht naar goedkopere manieren om synthesegas te produceren.
- 5 Gedeeltelijke oxidatie van methaan met zuurstof onder invloed van een
- 6 geschikte katalysator is zo'n alternatief (methode 2). Een nadeel van dit proces
- 7 is dat zuivere zuurstof gebruikt moet worden.
- 8 Henny Bouwmeester van de Universiteit Twente heeft samen met collega's van
- 9 de University of Science and Technology of China een nieuwe methode
- 10 ontwikkeld. Hierbij wordt de zuurstof voor de vorming van synthesegas direct uit
- 11 de lucht gehaald (methode 3).

naar: NRC Handelsblad

- 2p **20** Verklaar waarom een endotherm proces duur is (regels 2 en 3).

Bij de tweede methode wordt zuivere zuurstof verkregen door lucht zodanig te behandelen dat een mengsel overblijft van zuurstof, stikstof en argon.

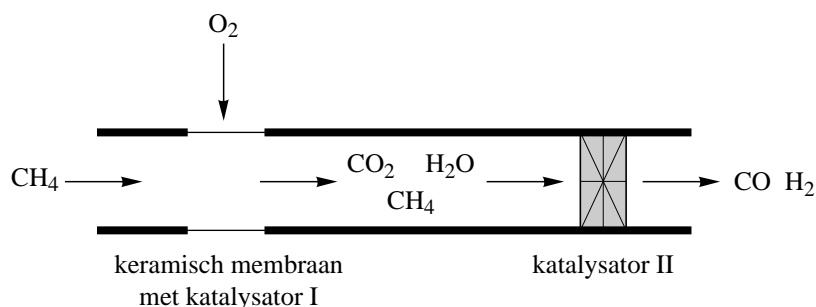
Dit gasmengsel koelt men vervolgens af totdat het vloeibaar is geworden. Door het mengsel daarna langzaam op te warmen, wordt zuivere vloeibare zuurstof verkregen.

- 2p 21 Geef de temperatuurgrenzen aan waarbinnen zuivere vloeibare zuurstof verkregen wordt, wanneer het vloeibaar gemaakte gasmengsel (met een temperatuur van 70 K) wordt opgewarmd. Maak voor de beantwoording gebruik van gegevens uit Binas en neem aan dat het proces plaatsvindt bij $p = p_0$.

Bouwmeester en zijn collega's hebben de resultaten van hun onderzoek (aangaande methode 3 uit tekstfragment 1) beschreven in een artikel. Een deel van dat artikel is hieronder samengevat en bewerkt weergegeven.

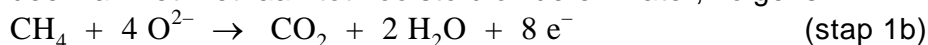
tekstfragment 2

Voor de vorming van synthesegas uit methaan, waarbij geen zuivere zuurstof nodig is, wordt gebruik gemaakt van een buisreactor die hieronder schematisch is weergegeven.



In het eerste deel van de buis bevindt zich een keramisch membraan. Aan de buitenkant van dit membraan worden de zuurstofmoleculen uit de lucht omgezet tot oxide-ionen: $O_2 + 4 e^- \rightarrow 2 O^{2-}$ (stap 1a)

De O^{2-} ionen verplaatsen zich door het membraan naar de binnenkant van het membraan. Daar reageren ze met behulp van de katalysator Co_3O_4 met een deel van het methaan tot koolstofdioxide en water, volgens:



In het tweede deel van de buis reageert een deel van het overgebleven methaan met het aanwezige CO_2 tot synthesegas. (stap 2)

De rest van het methaan reageert met het aanwezige water ook tot synthesegas. (stap 3)

Om de stappen 2 en 3 voldoende snel te laten verlopen, wordt een katalysator gebruikt die bestaat uit 12,5 massa% Ni en voor de rest uit Al_2O_3 .

Tot nu toe is het proces alleen op laboratoriumschaal uitgeprobeerd: de buisreactor is slechts enkele centimeters lang. Voor schaalvergroting is verder onderzoek noodzakelijk.

naar: *Angewandte Chemie*

2p **22** Leid af in welke molverhouding Co^{2+} en Co^{3+} voorkomen in de katalysator Co_3O_4 . Geef een verklaring voor je antwoord.
Noteer je antwoord als volgt:
 $\text{Co}^{2+} : \text{Co}^{3+} = \dots : \dots$, want ...

2p **23** Leid uit de vergelijkingen van beide halfreacties de vergelijking af van de totale reactie die plaatsvindt in het eerste deel van de buis.

In het tweede deel van de buis wordt ook een katalysator gebruikt.

4p **24** Bereken de verhouding tussen het aantal mol nikkelatomen en het aantal mol aluminiumionen in deze katalysator. Noteer je uitkomst als volgt:
aantal mol Ni : aantal mol $\text{Al}^{3+} = 1,00 : \dots$

3p **25** Geef de vergelijking van de reactie van stap 2 en de vergelijking van de reactie van stap 3.
Noteer je antwoord als volgt:
reactievergelijking van stap 2: ...
reactievergelijking van stap 3: ...

In tekstfragment 1 (regel 4) wordt gesuggereerd dat methode 1 duurder is dan de nieuw ontwikkelde methode 3. Uit tekstfragment 2 kan worden opgemaakt dat dit niet het geval hoeft te zijn.

2p **26** Geef een mogelijke reden waarom methode 3 goedkoper kan zijn dan methode 1 en geef ook een mogelijke reden waarom dit niet het geval hoeft te zijn.

Brood

Brood eten we elke dag. Hoe wordt brood gemaakt?

Bij de bereiding van tarwebrood uit de grondstoffen tarwemeel, water, zout en gist kunnen we verschillende stappen onderscheiden: kneden, rijzen en bakken. Het hoofdbestanddeel van tarwemeel is amylose (zetmeel). Amylose bestaat uit lange ketens die opgebouwd zijn uit glucose-eenheden (zie Binas-tabel 67A3). Amylosemoleculen zijn niet allemaal even groot. Er zijn amylosemoleculen die bestaan uit enkele honderden glucose-eenheden, maar er zijn ook amylosemoleculen die uit vele duizenden glucose-eenheden bestaan. Een bepaalde amylosesoort heeft een gemiddelde molecuulmassa van $2,5 \cdot 10^5$ u.

- 2p **27** Bereken het gemiddelde aantal glucose-eenheden in de moleculen van deze amylosesoort.

Het kneden

In een bakkerij worden de grondstoffen in deegkuipen gemengd en gekneed. Tijdens dit kneden treden verschillende processen op. Het enzym amylase, dat van nature in tarwemeel voorkomt, speelt daarbij een belangrijke rol. Samen met het enzym maltase zorgt amylase voor de afbraak van amylose tot uiteindelijk glucose. Deze afbraak vindt plaats door middel van hydrolysereacties.

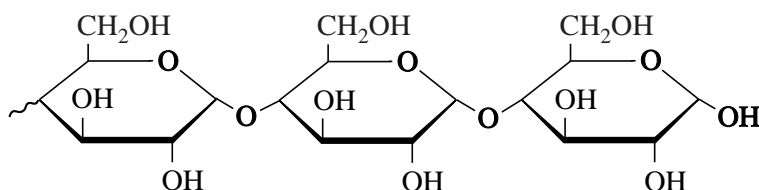
Er zijn twee verschillende soorten amylase: α -amylase en β -amylase.

α -Amylase splitst amylose met lange ketens tot amylose met kortere ketens.

β -Amylase kan alleen aan de uiteinden van een molecuul amylose steeds een molecuul maltose afsplitsen. Een molecuul maltose bestaat uit twee aan elkaar gekoppelde moleculen glucose. Maltose wordt door maltase omgezet tot glucose.

Door toename van de hoeveelheid glucose treedt een betere gisting van het brooddeeg op.

Hieronder is een uiteinde van de structuurformule van amylose schematisch weergegeven. Deze structuurformule is ook op de uitwerkbijlage getekend.



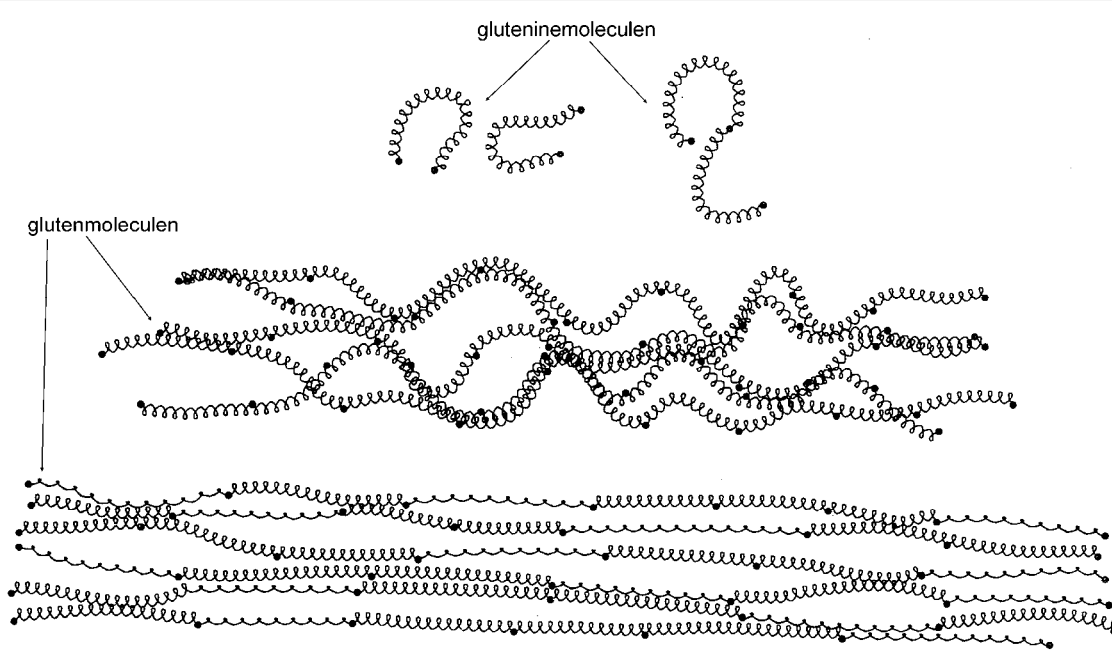
- 3p **28** Geef op de uitwerkbijlage de reactievergelijking voor de afsplitsing van een molecuul maltose. Ga daarbij uit van de al gegeven structuurformule en noteer de reactieproducten in vergelijkbare structuurformules.

Wanneer onvoldoende α -amylase in een bepaalde soort tarwemeel aanwezig is, wordt dit enzym extra toegevoegd als broodverbetermiddel. Hierdoor wordt veel sneller maltose gevormd dan wanneer (bijna) alleen β -amylase aanwezig is.

- 2p **29** Leg uit hoe het toevoegen van extra α -amylase ervoor zorgt dat sneller maltose wordt gevormd dan wanneer (bijna) alleen β -amylase aanwezig is.

Een ander proces dat tijdens het kneden van brooddeeg plaatsvindt, is de vorming van lange glutenmoleculen. In een boek staat hierover het volgende:

tekstfragment



De structuur van gluten Als van bloem en water een deeg wordt geknead, hechten de glutenine-eiwitten zich met de uiteinden aan elkaar en vormen ze lange, samengestelde glutenmoleculen. Deeg is elastisch omdat de glutenmoleculen spiralen en veel kronkels vertonen. Als een deegmassa wordt uitgerekt, worden de kronkels rechtgetrokken, worden de spiralen uitgerekt en de eiwitten langer (onder). Als de spanning van het uitrekken wegvalt, nemen veel kronkels en spiralen hun oude vorm weer aan, wordt de eiwitmassa korter en krimpt het deeg tot zijn oorspronkelijke vorm.

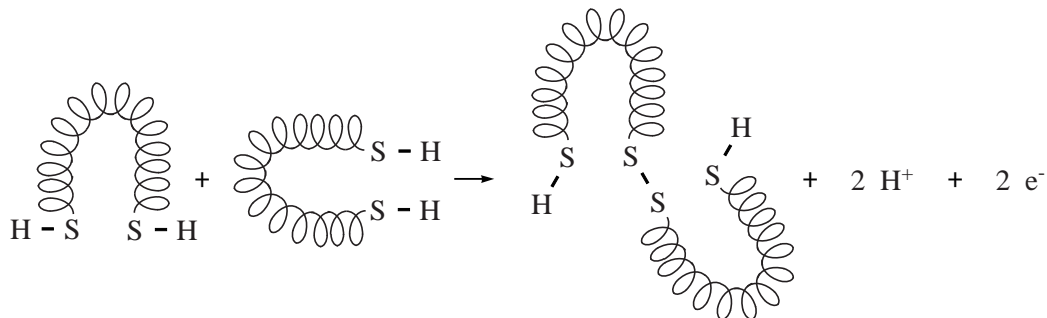
bron: Over eten en koken; Harold McGee

In het tekstfragment worden begrippen op microniveau en begrippen op macroniveau gebruikt. Het begrip ‘eiwitten’ komt twee keer voor in het fragment: in regel 2 (glutenine-eiwitten) en in regel 6.

2p **30** Wordt ‘eiwitten’ in regel 2 en in regel 6 op microniveau of op macroniveau gebruikt? Geef een verklaring voor je antwoord.

Moleculen glutenine hebben aan elk uiteinde een zwavelhoudend aminozuur. Deze zwavelhoudende aminozuren vormen sterke zwavel-zwavelbindingen, zogenoemde zwavelbruggen, met aminozuren aan de uiteinden van andere moleculen glutenine. Hierbij treedt een redoxreactie op.

De vergelijking van de halfreactie van de vorming van een zwavelbrug tussen twee moleculen glutenine is hieronder schematisch weergegeven:



Om deze omzetting te laten plaatsvinden, is een extra stof nodig die door het kneden in het deeg terecht komt.

- 2p **31** Leg uit welke stof dat is.
- 1p **32** Tot welk type binding behoort de zwavelbrug?

Het rijzen

Na het kneden laat men het deeg rijzen. Tijdens het rijzen wordt glucose onder invloed van gist omgezet tot ethanol (alcohol) en het gas koolstofdioxide:



Het ontstane koolstofdioxide zorgt voor de belletjes in het deeg. Deze gasbelletjes drukken het deeg omhoog. Door de glutenstructuur houdt het deeg de belletjes vast, zodat het gerezen deeg niet meer in elkaar zakt.

- 4p **33** Bereken hoeveel g glucose tenminste is omgezet voor de vorming van de hoeveelheid CO_2 in een gerezen deeg met een volume van $2,7 \text{ dm}^3$.
Ga er bij je berekening van uit dat:
- het volumepercentage CO_2 in het deeg 75% is;
 - het volume van een mol CO_2 $25,4 \text{ dm}^3$ is.

Het bakken

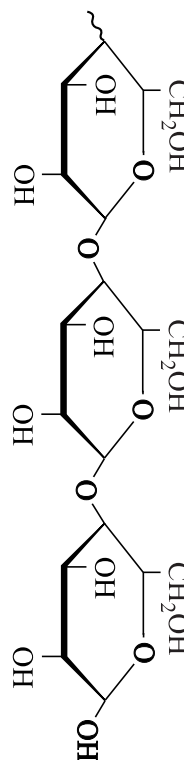
Als het deeg voldoende is gerezen, wordt het gebakken in een oven bij een temperatuur van circa $230 \text{ }^\circ\text{C}$. De gluteneiwitten gaan dan sterke onderlinge dwarsverbindingen aan en de belletjeswanden breken open, zodat er een netwerk van onderling verbonden holtes ontstaat.

Tijdens het rijzen van het brood is alcohol ontstaan, maar in gebakken brood is geen alcohol aanwezig.

- 1p **34** Geef aan waarom in gebakken brood geen alcohol aanwezig is.

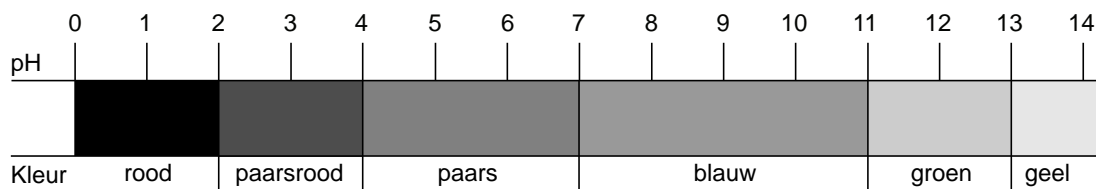
uitwerkbijlage

28



Rodekoolsap

Rodekoolsap geeft aan een zure oplossing een andere kleur dan aan een basische oplossing en kan daardoor gebruikt worden als zuur-base-indicator. Van zuur naar basisch verandert de kleur geleidelijk. Hieronder wordt de kleurschaal voor rodekoolsap schematisch weergegeven.



naar: www.braukaiser.com

Tim maakt rodekoolsap. Hij neemt een paar bladeren van een rode kool en snijdt deze in kleine stukjes, doet deze stukjes in een bekglas en voegt water toe. Hij laat het mengsel tien minuten zachtjes koken. Nadat het mengsel is afgekoeld, schenkt Tim het door een zeef en vangt het sap op.

- 2p **35** Geef de namen van de twee scheidingsmethoden die Tim gebruikt bij de bereiding van het rodekoolsap.

Met het rodekoolsap voert Tim drie proeven uit.

Proef A: Tim doet 5 mL 0,2 M zoutzuur in een reageerbuis, voegt een paar druppels rodekoolsap toe en schudt.

Proef B: Tim doet 5 mL 0,2 M azijnzuur in een reageerbuis, voegt een paar druppels rodekoolsap toe en schudt. Hij vergelijkt de kleur die de oplossing krijgt met de kleur bij proef A.

Proef C: Tim neemt een reageerbuis en doet hier een spatelpuntje bariumhydroxide in. Hij voegt 5 mL water toe en schudt tot al het bariumhydroxide is opgelost. Tim voegt een paar druppels rodekoolsap toe, schudt en bekijkt de kleur. Vervolgens doet Tim deze oplossing in een groot bekglas en voegt water toe totdat de kleur van de oplossing verandert.

- 1p **36** Bereken de pH van het mengsel dat ontstaat bij proef A. Neem hierbij aan dat het toevoegen van rodekoolsap geen invloed heeft op de pH.
- 2p **37** Leg uit waardoor bij proef B een andere kleur ontstaat dan bij proef A.
- 2p **38** Geef de vergelijking voor het oplossen van bariumhydroxide.
- 2p **39** Leg uit welke kleurverandering Tim waargenomen kan hebben bij proef C. Geef je antwoord als volgt:
De kleur verandert van ... naar ..., omdat ...