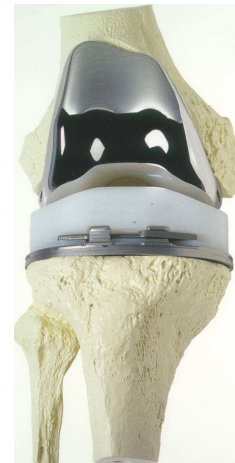


Naam	
Klas	

Melkzuur

Van spierpijn tot kunstknie

3 havo



Inhoudsopgave

	Blz.
Voorwoord	2
1. Melkzuur, wat is 't en wat kun je er mee?	3
Opgaven	11
2. Hoe maak je melkzuur?	13
Opgaven	19
3. Wat is polymelkzuur? De grondstof voor bioplastic!	20
Opgaven	29
Kenniskaarten	30
Artikelen	35
Kanjerkaarten	51

Voorwoord

Beste leerlingen,

Zoals je weet heeft je lichaam zuurstof nodig om voedsel te verbranden. Als jij je flink inspant, lukt het niet om genoeg zuurstof aan te voeren. Als het daar bij blijft is er een kans dat je in elkaar stort. Gelukkig heeft je lichaam een andere route om aan energie te komen: suikers omzetten in **melkzuur**. Dit levert minder energie, maar je kunt in elk geval verder. Later moet je nog even hijgen, zodat je lichaam extra zuurstof binnen krijgt om het melkzuur alsnog te verbranden.

En zo begint deze module: ons eigen lichaam maakt melkzuur aan als we ons inspannen. Daar komt de term 'verzuren' vandaan. Maar daar laten we het niet bij! Het zal blijken dat de chemische industrie de natuur als inspiratiebron heeft gebruikt. Melkzuur heeft namelijk ook toepassingen op heel andere gebieden. We kunnen het gebruiken om kunststoffen te maken die sneller afbreken in de natuur. Verder wordt het tegenwoordig zelfs toegepast om een kapotte knie te repareren. Je hebt dan wel heel veel melkzuur nodig en het bij mensen aftappen is wat lastig. Daarom leer je ook hoe de industrie melkzuur op grote schaal maakt. En hoe ze daarbij rekening houden met duurzaamheid en het milieu.

Het zal best wat inspanning kosten om dit allemaal te begrijpen.

Daarom zijn er flink wat **leuke proeven** om je op weg te helpen.

Op de **kenniskaarten** staan de belangrijkste begrippen die je moet leren voor het proefwerk.

Artikelen geven je een aardige indruk over de toepassingen van melkzuur.

Er zijn **uitwerkingen** beschikbaar met mogelijke antwoorden op de vragen.

Heb je nog energie over? Doe dan één van de uitdagende opdrachten op de **kanjerkaarten**.

Deze module vind je ook op de internetsite <http://www.scheikundeinbedrijf.nl>

Daar kun je de **links en animaties** die in de module staan bekijken.

1. Melkzuur, wat is 't en wat kun je er mee?

Inleiding

Melkzuur, tja waar ken je dat van? Het zal wel zuur geworden melk zijn, maar dat stinkt en daarom proef je niet! Melkzuur zit in veel voedingsmiddelen verwerkt. Denk maar aan karnemelk met zijn fris zure smaak. En wat denk je van zuurkool? Waarschijnlijk ken je het ook wel van de reclames: "deze yoghurt bevat rechtsdraaiend melkzuur". In sportverslaggeving wordt regelmatig over verzuuring gesproken, bijvoorbeeld bij een marathonloop: "de laatste kilometers zijn extra zwaar nu, want alle spieren zijn verzuurd". Of bij schaatsen: "een halve seconde langzamer dit rondje, ai ai dat doet pijn, de benen lopen helemaal vol met melkzuur..."

Demonstratieproef 1: Boeken tillen

Onderzoeksvraag

Wat is verzuren eigenlijk?

Benodigdheden

- Een paar zware boeken
- Een stopwatch
- Een stoere vrijwilliger

Werkwijze

Eén leerling gaat met gestrekte armen een paar atlassen of zware boeken (3-5 kg) tillen.

De tijd wordt opgenomen tot de armen gaan zakken.

Binnen 10 seconden begint deze leerlingen opnieuw met dit tilexperiment.

Noteer de resultaten in de tabel

Meetresultaten

Poging	Tijd (min.)
1 ^e	
2 ^e	

Conclusie

Vragen

1. Probeer uit te leggen wat er in de armspieren is gebeurd.

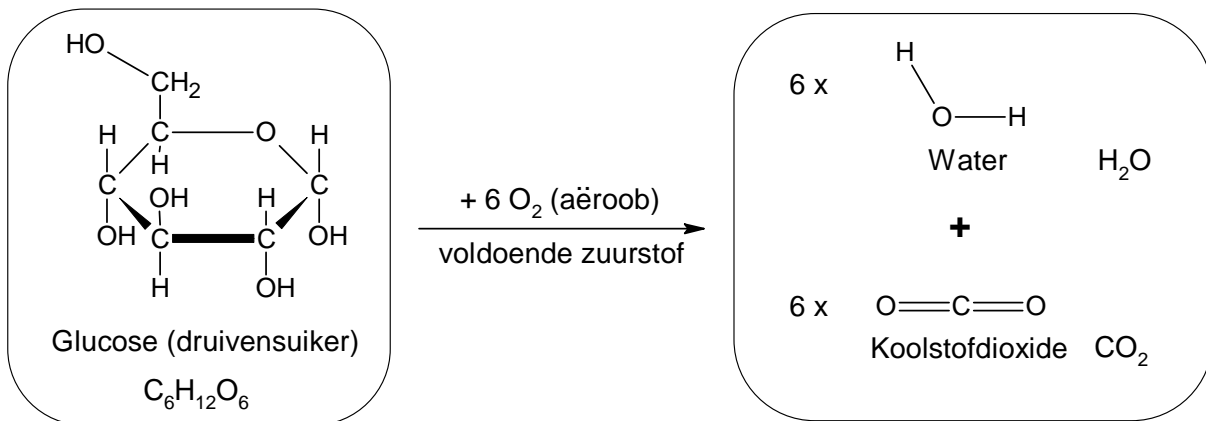
2. Leg uit waarom je extra veel last van verzuuring krijgt als je flink zweet bij sporten.

Ademhaling en verzuring

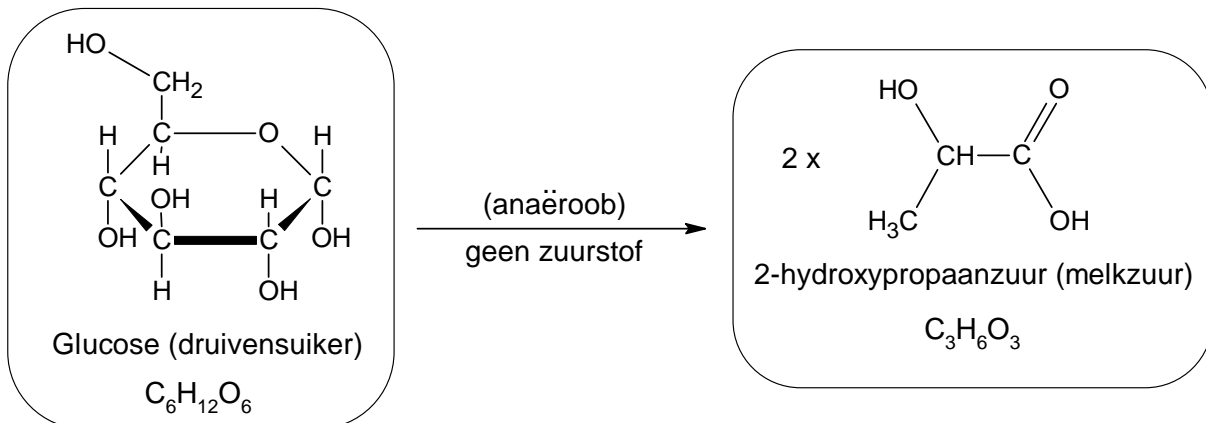
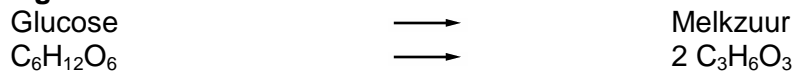
De ademhaling gaat gelukkig steeds door, zuurstof wordt ingeademd, koolstofdioxide en water worden uitgedemd. De zuurstof komt gewoon uit de lucht en wordt gebruikt om bijvoorbeeld glucose (druivensuiker) te verbranden. Dit noemen we een aërobe verbranding. Bij deze reactie ontstaan water en koolstofdioxide. Er komt ook behoorlijk wat energie bij vrij en daardoor kun je sporten. Echter als je een beetje fanatiek sport, merk je dat je sneller gaat ademen en dat het moeizamer gaat. Er is nu in de spiercellen minder zuurstof aanwezig waardoor er een anaërobe verbranding van glucose op gang komt. Bij deze reactie ontstaat door specifieke bacteriën rechtsdraaiend melkzuur. Je spieren raken verzuurd en dit leidt tot vermoeidheid en doet pijn.

In reactieschema ziet het er zo uit:

Ademhaling



Verzuring



Opdracht 1: Artikelen lezen

Je docent geeft aan welke van de artikelen 1.1 t/m 1.3 je gaat lezen. Hij/ zij vertelt je eveneens of je de vragen bij de artikelen gaat maken of dat je in een groepje een samenvatting voor je klasgenoten moet maken.

Het kan ook zijn dat je een bepaald artikel op internet moet lezen. Ga dan naar:

<http://www.scheikundeinbedrijf.nl>

Opdracht 2: Melkzuur is E270

Inleiding

Zoals je inmiddels weet, komt melkzuur veel in voedingsmiddelen voor. Er is een E-nummer aan toegekend. E-nummers zijn codes die de Europese Unie geeft aan 'voedseladditieven'. Dit zijn stoffen die aan ons voedsel worden toegevoegd om ze bijvoorbeeld een betere smaak, kleur, geur of houdbaarheid te geven. Voorbeelden van additieven zijn: citroenzuur, vitamine C en melkzuur.

Opdracht

Zoek deze week thuis en in de supermarkt producten op die E270 bevatten. Schrijf je zoekresultaten op de poster die in het scheikundelokaal hangt.

Proef 2: Yoghurt maken

Doel: Yoghurt maken

Onderzoeksvragen

1. Welke invloed heeft de temperatuur op de vorming van yoghurt?
2. Maakt het uit of je begint met gepasteuriseerde of gesteriliseerde melk?
3. Maakt het uit of welke soort yoghurt (0% vet, magere yoghurt, volle yoghurt, enz.) je aan de melk toevoegt?

Benodigdheden

- Bekerglas
- Thermometer
- Waterbad
- Bunsenbrander
- Aluminiumfolie
- Boerenyoghurt en magere yoghurt
- 1 liter gesteriliseerde volle melk
- 1 liter gepasteuriseerde volle melk
- 1 liter boerenlandmelk
- pH-papier

Werkwijze

Je docent gaat de onderzoeksvragen over de klas verdelen.

Ieder groepje hoeft maar één onderzoeksvraag uit te beantwoorden.

Bedenk hoe je onderstaand voorschrift moet aanpassen voor jullie onderzoeksvraag.

- Doe 100 mL melk in een schoon bekerglas en dek het af met aluminiumfolie.
- Voeg 2 - 3 mL yoghurt toe. Hierin zitten de benodigde bacteriën. Weer afdekken.
- Zet het mengsel weg bij een temperatuur van 45°C. Gebruik daarvoor een waterbad.
- Neem meteen nadat de yoghurt bij de melk gedaan is, dat is de start van de yoghurt- of melkzuurproductie, een controlemonster van 2 mL uit het mengsel.
- Gebruik hierbij een pipet of spuitje en doe het monster in een bekersglasje.
- Meet de pH met behulp van een pH-papiertje. Dit is een beetje lastig omdat melk en yoghurt wit zijn. Doop daarom het pH-papier goed onder in de melk of de ontstane yoghurt. Veeg het papiertje daarna een beetje schoon met een droog stukje tissue. Vergelijk vervolgens de kleur van het papiertje met het doosje om de pH af te lezen.
- Meet de pH van de oorspronkelijke yoghurt (om mee te enten), de oorspronkelijke melk en meet aan het einde van de les en de volgende les nog een keer de pH van je zelfgemaakte yoghurt.

Waarnemingen

Resultaten

Tijd (uur)	Product	pH
Begin	melk	
Begin	yoghurt	
Start	controlemonster	
Einde les	zelfgemaakte yoghurt	
Volgende les	zelfgemaakte yoghurt	

Conclusie

Proef 3: pH meten van zure-, neutrale- en basische oplossingen

Doel: Meet de pH van de beschikbare oplossingen en verwerk de resultaten.

Benodigdheden

- Universeel indicator papier
- pH-meter
- Glasstaaf om een druppel oplossing te nemen
- Zuur, neutrale en basische oplossingen

Werkwijze

- Breng van elke oplossing een druppel op een klein stukje universeel indicator papier.
- Gebruik eventueel een pH-meter.
- Noteer de gemeten pH in onderstaande tabel.
- Breng van elke oplossing m.b.v. een pipet 2 mL in een reageerbuis.
- Voeg ongeveer 1 mL rodekoolsap toe en noteer de kleur van de oplossing in de tabel.

Resultaten

	pH	rodekoolsap		pH	rodekoolsap
accuzuur			kraanwater		
ammonia			melkzuur		
azijn			natronloog		
cola			sodaoplossing		
demiwater			Spa rood		
gootsteen- ontstopper opl.			zeep oplossing		
karnemelk			zeewater		

Verwerking

Rangschik de onderzochte oplossingen naar toenemende pH en zet ze in de juiste kolom van onderstaande tabel.

zuur	pH	neutraal	pH	basisch	pH

Raadpleeg ook kenniskaart 1.1 Zuren en basen

Vragen

1. Van welke van de onderzochte oplossingen verwacht je dat ze agressief zullen zijn?
Licht je antwoord toe.

2. Wat gebeurt er met de pH van een zure oplossing als je deze flink verdunt met water?

3. Wat gebeurt er met de pH van een basische oplossing als je deze flink verdunt met water?

Demonstratieproef 4: Zuurkool maken

Bron: *Journal of Chemical Education*, Vol. 77, No. 11, 1432A-B

Deze proef kun je ook heel goed thuis uitvoeren. Het proces van zuurkool maken duurt ongeveer zes weken.

Doel: Zo goed mogelijk zuurkool maken

Veiligheid: Je moet je eigengemaakt product **niet opeten**. Je kunt met dit recept wel degelijk eetbare zuurkool maken, maar daarvoor moet je wel tests doen die niet in dit practicum staan vermeld.

Benodigdheden

- Groene- of wittekool
- Afsluitbaar glas, pot of erlenmeyer
- Deksel of stop
- Marker, sticker of papiertje
- Schaar
- Vuilniszak
- Scherp mesje (schoon!)
- Snijplank
- Bekerglas of kom
- Zout zonder jodide (geen Jozo-zout)
- Theelepel
- Maatcilinder 100 mL
- Water
- Steen
- Pasteurpipet
- pH-papier

Werkplan

De uitvoering hieronder beschrijft de 'normale' manier om zuurkool te maken. Je docent zal voor dit product zorgen. Aan jullie is het om te bedenken welke variaties op het recept interessant zijn.

- Lees het recept goed door en probeer met je groepje te bedenken waar je één punt gaat veranderen.
- Wat zal deze variatie aan het eindproduct (zuurkool) veranderen?
- Formuleer een onderzoeksvraag.
- Bespreek je variatie en je onderzoeksvraag met je docent.

Werkwijze

- Label je glas, pot of erlenmeyer met de naam van je groepje en jullie 'variatie' (zie werkplan). Gebruik hiervoor een marker, sticker of een papiertje. Noteer ook de datum.
- Knip een vorm uit een stuk vuilniszak die de kool kan afdekken in je glas.
- Bekijk je kool. Zie je organismen in de bladeren?
Verwijder beschadigde en/of vieze onderdelen en de witte kern van de kool.
- Snijd op een snijplank je koolbladeren tot stukjes van maximaal 1-2 millimeter dikte (ongeveer de dikte van een 20 cent munt. Zorg dat je in totaal ongeveer tot één theekopje komt.
- Breng je versnipperde kool over in het bekerglas of de kom.
- Strooi kleine theelepel zout (zonder jodide) over de kool.
- Kneed de kool en het zout goed samen met schone handen. Zorg dat er wat sap vrijkomt.
- Breng de geknede kool over in een glas, pot of erlenmeyer. Plaats je plastic vormpje (van de vuilniszak) op de kool en druk de kool goed aan. Laat het vormpje op de kool liggen.
- Was je handen.
- Voeg 75 mL water toe.
- Leg een steen of ander schoon gewicht op het plastic vormpje
- Meet de pH door met een Pasteurpipet een paar druppels uit het glas te halen en op een pH-papiertje aan te brengen.
- Sluit het glas losjes af met een deksel (of de erlenmeyer met een stop)
- Laat het glas bij kamertemperatuur (20-25°C), buiten direct zonlicht, staan voor vier tot zes weken.
- Bekijk je glas iedere week eventjes en doe waarnemingen. Denk bijv. aan de geur en hoe het eruit ziet. Meet ook iedere week de pH.

- Als er een beetje kool naar boven drijft of als er een beetje schimmel ontstaat, verwijder je dit met schone handen en plaats je de deksel terug.

Waarnemingen

Conclusie

Vragen

1. Wat zie je met de pH gebeuren tijdens de proef? En met je andere waarnemingen?

2. Leg uit waar het zuur in de zuurkool vandaan komt.

3. Bespreek je resultaten met de klas en vergelijk jullie 'variëaties' met het 'normale' recept. Welke factoren bevorderen het vormen van zuurkool en welke factoren maken het moeilijker?

4. Noem twee redenen waarom de zuurvorming op een gegeven moment zal ophouden.

a.

b.

Opgaven

Sacharose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) kan door bacteriën ook omgezet worden in melkzuur of in andere stoffen. In zuurstofarm milieu maken bacteriën melkzuur of ethanol (C_2H_6O). Als er voldoende zuurstof is halen ze de maximale energie uit sacharose door het volledig te verbranden tot koolstofdioxide en water.

1. Geef de reactievergelijking voor de volledige verbranding van sacharose tot koolstofdioxide en water.

2. Geef de reactievergelijking voor de omzetting van sacharose en water in melkzuur.

3. Geef de reactievergelijking voor de omzetting van sacharose en water in ethanol en koolstofdioxide.

4. Noem vier toepassingen van melkzuur.

- a.
 - b.
 - c.
 - d.

Na een practicum heb je 1 liter afvalwater over met een pH van 3.

5. Leg uit of het afvalwater zuur, basisch of neutraal is.

6. Leg uit op welke twee manieren je het afvalwater kunt neutraliseren.

- a.
 - b.

7. Hoeveel liter natronloog van pH 11 moet je aan het afvalwater toevoegen om op pH 7 uit te komen?

2. Hoe maak je melkzuur?

Inleiding

In het vorige hoofdstuk heb je kennisgemaakt met de eigenschappen van melkzuur. Nu ga je leren op welke manier melkzuur gemaakt wordt in de industrie.

Glucose (=druivensuiker) is in de industrie een belangrijke grondstof voor het maken van melkzuur. In ons lichaam gebruiken we glucose om energie op te wekken. Zoals je geleerd hebt, kan dat op twee manieren: aëroob en anaëroob. Bij de anaëroobe verbranding ontstaat melkzuur. In de fabriek bootsen ze deze reactie na. Er wordt daarbij gebruik gemaakt van melkzuurbacteriën. De omstandigheden worden zo gekozen dat glucose alleen in melkzuur omgezet wordt. Dat duurt meerdere dagen.

Maar als je bijvoorbeeld gistcellen toevoegt aan een glucoseoplossing dan ontstaat geen melkzuur maar ethanol (= alcohol) en een gas. Deze proef gaat veel sneller. Binnen een lesuur is al behoorlijk wat glucose omgezet.

Demonstratieproef 1: Ethanol maken uit glucose

Onderzoeksvraag

Welk gas ontstaat als gistcellen aan een glucoseoplossing worden toegevoegd?

Benodigdheden

- Erlenmeyer of rondbodempkolf
- Waterslot
- Glucose of suiker
- Gedroogd bakkersgist
- Lauw water (35 °C)

Werkwijze

- Doe 2 eetlepels (40 g) glucose of suiker in de erlenmeyer.
- Voeg 400 mL lauw water toe en schud even; het is niet erg als alle suiker niet direct oplost.
- Voeg de bakkersgist toe en schud nogmaals.
- Sluit de erlenmeyer af met het waterslot gevuld met kalkwater.
- Schud de erlenmeyer af en toe om uitzakken van het gist te voorkomen.

Waarnemingen

Conclusie

Vraag

1. Geef de reactievergelijking voor de omzetting van glucose in ethanol.

Opdracht 1: Film bekijken

Inleiding

Glucose uit maïs of suikerriet wordt m.b.v. melkzuur bacteriën (micro-organismen) omgezet in melkzuur. Dit proces heet fermentatie en duurt 4 tot 6 dagen.

Bekijk de film over Industriële Biotechnologie: **“Van plant tot materiaal, medicijn en motorbrandstof”** (7 minuten). Deze film is gemaakt op het Kluyver Centre, de afdeling biotechnologie van de Technische Universiteit Delft.

Opdracht (zie ook kenniskaart 2.2 “Van plant tot materiaal, medicijn en motorbrandstof”).

Beantwoord na het kijken van de film onderstaande vragen.

1. Waarom wil de chemische industrie aardolie als grondstof vervangen door gewassen zoals suikerriet?

2. Welke drie soorten micro-organismen worden genoemd?

3. Micro-organismen zetten plantenmateriaal om in alle stoffen die ze nodig hebben, om te groeien, zich zelf te onderhouden en te verdedigen.

Net zoals de industrie produceren micro-organismen ook afvalstoffen en bijproducten.

Welke drie bijproducten werden genoemd?

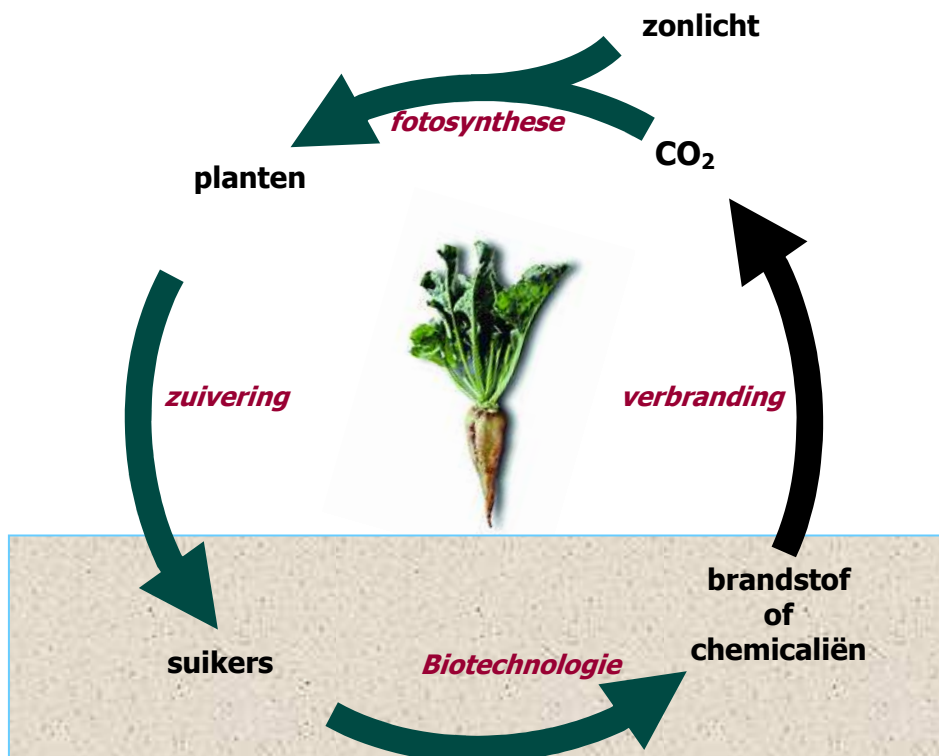
4. Welke stoffen zijn de natuurlijke conserveringsmiddelen van bier en yoghurt?

5. Noem drie materialen die door nuttige micro-organismen tegenwoordig worden geproduceerd.

6. In de industriële biotechnologie maakt men gebruik van hernieuwbare grondstoffen. Hieronder staat een lijstje met grondstoffen. Omcirkel de hernieuwbare grondstoffen.

aardolie bietsuiker maïs aardgas kolen rietsuiker

7. Beschrijf wat in de Industriële Biotechnologie wordt bedoeld met “De koolstofkringloop is gesloten”.

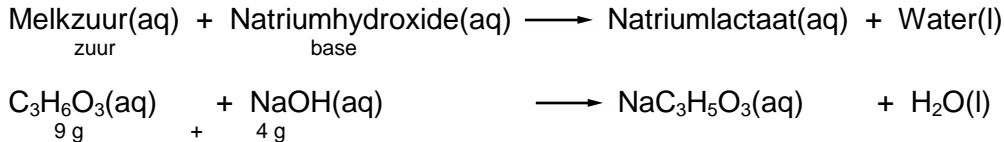


Bron: Het DNA Lab “Racen met WC-papier” van de TU Delft.

Proef 2: Het melkzuurgehalte in karnemelk meten

Inleiding

Melkzuur is een zuur en reageert met de base natriumhydroxide, dat is een stof die de zure smaak weghaalt. De melkzuuroplossing wordt dan geneutraliseerd. De massaverhouding van de reagerende stoffen is gegeven.



Het melkzuurgehalte, dat is het aantal gram melkzuur per liter, in karnemelk kun je meten met behulp van een titratie. Om zichtbaar te maken wanneer al het melkzuur is verdwenen voegen we een paar druppels van de indicator FFT (fenolftaleïne) toe. Dit is een stof die in een zure oplossing **geen kleur** heeft. Als precies al het melkzuur heeft gereageerd dan wordt de kleur **lichtroze of licht paarsrood**.

Je gaat eerst oefenen met een melkzuuroplossing. Daarna ga je het melkzuurgehalte in de aanwezige karnemelk meten.

Onderzoeksvraag

1. Wat is het melkzuurgehalte (g/L) in de melkzuuroplossing?
2. Wat is het melkzuurgehalte (g/L) in de onderzochte karnemelk?

Benodigdheden

- Melkzuuroplossing
- 2 soorten karnemelk
- Natronloog (NaOH-oplossing) van 30,0 g/L
- De indicator FFT
- Injectiespuiten
- Bekerglasje
- Roerstaafje

Werkwijze

Voordat je het melkzuurgehalte in karnemelk gaat bepalen, ga je eerst oefenen door het melkzuurgehalte in een op school aanwezige melkzuuroplossing te meten.

Om te controleren of je nauwkeurig genoeg werkt, voer je beide proeven twee keer uit.

- Doe precies 10 mL van de melkzuuroplossing in een bekerglas.
- Doe vier druppels FFT bij de melkzuuroplossing.
- Vul een injectiespuit met 10 mL natronloog.
- Druppel de natronloog langzaam bij de melkzuuroplossing in het bekerglas terwijl je roert.
- Zodra de oplossing lichtroze is, moet je stoppen met toevoegen. De kleur moet 10 s blijven!
- Noteer in de tabel hoeveel mL natronloog je hebt toegevoegd.

Herhaal deze proef.

- Doe precies 10 mL karnemelk in een bekerglas.
- Doe vier druppels FFT bij de melkzuuroplossing.
- Vul een injectiespuit met 10 mL natronloog.
- Druppel de natronloog langzaam bij de karnemelk in het bekerglas terwijl je roert.
- Zodra de karnemelk lichtroze is moet je stoppen met toevoegen. De kleur moet 10 s blijven!
- Noteer in de tabel hoeveel mL natronloog je hebt toegevoegd.

Herhaal deze proef.

Resultaten

	Natronloog (mL)		
	1 ^e keer	2 ^e keer	gemiddeld toegevoegd
Melkzuuroplossing			
Karnemelk			

Verwerking**Melkzuuroplossing**

1. Natronloog bevat 30,0 gram natriumhydroxide per liter.

Bereken hoeveel gram natriumhydroxide je gemiddeld bij de melkzuuroplossing hebt gedaan.

2. De massaverhouding is gegeven: 9 gram melkzuur reageert met 4 gram natriumhydroxide.

Bereken hoeveel gram melkzuur er met de toegevoegde hoeveelheid natriumhydroxide heeft gereageerd.

3. Je hebt 10 mL melkzuuroplossing in het bekerglaasje gedaan.

Bereken het melkzuurgehalte in de onderzochte oplossing (g/L).

Karnemelk

1. Natronloog bevat 30,0 gram natriumhydroxide per liter.

Bereken hoeveel gram natriumhydroxide je gemiddeld bij de karnemelk hebt gedaan.

2. De massaverhouding is gegeven: 9 gram melkzuur reageert met 4 gram natriumhydroxide. Bereken hoeveel gram melkzuur er met de toegevoegde hoeveelheid natriumhydroxide heeft gereageerd.

3. Je hebt 10 mL karnemelk in het bekerglaasje gedaan. Bereken het melkzuurgehalte in de onderzochte karnemelk (g/L).

Conclusie

1.

2.

Extra proef

Als er tijd genoeg is kun je ook het melkzuurgehalte (g/L) in je eigengemaakte yoghurt meten. Volg de hierboven beschreven werkwijze. Bereken het melkzuurgehalte stap voor stap.

Opdracht 2: Artikel lezen

Lees het artikel 2.1: Op weg naar hernieuwbare brandstoffen en groene chemicaliën

Beantwoord de bijbehorende vragen.

Het kan ook zijn dat je een bepaald artikel op internet moet lezen, ga dan naar:

<http://www.scheikundeinbedrijf.nl>

Opgaven (zie ook kenniskaart 2.1 Biotechnologie)

Biotechnologie levert allerlei nuttige producten voor de mens. Voorbeelden zijn melkzuur (om polymelkzuur van te maken), geneesmiddelen en bio-ethanol.

1. Wat versta je onder biotechnologie?

2. Wetenschappers brengen tegenwoordig vaak veranderingen aan in micro-organismen, zoals bacteriën. Ze veranderen daarvoor het erfelijk materiaal (DNA). Dit heet genetische modificatie. Geef twee voorbeelden waaruit blijkt dat het soms verstandig is om bacteriën genetisch aan te passen.

In de industriële biotechnologie kom je grote tanks tegen waarin micro-organismen kunnen groeien en werken. Soms, zoals bij de productie van melkzuur, moet dit onder zuurstofarme omstandigheden gebeuren. Eeuwen geleden gebruikte men ook al biotechnologie om voedsel beter houdbaar te maken.

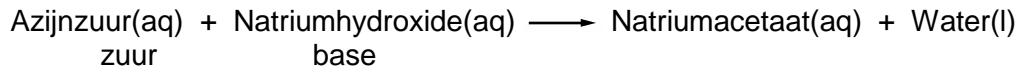
3. Hoe komt het dat zuurkool zo lang houdbaar is?

4. Waarom is het voor de productie van melkzuur belangrijk dat zulke tanks zuurstofvrij zijn?

Azijnzuurgehalte in tafelazijn meten

Volgens de warenwet moet het azijnzuurgehalte in tafelazijn minimaal 40 g/L zijn.

Roos en Annemarie gaan onderzoeken of hun van huis meegebrachte tafelazijn hieraan voldoet. Zij voeren een titratie uit. In een erlenmeyer heeft Roos 10 mL tafelazijn gedaan. Hieraan voegt ze 4 druppels van de indicator FFT toe. Intussen heeft Annemarie een plastic spuitje gevuld met natronloog (NaOH-oplossing). Annemarie druppelt de natronloog toe aan de tafelazijn totdat de kleur verandert in lichtroze. De azijnzuur in de erlenmeyer reageert met natronloog.



De resultaten van de proef die Roos en Annemarie hebben uitgevoerd staan in onderstaande tabel.

Resultaten

	Natronloog (mL)		gemiddeld toegevoegd
	1 ^e keer	2 ^e keer	
10 mL tafelazijn	8,8	9,2	9,0

5. Leg uit waarom Roos de indicator FFT heeft toegevoegd.

6. Natronloog bevat 30 gram NaOH per liter.

Bereken hoeveel gram NaOH gemiddeld gereageerd heeft met azijnzuur in de 10 mL tafelazijn.

7. Bereken m.b.v. het antwoord op vraag 6 en de reactievergelijking hoeveel gram CH₃COOH gereageerd heeft.

8. Bereken hoeveel gram azijnzuur in 1 L tafelazijn aanwezig is.

Voldoet de onderzochte tafelazijn aan de eis van de warenwet?

3. Wat is polymelkzuur? De grondstof voor afbreekbaar plastic!

Inleiding

In dit hoofdstuk gaat het over plastics, ook wel kunststoffen genoemd. Heel veel producten en voorwerpen worden van plastic gemaakt. De grondstoffen voor plastics komen uit aardolie, een fossiele brandstof. Het gebruik van fossiele brandstoffen heeft als nadeel dat het op kan raken. De verwerking van gebruikte kunststoffen (ons afval) geeft vaak problemen. Vele afvalproducten van kunststoffen zijn niet afbreekbaar en moeten in verbrandingsovens verwerkt worden. Bij de verbranding ontstaat onder andere koolstofdioxide, water en soms ook giftige gassen. Het broeikas effect wordt er door versterkt. Kunststoffen zijn gemaakt van **polymeren**. Er zijn veel kunststoffen daardoor ook veel polymeren. Meer informatie over polymeren krijg je verderop.

Er bestaan ook **bioplastics**, dat zijn plastics die gemaakt worden uit planten. Het voordeel van bioplastics is dat ze in de natuur afbreekbaar zijn. Bij de verbranding ontstaat er evenveel koolstofdioxide als de plant opgenomen heeft. Het gebruik van bioplastics is zogenaamd 'klimaat neutraal'.

Bioplastics worden steeds meer gebruikt als verpakkingsmateriaal, maar ook in de cosmetica en in medische toepassingen.

De nieuwste bioplastic is polymelkzuur (PMZ), een kunststof gemaakt van suikers. In dit hoofdstuk gaan we de materiaaleigenschappen en de toepassingen vergelijken van polymelkzuur met de gangbare plastics.

Demonstratieproef 1: Zetmeelplastic maken

Inleiding

Polymelkzuur op school maken duurt te lang en het is nogal ingewikkeld. Daarom gaan we een andere bioplastic maken: zetmeelplastic.

Doel: Zetmeelplastic maken

Benodigdheden

- 5% aardappelzetmeel oplossing
- glycerol
- bekeerglas van 250 mL
- driepoot met gaasje
- brander

Werkwijze

- Breng 150 mL zetmeeloplossing in een bekeerglas van 250 mL.
- Verwarm de aardappelzetmeeloplossing gedurende 5 minuten; net niet laten koken!
- Laat de oplossing twee minuten afkoelen en voeg 10 mL glycerol toe.
- Na even roeren giet je de oplossing uit op een (metalen) plaat en laat het twee dagen indrogen.
- Het drogen kan versneld worden door de (metalen) plaat voorzichtig te verwarmen.

Waarnemingen

Conclusie

Vraag

1. Bedenk een toepassing voor zetmeelplastic.

Opdracht 1 : Artikelen lezen

Lees de artikelen 3.1 en 3.2

Beantwoord de bijbehorende vragen.

Het kan ook zijn dat je een bepaald artikel op internet moet lezen, ga dan naar:

<http://www.scheikundeinbedrijf.nl>

Polymeren (zie ook Kenniskaart 3.1)

Inleiding

Als we in het algemeen naar polymeren kijken, kunnen we het volgende zeggen: alle polymeren hebben één ding gemeen: ze bestaan allemaal uit lange moleculen, ook wel macromoleculen genoemd. De meeste polymeren kun je maken uit één eenvoudige grondstof. Een dergelijke beginstof wordt een monomeer genoemd, het is een klein molecuul. Bij het ontstaan van een polymeermolecuul worden heel veel monomeermoleculen aan elkaar gekoppeld. Dit geldt voor alle polymeren of ze nu natuurlijk (wol, zijde, katoen) zijn of dat ze synthetisch (nylon, polymelkzuur, polyvinylalcohol) zijn. De synthetische polymeren worden vaak plastics of kunststoffen genoemd.

Waar komt de naam polymeer vandaan?

Stel je het volgende model voor:

Je rijgt een ketting van kralen. Elke kraal stelt een monomeermolecuul voor.

Je maakt hiervan een kralenketting. Het resultaat is een polymeermolecuul.

Een polymeer krijgt de naam van het monomeer waaruit het is gemaakt, voorafgegaan door het woord 'poly'. Mono betekent één en poly veel. Je kunt dus zeggen dat heel veel monomeren samen een polymeer vormen.

Proef 2: Bouw een model van een polymeermolecuul

Benodigheden: klei, karton, draad, paperclips, elastiek, lucifers, enz.

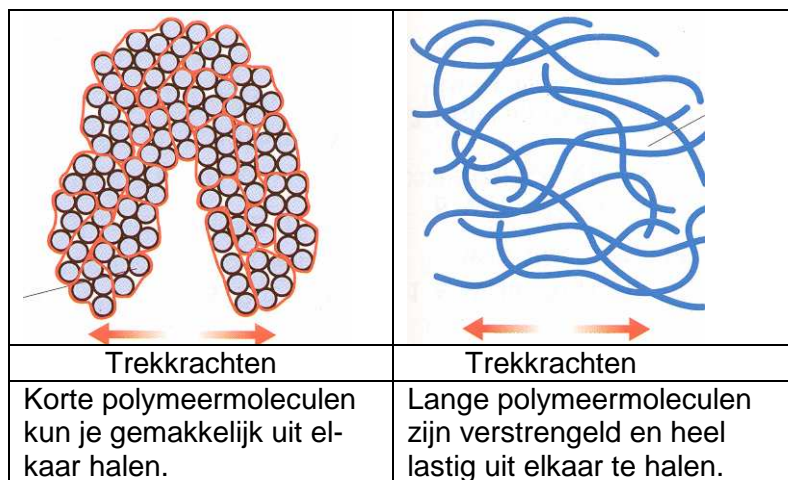
Teken de modellen die je gemaakt hebt hieronder.

Geef bij het polymeer dat je gemaakt hebt aan wat het monomeer is.

Bouw

Een polymeer is opgebouwd uit lange moleculen. Hoe langer het molecuul des te groter is de aantrekking van de moleculen onderling (vanderwaalsbinding). Deze aantrekkingskracht zorgt ervoor dat het polymeer bij kamertemperatuur een vaste stof is. Is de aantrekking groot, dan is het polymeer ook hard.

Korte polymeermoleculen vormen soepele, zachte materialen. De aantrekkingskracht tussen de moleculen onderling is kleiner. Daarom zijn korte polymeermoleculen ook weer gemakkelijk uit elkaar te halen. Lange polymeermoleculen vormen door de grote onderlinge aantrekkingskracht stevigere en hardere materialen. De lange, met elkaar verstrengelde polymeermoleculen, zijn vrijwel niet uit elkaar te halen, zie figuur 1.



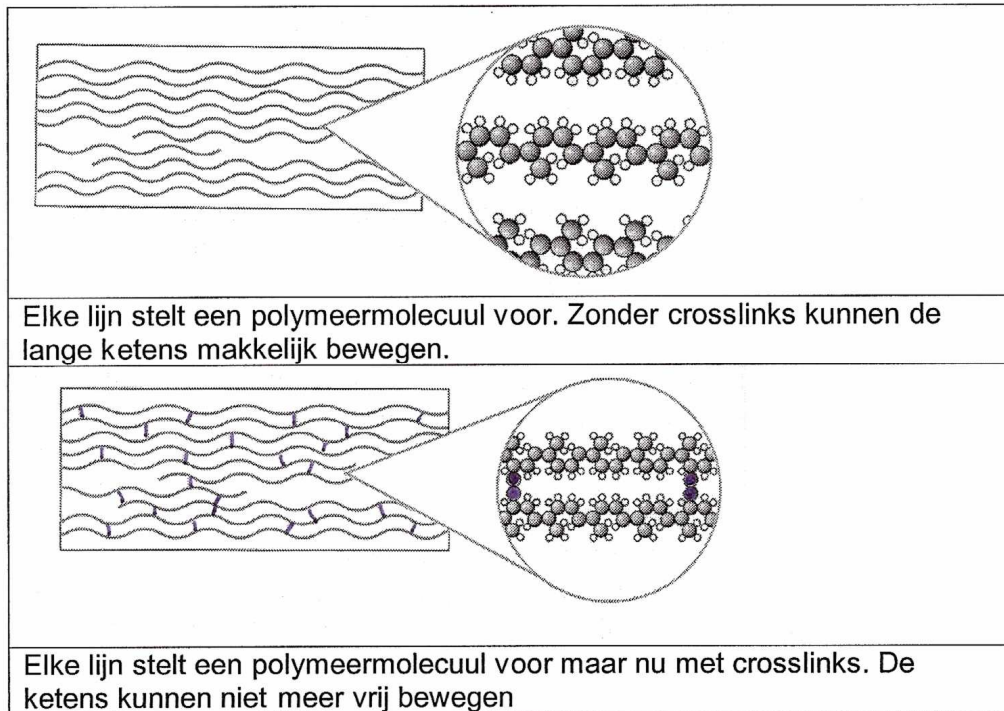
Figuur 1 Schematische weergave van trekkrachten op korte- en lange polymeermoleculen.

Hard of zacht

Bij het maken van een kunststof kijken we naar wat we ermee willen doen. Hebben we een afvoerpip nodig dan kiezen we ervoor dat die hard en stevig is. Kleding moet zacht en lekker te dragen zijn en speelgoed is soms hard en soms zacht. Afhankelijk van het gebruik maken we een bepaalde kunststof met de juiste materiaaleigenschappen. We weten inmiddels dat die eigenschappen te maken hebben met de lengte van de moleculen van het polymeer.

Laten we eens een polymeermolecuul onder de loep bekijken. Bijvoorbeeld het polymeer dat PVA (polyvinylalcohol) heet. Dit is een polymeer dat gebruikt wordt in de lijmindustrie.

Aan het materiaal voegt men een vloeistof toe die uit kleine moleculen bestaat. Deze kleine moleculen gaan tussen de polymeermoleculen in zitten. Hierdoor zitten de ketens van het polymeer verder van elkaar af. Dit zorgt ervoor dat de aantrekking tussen de moleculen zwakker wordt. Hierdoor kunnen de polymeerketens gemakkelijk over elkaar glijden. Het polymeer is nu zacht en flexibel. Zulke stoffen noemen we weekmakers. Dit kun je vergelijken met een bord met spaghetti. Als we tomatensaus hebben toegevoegd glijden de spaghetti'slierten veel gemakkelijker langs elkaar. Als we een stijve kunststof willen produceren, moeten we zorgen dat de moleculen van het polymeer niet over elkaar heen kunnen glijden. We gaan dan uit van een monomeer dat een polymeer oplevert waarbij een 'brug' wordt gelegd tussen de ene en de andere keten. Als je dan een polymeermolecuul zou kunnen oppakken, neem je uiteraard de andere die eraan vastzitten mee. Het polymeer wordt nu hard en stevig. De brug tussen twee ketens noemen we een crosslink (dwarsverbinding).



Figuur 2 Schematische weergave van polymeermoleculen met en zonder crosslinks.

Proef 3: Bouw een model van een polymeermolecuul met crosslinks

Bekijk het model van een polymeer nog een keer.
Breng nu in het model crosslinks aan.

Benodigdheden: klei, karton, draad, paperclips, elastiek, lucifers, enz.

Teken de modellen die je gemaakt hebt hieronder.
Geef in je tekening de crosslinks in een andere kleur aan.

Thermoharders en thermoplasten

Polymeerketens met veel crosslinks kunnen nauwelijks meer vrij ten opzichte van elkaar draaien en er vormt zich een 'star/stijf' polymeermolecuul. Die kunststof noemen we een thermoharder (thermos is Grieks voor warmte en harder van de eigenschap hard).

Als er geen crosslinks zijn, blijft de kunststof zacht. De ketens kunnen gemakkelijk over elkaar of langs elkaar glijden. Als we deze kunststoffen gaan verhitten worden ze steeds zachter tot ze vloeibaar worden, je kunt er dan draden van trekken. Zo'n kunststof noemen we een thermoplast (thermos is Grieks voor warmte en plast van de eigenschap plastisch of flexibel).

Proef 4: Materiaaleigenschappen van kunststoffen onderzoeken

Onderzoeksvraag

Is polymelkzuur een thermoplast of een thermoharder?

Benodigdheden

Diverse kunststof voorwerpen of verpakkingsmaterialen.

Werkwijze

- Bekijk de verschillende kunststoffen en zoek de naam van het gebruikte polymeer op.
- Probeer door goed te voelen, te kijken, te buigen, te krassen, overeenkomsten en verschillen te ontdekken.
- Verwarm voorzichtig verschillende stukjes kunststof.
- Zet de onderzoeksresultaten in een tabel.
- Maak nu groepen van de voorwerpen, die op grond van hun materiaaleigenschappen naar jouw idee bij elkaar horen.
- Schrijf op welke groepen je hebt gemaakt en geef de bijbehorende motivatie.

Waarnemingen en resultaten

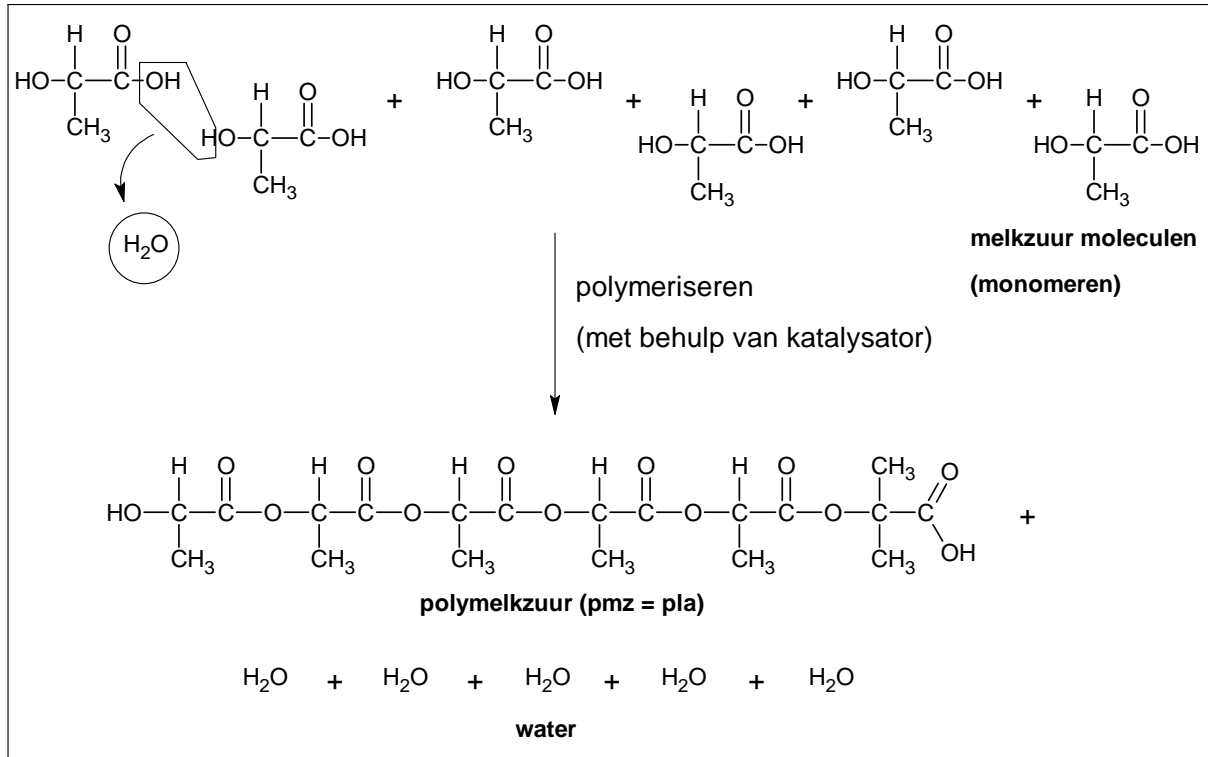
--

Conclusie

--

Polymelkzuur (zie ook Kenniskaart 3.2)

Het monomeer van polymelkzuur is zoals de naam al zegt melkzuur. De zuurgroep (COOH) van een melkzuurmolecuul kan reageren met de OH groep van een ander melkzuurmolecuul. Hierbij wordt een watermolecuul afgesplitst. Als dit vaak gebeurt, meer dan 10.000 keer, gebeurt ontstaat er vanzelf polymelkzuur.



Figuur 3 Schematische weergave van de synthese van polymelkzuur.

Animatie van de van de synthese van polymelkzuur kun je zien via

<http://www.scheikundeinbedrijf.nl>

Deze manier van polymeriseren wordt ook wel **condensatiepolymerisatie** genoemd.

Leg uit wat dat woord betekent.

Proef 5: Verbranding van polymelkzuur

Inleiding

Polymelkzuur wordt veel gebruikt in de geneeskunde. Bijvoorbeeld: bij botbreuken kunnen de botten met behulp van polymelkzuur schroeven aan elkaar vast worden gemaakt. Het voordeel is dat deze schroeven na verloop van tijd vanzelf weer 'oplossen' in het lichaam. Het polymelkzuur wordt afgebroken tot melkzuur, zodat er niet weer een operatie nodig is om de schroeven te verwijderen. Ook is hecht draad van polymelkzuur gemaakt en kan vanzelf weer 'oplossen'. Dit is gunstig en gemakkelijk, maar hecht draad moet dan wel sterk zijn.

Onderzoeksvraag: Wat zijn de verschillen die optreden bij de verbranding van wol, PS (polystyreen) en PMZ (polymelkzuur)?

Benodigdheden

- 2 cm hecht draad
- draadje wol
- smal reepje van een PS bekertje
- smal reepje van een PMZ bekertje
- indampschaaltje
- pincet
- brander

Werkwijze

- Pak het draadje wol met de pincet beet en steek het aan met de brander. Houd met de pincet het draadje wol vast boven het indampschaaltje.
- Doe hetzelfde met een stukje hecht draad.
- Doe hetzelfde met een stukje van het PS bekertje.
- Doe hetzelfde met een stukje van het PMZ bekertje.

Waarnemingen

	Wol	Hecht draad	PS bekertje	PMZ bekertje
voor de verbranding				
na de verbranding				

Conclusie

Vraag

1. Leg uit wat het grote verschil is bij deze verbrandingen.

Opdracht 2: polymelkzuur opgraven

Ga het PMZ verpakkingsmateriaal dat in de grond is gestopt opgraven. Bekijk of het afbraakproces in de grond al begonnen is. Vergelijk het met het oorspronkelijke verpakkingsmateriaal.

Waarnemingen

Afsluiting

Het gebruik van polymelkzuur wordt steeds aantrekkelijker. Hoe meer er geproduceerd kan worden, hoe goedkoper de productiekosten zijn. Je kunt polymelkzuur (PMZ) voor vele toepassingen gebruiken. Hier volgen een paar voorbeelden:

Fruit en groente wordt steeds meer verpakt in PMZ. Deze verpakking heeft als voordeel dat het snel afbreekbaar en luchtdoorlatend is. Hierdoor wordt de houdbaarheid van het product verlengd.



Kijk maar eens in de supermarkt (o.a. AH en Super de Boer). Je kunt de PMZ verpakking herkennen doordat er een logo op staat en doordat het ontzettend knispert en kraakt als je het plastic aanraakt.

In artikel 3.1 staat dat er bierglazen van PMZ worden gemaakt. Dat is handig, omdat er met PMZ geen afvalberg ontstaat, want de bekertjes, borden en bestek breken in de natuur na ongeveer 50 dagen af. Het polymelkzuur wordt daarbij omgezet

tot melkzuur, de grondstof waaruit PMZ gemaakt is.

In de tuinbouw gebruiken de tuinders bioclips van PMZ om planten te ondersteunen in hun groei. Door het gebruik van PMZ kunnen deze clips na het gebruik, goedkoop, samen met het plantenafval afgevoerd worden.

Verder wordt PMZ in ziekenhuizen gebruikt; hechtdraad van PMZ lost vanzelf op in het lichaam. Je hoeft niet meer naar de dokter om de hechtingen eruit te halen. Heb je een gebroken been? Nu worden er metalen pennen en bouten in vastgemaakt. Deze moeten er na een tijdje met behulp van een operatie weer uitgehaald worden. Als de doktoren PMZ bouten en moeren gebruiken lossen deze vanzelf weer op. Bovendien herkent je lichaam de stof. In je lichaam wordt immers melkzuur gemaakt en zal het daardoor niet afstoten.

Je kunt zelfs een kunstnie van polymelkzuur krijgen. Dit betekent niet dat je een hele kunststofknie zou krijgen, want die lost na enige tijd op. In de praktijk brengt men een soort schuim in dat tijdelijk steun geeft, zodat er bot- of weefselgroei kan plaats vinden. Door de gaatjes in het schuim kan lichaamsweefsel binnendringen. Dit nieuwe weefsel vervangt langzaam het schuim. De prothese is afbreekbaar en wordt langzaam vervangen door weefsel uit het eigen lichaam.

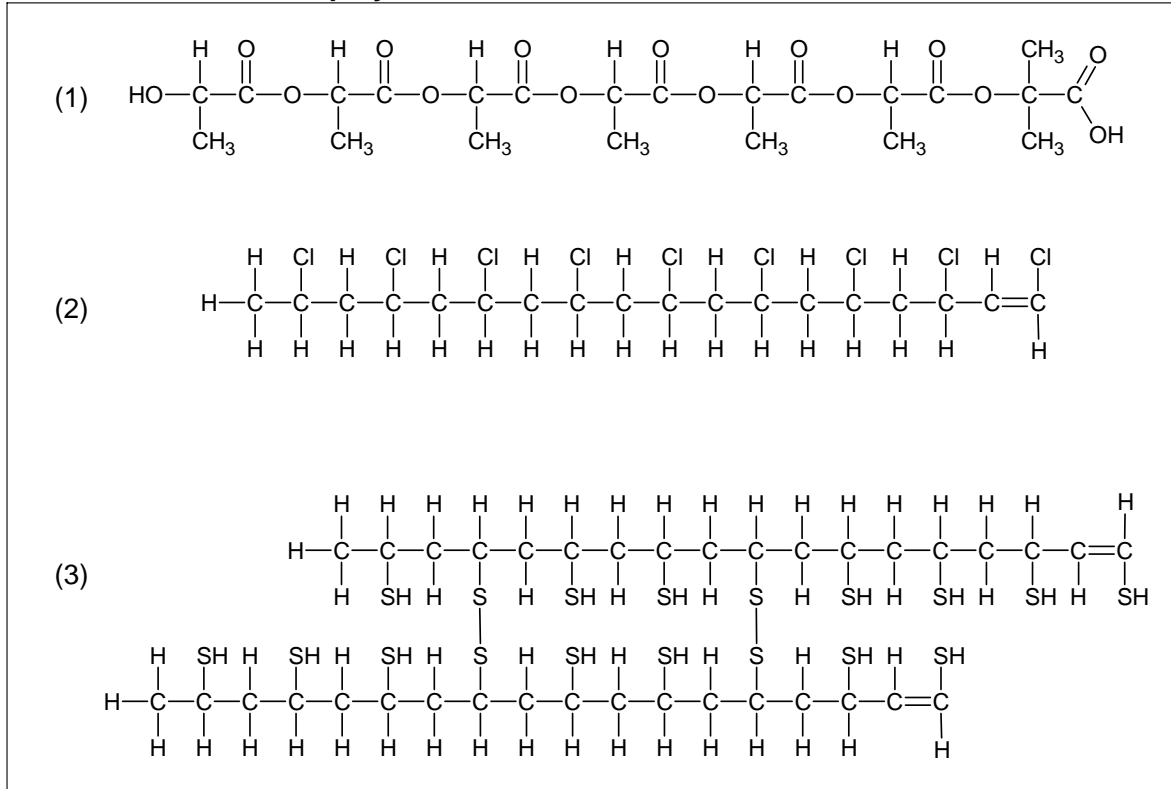
Je sluit nu de module af.

Je hebt aardig wat geleerd van een stukje scheikunde-in-bedrijf: *Van spierpijn tot kunstnie*. Met een eenvoudig molecuul als melkzuur kun je vele kanten op.

Dat belooft nog wat voor de toekomst!

Opgaven

Structuurformules van polymeren



1. Welk van de bovenstaande structuurformules is polymelkzuur?

2. Welke van de bovenstaande structuurformules stellen thermoplasten voor? Licht je antwoord toe.

3. Omschrijf een experiment waarmee je dit kunt testen.

4. Teken van elk van bovenstaande polymeren de structuurformules van het monomeer.

Kenniskaart 1.1

Meer weten?

1. <http://proto.thinkquest.nl/~1lb082/nl/?thepage=hst10>
2. <http://nl.wikipedia.org/wiki/Zuur>
3. <http://www.thuisexperimenteren.nl/info/pages/pH/zuurgraad.htm>

Weetjes

- Cola is net zo zuur als citroensap, maar je proeft het niet door de suiker.
- De pH van je bloed is ongeveer 7,4 (een heel klein beetje basisch).



Voorbeeldvragen

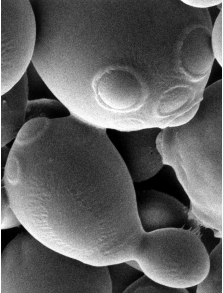
1. Bedenk een manier om te bekijken of melk verzuurd is, zonder te proeven.
2. Je verdunt citroensap van pH 3 honderd keer met zuiver water. Wat wordt de pH van de verdunde oplossing?

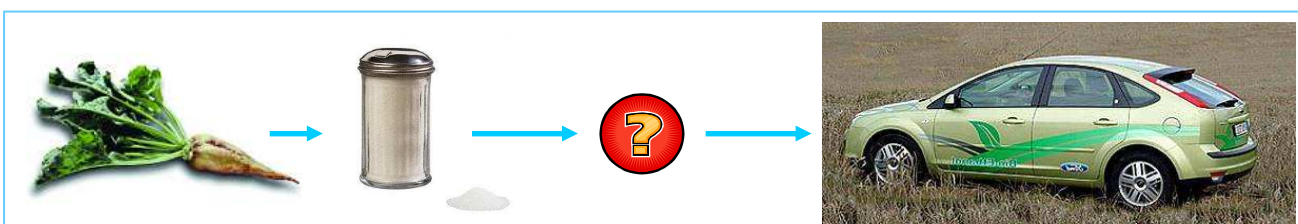
Uitdaging

3. Je wilt een liter zoutzuur van pH 4 ontzuren oftewel neutraal maken (pH=7). Hoeveel liter base van pH 10 moet je toevoegen om dit voor elkaar te krijgen?

Zuren en Basen

- **Zure oplossingen** ken je vast wel uit het dagelijks leven. Je herkent ze aan hun zure smaak zoals citroen of azijn. Veel voedingsmiddelen bevatten zure stoffen, als er water bijkomt smaken ze zurig.
- Het 'tegenovergestelde' van zuur is niet zoet, zoals je misschien zou verwachten, maar basisch. **Basische oplossingen** kennen de meeste mensen minder goed omdat ze nauwelijks in ons voedsel voorkomen. Toch heb je er thuis wel veel mee te maken: veel schoonmaakmiddelen zijn basisch, bijvoorbeeld ammonia, soda en zeep.
- Hoe zuur of basisch een oplossing is meten we aan de hand van de **zuurgraad**. We meten de zuurgraad in pH-eenheden. De **pH-schaal** loopt ongeveer van 0 tot 14. Hoe lager de pH, hoe zuurder de oplossing. Hoe hoger de pH, hoe basischer de oplossing.
- In het midden vinden we pH 7. Dit noemen we ook wel **pH-neutraal**. Neutrale oplossingen smaken dus niet zuur en niet 'zeepachtig'. Heel veel oplossingen zijn ongeveer pH-neutraal. De meest bekende vloeistof is zuiver water (H₂O). Kraanwater is vaak niet precies pH 7 omdat er stoffen in opgelost zitten die de zuurgraad beïnvloeden: het kan een klein beetje zuur of een klein beetje basisch zijn.
- De pH-schaal is een '**machten van 10**'-schaal. Dat wil zeggen dat pH 2 tien keer zo zuur is als pH 3. Zo kun je ook bedenken dat pH 1 zelfs 100x zo zuur is als pH 3. Op dezelfde manier is pH 12 dertig keer zo basisch als pH 9.
- Lang niet alle zure oplossingen zijn veilig om te proeven. Sterker nog, oplossingen met een pH-waarde lager dan 3 of hoger dan 11 zijn **agressief**. Zoutzuur met pH 1 is een agressief schoonmaakmiddel, dat geldt ook voor gootsteenontstopper met pH 13. Daarom zijn er gelukkig andere manieren gevonden om de pH van een oplossing te meten. Er zijn speciale **pH-meters**, maar het simpelste is om een indicator te gebruiken. **Een indicator** is een stofje dat bij verschillende zuurgraden, verschillende kleuren aanneemt. Zo is rodekoolsap rood als je er zuur bij doet en groen als je er base bij doet.
- Door verschillende indicatoren te verwerken in papier hebben vernuftige mensen **universeel indicator papier** gemaakt. Een druppeltje oplossing op het papier zorgt ervoor dat het verkleurt. Door die kleur te vergelijken met de bijgeleverde legenda, kun je heel aardig de pH van die oplossing aflezen.

Kenniskaart 2.1	Biotechnologie
<p>Meer weten?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. http://nl.wikipedia.org/wiki/Biotechnologie 2. http://www.vrom.nl/pagina.html?id=8323 3. http://www.ditisbiotechnologie.nl/over/ 4. http://www.kennislink.nl/web/show <p>Weetjes Bakkersgist</p>  <p>Er is één micro-organisme waarvan al duizenden jaren bekend is dat het in staat is uit planten ethanol te maken en dat is <i>Saccharomyces cerevisiae</i>, oftewel Bakkersgist. Mensen ontdekten al vroeg dat deze eigenschap goed gebruikt kon worden voor de bereiding van dranken zoals wijn en bier. Nu blijkt dat auto's prima in staat zijn te rijden op een mengsel van ethanol en benzine. Op het ogenblik wordt het merendeel van de geproduceerde auto's in Brazilië al voorzien van motoren die op puur ethanol kunnen draaien. Ook in de Verenigde Staten tanken steeds meer mensen E85, een mengsel van 85% ethanol en 15% benzine.</p> <p><i>Bron: Het DNA Lab "Racen met WC-papier" van de TU Delft.</i></p> <p>Ethiek Niet alle mensen zijn het eens met de gang van zaken in de moderne biotechnologie. Als je het erfelijk materiaal van gistcellen kunt veranderen, dan kun je ook het DNA van de mens modificeren. Mag alles wat technisch kan? Dit soort vragen noem je ethiek. Genetische modificatie bij mensen is volgens de wet verboden.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Biotechnologie bestaat al heel erg lang. Een voorbeeld is plantenveredeling. Het maken van bier, wijn en kaas is al eeuwenoud. • Met behulp van micro-organismen kun je ingewikkelde reacties op een simpele manier laten verlopen. Voorbeelden van micro-organismen: gistcellen, schimmels of bacteriën. • Gistcellen kunnen suikers omzetten in alcohol en koolstofdioxide. Dit proces vindt plaats bij de bereiding van wijn en bier. Bakkersgist wordt aan het deeg toegevoegd om het brood te laten rijzen. • Bij het maken van yoghurt zetten melkzuurbacteriën glucose-eenheden om in melkzuurmoleculen. Een andere naam voor melkzuurbacteriën is Lactobacillen. • Schimmels worden o.a. gebruikt om kaas te maken. • De moderne biotechnologie heeft sinds 1975 zijn intrede gedaan. Men probeert dan de micro-organismen te veranderen zodat ze andere stoffen gaan maken. Daarvoor is het nodig om het erfelijk materiaal (DNA) van de micro-organismen aan te passen. Dit heet genetische modificatie en is een ingewikkeld proces. Je moet precies het goede stukje DNA wijzigen! Deze moderne vorm van biotechnologie heet ook wel gentechnologie. • Voorbeelden van moderne biotechnologie <ul style="list-style-type: none"> • Een gemodificeerde gistcel maakt bijvoorbeeld van glucose niet langer alcohol en koolstofdioxide maar melkzuur. • Soja en maïs zijn inmiddels zo gemodificeerd dat ze geen last meer hebben van insecten. Ook is geen onkruidbestrijdingsmiddel meer nodig. • Schimmels worden gemodificeerd waardoor nieuwe penicillinesoorten op de markt komen. • Met behulp van genomics (grootschalig onderzoek naar erfelijkheid en de genen) proberen onderzoekers o.a. aan de TU Delft bakkersgist nieuwe eigenschappen te geven. Hierdoor kunnen meer stoffen uit planten zoals xylose en cellulose ook omgezet worden in bio-ethanol.



Uitdaging: Hoe komen we van plantenmateriaal naar brandstof?

Kenniskaart 2.2**'Van plant tot materiaal, medicijn en motorbrandstof'****Korte inhoud van de film**

- **Opening (jaknikkers)**

Zo kennen de meesten van jullie waarschijnlijk de chemische industrie: grote fabrieken die grondstoffen verwerken tot de meest uiteenlopende producten. Een van de problemen daarbij is dat sommige grondstoffen, zoals olie, op kunnen raken en milieuproblemen veroorzaken zoals het broeikas-effect.

In een fabriek komen grondstoffen binnen. Die grondstoffen worden door allerlei chemische reacties omgezet in producten en die producten moeten opgezuiverd worden voor ze gebruikt kunnen worden.

- **Zoom naar grasveld**

Het kan daarom verstandiger zijn om in de natuur op zoek te gaan naar grondstoffen die je steeds opnieuw kunt gebruiken: duurzame grondstoffen. Biomassa (planten, gras, etc.) kan zo'n duurzame grondstof zijn. Biomassa is 'CO₂-neutraal': er komt wel koolstofdioxide vrij als je het verbrandt, maar die koolstofdioxide heeft de plant eerst uit de lucht gehaald om te groeien. Met het gebruik van biomassa komt dus geen extra CO₂ in de lucht. En als je verstandig omgaat met de landbouwgrond, dan raakt deze grondstof nooit op.

- **Zoom de fabriek in**

Biomassa is niet zomaar als vervanger van aardolie te gebruiken. Je moet daarvoor de plantenresten wel eerst bewerken. Daarvoor kunnen micro-organismen (bacteriën, gisten en schimmels) gebruikt worden. Die zijn door evolutie heel erg goed geworden in het aftappen van energie en grondstoffen uit natuurlijk materiaal. Evolutie is al miljoenen jaren aan de gang. Mensen bedrijven pas een paar eeuwen chemie.

- **Zoom naar micro-organismen**

Wetenschappers onderzoeken hoe micro-organismen werken. In grote lijnen zijn het net chemische fabriekjes: ze zetten grondstoffen om in allerlei producten en ze produceren daarbij ook afvalstoffen. Zulke microbiologische afvalstoffen zijn bijvoorbeeld alcohol en melkzuur. Wij kunnen deze 'afvalstoffen' goed gebruiken: alcohol en melkzuur zijn natuurlijke conserveringsmiddelen.

- **Zoom naar blauwdruk in de cel**

Inmiddels weten we al behoorlijk veel van micro-organismen. Als we het DNA van een bacterie kennen, dan hebben we als het ware de 'blauwdruk' (het bouwplan) van die cel. De laatste jaren is het met die blauwdruk ook mogelijk geworden om aanpassingen in een micro-organisme te maken die ons goed uitkomen.

- **Zoom naar stofstromen in de cel**

Als we weten hoe een cel grondstoffen omzet in producten, dan kunnen we daar aanpassingen in maken.

1. Het is mogelijk om een cel gewenste stoffen extra aan te laten maken.
2. Vaak worden grondstoffen in meerdere producten omgezet door een cel. Door de wegen naar andere producten uit te schakelen, zorg je ervoor dat die cel extra gewenst product gaat maken met minder bijproducten.
3. Het is ook mogelijk om micro-organismen aan te passen om ervoor te zorgen dat ze andere grondstoffen kunnen gebruiken. Zo kunnen ze dan uit bijvoorbeeld gft-afval nuttige producten maken.

Inmiddels gebruiken we micro-organismen al bij de productie van biobrandstof, medicijnen en afbreekbare plastics.

- **Zoom terug naar cel**

Eén aangepaste bacterie of gist kan natuurlijk nog niet zoveel, want ze zijn heel klein. Maar ze vermenigvuldigen zich heel snel. Als je in één cel het DNA aanpast, krijgen alle nakomelingen de gewenste eigenschappen. Zo kun je hele grote hoeveelheden 'biofabriekjes' krijgen.

- **Zoom terug naar erlenmeyer**

Dit hele proces van grondstoffen uit de natuur en het aanpassen, opkweken en gebruiken van micro-organismen noemen we industriële biotechnologie. Bijkomend voordeel van biotechnologische processen is dat ze vaak heel simpel zijn. Waar je vroeger een hele serie reactorvaten en zuiveringsinstallaties nodig had, is nu vaak één vat met micro-organismen en een zuiveringsstap voldoende. Daarnaast zijn de processen vaak energiezuinig. En het belangrijkste: ze draaien op plantaardige, dus hernieuwbare grondstoffen.

Kenniskaart 3.1

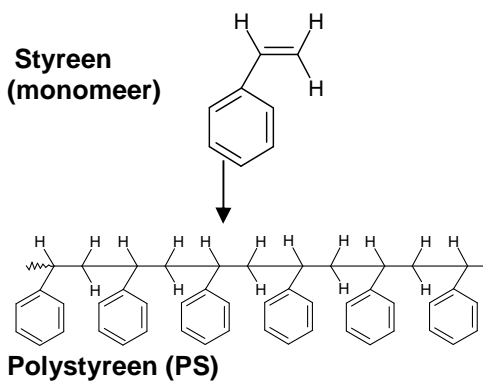
Polymeren

Meer weten?

1. <http://nl.wikipedia.org/wiki/Thermoplast>
2. <http://www.milieucentraal.nl/pagina?onderwerp=kunststof>

Weetjes

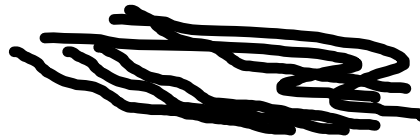
- Kunststoffen/plastics zijn opgebouwd uit polymeermoleculen. Uit heel veel moleculen van het monomeer wordt een polymeermolecuul gemaakt



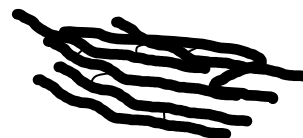
Toepassingen van polystyreen

- koffiebekertjes
- cd-doosjes
- piepschuim

- **Polymeren** bestaan uit lange moleculen, ook wel macromoleculen genoemd. De meeste polymeren kun je maken uit één eenvoudige grondstof, monomeer genoemd. Door heel veel kleine monomeermoleculen aan elkaar te koppelen ontstaat een polymeermolecuul. Dit wordt **polymeriseren** genoemd.
- Polymeren kunnen worden onderverdeeld in **natuurlijke polymeren** zoals wol, zijde of katoen en **synthetische polymeren** zoals nylon, polyacril of polymelkzuur. De synthetische polymeren worden vaak kunststoffen of plastics genoemd.
- **Thermoplasten**
Kunststoffen die zijn opgebouwd uit polymeermoleculen zonder crosslinks (dwarsverbindingen) noemen we thermoplasten. De polymeerketens kunnen gemakkelijk over elkaar of langs elkaar glijden.
Bij verwarming worden thermoplasten zacht. De materiaaleigenschappen blijven hetzelfde.



- **Thermoharders**
Kunststoffen die zijn opgebouwd uit polymeermoleculen met veel crosslinks noemen we thermoharders. De polymeerketens kunnen nauwelijks meer vrij ten opzichte van elkaar bewegen.



Bij verwarmen gaan de verbindingen tussen de lange ketens stuk en dit kan bij het afkoelen niet meer hersteld worden; er ontstaat een nieuw materiaal met andere materiaaleigenschappen.

- **Voorbeeld**
 - **Polystyreen** wordt gemaakt van styreen. De styreenmoleculen worden aan elkaar gekoppeld tot lange polymeerketens. Het monomeer styreen is een benzineachtige vloeistof. Polystyreen is een harde vaste stof. Door de reactieomstandigheden aan te passen en door andere stoffen toe te voegen kun je van de zelfde polystyreenkorrels totaal verschillende producten maken.
 - **Polymelkzuur**
Zie kenniskaart 3.2

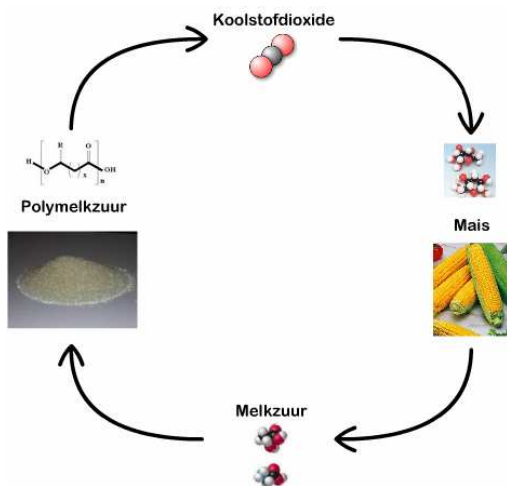
Kenniskaart 3.2

Meer weten?

1. <http://www.mnp.nl/mnc/i-nl-0163.html>
2. <http://www.delta.tudelft.nl/archief/j37/n20/19898>

Weetjes

- In Amerika, in Nebraska, staat een grote fabriek die 140.000 ton PMZ per jaar produceert.
- In Nederland, in Gorichem, staat een fabriek van Purac waar ze melkzuur en polymelkzuur maken.
- Omdat aardolie duurder is geworden en de productie van melkzuur groter en goedkoper is geworden, is het nu aantrekkelijker polymelkzuur te gebruiken.



- Planten maken van CO₂ en water glucose (fotosynthese).
- Bacteriën maken van glucose melkzuur.
- De industrie maakt van melkzuur polymelkzuur.
- Polymelkzuur verbrandt tot CO₂ en water.
- De koolstofkringloop is gesloten.
- **Toepassingen PMZ**
 - Bioclips in land- en tuinbouw
 - Eierdozen
 - Wegwerpglazen, -borden en -bestek
 - Cosmetisch: o.a. rimpels opvullen
 - Medisch: o.a. hecht draad, capsule voor medicijnen en kunstnie

Polymelkzuur

- **Polymelkzuur (PMZ)**

De naam in het Engels is polylactic acid (PLA).

- **Afvalprobleem kunststoffen**

Heel veel producten en voorwerpen worden van kunststoffen gemaakt. De grondstoffen van plastics komen uit aardolie, een fossiele brandstof. Het gebruik van fossiele brandstoffen heeft als nadeel dat ze op kunnen raken. Vele afvalproducten van kunststoffen zijn niet afbreekbaar en moeten in verbrandingsovens verwerkt worden. Bij de verbranding ontstaat onder andere koolstofdioxide, water en soms ook giftige gassen. Het **broeikas effect** wordt erdoor versterkt.

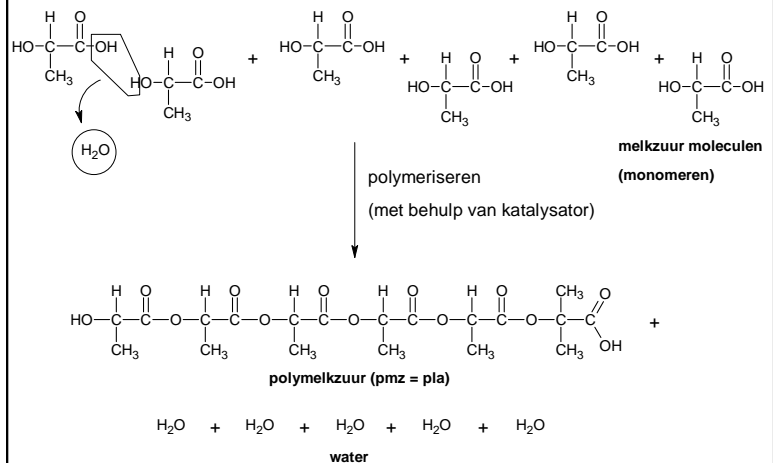
- **Bioplastics als alternatief**

Bioplastics zijn plastics die gemaakt worden uit planten. Het voordeel van bioplastics is dat ze in de natuur afbreekbaar zijn. Bij de verbranding ontstaat er evenveel koolstofdioxide als de plant opgenomen heeft. Het gebruik van bioplastics is zogenaamd 'klimaatneutraal'. Bioplastics worden steeds meer gebruikt als verpakkingsmateriaal, maar ook in cosmetica en in medische toepassingen.

- **Polymelkzuur**

De nieuwste bioplastic is polymelkzuur (PMZ), een kunststof gemaakt van suikers.

- **Synthese**



- **Animatie** via <http://www.scheikundeinbedrijf.nl>

- **Eigenschappen**

De materiaaleigenschappen van polymelkzuur kunnen veranderd worden door er stoffen aan toe te voegen, zodat het de eigenschappen krijgt die je wilt hebben.

De twee meest specifieke eigenschappen van polymelkzuur als verpakkingsmateriaal zijn de waterbestendigheid en dat het transparant is. Een andere typerende eigenschap van de folie is dat het knispert of kraakt. De belangrijkste eigenschap is natuurlijk dat PMZ biologisch afbreekbaar is.

Artikel 1.1: Yoghurt

Bron: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Yoghurt>

Let op: Wikipedia is geen wetenschappelijk onderbouwde site. Iedereen kan informatie toevoegen. De weergegeven informatie hoeft niet waar te zijn. Blijf kritisch lezen!



Yoghurt (*origineel Turks woord*) is een [melkproduct](#) dat op gecontroleerde manier verzuurd ([gefermenteerd](#) = vergist) is.

De verzuring van de yoghurt gebeurt door het toevoegen van twee melkzuurbacteriën, de zogenaamde levende *yoghurtcultuur*:

- de staafvormige ‘[Lactobacillus bulgaricus](#)’ ([bacterie](#) = bacillus, lacto = melk, bulgaricus = Bulgaars)
- de bolvormige ‘[Streptococcus thermophilus](#)’ (coccus = bolvormig, strepto = in een strengetje, thermophilus = warmtelievend)

De melk wordt eerst gepasteuriseerd (verwarmd om bacteriën te doden) op 80 °C voor het doden van eventueel aanwezige ziektekiemen en daarna teruggebracht naar een temperatuur van 40 °C. De "yoghurtcultuur" wordt toegevoegd aan de verwarmde melk. Dit blijft dan gedurende 4 tot 6 uur onder constante temperatuur staan zodat de bacteriecultuur zijn werk kan doen. Hierna wordt het versneld afgekoeld en is de yoghurt klaar voor consumptie.

De [lactose](#) in de melk wordt door de [bacteriën](#) omgezet in [melkzuur](#), waardoor de pH daalt (het wordt zuurder van smaak). Omdat yoghurt een zuur product is met een [pH](#) waarde tussen de 4 en 5 hebben andere bacteriën geen kans om te groeien en hebben schimmels en gisten weinig of geen mogelijkheid om het te doen bederven. Daarom is yoghurt in de koelkast relatief lang houdbaar.

Melkzuur heeft twee varianten een linksdraaiende en een rechtsdraaiende. Door specifieke soorten bacteriën (cultures) te gebruiken kan links- of rechtsdraaiend melkzuur gevormd worden. Dit zijn [stereo-isomeren](#) van melkzuur (vormen van hetzelfde molecuul, net zoals je linker en je rechter hand bijna hetzelfde zijn, maar in spiegelbeeld). Vandaar de reclame slogan op vrachtwagens 'rechtsdraaiende yoghurt die links afslaat'.

Soorten

- Volle yoghurt heeft minimum 3% vet
- Halfvolle yoghurt bevat 1 tot 3% vet
- Magere yoghurt mag de 1% vet niet overschrijden

Verder is er nog een algemeen onderscheid te maken tussen :

- Natuuryoghurt
- Fantasieyoghurt
- Fruityoghurt

Afhankelijk of er [suiker](#), aroma's en smaakstoffen of (echt) [fruit](#) toegevoegd is.

Zuivelproducten met yoghurt als grondstof

- [Ayrán](#)
- [Hangop](#)
- [Vlaflip](#)

Geschiedenis

Yoghurt wordt al zo'n 4000 jaar lang op verschillende plekken op de wereld gemaakt. In de westerse wereld is het begin [20e eeuw](#) weer opnieuw ontdekt door de wetenschapper Ilya Metchnikof.

In [1919](#) werd yoghurt in [Barcelona](#) voor het eerst commercieel op de markt gebracht door Isaac Carasso. Zijn zoon heette Daniel maar werd door zijn vader regelmatig "Danone" genoemd.

In [1963](#) werd de [vlaflip](#) bedacht, die deels uit yoghurt bestaat.

Vragen bij 'Yoghurt'

1. Waarom is yoghurt langer houdbaar dan melk?

2. Wat weet je over de pH van yoghurt? (Gebruik de kenniskaart 1.1 Zuren en Basen.)

3. Hoe kan het suikergehalte van melk invloed hebben op de zuurgraad van de yoghurt die ervan gemaakt wordt? (Let op: lactose = melksuiker)

4. Heeft het vetgehalte van de melk ook invloed op de zuurgraad van de yoghurt die ervan gemaakt wordt?

5. Hoe kun je beïnvloeden of je 'links- of rechtsdraaiende' yoghurt maakt?

Artikel 1.2: Karnemelk

Bron: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Karnemelk>

Let op: Wikipedia is geen wetenschappelijk onderbouwde site. Iedereen kan informatie toevoegen. De weergegeven informatie hoeft niet waar te zijn. Blijf kritisch lezen!

Karnemelk of **botermelk** is een vetarm, zuur en drinkbaar [zuivelproduct](#) (melkproduct). Van oudsher wordt het gemaakt door het [karnen](#) van verzuurde [room](#). Hierbij wordt bijvoorbeeld met een stok in een hoge kuip, de [karnton](#), met verzuurde room op en neer gestoten. Tijdens dit proces klontert het melkvet samen, doordat de vetmembraantjes breken, en komt het als boter bovenop de karnemelk drijven. De [boter](#) wordt afgeschept. De overgebleven zure vloeistof wordt gedronken als karnemelk.

Tegenwoordig wordt bijna alle karnemelk gemaakt in [zuivelfabrieken](#). Aan [magere melk](#) worden melkzuurbacteriën toegevoegd, waardoor de melksuiker ([lactose](#)) wordt omgezet in [melkzuur](#). [Biologisch-dynamische](#) karnemelk (te koop in Natuurvoedingswinkels) wordt nog op de ouderwetse manier gemaakt.

Door veel Nederlanders wordt deze drank zeer gewaardeerd, vooral in de zomer. Ook [Duitsers](#) waarderen karnemelk, die ze kennen onder de naam *Buttermilch*. Veel anderen verafschuwen het echter of verwerken het in [pannenkoeken](#), zoals in de [Verenigde Staten](#). Een ouderwets Nederlands nagerecht is [karnemelkse pap](#): gekookte karnemelk met [bloem](#) (of een ander ingrediënt) en vaak gezoet met [stroop](#). In Vlaanderen wordt het ook wel gegeten voor het hoofdgerecht, ter vervanging van soep. Het komt er ook voor in een hoofdgerecht: aardappelen met karnemelk en zachtgekookte eieren met in boter gestoofde uien. Ook [hangop](#) wordt vaak van karnemelk gemaakt. In [Frankrijk](#) wordt het gedronken met vruchtenstroop. In [Iran](#) wordt karnemelk ook wel gemengd met kruiden, en geserveerd als bijgerecht, genaamd *doegh*.

Vragen bij 'Karnemelk'

1. Hoe komt karnemelk aan zijn zure smaak?

2. Waarom kun je zowel uit room als uit magere melk karnemelk maken?

3. Waarom hoef je geen melkzuurbacteriën toe te voegen als je op de 'ouderwetse manier' karnemelk maakt?

4. Wat gebeurt er met de pH van de melk tijdens het karnen?

Artikel 1.3: Nooit meer gaatjes

Bron: <http://www.phys.uu.nl/~natunws/krant/krant18.doc>

Volkskrant, 10 april 2004

Miljoenen bacteriën krioelen tussen tong en tanden. Sommigen daarvan veroorzaken cariës. Vervang die door een onschadelijke variant en gaatjes maken geen kans meer. Als de Amerikaanse autoriteiten akkoord gaan, begint dit jaar een klinische proef.

De mondholte bevat - onsmakelijk idee - honderden soorten bacteriën, vooral in de tandplaque. In een net gepoetste mond blijft het beperkt tot enkele miljoenen exemplaren, maar het kan oplopen tot een miljard. De meeste micro-organismen zijn goedaardig, maar sommige veroorzaken cariës.

Streptococcus mutans is verantwoordelijk voor het gros van de gaatjes. Deze bacterie zet suiker op en tussen de tanden om in melkzuur, wat het tandglazuur aantast. Elk mens heeft een eigen stam en draagt die levenslang mee. Kinderen lopen de mondbacterie tussen hun tweede en vierde jaar op, meestal via hun moeder. Daarmee lijkt *Streptococcus mutans* een onvermijdelijk kwaad. En tandbederf evenzeer. Tenzij Jeff Hillmans theorie werkt.

Cariës, beweert dr. Hillman, een Amerikaans tandarts en moleculair geneticus, kun je namelijk voor een belangrijk deel voorkomen door de 'slechte' bacterie te vervangen door een 'goede' bacterie, eentje die geen melkzuur maakt. Hillman claimt zelfs dat zo'n eenmalige *replacement therapy* levenslang tegen gaatjes beschermt.

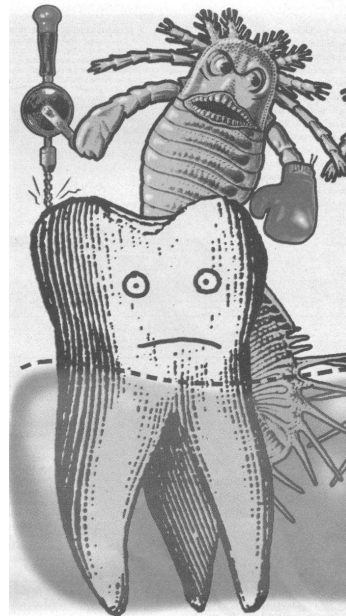
De bacteriën, is het idee, worden toegediend in de vorm van een mondwater. Die behandeling duurt hooguit vijf minuten, zegt Hillman. 'Je komt bij de tandarts, spoelt en gaat. In de maanden daarna verdringt de bacterie de schadelijke stam.' Idealiter moeten kinderen worden behandeld die net hun melktanden hebben gekregen. 'Dat is perfect, want zij hebben nog geen natuurlijke streptokokkenstam opgelopen.'

Hillman (55), tegenwoordig verbonden aan de Universiteit van Florida in Gainesville, sleutelt al vijftientig jaar aan zijn idee. De doorbraak kwam toen hij met de destijds nieuwe recombinant-DNA-techniek een *S. mutans*stam wist te maken die in plaats van melkzuur ethanol produceert, alcohol. Dat lukte door een gen in te bouwen dat afkomstig was van de ethanolproducerende bacil *Zymomonas mobilis*.

Kan dat geen kwaad, zo'n genetische gemanipuleerde bacterie in de mond?

Nee, zegt Hillman. 'Bacteriën ontwikkelen zich van nature voortdurend, wij hebben het proces alleen versneld. Het is bovendien maar een kleine aanpassing van een van de honderden bacteriën in de mondflora. De ecologie van de mond verandert daardoor niet.'

De volgende stap was een bacteriestam te vinden die beschikte over een 'selectief voordeel' waarmee hij de cariës-bacterie zou kunnen verdringen. 'Gelukkig bestaat er zo iets als de Wet van Bacteriële Onfeilbaarheid: als je iets zoekt, is er ergens een bacterie die dat al doet.' Honderden stammen later vond Hillman inderdaad een *S. mutans* die een sterk antibioticum maakt waarmee hij zijn concurrenten doodt.



Uiteindelijk kostte het nog tien jaar om de twee gewenste eigenschappen - afwezigheid van melkzuur-productie en antibiotische werking - in een en dezelfde bacteriestam te verenigen. 'De recombinant-DNA-techniek was aanvankelijk nogal primitief. Het uitschakelen van het melkzuur-gen maakte de bacterie ziek doordat zijn hele stofwisseling uit evenwicht raakte.'

Maar nu zijn alle problemen achter de rug, zegt Hillman tevreden. De gemanipuleerde stam is gepatenteerd, en de dierproeven zijn niet succes afgesloten. Vorige maand keurde een commissie van het Amerikaanse National Institute of Health het protocol goed met voorzorgsmaatregelen voor klinische experimenten. De zaak ligt nu bij de Food and Drug Administration (FDA), de instantie die toestemming moet geven voor de voorgenomen eerste test met proefpersonen later dit jaar.

Hillman rekt op groen licht. Want van bijwerkingen is volgens hem geen sprake, en de gemanipuleerde bacterie is 'ongevaarlijk' voor het milieu. 'Hij kan buiten de mond niet overleven.' Om elk risico uit te sluiten is de stam op verzoek van de FDA bovendien verzwakt, Hillmans enige zorg: 'Ik hoop dat hij nog effectief genoeg is.'

Proefpanels van Amerikaanse consumenten hebben overigens verklaard geen bezwaren te hebben tegen een nuttige gemanipuleerde bacterie in hun mond, aldus Hillman. 'Wij waren verbaasd, we hadden méér weerstand verwacht.' Zelfs de American Dental Association lijkt positief over een behandeling die in theorie toch een aanslag op het tandartseninkomen kan zijn.

De eenmalige behandeling maakt tandartsen en mondhygiëne trouwens niet overbodig, benadrukt Hillman. Wel doet het er voor het resultaat niet toe of de patiënt 'meewerkt' - goed poetst en regelmatig naar de tandarts gaat - of niet. Dit maakt de behandeling ook geschikt voor arme landen waar amper tandheelkundige zorg bestaat.

De Universiteit van Florida en Hillmans zakelijke partners zien al een wereldwijde markt gloren. In 1998 is voor de commerciële productfase het bedrijf Orogenics opgericht. Hillman is er tegenwoordig gedetacheerd. Orogenics is genoteerd aan de beurs van Toronto.

Toch is niet iedereen overtuigd van het idee. Prof.dr. Arie Jan van Winkelhoff, specialist in orale microbiologie aan het tandheelkundig onderzoeks-centrum ACTA en de Vrije Universiteit van Amsterdam, betwijfelt of je genetisch veranderde bacteriën moet inzetten tegen cariës. 'Het idee van vervangingstherapie op zichzelf is goed, maar wat zijn de risico's? Je hebt strenge veiligheidseisen om ze in het lab te mogen maken, en dan stop ze bij mensen in de mond.'

Als er nu geen alternatieven waren, aldus Van Winkelhoff. 'Maar cariës kun je met simpele middelen voorkomen.' Hij moet bovendien nog zien of het lukt. 'Wat in het lab bij ratten werkt, werkt nog niet bij mensen. Ik zie nog niet hoe je die bacterie bij mensen in de mond krijgt. Daar is het zo druk met bacteriën, elk plekje is er bezet.'

Van Winkelhoff zelf werkt langs een andere lijn. Hij probeert *S. mutans* te bestrijden met specifieke natuurlijke antistoffen waaraan antimicrobiële peptiden - hele korte eiwitjes, bekend van de giftige pijlstaartkikkers - worden gekoppeld. 'Die stop je in tandpasta of mondwater, en daarmee schiet je een deel van de plaqueflora aan diggelen.'

Hillman in Florida heeft niettemin vertrouwen in zijn bacterie, die nu in een vrieskist zit opgeslagen. 'Eerst dit jaar een proef om te tonen dat hij stabiel is. Dan een meerjarentest om te bewijzen dat het echt werkt. De productlancering staat gepland voor 2008.'

En hoe denkt hij dat bacteriële mondwater te verkopen? 'Met mentholmaak of zo. Je kunt alles lekker laten smaken, behalve tofu natuurlijk.'

Vragen bij 'Nooit meer gaatjes'

1. Welke rol speelt melkzuur bij tandbederf?

2. Noem drie manieren om tandbederf (veroorzaakt door melkzuur) tegen te gaan.

1.

2.

3.

3. Hoe denkt Dr. Hillman het probleem van tandbederf aan te pakken?

4. Wat is er speciaal aan de bacteriën die Dr. Hillman gebruikt? Noem 2 eigenschappen.

a.

b.

5. Leg uit waarom Prof. Van Winkelhoff vraagtekens zet bij het werk van Dr. Hillman.

Artikel 2.1: Op weg naar hernieuwbare brandstoffen en groene chemicaliën

Dit is een bewerking van: http://www.senternovem.nl/mmfiles/InterviewReith_tcm24-170236.doc
Het oorspronkelijke document is ingekort en vereenvoudigd.

Ethanol en melkzuur uit plantaardige biomassa

Wie goedkoop suikers weet te maken uit biomassa heeft een sleutel voor duurzame ontwikkeling in handen. Van suikers maak je, door vergisting, eenvoudig ethanol of melkzuur. Ethanol uit biomassa kan vervolgens dienen als CO₂-neutrale transportbrandstof; melkzuur is een hernieuwbare grondstof voor verpakkingsmaterialen, ter vervanging van plastics. In een tweetal projecten heeft een consortium van Nederlandse partijen de mogelijkheden onderzocht van bio-ethanolproductie uit goedkope en ruim voorhanden zijnde biomassa-reststromen die (ligno)cellulose bevatten. Er is nog een lange weg te gaan, maar de perspectieven zijn goed.

Ethanol en melkzuur worden op dit moment geproduceerd door vergisting van zetmeel of suikers uit agro-producten zoals maïs of suikerbieten. De hoge kosten daarvan belemmeren de grootschalige introductie van bio-ethanol en melkzuur als CO₂-neutrale vervanger van petrochemische producten. Gebruik van reststromen

Andere biobrandstoffen

Wereldwijd wordt circa 20 miljoen ton brandstofethanol per jaar geproduceerd, vooral uit rietsuiker (Brazilië) en maïs (de Amerikaanse 'corn ethanol'). Bio-ethanolproductie in Europa vindt (nog) op zeer beperkte schaal plaats, uit granen en suikerbieten. In Europa is momenteel vooral biodiesel, koolzaadmethylesterbrandstof, een belangrijke hernieuwbare brandstof. Het wordt onder meer in Duitsland geproduceerd. In de toekomst zijn grote hoeveelheden biobrandstoffen nodig. De Europese Commissie bereidt een richtlijn voor over de vervanging van fossiele door biotransportbrandstoffen in de EU, met de doelstelling van 5,75% vervanging in 2010 en 8% vervanging in 2020.

van plantaardige biomassa als grondstof kan deze kosten sterk verminderen. Daarbij gaat het om biomassa die voor het overgrote deel bestaat uit een complex van cellulose, hemicellulose en lignine. Deze 'lignocellulose' is in ruime mate en tegen lage kosten beschikbaar. Denk aan agrarisch afval in de vorm van stengels en bladeren, aan rest- en snoeihout en aan afval uit de voedings- en genotmiddelenindustrie. Op de wat langere termijn zou je lignocellulose ook kunnen produceren, via energieteelt van bijvoorbeeld wilg of populier.

Zeer kansrijk

De eenvoudigste manier van energiewinning uit lignocellulose is verbranding, maar er zijn nog vele andere manieren. Heel interessant is de winning van suikers uit de cellulose- en hemicellulosefractie en het gebruik van deze suikers als grondstof voor brandstof. Zo kan (bio)ethanol worden gemaakt die - bijvoorbeeld bijgemengd in benzine - is te benutten als motorbrandstof.

Uit lignocellulose geproduceerde suikers zijn ook te gebruiken voor de productie van melkzuur via vergisting. Dit melkzuur kan voor verschillende chemische toepassingen worden gebruikt - onder andere als oplosmiddel - en voor de productie van polymelkzuur voor verpakkingsmaterialen.

Betrokken partijen

De partijen die bij het nieuwe meerjarige project zijn betrokken zijn ECN, Nedalco, Shell en Purac en de onderzoeksinstituten ATO, TNO-MEP, TNO-Voeding en Wageningen Universiteit. Voor alcoholproducent Nedalco levert de productie van ethanol uit lignocellulose mogelijk een nieuw productieproces op. Voor Shell gaat het om een potentiële alternatieve transportbrandstof. Melkzuur- en lactatenproducent Purac kijkt naar de perspectieven van lignocellulose als nieuwe bron van fermenteerbare suikers. Melkzuur wordt ook uit suikers gemaakt. Polymelkzuur kent verschillende doeleinden, waaronder medische producten maar bijvoorbeeld ook verpakkingsmateriaal als vervanging van bijvoorbeeld PET. Als het project slaagt, zou dat dus ook nog een besparing op het gebruik van fossiele grondstoffen kunnen betekenen voor de productie van verpakkingsmateriaal.

Vragen bij 'Op weg naar hernieuwbare brandstoffen en groene chemicaliën'

1. Wat is een hernieuwbare brand- of grondstof? Licht je antwoord toe met een voorbeeld.

2. Leg uit dat je een 'sleutel voor duurzame ontwikkeling in handen' hebt als je goedkoop uit biomassa suikers kunt halen.

3. Wat zijn wereldwijd de belangrijkste grondstoffen voor brandstofethanol en voor bio-ethanol?

4. In het artikel gaat het over 'lignocellulose'. Wat is dat en waar zit het in?

5. Aan het project doen vier bedrijven mee. Welke bedrijven zijn dat?

6. Leg uit waarom de bedrijven meedoen aan dit project.

Artikel 3.1: Composteerbare festivalbeker



*Persbericht
4 augustus, 2004*

ALKEN-MAES LANCEERT EERSTE COMPOSTEERBARE FESTIVALBEKER !

Wereldprimeur op 30^e editie Folkfestival Dranouter



Alken-Maes, de tweede grootste brouwerijgroep van het land, brengt als eerste een 100% milieuvriendelijke festivalbeker op de markt. De beker is gemaakt van maïs en composteert na 50 dagen tot natuurlijke humus. Het grote publiek kan voor het eerst kennis maken met deze vooruitstrevende toepassing op het folkfestival van Dranouter. Daarna worden de bekers nog ingezet tijdens de Antilliaanse Feesten en Pukkelpop. In totaal zullen in augustus zo'n 1,5 miljoen pintjes voor het eerst gedronken worden uit een composteerbare maïsbeke!

Dé ideale oplossing voor milieu én festivals

Het resultaat van een zomer vol festivals en evenementen zijn elk jaar weer tonnen en tonnen afval en zwerfvuil. Het opruimen daarvan kost niet alleen handenvol geld, de verwerking is bovendien erg belastend voor het milieu. Met haar biologische beker lanceert Alken-Maes nu als eerste een milieuvriendelijke oplossing voor organisators van festivals en events. Tot nu toe waren die aangewezen op het gebruik van klassieke wegwerpbekers of herbruikbare bekers. Die laatste zijn niet echt praktisch op grote evenementen. Bovendien is het reinigen ervan kostbaar en vaak milieuvervuilend. Wegwerpbekers zorgen dan weer voor een aanzienlijke hoeveelheid afval en de recyclage ervan is meer belastend voor het milieu.

“Het Folkfestival van Dranouter is van oudsher een erg milieuvriendelijk festival,” zegt Bavo VandenBroeck, organisator. “Maar tot nu toe bleven we elk jaar met een berg zitten van 750.000 wegwerpbekers. Gewoon omdat er geen haalbaar alternatief was. Met deze composteerbare beker is dat er eindelijk wel. Hij voelt en ziet eruit als een gewone drinkbeker en wij zijn dan ook ontzettend blij dat Alken-Maes als eerste zijn verantwoordelijkheid opneemt en deze stap durft te zetten!”

Als het initiatief in de smaak valt, wil Alken-Maes het volgend jaar herhalen en zelfs uitbreiden, door alle wegwerpbekers te vervangen door de nieuwe 100% natuurlijke. Voor Alken-Maes betekent dit een aanzienlijke investering in een vernieuwende en milieuvriendelijke technologie, omdat het zo wil bijdragen tot een mogelijke oplossing van het afvalprobleem in het algemeen en die van festivals in het bijzonder.

Ecologische primeur voor milieuvriendelijk festival

Dat net het folkfestival van Dranouter zijn 30-jarige jubileum viert met een milieuvriendelijk alternatief voor de klassieke wegwerpbeker, is geen toeval.

“De organisatie levert al jarenlang enorme inspanningen op het vlak van het milieu,” vertelt An Steylemans van Alken-Maes. “Dit jaar alleen werd meer dan 100.000 euro gependeed aan milieupreventie. Zo is er dit jaar naast het festivalterrein een heus containerpark ingericht. Alle infrastructuur om tot een optimale inzameling en verwerking van de bekertjes te komen, was eigenlijk al voorhanden. Voor ons was Dranouter dan ook het ideale festival om deze beker te lanceren.”

De organisatie werkte een doeltreffende oplossing uit om de nieuwe bekertjes zo efficiënt mogelijk in te zamelen en te verwerken. Op de festivalweide komen drie makkelijk herkenbare inzamelpunten, naast de klassieke afvalcontainers voor PMD, blik, glas, papier en karton, GFT- en restafval. Daarop gaan de organische bekertjes naar een composteerinstallatie van het afvalverwerkingsbedrijf SITA Recycling Services waar de bekertjes na 8 weken afgebroken zijn en als compost gebruikt kunnen worden in land- en tuinbouw.

100% milieuvriendelijk: van grondstof tot productie en recyclage

Huhtamaki, verpakkingsproducent op wereldniveau, stond in voor de productie van de composteerbare beker. De technologie achter het product NatureWorks™ PLA, is afkomstig van Cargill Dow. Dat bedrijf slaagde erin een methodologie te ontwikkelen om zetmeel uit natuurlijke gewassen om te zetten in plantaardige suikers. Tijdens het fermentatieproces worden de suikers omgezet in melkzuur. Daarvan wordt een heldere, doorschijnende plastic gemaakt, polylactide (PLA). Door zijn uitzonderlijke eigenschappen heeft PLA enorme toepassingsmogelijkheden binnen de verpakkings- en voedingssector. Zo kunnen er borden, flessen en blisters van gemaakt worden en eigenlijk alles wat vandaag in doorschijnend plastic beschikbaar is.

Na zo'n 47 dagen in een installatie blijft er van de producten enkel natuurlijke compost over. Die kan op zijn beurt als natuurlijke grondstof dienen voor de teelt van nieuwe gewassen. Waarmee de biologische cirkel helemaal rond is.

Deze vernieuwende toepassingen bieden tal van voordelen voor het milieu. Vooreerst is de grondstof jaarlijks hernieuwbaar en bevat ze geen minerale olie. Bovendien vereist het productieproces 20 tot 50% minder fossiele brandstoffen. Daarnaast draagt het concept bij tot een oplossing om de huishoudelijke afvalberg drastisch te verminderen. En zelfs als de producten bij restafval terechtkomen en op een juiste manier worden verwerkt, bewaren ze hun milieuvriendelijke kenmerken.

De organische beker van Alken-Maes is vervaardigd uit maïs, maar alle gewassen waar suiker uit gewonnen kan worden komen in aanmerking zoals granen en suikerbieten. Waarmee de landbouw er meteen een aantal nieuwe mogelijkheden bij krijgt. Op termijn is het zelfs mogelijk PLA te ontwikkelen uit biomassa. Waarmee het opnieuw een oplossing biedt voor het wegwerken van de afvalberg.

Alken-Maes is het eerste bedrijf dat van deze vernieuwende technologie gebruik maakt om op grote schaal toepassingen aan de consument aan te bieden.

Voor meer informatie kan u steeds terecht bij

An Steylemans (Alken-Maes) op het nummer 015 30 93 35 – 0473 55 71 48
of bij Steven Demedts op het nummer 02 713 09 03.

Vragen bij 'Composteerbare festivalbeker'

1. Leg uit wat composteerbaar betekent.

2. Geef drie redenen waarom de organisatoren een composteerbaar bierglas tijdens festivals gebruiken.

a.

b.

c.

3. Behalve het gebruik van composteerbare bierglazen hebben de organisatoren nog meer maatregelen genomen om de natuur te "sparen".
Noem nog twee maatregelen.

a.

b.

4. Waarvan is deze composteerbare beker gemaakt?

Artikel 3.2: Plastic groeit op een akker

Bron: <http://www.earthday.nl/index.php?id=177>

Let op: dit ingekorte artikel komt uit de Vlaamse krant 'De Standaard'.

Je zult het taalgebruik soms wat vreemd vinden.

Plastic groeit op een akker

Laptops en cassettespelers in biologisch afbreekbaar plastic, T-shirts op basis van maïszetmeel, enzymen die jeansbroeken een 'stone-washed' uiterlijk geven. Biotechnologie is meer dan geneesmiddelen en genetisch gewijzigde planten. De bijna vergeten industriële toepassingen kregen zelfs een naam: witte biotechnologie.

Kim De Rijck

Naast de goed bekende 'rode biotechnologie' (medische) en 'groene biotechnologie' (landbouwkundige), heeft de industrie voor haar eigen toepassingen de 'witte' biotechnologie in het leven geroepen. Die slimme naam moet komaf maken met het idee dat alles wat industrieel is, dikke wolken zwarte rook oplevert. En dat is ook het streefdoel van witte biotechnologie: zware chemie, afval en verbruik van fossiele grondstoffen vermijden, door subtiele biolo-gische processen in te schakelen.

Het bekendste voorbeeld zijn wellicht de enzymen in waspoeders, die vlekken van vet, zetmeel of eiwit in kledij afbreken. Zo maken de enzymen de harde chemicaliën in was-middelen overbodig. Hoewel we ze al lang gebruiken, wordt ook aan die enzymen nog hard gesleuteld, bijvoorbeeld om te zorgen dat ze ook goed werken bij lage temperaturen, want dat spaart energie. Ook in vaatwas-middelen en industriële schoonmaakproducten helpen zulke enzymen de vlekken opruimen.

Minder bekend is dat enzymen ook in de textiel-industrie, bij de productie van stoffen, een belangrijke rol spelen. Het reinigen van ruw katoen gebeurde klassiek met een warme, basische oplossing (het tegengestelde van zuur). Nu zijn het enzymen die de onzuiverheden afbreken, met minder chemische uitstoot en energieverbruik tot gevolg. Het Amerikaanse biotechnologiebedrijf Genencor produceert enzymen die jeansbroeken een afgewassen en versleten look geven, een proces waar vroeger vulkanisch puimsteen voor nodig was.

De toepassingsdomeinen van enzymen zijn haast eindeloos. Het Deense bedrijf Novozymes bijvoorbeeld levert enzymen voor de behandeling

van leder en voor de productie van brood, vruchtensap en wijn. Genencor onderzoekt of enzymen ook in huid- en haarverzorgingsproducten nuttig werk kunnen doen.

Behalve enzymen (die tot de eiwitten behoren) levert de natuur nog andere bruikbare stoffen, zoals organische koolstof. Planten nemen koolstofdioxide (CO₂) op uit de lucht en gebruiken dat om lange koolstofketens mee te maken. Zetmeel bijvoorbeeld, dat in maïs zit, bestaat uit zulke koolstofketens. Met de hulp van bacteriën en enzymen kunnen wetenschappers die koolstofketens omvormen tot andere bruikbare moleculen.

Het Amerikaanse consortium Cargill Dow maakt uit maïszetmeel polymelkzuur (polylactic acid, afgekort PLA), een polymeer dat uit aan elkaar geregen moleculen melkzuur bestaat. Het materiaal is al langer bekend en wordt sinds de jaren zestig gebruikt in biologisch afbreekbare 'draadjes' voor de hechting van wonden en later ook bij beenbreukoperaties in schroeven die biologisch afbreekbaar zijn in plaats van uit roestvrij staal.

Bij de klassieke chemische productie van PLA ontstond het tussenproduct melkzuur in twee vormen, een 'linkse' en een 'rechtse' vorm. Scheiding van die twee soorten melkzuur was een duur proces, zodat het PLA niet echt commercieel van de grond kwam. Door bacteriën in te schakelen kan de productie van melkzuur naar de gewenste vorm gestuurd worden en verloopt ze veel goedkoper. Zo zorgen verbeteringen in biotechnologische technieken ervoor dat veel toepassingen van witte biotechnologie nu eindelijk rendabel kunnen worden.

Cargill Dow gaf het wedergeboren PLA een modieuzere naam: NatureWorks. Naargelang de manier waarop de moleculen aan elkaar geregen worden, ziet het materiaal er mat of glashelder uit.

Er worden 'bioplastics' van gemaakt voor biologisch afbreekbare verpakkingsmaterialen en folies. In de Belgische winkelrekken zijn die bioplastics nog schaars. Colruyt verkoopt in zijn BioPlanetwinkels in Gent en Kortrijk fijne vleeswaren en slaatjes in doorzichtige schoteltjes van PLA. In de Zweedse en Oostenrijkse McDonalds kun je bier, salades en roomijs in bekertjes van PLA

krijgen (in Nederland adverteert Albert Heijn nu met verpakkingen van PLA¹).

Het biomateriaal is ook sterk genoeg om er elektronica in te stoppen. Sony verkoopt in Japan draagbare cassettespelers in een behuizing van plantaardig plastic. Fujitsu-Siemens wil in 2004 zijn Biblo laptopcomputers een bioplastic omhulsel geven.

Bij de verbranding van het PLA-plastic komen geen dioxines vrij, beweert de producent. In plaats van verbrand, kan het materiaal ook gerecycleerd of gewoon gecomposteerd worden: bodembacteriën verteren het bioplastic helemaal in vijf tot zeven weken tijd, als de compostcondities goed zijn: vochtig en warm, ongeveer 60 graden.

Het bioplastic is nog dubbel zo duur als conventioneel plastic. „Maar de prijs zakt en zal de komende twee tot vijf jaar nog meer dalen, onder andere door schaalvergroting van de PLA-productie, zodat we concurrentieel worden met bijvoorbeeld polyester”, zegt Luc Bosiers, hoofd van de productontwikkeling bij Cargill Dow in Europa. „We komen nog maar net uit het onderzoek en zetten de eerste commerciële stappen. In deze introductiefase zoeken we vooral klanten die het milieuvoordeel als marketingtroef willen gebruiken, de concurrenten zullen dan wel volgen.”

1. "Op het gebied van verpakkingen hebben we ook al goede resultaten geboekt", vertelt Remy Jongboom, voorzitter van de BPCN, de vereniging van producenten van bioplastics in Nederland. "In 2005 is Albert Heijn alle niet-gekoelde, biologische aardappels, groenten en fruit (agf) in bioplastics gaan verpakken. Dat gebeurde op aandrang van klanten, die uit milieuovertuigingen geen gewoon plastic om hun biologische producten wilden. De bioplastics bleken zo goed te bevallen, dat Albert Heijn sinds 1 januari 2006 alle niet-gekoelde agf in bioplastics verpakt. Ze hebben als nevenvoordeel dat ze ademend zijn en zo de houdbaarheid verlengen."

Bron:

http://www.senternovem.nl/energietransitie/financiele_steun/ukr/De_markt_van_bioplastics_moet_zelfstandig_gaan_groeien.asp

Vragen bij 'Plastic groeit op een akker'

1. Wat is het verschil tussen rode-, groene en witte biotechnologie?

2. Verzin zelf waarom wordt industriële biotechnologie witte biotechnologie genoemd?




3. Wat is de functie van enzymen in waspoeders? Onder welke omstandigheden werken ze?

4. Welke uitwerking hebben bepaalde enzymen op spijkerstof?

5. Leg uit of polymelkzuur een duurzame grondstof is.

6. Waarom denk je dat bedrijven zoals McDonalds en Albert Heijn graag gebruik maken van polymelkzuur in verpakkingen?

7. Leg uit waarom het voor de concurrentiepositie van polymelkzuur gunstig is als de olieprijs stijgt.

Kanjerkaart 1	Onderzoeksoopdracht
 <p>Mais de grondstof voor PMZ.</p>  <p>PMZ in korrelvorm om bruikbare producten van te maken.</p>  <p>Het Binas informatie boek. Vraag het aan je docent.</p>	<h2>Onderzoeksoopdracht</h2> <p>Inleiding</p> <ul style="list-style-type: none"> • Het bioplastic polymelkzuur (PMZ) lijkt de oplossing te zijn voor verpakkingen. De productie wordt steeds goedkoper en milieuvriendelijker. Het afval is composteerbaar en bovendien is het veiliger dan glas. • Maar kunnen we polymelkzuur overal voor gebruiken? • Kunnen zure- of basische stoffen verpakt worden in polymelkzuur? <p>Opdracht</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bedenk hoe je kunt onderzoeken of polymelkzuur- borden, -koffiekopjes of -verpakkingsmateriaal tegen zuren en/ of basen bestand zijn. • Bedenk wel dat er verschillende producten gemaakt worden van polymelkzuur, die iets anders van samenstelling zijn. Bijvoorbeeld bevatten polymelkzuur borden naast polymelkzuur ook papier. • Onderzoek als vergelijkingsmateriaal ook andere stoffen zoals bijvoorbeeld, wol, plastics, enz. • Als zure oplossingen kun je zoutzuur en azijn gebruiken, als basische oplossingen ammonia en natronloog. • Het onderzoek moet bij ongeveer 80 °C plaats vinden. <p>Werkplan</p> <p>Maak een werkplan voor je onderzoek en vermeld daar in:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Een onderzoeksvraag. • Een lijst met benodigdheden. • Een lijst met stoffen, oplossingen en materialen. • • Laat het werkplan controleren door je docent of toa. • Voer, na eventuele aanpassingen, het onderzoek uit.

Kanjerkaart 2	Groene chemie
----------------------	----------------------

- Je spreekt van **groene chemie** als bij het ontwerp van een nieuwe stof heel goed is nagedacht over het gebruik van de chemicaliën.
- **De grondstoffen zijn hernieuwbaar** (bijv. koolzaad) in plaats van dat ze opraken (bijv. aardolie).
- **Het voorkomen van afval** tijdens een reactie is beter dan het zuiveren van een reactieproduct.
- Tijdens een reactie wordt **zo weinig mogelijk** gebruik gemaakt van **oplosmiddelen**.
- Bij het maken van een product (bijv. een medicijn) moeten de atomen van de gebruikte stoffen zoveel als mogelijk ingebouwd worden in het uiteindelijke product.
- Dit heet **effectief atoomgebruik**:

$$\text{Effectief atoomgebruik} = \frac{(\text{molecuul})\text{massa gewenste stof}}{(\text{molecuul})\text{massa totaal ontstane stof}} * 100 \%$$

- Als je een **reactievergelijking** hebt opgesteld dan kun je het effectieve atoomgebruik berekenen met bovenstaande formule.

Voorbeeld

Twee reacties waarbij natriumchloride ontstaat worden vergeleken.

Gegeven

massa van Na-atoom: 23u; Cl-atoom: 35u; H-atoom: 1u; O-atoom: 16u. (u = atomaire massa=eenheid)

Gevraagd

Bij welke reactie is het effectief atoomgebruik het gunstigst?

Methode

Stap 1: Noteer eerst de reactievergelijking.

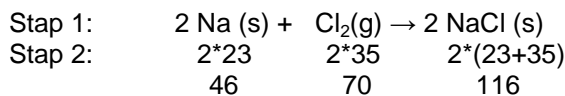
Stap 2: Bereken de massaverhouding.

Stap 3: Bereken de massa van de gewenste stof.

Stap 4: Bereken de massa van de totaal ontstane stof.

Stap 5: Bereken het effectief atoomgebruik.

Reactie 1: omzetting van natrium en chloor in natriumchloride.

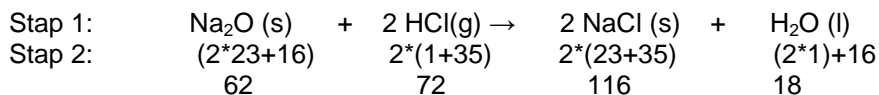


Stap 3: de massa van de gewenste stof: 116u

Stap 4: de massa van de totaal ontstane stof: 116u

Stap 5: Het effectief atoomgebruik is dan: $(116/116) \cdot 100\% = 100\%$.

Reactie 2: natriumoxide en waterstofchloride in natriumchloride en water.



Stap 3: de massa van de gewenste stof: 116u

Stap 4: de massa van de totaal ontstane stof: $116\text{u} + 18\text{u} = 134\text{u}$

Stap 5: Het effectief atoomgebruik is dan: $(116/134) \cdot 100\% = 86,6\%$.

Conclusie

Het effectief atoomgebruik in reactie 1 is dus gunstiger dan bij reactie 2.

Opdracht

We gaan nu de productie van melkzuur via fermentatie vergelijken met een chemische synthese van melkzuur.

Hierbij zullen we vooral kijken naar het **effectief atoomgebruik**.

Maak gebruik van de gegevens uit tabel 1. (u = atomaire massa-eenheid)

Atoomsoort	Atoommassa (u)
H	1
C	12
N	14
O	16
S	32

Tabel 1 Enkele bekende atoommassa's

Methode 1: synthese van melkzuur via een biotechnologisch proces.

Glucose uit maïs of bietsuiker wordt m.b.v. micro-organismen omgezet in melkzuur.

Dit fermentatieproces duurt 4 tot 6 dagen.

Stap 1: Geef de reactievergelijking voor de fermentatie van glucose in melkzuur.

Stap 2: Bereken de massaverhouding.

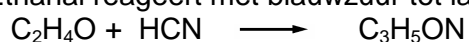
Stap 3: De massa van de gewenste stof is:

Stap 4: De massa van de totaal ontstane stoffen is:

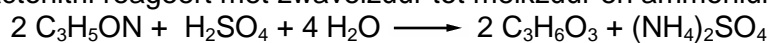
Stap 5: Bereken het effectief atoomgebruik.

Methode 2: chemische synthese van melkzuur

Reactie 1: Ethanal reageert met blauwzuur tot lactonitril.



Reactie 2: Lactonitril reageert met zwavelzuur tot melkzuur en ammoniumsulfaat.



Stap 2a: Bereken de massaverhouding in reactie 1.

Stap 2b: Bereken de massaverhouding in reactie 2.

Stap 3: Bereken de massa van de gewenste stof.

Stap 4: Bereken de massa van de totaal ontstane stoffen.

Stap 5: Bereken het effectief atoomgebruik.

Vergelijk nu methode 1 en 2

Leg uit welke methode het predikaat **Groene chemie** verdient.