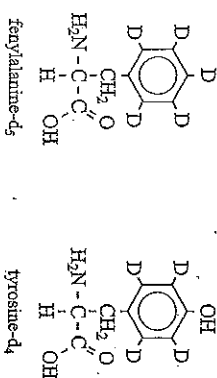


Op de verpakking van veel voedingsmiddelen staat de tekst 'bevat een bron van fenylalanine'. Dit is om te voorkomen dat mensen met PKU via de voeding ongewenst fenylalanine binnen krijgen. Aspartaam, een kunstmatige zoetstof, is zo'n stof die bij inname een ongewenste verhoging van het fenylalanine-gehalte in het bloed kan bewerkstelligen. Bij de omzetting van aspartaam in het lichaam wordt namelijk fenylalanine gevormd. Hierbij ontstaat uit één mol aspartaam één mol fenylalanine.

Voor gezonde mensen is de ADI waarde van aspartaam tamelijk hoog. Maar wanneer mensen met PKU deze stof gebruiken, kan dat leiden tot een onaantoonbare stijging van de concentratie fenylalanine in het bloed.

- 24 Ga door berekening na wat de toename van de hoeveelheid fenylalanine in het bloed is van iemand van 65 kg met 5,0 L bloed, die gedurende één dag de ADI aan aspartaam inneemt.
- Geef je antwoord in mg fenylalanine per dL bloed.
 - Neem aan dat alle fenylalanine zich tijdens die dag in het bloed ophoopt.
 - De molecuulmassa van aspartaam is 294,3 u.

Om vast te stellen of er sprake is van PKU worden de concentraties van fenylalanine en tyrosine in het bloed van pasgeboren baby's bepaald. Een moderne methode om de concentraties te bepalen, maakt gebruik van de referentiestoffen fenylalanine- d_5 (Phe- d_5) en tyrosine- d_4 (Tyr- d_4); zie onderstaande structuurformules.



Het symbool D in deze formules staat voor deuterium, de isotoop H-2. De aminozuren worden met methanol geëxtraheerd uit het bloed. In de methanol zijn de referentiestoffen opgelost. De oplossing van aminozuren in methanol wordt ingedampd. Aan het mengsel van aminozuren dat aldus wordt verkregen, wordt aangezuurd 1-butanol toegevoegd. Daarbij reageren alle aminozuren, ook de aminozuren die als referentiestoffen zijn toegevoegd, met 1-butanol onder vorming van de butylesters van de aminozuren.

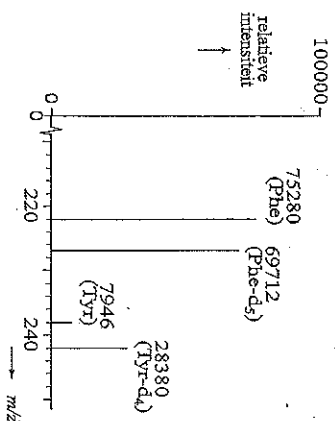
- 25 Geef de structuurformule van de ester van fenylalanine- d_5 en 1-butanol.

Doordat het toegevoegde 1-butanol een ruime overmaat zuur bevat, worden de aminogroepen in alle esters omgezet tot $-NH_3^+$ groepen.

Voor de verdere bepaling wordt een speciale vorm van massaspectrometrie toegepast. Bij deze methode vallen de positief geladen ('geprotoneerde') butylesters van de aminozuren niet uiteen in brokstukken; ze blijven intact. Bij massaspectrometrie is de hoogte van de piek (de relatieve intensiteit) recht evenredig met het aantal mol van de stof die wordt gedetecteerd. Gelijke hoeveelheden van verschillende stoffen geven bij deze vorm van massaspectrometrie niet een even hoge piek. Gelijke hoeveelheden fenylalanine en fenylalanine- d_5 geven echter wel een even hoge piek en dat geldt ook voor tyrosine en tyrosine- d_4 .

Een kleine hoeveelheid oplossing met de geprotoneerde butylesters wordt in de massaspectrometer gebracht.

Het deel van het massaspectrum dat bij het onderzoek van het bloed van een baby is verkregen en dat voor de bepaling van belang is, staat hieronder afgebeeld. De getallen bij de signalen zijn de relatieve intensiteiten.



De bepaling is zodanig uitgevoerd dat de pieken in het massaspectrum die betrekking hebben op de geprotoneerde butylesters van fenylalanine- d_5 en tyrosine- d_4 (de referentiestoffen), overeenkomen met 200 μ mol fenylalanine- d_5 en 200 μ mol tyrosine- d_4 per liter bloed.

In Nederland gaat men ervan uit dat er sprake is van PKU wanneer in het bloed de verhouding $\frac{[Phe]}{[Tyr]}$ groter is dan 1,7 en bovendien $[Phe]$ groter is dan 150 μ mol per liter bloed.

- 26 Ga door berekening na of de onderzochte baby aan PKU lijdt. Gebruik onder andere de relatieve intensiteiten die bij de pieken in het massaspectrum zijn vermeld.

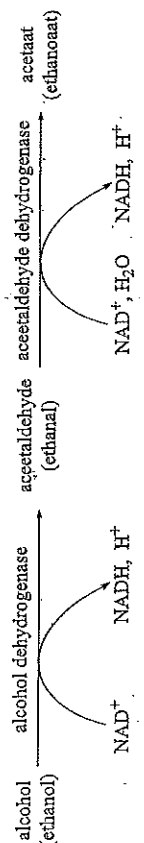
Alcoholintolerantie

Wanneer alcohol in het menselijk lichaam wordt afgebroken, gebeurt dat in een aantal stappen.

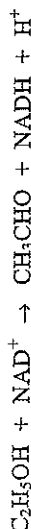
In de eerste stap reageert alcohol met nicotineamide-adenine-dinucleotide (meestal weergegeven met NAD^+) onder invloed van het enzym alcohol dehydrogenase. Het reactieproduct is ethanal. De niet-systematische naam van ethanal is acetaldehyde.

Vervolgens reageert de acetaldehyde door met NAD^+ onder invloed van het enzym acetaldehyde dehydrogenase.

Deze eerste twee stappen van het afbraakproces van alcohol worden vaak schematisch als volgt weergegeven:



Met behulp van dit schema kunnen van bovenstaande omzettingen de reactievergelijkingen worden afgeleid. Zo kan de omzetting van ethanal tot ethanal als volgt in een reactievergelijking worden weergegeven:



- 2p Leg uit of bij deze omzetting NAD^+ als oxidator of als reductor reageert.
- 3p Geef de reactievergelijking van de omzetting van ethanal tot ethanoaat. Gebruik hierbij:
 - gegevens uit bovenstaande schematische weergave;
 - structuurformules voor ethanal en ethanoaat;
 - de afkortingen NAD^+ en $NADH$.

Bij de vorming van het enzym acetaldehyde dehydrogenase ontstaat eerst een polypeptide dat bestaat uit 517 aminozuureenheden. De eerste 17 aminozuureenheden hiervan vormen een zogenaamd signaalpeptide. Dit stukje eiwit zorgt ervoor dat het enzym de goede ruimtelijke structuur krijgt en wordt uiteindelijk afgesplitst ('gesliced'). Het enzym acetaldehyde dehydrogenase bestaat dus uit 500 aminozuureenheden.

Een deel van de aminozuurvolgorde van acetaldehyde dehydrogenase is hieronder weergegeven:

Aminozuur nummer	486	487	488
Afkorting aminozuur	~ Thr	~ Glu	~ Val ~

- 3p Geef het hierboven weergegeven fragment uit het enzym acetaldehyde dehydrogenase in structuurformule weer.

Bij veel mensen wordt na alcoholconsumptie de alcohol wel omgezet tot ethanal, maar wordt de ethanal niet verder omgezet tot ethanoaat. Hierdoor hoopt de in het lichaam gevormde ethanal zich op. Dit veroorzaakt onder andere een misselijk, ziek gevoel. Het verschijnsel wordt alcoholintolerantie genoemd en komt onder andere in veel Aziatische landen voor.

Alcoholintolerantie wordt veroorzaakt door een zogenaemde puntmutatie: bij mensen met alcoholintolerantie is één basenpaar anders in het gen dat codeert voor de reeks van 517 aminozuren waaruit acetaldehyde dehydrogenase ontstaat, dan bij mensen die geen alcoholintolerantie hebben. Het elwit dat bij mensen met alcoholintolerantie wordt gevormd, verschilt daardoor op één plaats van acetaldehyde dehydrogenase: op plaats 487 van het eiwit komt geen Glu maar Lys. Dit eiwit kan acetaldehyde niet omzetten.

- 3p Geef de symbolen van het basenpaar van de puntmutatie, zowel voor het gen van mensen zonder alcoholintolerantie als voor het gen van mensen met alcoholintolerantie. Noteer je antwoord als volgt:

	zonder	met
base op coderende streng:	alcoholintolerantie	alcoholintolerantie
base op matrixstreng:

 Geef een verklaring voor je antwoord. Gebruik Binas-tabel 70 en gegevens uit deze opgave.
- 2p Leg uit wat het nummer is van het basenpaar van de puntmutatie in het gen dat codeert voor de reeks van 517 aminozuren.

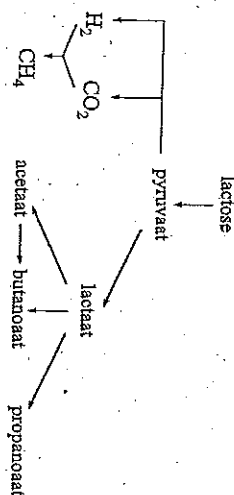


Lactose-intolerantie

Lactose is het belangrijkste koolhydraat in melk. Het is een disaccharide, waarvan de schematische structuurformule is te vinden in Binas-tabel 67A. De eerste stap in de omzetting van lactose in de spijsvertering is hydrolyse. Bij die hydrolyse ontstaan glucose en galactose.

- 2p Geef de reactievergelijking van de hydrolyse van lactose, in molecuulformules.
- Bij de hydrolyse van lactose speelt het enzym lactase een belangrijke rol. Dit enzym is werkzaam in de dunne darm. Bij 10% van de blanke West-Europeaan tot 90% van de Aziaten blijkt het enzym lactase niet of onvoldoende in de dunne darm aanwezig te zijn. Ten gevolge daarvan veroorzaakt voeding die lactose bevat bij deze mensen darmklachten zoals buikpijn, een opgeblazen gevoel en diarree. Men noemt dit lactose-intolerantie.
- Lactose, die niet in de dunne darm is afgebroken, kan in de dikke darm worden omgezet met behulp van micro-organismen. In een artikel over lactose-intolerantie staat een schematische weergave van deze omzetting in de dikke darm, die in figuur 1 vereenvoudigd is weergegeven.

figuur 1



De pH in de dikke darm varieert van 7,5 tot 8,0. Daarom komen in de dikke darm vrijwel geen carbonzuren voor maar vooral de zuurresten van carbonzuren.

Daarom staan in dit schema niet de namen van de carbonzuren, maar de namen van de zuurresten pyruvaat, lactaat, acetaat, butanoaat en propaanoaat.

- 4p 7 Bereken hoe groot de molverhouding propaanoaat: propaanzuur in de dikke darm tenminste is. Maak gebruik van Binas-tabel 49.

De gevormde zuurresten kunnen watermoleculen binden. Daardoor wordt de ontlasting zachter en kan diarree ontstaan.

- 2p 8 Geef met behulp van een tekening weer hoe twee watermoleculen worden gebonden door een butanoaat. Gebruik structuurformules, zowel voor het butanoaat als voor de watermoleculen.

Eén van de reacties die in figuur 1 is weergegeven, is de omzetting van pyruvaat tot lactaat. Dit is een redoxreactie.

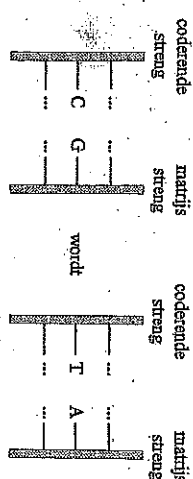
Pyruvaat is het zuurreston van pyrodruivenzuur, de systematische naam van pyrodruivenzuur is 2-oxopropaanzuur (voor de betekenis van 'oxo' zie Binas-tabel 66D).

Lactaat is het zuurreston van melkzuur (2-hydroxypropaanzuur).

- 9 Geef de vergelijking van de halfreactie van de omzetting van pyruvaat tot lactaat. Geef pyruvaat en lactaat in structuurformules weer. In de vergelijking van deze halfreactie komen, behalve de formules van pyruvaat en lactaat, onder andere ook OH^- en H_2O voor.

57

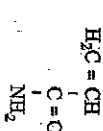
De verandering (mutatie) van een C-G basenpaar naar een T-A basenpaar kan als volgt schematisch worden weergegeven:



Zo'n verandering kan ingrijpende gevolgen hebben voor de eiwit synthese. De hierboven beschreven mutatie zou zich bijvoorbeeld kunnen bevinden op een plaats in een gen waar de genetische informatie voor het aminozuur glutamine (Gln) in een bepaald enzym had moeten zitten. Dan wordt in het desbetreffende enzym geen Gln ingebouwd, maar gebeurt er iets totaal anders. Er zal dan een eiwit ontstaan dat de beoogde enzymwerking niet bezit.

- 4p 10 Leg, uitgaande van één van de codons van Gln, uit wat in het hierboven beschreven geval dan gebeurt. Gebruik gegevens uit deze opgave en uit Binas-tabel 70.

Acrylamide heeft de volgende structuurformule:



Acrylamide kan gemakkelijk polymeriseren. Door additiepolymerisatie ontstaat dan polyacrylamide.

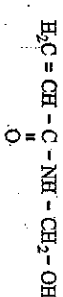
Polyacrylamide is een ketenpolymeer. Maar wanneer acrylamide polymeriseert in aanwezigheid van de stof N,N-methyleen-bisacrylamide ontstaat een netwerkpolymeer.

- 2p 21 Geef een gedeelte van een molecuul polyacrylamide in structuurformule weer. Dit gedeelte moet komen uit het midden van het molecuul en bestaan uit drie acrylamide-eenheden.

- 2p 22 Leg uit dat een netwerkpolymeer ontstaat wanneer polymerisatie optreedt in een mengsel van acrylamide en N,N-methyleen-bisacrylamide. De structuurformule van N,N-methyleen-bisacrylamide is als volgt:



Netwerkpolymeren van acrylamide en N,N-methyleen-bisacrylamide worden sinds de jaren vijftig van de vorige eeuw veel in de bouw toegepast als voegmiddel in metselwerk. Al snel na de introductie van acrylamide ontdekte men dat deze stof schadelijk kan zijn voor het zeenuwstelsel. Dit was de reden waarom men er toe overging om acrylamide te vervangen door het minder schadelijke N-methylacrylamide. De structuurformule van N-methylacrylamide is als volgt:

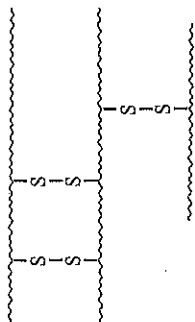


N-methylacrylamide kan worden verkregen door reactie van acrylamide met een stof X. Bij deze reactie is N-methylacrylamide het enige reactieproduct.

59 In haar is het eiwit keratine aanwezig. In een molecuul keratine komt het volgende fragment voor: ~Ser~Pro~Cys~.

3p 1 Geef het fragment ~Ser~Pro~Cys~ in een structuurformule weer.

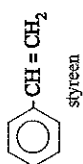
In keratine zijn relatief veel cysteine-eenheden aanwezig. Uit de SH groepen van de cysteine-eenheden hebben zich zogenoemde zwavelbruggen gevormd. Deze zwavelbruggen geven de haren hun stevigheid. Hieronder is een gedeelte van een keratinemolecuul schematisch weergegeven:



Van een bepaalde keratinesoort is de gemiddelde molecuulmassa $1,74 \cdot 10^4$ u; het massapercentage cysteine-eenheden is 23.

5p 2 Bereken het aantal zwavelbruggen dat in deze keratinesoort per molecuul keratine aanwezig is. Ga er bij de berekening van uit dat:

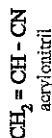
- alle cysteine-eenheden zwavelbruggen hebben gevormd;
- geen eindstandige cysteine-eenheden voorkomen.



60 Hiernaast is de structuurformule van styreen afgebeeld. Styreen is de grondstof voor een aantal kunststoffen. Eén van die kunststoffen is ABS (Acrylonitril-Butadien-Styreen). Eén van de grondstoffen voor de bereiding van ABS is een polymeer van 1,3-butadien. Als 1,3-butadien polymeriseert, zijn de koolstofatomen 1 en 4 betrokken bij de polymerisatie.

In een molecuul van dit polybutadien is hierdoor per monomere eenheid nog een C=C binding in de hoofketen aanwezig. Door de aanwezigheid van deze C=C bindingen kan polybutadien met acrylonitril en styreen reageren. Er ontstaan dan zijtakken aan de polybutadienmoleculen waarin moleculen acrylonitril en styreen zijn verwerkt.

Hiernaast is de structuurformule van acrylonitril afgebeeld.



2p 7 Geef van het hierboven beschreven polybutadien een gedeelte uit het midden van een polymeermolecuul in structuurformule weer. Dit gedeelte dient te zijn opgebouwd uit twee monomeereenheden. Houd geen rekening met eventuele cis-trans isomerie.

2p 8 Geef de structuurformule van een fragment van een molecuul ABS. Dit fragment moet bestaan uit één polybutadien-eenheid, één acrylonitril-eenheid en één styreen-eenheid. Geef hierbij de CN groep van acrylonitril als -CN weer.

In de industrie wordt styreen onder andere bereid uit ethylbenzeen. In een evenwichtsreactie ontstaat styreen en waterstof. De vorming van styreen is endotherm.

De omstandigheden in de reactor zijn zodanig dat alle stoffen in de gasfase verkeren. Om de jaaropbrengst aan styreen zo hoog mogelijk te maken, wordt de reactie bij hoge temperatuur uitgevoerd.

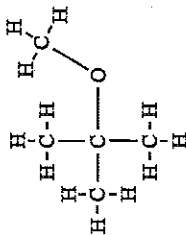
2p 9 Geef de reactievergelijking voor de vorming van styreen uit ethylbenzeen. Gebruik structuurformules voor de organische stoffen.

2p 10 Geef twee redenen waarom het voor de jaaropbrengst voordelig is om de reactie bij een hoge temperatuur uit te voeren. Licht je antwoord toe.

Het voor de bereiding van styreen benodigde ethylbenzeen wordt in een apart proces bereid. Daartoe laat men etheen reageren met benzeen. Er ontstaan echter ook bijproducten. Het ontstane ethylbenzeen kan namelijk met etheen doorreageren onder vorming van di-ethylbenzenen. En ook de di-ethylbenzenen kunnen met etheen reageren, waarbij tri-ethylbenzenen worden gevormd. Er zijn meerdere stoffen die als tri-ethylbenzeen kunnen worden aangeduid.

2p 11 Geef de structuurformules van alle tri-ethylbenzenen.

61 In benzine komt een stof voor die wordt aangeduid met de afkorting MTBE. MTBE zorgt voor een goede verbranding van de benzine in automotoren en vermindert de vorming van koolstofmonoxide. De structuurformule kan als volgt worden weergegeven:



Deze structuurformule is ook weergegeven op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort.

De afkorting MTBE staat voor Methyl Tertiaire Butyl Ether. Uit de structuurformule is af te leiden hoe deze naam tot stand is gekomen.

3p 21 Omcirkel voor elk van de vier onderdelen in de naam het desbetreffende structuurelement in de structuurformule op de uitwerkbijlage. Geef per onderdeel aan op welk deel van de naam van MTBE het omcirkelde deel betrekking heeft.

Door verkeersongelukken, lekkende opslagtanks en lekkende leidingen kan benzine in de grond terecht komen. Omdat de oplosbaarheid van MTBE in water redelijk groot is, kan de stof zich verspreiden over het grondwater en het oppervlaktewater. Dat MTBE oplosbaar is in water moet worden toegeschreven aan de vorming van waterstofbruggen tussen MTBE moleculen en watermoleculen.

2p 22 Geef op de uitwerkbijlage weer hoe twee watermoleculen aan een MTBE-molecuul zijn gebonden door middel van waterstofbruggen.

Teken daarbij:

- de watermoleculen in structuurformule;
- de waterstofbruggen met stippellijntjes (---).

Hout is een veel gebruikt constructiemateriaal. Het bestaat voor een groot deel uit cellulose. Cellulose is een polymeer van glucose en geeft sterkte aan het hout. Cellulose is een eindproduct van een reeks reacties die begint met de fotosynthese. Uit de glucose, die hierbij ontstaat, wordt cellulose gevormd.

13 Geef in één reactievergelijking het proces weer waarbij in een aantal stappen cellulose ontstaat. Ga uit van de beginstoffen van de fotosynthese. Geef cellulose weer met $(C_6H_{10}O_5)_n$.

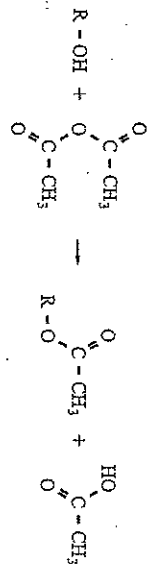
Een ander polymeer dat in hout voorkomt, is hemicellulose. Hemicellulose is opgebouwd uit verschillende monosachariden. Een monosacharide dat veel in ketens van hemicellulose is verwerkt, is xylose. Xylose is een stereo-isomeer van D-ribose en verschilt van D-ribose in de oriëntatie van de OH groep aan het C atoom met nummer 3 (zie Binas-tabel 67A).

14 Teken een fragment uit het midden van een hemicellulose keten, bestaande uit een eenheid van D-galactose en een eenheid van xylose. D-Galactose koppelt door middel van de OH groepen aan de C atomen met nummers 1 en 4 en xylose door middel van de OH groepen aan de C atomen met nummers 1 en 5. Gebruik de notatie die ook in Binas wordt gehanteerd.

In ketens van hemicellulose zijn ook zogenoemde uronzuren ingebouwd. Voorbeeld van zo'n uronzuur is glucuronzuur. Glucuronzuur kan ontstaan uit glucose, wanneer de $-CH_2-OH$ groep wordt omgezet tot een carbonzuurgroep. Deze omzetting is een redoxreactie.

15 Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van glucose tot glucuronzuur. In deze vergelijking komen onder andere ook H^+ en H_2O voor. Noteer glucose als $R-CH_2-OH$ en glucuronzuur op een vergelijkbare manier.

Hout is erg gevoelig voor vocht. De grote vochtgevoeligheid van hout wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van veel hydroxygroepen in moleculen cellulose en hemicellulose. Een methode om hout minder gevoelig te maken voor vocht berust op een reactie die acetyleren wordt genoemd. Bij deze reactie worden hydroxygroepen met behulp van moleculen azijnzuuranhydride verestert. De reactie wordt als volgt schematisch weergegeven:



R staat voor de rest van een molecuul cellulose of hemicellulose.

Titan Wood heeft een procedé ontwikkeld om hout te acetyleren. Het azijnzuuranhydride dat hiervoor nodig is, wordt in het procedé zelf bereid uit de grondstof azijnzuur. Het aldus behandelde hout wordt Accoya[®] genoemd. Het door Titan Wood ontwikkelde proces verloopt (vereenvoudigd) als volgt:

- Het hout wordt in droogkamers gedroogd en in een reactor R1 gebracht. Hierin wordt azijnzuuranhydride gepompt. Men laat de acetyleringsreactie bij hoge druk en temperatuur gedurende enkele uren plaatsvinden. Er is een overmaat azijnzuuranhydride. De verblijftijd in de reactor is zo gekozen, dat nagenoeg alle hydroxygroepen in het hout worden geacetyleerd.
- Azijnzuur dat bij de reactie ontstaat, wordt samen met het niet-geacetyeerde azijnzuuranhydride afgevoerd naar een opslagtank O. In deze tank wordt extra azijnzuur ingevoerd.
- Het azijnzuur wordt samen met het niet-geacetyeerde azijnzuuranhydride uit de opslagtank O naar een reactor R2 geleid, waarin het wordt verfit. Het azijnzuur wordt dan omgezet tot azijnzuuranhydride, met als tweede reactieproduct water. Deze twee reactieproducten worden in reactor R2 van elkaar gescheiden.

16 Geef het proces, zoals dat bij Titan Wood wordt uitgevoerd, in een blokschema weer.

Teken in dat schema drie blokken:

- R1 is de reactor waarin het hout zich bevindt;
- R2 is de reactor waarin azijnzuuranhydride en water ontstaan;
- O is de opslagtank van azijnzuur en het ongereageerde azijnzuuranhydride;

Geef de stromen in het schema aan met cijfers:

- 1 voor gedroogd hout;
- 2 voor behandeld hout (Accoya[®]);
- 3 voor azijnzuuranhydride;
- 4 voor azijnzuur;
- 5 voor water.

Wanneer het proces in bedrijf is, werkt men met porties van 30 m³ hout. Men kan berekenen hoeveel ton azijnzuur tenminste moet worden ingekocht voor de acetylering van deze hoeveelheid hout, volgens het Titan Wood proces.

17 Bepalen hoeveel ton azijnzuur (1 ton = 1 · 10³ kg) tenminste moet worden ingekocht voor de acetylering van één portie hout van 30 m³ volgens dit proces. Ga voor deze berekening ervan uit dat:

- de dichtheid van het te behandelen hout 0,63 · 10³ kg m⁻³ is;
- cellulose het enige polysacharide in hout is;
- het hout 65 massaprocent cellulose bevat;
- 95 procent van de hydroxygroepen van cellulose wordt geacetyleerd.

Omdat het hout van te voren is gedroogd tot een vochtgehalte van ongeveer 6% bevat het altijd nog wat water. Het in de reactor toegevoegde azijnzuuranhydride kan ook met dit water reageren. Daarbij ontstaat uitsluitend azijnzuur. Een belangrijk aspect voor de kosten van het Titan Wood proces is de benodigde hoeveelheid azijnzuur die moet worden ingekocht.

18 Leg uit wat het effect is op de hoeveelheid azijnzuur die moet worden ingekocht wanneer het vochtgehalte van het te behandelende hout hoger is dan 6%. Ga er daarbij van uit dat de kwaliteit (acetyleringsgraad) van het hout constant moet zijn.

In de Volkskrant stonden artikelen over het apart inzamelen van kunststoffen. Hieronder volgt een fragment uit een van die artikelen.

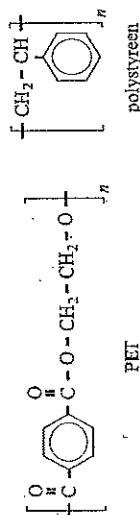
tekstfragment

Kunststofverpakkingen zijn een crime. In de verbrandingsoven van een afvalverwerkingsbedrijf leiden de energierijke verpakkingen tot extra onderhoud aan het metselwerk, doordat de temperatuur te hoog oploopt. Ook milieutechnisch is het beter om de verpakkingen apart te houden. Na te zijn versnipperd tot vlokken of vernalen tot plastic korrels kunnen ze een tweede leven beginnen als nieuw flesje of flacon. Als de afvalcrakken van onvoldoende zuiverheid zijn, kunnen ze tenminste nog als fliceetruil of als bempaallie verder.

Het metselwerk in de verbrandingsoven wordt gemaakt met behulp van metselspecie. De specie verhardt na het metselen doordat een zouthydraat ontstaat.

- 2p 20 Leg uit waarom schade ontstaat aan het metselwerk in een verbrandingsoven als de temperatuur te hoog oploopt.

Een groot aandeel van de verpakkingsmaterialen die uiteindelijk in het afval terecht komen, is vervaardigd uit PET of polystyreen. Hieronder zijn de structuurformules van PET en van polystyreen schematisch weergegeven.



- 21 Leg zowel voor PET als voor polystyreen uit of ze tot de kunststoffen behoren
3p die aan een 'tweede leven' als flesje kunnen beginnen. Geef aan de hand van
de structuurformules van PET en polystyreen een verklaring voor je antwoord;
verwerk hierin ook de begrippen thermoharder en/of thermoplast.

Bij polymerisaties worden twee verschillende reactietypen onderscheiden: polycondensatie en polyadditie.

- 3p 22: Geef de structuurformules van de twee monomeren waaruit PET wordt gemaakt en de structuurformule van het monomeer waaruit polystyreen wordt gemaakt.

Noteer je antwoord als volgt:

monomeren PET: ...

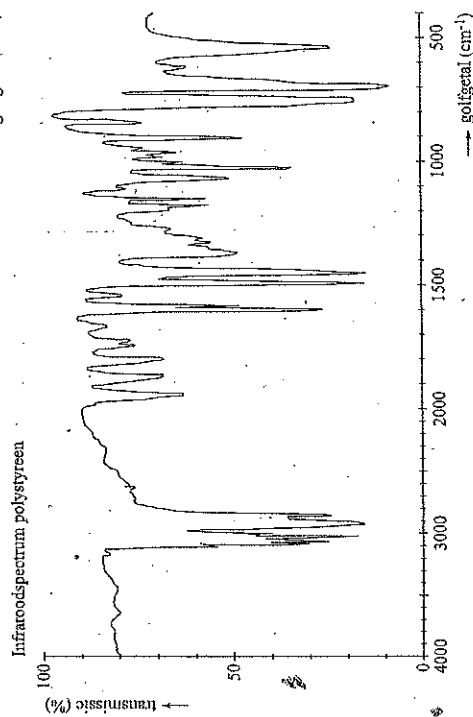
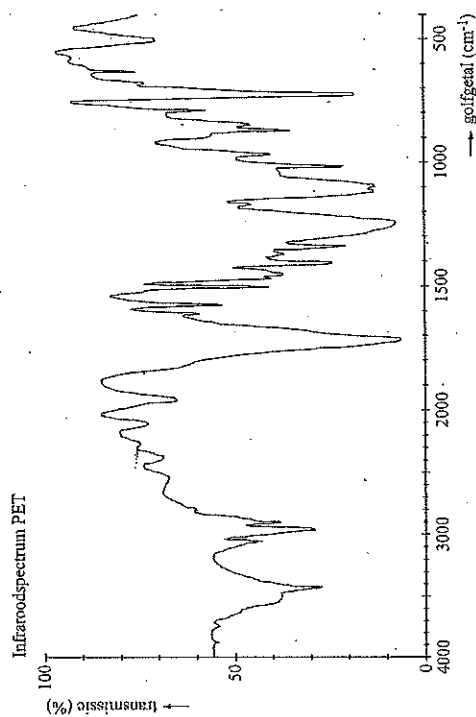
- monomeer polystyreen: ...
- 2p 23 Leg zowel voor PET als voor polystyreen uit of het polymeer ontstaat door polycondensatie of door polyadditie.

Als de ingezamelde kunststoffen worden gesorteerd, leveren ze meer geld op en is meer hergebruik mogelijk. Bij het sorteren worden de kunststofverpakkingen op een lopende band geplaatst die langs een apparaat loopt dat infrarood (IR) licht uitzendt. De kunststof weerkaatst het licht. De mate van weerkaatsing varieert met de golflengte van het licht, omdat het materiaal het infrarode licht bij de ene golflengte meer absorbeert dan bij een andere golflengte. Hierdoor kunnen de kunststoffen worden gescheiden.

Hieronder zijn de IR-spectra van PET en van polystyreen afgebeeld.

In IR-spectra worden de pieken aangeduid met hun golfgetal. Het golfgetal is uitgezet op de horizontale as met eenheid cm^{-1} .

infrared spectra

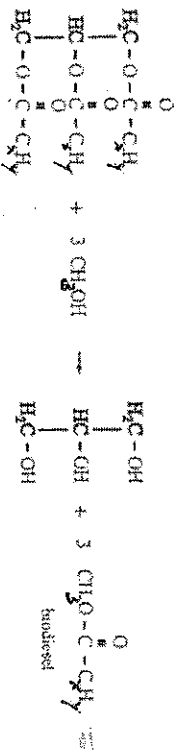


Bij een recyclebedrijf wil men PET en polystyreen gaan scheiden. Daarvoor will men infrarood licht gebruiken met een bepaald golfgetai. Uit de IR-spectra kan men afleiden welk golfgetai het gebruikte licht moet hebben om een scheiding uit te kunnen voeren. Infrarood licht in het absorptiegebied met een golfgetai tussen 3100 en 3000 cm^{-1} is niet geschikt om PET en polystyreen te onderscheiden.

- 24 Leg uit waarom in beide IR-spectra een piek voorkomt in dit absorptiegebied. Maak bij je uitleg gebruik van de gegeven structuurformules van PET en polystyreen. Gebruik Binastabel 39B.
- Infrarood licht in het absorptiegebied met een golfgetal tussen 1700 en 1750 cm^{-1} is wel geschikt om PET en polystyreen te onderscheiden.
- 25 Leg uit waarom slechts in één van beide IR-spectra een duidelijke piek voorkomt in dit absorptiegebied. Maak bij je uitleg gebruik van de gegeven structuurformules van PET en polystyreen. Gebruik Binastabel 39B.

64

Frituurolie wordt voor het grootste deel niet geconsumeerd. Het moet wel regelmatig vervangen worden, waardoor een grote afvalstroom ontstaat. Deze afvalstroom kan onder andere worden gebruikt voor de productie van biodiesel. De productie van biodiesel gaat volgens een zogenaamde om-estering, waarbij methylesters van vetzuren ontstaan. De gevormde methylesters, de biodiesel, kunnen gemengd worden met gewone diesel. De schematische reactievergelijking voor de om-estering kan als volgt worden weergegeven:



De producten biodiesel en glycerol mengen niet en vormen een tweelagensysteem. Dit komt door een verschil in de bindingen tussen de moleculen.

- 13 Leg aan de hand van de structuurformules uit welke binding(en) tussen de moleculen aanwezig is/zijn in biodiesel en welke binding(en) tussen de moleculen aanwezig is/zijn in glycerol.

Bij de productie van biodiesel kan zowel een base als een zuur als katalysator dienen. Het gebruik van een base als katalysator resulteert, bij gelijke reactieomstandigheden, in een veel hogere reactiesnelheid dan een zuur als katalysator. Een veelgebruikte base als katalysator is NaCH_3O . Deze stof kan echter bij het produceren van biodiesel uit gebruikte frituurolie niet zomaar toegepast worden. Dit komt doordat gebruikte frituurolie vrije vetzuren bevat. Deze vrije vetzuren reageren met de base NaCH_3O . Deze reactie kan worden weergegeven als:



De reactie van NaCH_3O met de vrije vetzuren in de gebruikte frituurolie kan een probleem geven bij de scheiding van de geproduceerde biodiesel en glycerol. Dit zal vooral het geval zijn wanneer het massapercentage vrije vetzuren in de frituurolie hoog is.

- 14 Leg uit waarom de scheiding van de producten biodiesel en glycerol bemoeilijkt wordt, wanneer de vrije vetzuren met een base reageren.

Door de reactie van de katalysator met vrije vetzuren kan de concentratie van de katalysator in het reactievat te laag worden voor een goede werking. Het verlies aan katalysator wordt gecompenseerd door een extra hoeveelheid katalysator toe te voegen. Een optimale katalytische werking treedt op bij een gehalte van ongeveer 1,0 massaprocent aan NaCH_3O in de frituurolie. Van een monster frituurolie is het gehalte vrije vetzuren vooraf bepaald op 2,2 massaprocent. In het reactievat wordt $7,0 \cdot 10^3$ kg van deze frituurolie gemengd met de katalysator.

- 15 Bereken hoeveel kilogram NaCH_3O moet worden toegevoegd aan het reactievat met $7,0 \cdot 10^3$ kg frituurolie waarin zich 2,2 massaprocent vrije vetzuren bevindt om 1,0 massaprocent NaCH_3O over te houden.

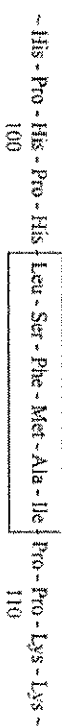
- Neem aan dat de gemiddelde massa van een mol vrij vetzuur 282 g bedraagt.
- De massafractione ten gevolge van het toevoegen van extra NaCH_3O mag worden verwaarloosd.

65

Melk bevat ongeveer 4% eiwit waarvan het eiwit caseïne het grootste deel uitmaakt. De aanwezigheid van caseïne is onmisbaar voor het maken van kaas. Bij de bereiding van kaas worden zuursel en stremsel aan melk toegevoegd. Zuursel is een mengsel van verschillende soorten melkzuurbacteriën die lactose omzetten tot melkzuur (2-hydroxypropaanzuur).

- 18 Geef met behulp van molecuulformules de reactievergelijking voor de omzetting van lactose tot melkzuur. Behalve lactose is nog een tweede stof nodig bij deze omzetting. Maak gebruik van Binas-tabel 67A.

Stremsel bevat het enzym chymosine. Onder invloed van chymosine vindt hydrolyse plaats van een deel van de aanwezige caseïnemoleculen. Hierdoor wordt de melk dikker en ontstaat via een aantal bewerkingen kaas. Hieronder zijn de aminozuren 98 tot en met 112 van een molecuul caseïne weergegeven. Het ontkernde gedeelte van een molecuul caseïne bevindt zich tijdens de hydrolyse in de holte van het enzym, waar de reactie optreedt. Het zogenaamde actieve centrum, in een molecuul caseïne wordt de peptidbinding tussen fenyalanine (Phe) op plaats 105 en methionine (Met) op plaats 106 verbroken.



Van aminozuur 1 is de aminogroep nog aanwezig.

- 19 Geef de reactievergelijking voor de hydrolyse van het fragment $\sim \text{Phe} - \text{Met} \sim$. Gebruik structuurformules voor de koolstofverbindingen. Maak gebruik van Binas-tabel 67C.

Bij een onderzoek naar de hechting van caseïnemoleculen aan chymosine is een aantal peptiden gesynthetiseerd. Deze peptiden zijn gebouwd als substraat voor het enzym. Peptiden worden gemaakt uit aminozuren. Als men één soort dipeptide, bijvoorbeeld Ala-Ile, wil maken uit een mengsel van beide aminozuren, kunnen naast Ala-Ile nog andere dipeptiden ontstaan.

- 20 Geef de afkortingen van de dipeptiden die, behalve Ala-Ile, ontstaan als men dipeptiden maakt uit een mengsel van Ala en Ile.

26

Als eerste peptide werd het gedeelte van caseïne gemaakt dat zich in het actieve centrum bevindt: Leu-Ser-Phe-Met-Ala-Ile. Voor de synthese van dit peptide ging men als volgt te werk:

- 1 Men laat een oplossing van Ile reageren met een bepaald slecht oplosbaar polymeer. Daarbij reageren de carboxygroepen van Ile met de hydroxygroepen van het polymeer. Er ontstaat een vaste stof die schematisch kan worden aangeduid als Ile-Polymeer.
 - 2 In een ander reactievat laat men de aminogroep van Ala reageren met een andere stof, waardoor de aminogroep niet meer beschikbaar is voor reacties met een ander aminozuur. Dit wordt aangegeven als X-Ala. Het is mogelijk om X te verwijderen, zodat de oorspronkelijke aminogroep weer ontstaat.
 - 3 Het vaste Ile-Polymeer laat men reageren met een oplossing met een overmaat X-Ala. Daarbij ontstaat X-Ala-Ile-Polymeer.
 - 4 Deze stof ondergaat een aantal bewerkingen, zodat X-Met-Ala-Ile-Polymeer ontstaat.
 - 5 Als deze stappen worden herhaald met de opeenvolgende aminozuren, kunnen de gewenste polypeptiden worden gesynthetiseerd.
- Het groeiende polypeptide blijft tijdens deze bewerkingen gebonden aan het polymeer.

- 4p 21 Geef een globale beschrijving van de handelingen die men moet verrichten in stap 4 om uit het ontsane mengsel uit stap 3 het gevormde X-Ala-Ile-Polymeer om te zetten tot X-Met-Ala-Ile-Polymeer.

Het gebruikte polymeer bevat hydroxygroepen, waardoor de carboxygroepen van de aminozuren met het polymeer kunnen reageren.

- 2p 22 Geef met behulp van structuurformules de vergelijking van de reactie van een oplossing van Ile met een polymeer dat hydroxygroepen bevat. Noteer het polymeer hierbij als HCO-Polymeer.

Aan het eind van de synthese moet het ontsane polypeptide worden losgemaakt van het polymeer. Hierbij treedt een hydrolyse op, waarbij het gewenste polypeptide vrijkomt.

- 2p 23 Leg uit waarom men liever geen polymeer gebruikt met aminogroepen in plaats van hydroxygroepen.