



Chemie & Voeding

Inhoud:

- Organische chemie
- Vet
- Eiwit
- Koolhydraten

Inhoudsopgave:

1	Basischemie	3
1.1	Het chemisch alfabet	3
1.2	Weergave van stoffen door formules	6
1.3	Bindingen in moleculen	8
2	Vetten	10
2.1	Glyceriden	11
2.2	Vetzuren.....	13
2.3	Eigenschappen van vetten	16
3	Eiwitten.....	21
3.1	Aminozuren	22
3.2	Eiwitten.....	24
3.3	Eigenschappen van eiwitten.....	26
3.4	Veranderingen in een eiwit	28
3.5	Analyse van eiwitten	28
4	Koolhydraten	32
4.1	Indeling van koolhydraten	33
4.2	Veranderingen in koolhydraten.....	41

1 Basischemie

Op de wereld bestaan miljoenen verschillende stoffen. Voor iemand die nog nooit met chemie te maken heeft gehad, is dat een onvoorstelbaar groot aantal. Bovendien kun je waarschijnlijk helemaal niet begrijpen dat er miljoenen verschillende stoffen zijn. Daarom is het handig om een vergelijking met de taal te maken.

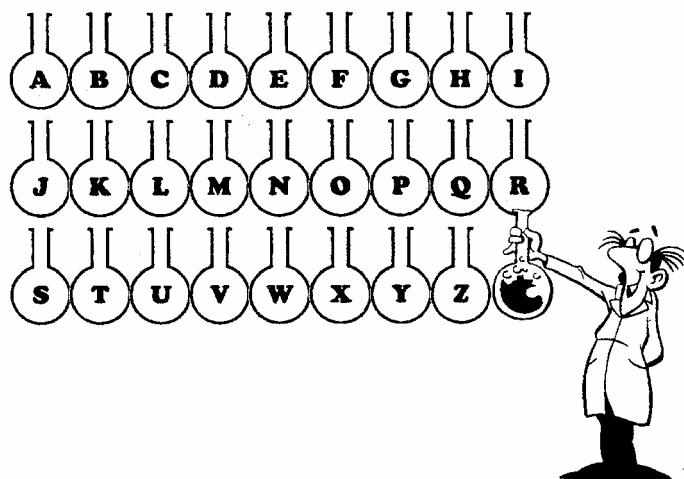


Fig. 1 *Het alfabet.*

1.1 Het chemisch alfabet

Ons alfabet bestaat uit zesentwintig letters. Met deze letters kunnen we woorden vormen. Het aantal woorden dat we kunnen maken, is vele malen groter dan zesentwintig. Het grote aantal woorden is mogelijk doordat we:

- zesentwintig verschillende letters (bouwstenen) hebben;
- dezelfde letters één of meer keer in een woord kunnen gebruiken.

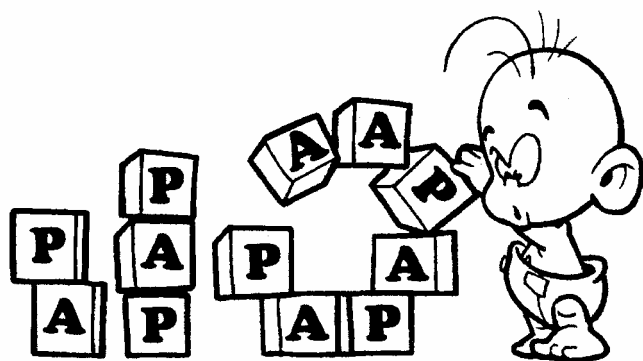


Fig. 2 *Met de twee letters a en p kun je meer dan twee woorden maken.*

Opdracht 1:

Maak zoveel mogelijk woorden met drie zelf gekozen verschillende letters.

Degene met het grootste aantal woorden wint!

Ook de chemie heeft zijn alfabet. Dit chemisch alfabet bevat geen letters maar atoomsoorten. Atomen zijn bijzonder kleine deeltjes die onderling verschillen in grootte en massa. Voor het gemak stellen we ons de atomen voor als bolletjes.

Hoe klein is een atoom? Als alle vijf miljard mensen op de wereld gezamenlijk de atomen in een druppel water zouden tellen, in een tempo van één atoom per seconde, dan zou het karweitje nog altijd meer dan 30.000 jaar duren!

De atomen (bolletjes) kunnen we beschouwen als de bouwstenen van stoffen. Door atomen met elkaar te verbinden ontstaan grotere eenheden die we moleculen noemen. Elke stof heeft zijn eigen moleculen. In figuur 3 zie je watermoleculen.

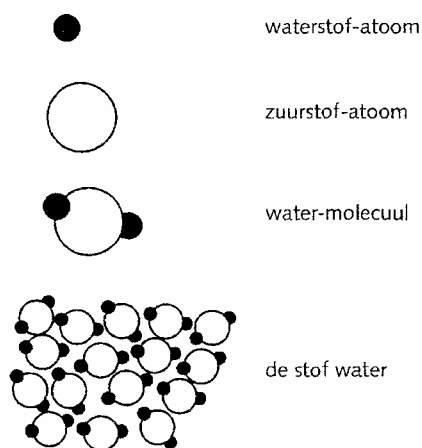


Fig. 3 De stof water bevat een zeer groot aantal watermoleculen. Elk molecuul bestaat uit twee waterstof-atomen en één zuurstof-atoom.

Net als bij woorden in onze taal kunnen we met het beperkte aantal atoomsoorten heel veel stoffen maken door het veranderen van de soort en/of het aantal atomen. In figuur 3 zie je dat de stof water bestaat uit moleculen die opgebouwd zijn uit twee waterstof-atomen en één zuurstof-atoom. Een stof met dezelfde atoomsoorten maar wel in andere aantallen is waterstofperoxide. Een waterstofperoxide-molecuul bestaat uit twee waterstof- en twee zuurstof-atomen. Worden de twee waterstof-atomen in het water-molecuul vervangen door één koolstof-atoom, dan hebben we koolstofmono-oxide. De stoffen water, waterstofperoxide en koolstofmono-oxide hebben zéér verschillende eigenschappen!

Na deze voorbeelden zal het duidelijk(er) zijn dat het aantal verschillende stoffen in de miljoenen loopt. Er zijn namelijk meer dan honderd atoomsoorten, die moleculen vormen die soms bestaan uit duizenden atomen.

Opdracht 2

We spreken van een stof als een verzameling van een groot aantal dezelfde moleculen. Maar wat is nu een groot aantal. Door wat rekenwerk aan het voorbeeld van de afmeting van een atoom krijg je enig inzicht. (Zie Hoe klein is een atoom?)

Bereken het aantal moleculen water in één druppel water.

Opdracht 3

Maak zelf een bolletjes-tekening van de volgende moleculen.

- a Een ammoniakmolecuul bestaat uit één stikstof en drie waterstof-atomen.
- b Een methaanmolecuul bestaat uit één koolstof- en vier waterstof-atomen.
- c Een koolstofdioxidemolecuul bestaat uit één koolstof- en twee zuurstof- atomen.

Alle tot nu toe bekende atoomsoorten zijn, net als de letters van ons alfabet, op een periodiek systeem bepaalde manier gerangschikt. Het resultaat kennen we als het periodiek systeem (figuur 4).

Groep	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Groep
Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Periode
1	H																	He	1
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	2
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	3
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	4
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	5
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	6
7	Fr	Ra	Ac																7

Fig. 4 Het periodiek systeem.

In het periodiek systeem worden de atoomsoorten weergegeven met een symbool. Voor het symbool van de atoomsoort is meestal de eerste letter van de Latijnse naam van die atoomsoort genomen. De Latijnse naam voor koolstof is carbonium. Daarom is het symbool voor koolstof een hoofdletter C. De Latijnse naam voor koper is cuprum. Omdat de letter C al gebruikt is voor koolstof, wordt daarom een tweede letter toegevoegd. De tweede letter is altijd een kleine letter, Voor koper is het symbool Cu.

In de hoofdstukken over vetten, eiwitten en koolhydraten komen we slechts een beperkt aantal atoomsoorten tegen. Omdat de eigenschappen van stoffen onder andere bepaald worden door de atoomsoorten in de moleculen, is het echter wel belangrijk deze atoomsoorten goed te kennen:

- waterstof (H);
- koolstof (C);
- zuurstof (O);
- stikstof (N);
- zwavel (S).

Opdracht 4

Zoek van de vijf genoemde atoomsoorten de Latijnse naam op. Leer zowel de Nederlandse als de Latijnse naam en het symbool van buiten.

1.2 Weergave van stoffen door formules

Het weergeven van stoffen met bolletjes-tekeningen geeft duidelijke informatie maar is wel veel werk. Daarom heeft men gezocht naar weergaves van stoffen die zowel duidelijk als weinig tijdrovend zijn.

Eén van de eenvoudiger manieren om stoffen weer te geven is de toepassing van molecuulformules. Van de stof water weten we dat de moleculen zijn opgebouwd uit twee waterstof-atomen (H) en één zuurstof-atoom (O). Voor de molecuulformule van water schrijven we: H_2O

Het cijfer rechtsonder de atoomsoort geeft aan hoe vaak de atoomsoort in het molecuul aanwezig is. Je noemt dit cijfer de index. In het geval van het water-molecuul is de index van waterstof 2. Bij zuurstof (O) staat géén 1 omdat de index 1 volgens afspraak altijd wordt weggelaten in een molecuulformule.

Opdracht 5

Maak zelf molecuulformules voor de stoffen:

- a waterstof peroxide;
- b koolstofdioxide;
- c ammoniak;
- d methaan,

Een molecuulformule geeft duidelijk aan welke atoomsoorten in de moleculen van de stof voorkomen en in welke aantallen. Voor het begrijpen of voorspellen van eigenschappen van stoffen is het echter ook belangrijk te weten welke atomen in het molecuul met elkaar verbonden zijn. Voor het zichtbaar maken van deze 'informatie' kennen we de structuurformule. De structuurformule van een molecuul is eigenlijk ook een tekening van het molecuul. De bolletjes zijn nu echter vervangen door de symbolen van de atoomsoorten en de binding wordt voorgesteld door een streepje. Zo is de structuurformule voor een methaanmolecuul getekend in figuur 5 en voor ethanol (alcohol) in figuur 6.

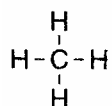


Fig. 5 Structuurformule van methaan.

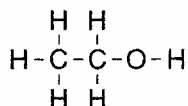
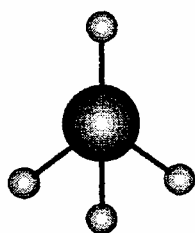


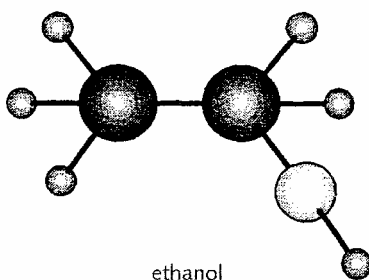
Fig. 6 Structuurformule van ethanol.

In de structuurformule van ethanol is duidelijk te zien dat aan het tweede koolstof atoom een zuurstof-atoom gebonden is met daaraan een waterstof-atoom. Voor de eigenschappen van de stof ethanol is deze volgorde van de atomen alles bepalend.

Wat je in een structuurformule niet ziet, is hetzelfde wat je op een foto niet ziet. Op een foto ben je namelijk de diepte, de derde dimensie, kwijt. Ook een structuurformule heeft maar twee dimensies. In boeken zie je daarom soms mooie tekeningen van moleculen, waarin geprobeerd is een molecuul driedimensionaal weer te geven. Voor methaan en ethanol krijg je dan de weergaven van figuur 7.



methaan



ethanol

Fig. 7 Ruimtelijke weergave van een methaan- en ethanol-molecuul.

Opdracht 6

Bouw met behulp van de aanwijzingen van de docent het methaan-molecuul en het ethanol-molecuul. Bekijk de modellen en vergelijk ze met de ruimtelijke weergave van figuur 7.

1.3 Bindingen in moleculen

Een van de overeenkomsten in de moleculen van vetten, eiwitten en koolhydraten is de atoomsoort koolstof die in elk van de moleculen aanwezig is. Voor een goed begrip van deze stoffen en hun eigenschappen is het nodig wat meer te weten van de verschillende bindingsmogelijkheden van de koolstof-atomen in de moleculen.

We gaan er hierbij vanuit dat rondom één koolstof-atoom altijd vier bindingen (streepjes) aanwezig zijn. Een binding die bestaat uit één streepje, noemen we een enkele binding. Als eenvoudig voorbeeld kunnen we kijken naar de structuurformule van methaan (figuur 8).

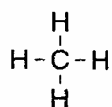


Fig. 8 Methaan-molecuul met vier enkele bindingen rondom het koolstofatoom.

In de structuurformule van ethanol is te zien dat ook daar de beide koolstof-atomen omringd zijn met vier enkele bindingen. De groep in de omliggende rechthoek noemen chemici een alcoholgroep.

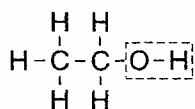


Fig. 9 Ethanol-molecuul met vier enkele bindingen rondom beide koolstofatomen.

Aziijnzuur kan door micro-organismen gevormd worden uit ethanol. Als je naar de structuurformule van aziijnzuur kijkt, zie je een verschil met die van ethanol. Dit ogenschijnlijk kleine verschil in de formule veroorzaakt het grote verschil in smaak tussen beide stoffen!

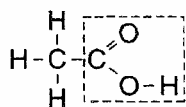


Fig. 10 Aziijnzuur-molecuul met een dubbele koolstof-zuurstof-binding.

De binding tussen het tweede koolstof-atoom en het (bovenste) zuurstof-atoom dubbele binding bestaat uit twee streepjes. We noemen dit een dubbele binding. Het totaal aantal streepjes rondom het tweede koolstof-atoom is nog steeds vier. De groep in de omliggende rechthoek noemen chemici een zuurgroep.

Ook tussen twee koolstof-atomen kan een dubbele binding voorkomen. Een bekend voorbeeld hiervan is de stof etheen. Deze stof speelt een rol bij de rijping van fruit. De structuurformule van etheen is getekend in figuur 11.

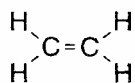


Fig. 11 *Etheen-molecuul met een dubbele koolstof-koolstof-binding.*

Opdracht 7

Bouw het etheen-molecuul. Wat valt je op, als je het model bekijkt?

Opdracht 8:

Teken de structuurformule van de stoffen:

- a propaan (C_3H_8)
- b koolstofdioxide (twee dubbele bindingen);
- c mierenzuur (in totaal één koolstof-atoom en een zuurgroep zoals azijnzuur);
- d propen (C_3H_6) (let op het aantal dubbele bindingen dat je moet tekenen in het molecuul).

Dit hoofdstuk basischemie is slechts een korte samenvatting van enkele belangrijke begrippen uit de chemie. De behandelde begrippen heb je nodig om de hoofdstukken over vetten, eiwitten en koolhydraten te kunnen volgen.

2 Vetten

Vragenlijst Vetten

§ 2.1 Glyceriden

1. Geef een ander woord voor vet.
2. Geef de Latijnse naam voor vet.
3. Wat zijn de bouwstenen van een vetmolecuul?
4. Teken een schematische vetmolecuul.
5. Geef de systematische naam voor glycerol.
6. Teken de structuurformule van glycerol.
7. Wat verstaat men onder een enkelvoudig glyceride?
8. Wat verstaat men onder een gemengd glyceride?

§ 2.2 Vetzuren

9. Geef de indeling van vetten
10. Geef een andere naam voor een vetzuur.
11. Wat is het karakteristiek van een vetzuur?
12. Geef de indeling van vetzuren.
13. Wat betekent de schrijfwijze:
14. C16:0
15. C18:3
16. C12:2
17. Wat verstaan we onder een condensatiereactie?
18. Geef een uitgewerkt voorbeeld in structuurformule.
19. Wat verstaan we onder een hydrolysereactie?
20. Geef een uitgewerkt voorbeeld in structuurformule

§ 2.3 Eigenschappen van vetten

21. Vetten zijn in het algemeen hydrofoob. Wat betekent dit.
22. Vetten hebben een kop-staart model. Wat betekent dit ?
23. Wat verstaat men onder een emulgator ?
24. Geef de eigenschappen van vetten.

§ 2.4 Veranderingen in vetten

25. Wat verstaat men onder vetbederf? Geef een paar andere benamingen hiervoor.
26. Noem de 3 belangrijkste vetveranderingen en lig deze kort toe.

Als we aan vet denken, zien we in gedachten een smeerbare witte stof. Wat we ons meestal niet realiseren is dat dit vet vaak een mengsel is van allerlei stoffen. Bijvoorbeeld echt vet, vrije vetzuren, vetoplosbare vitamines en nog vele andere stoffen. In dit hoofdstuk zullen we kijken naar de bouw en eigenschappen van echt vet.

Opdracht 1

Bekijk op de etiketten van vijf verschillende producten hoe het aanwezige vet in het product wordt aangegeven.

2.1 Glyceriden

Vetten en oliën behoren tot dezelfde groep van stoffen, de triglyceriden. We spreken van een vet, als de stof bij kamertemperatuur (20 °C) vast is. Een olie is vloeibaar. Een triglyceride is een combinatie van drie (tri) vetzuur-moleculen en één glycerol molecuul glycerol.

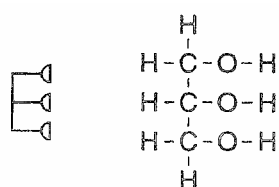


Fig. 1 Schematische voorstelling en structuurformule van glycerol.

Een andere naam voor glycerol is 1,2,3 propaantriol. Uit deze naam kun je afleiden dat het glycerolmolecuul bestaat uit drie (propaan) koolstofatomen en drie alcoholgroepen (OH), die elk aan een van de koolstofatomen vastzitten. Een andere naam voor alcoholgroep is hydroxylgroep.

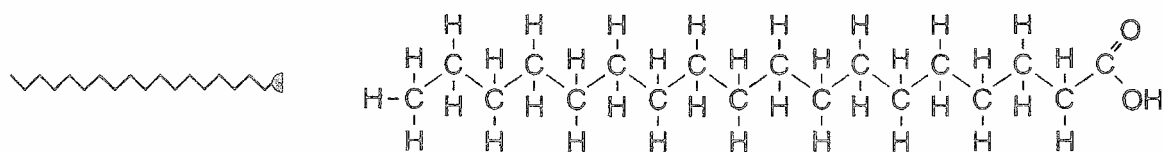


Fig. 2 Schematische voorstelling en structuurformule van het vetzuur stearinezuur.

In figuur 2 valt op dat een vetzuur een lange keten van met elkaar verbonden koolstof-atomen is. Aan het einde van de keten zit een zuurgroep.

Een andere naam voor stearinezuur is octadecaanzuur. Uit deze naam kun je afleiden dat het stearinezuurmolecuul bestaat uit achttien (octadecaan) koolstofatomen. Het eerste koolstofatoom is het koolstofatoom van de zuurgroep (COOH). Een andere naam voor een zuurgroep is carboxylgroep.

Glycerol werkt als een kapstok waaraan de drie vetzuren worden opgehangen. Evenals ethanol

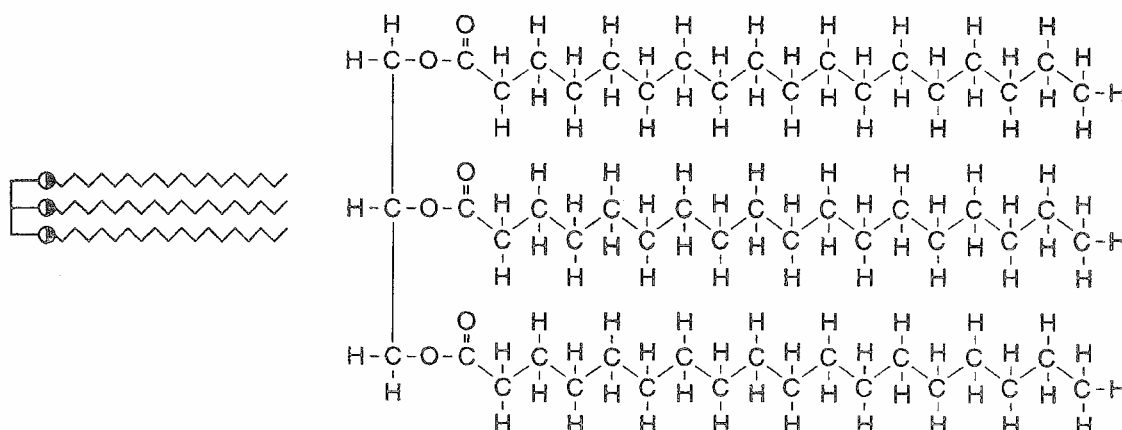


Fig. 3 Schematische voorstelling en structuurformule van een triglyceride.

behoort glycerol tot de alkanolen.

Hoe wordt uit glycerol en vetzuren nu een vet gevormd? Dit gebeurt door middel van een esterbinding. Deze binding ontstaat als de OH van het glycerol reageert met de COOH van een vetzuur. Bij deze reactie ontstaat behalve het triglyceride ook water (figuur 4).

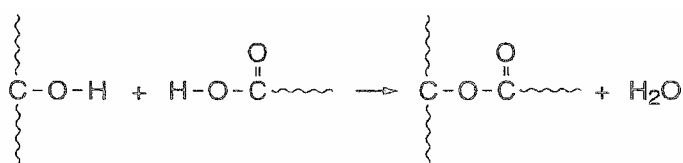


Fig. 4 Vorming van een triglyceride uit glycerol en vetzuren.

Een triglyceride bestaat uit drie vetzuurmoleculen en een glycerolmolecuul. Er bestaan echter ook moleculen met een of twee vetzuurmoleculen per glycerolmolecuul.

Opdracht 2

Een vet dat opgebouwd is uit glycerol en drie vetzuur noemen we een triglyceride.

- Wat verwacht je van de bouw van een diglyceride?
- Hoe zou je een molecuul noemen dat opgebouwd is uit glycerol en één vetzuur-molecuul?

Opdracht 3

Neem de structuurformule van glycerol en stearinezuur over en geef met een omlijnde rechthoek in de structuurformule aan wat de alcohol respectievelijk de zuurgroep is (zijn).

De vetzuren die met glycerol verbonden zijn, zijn niet altijd hetzelfde. Als de gemengd glyceride vetzuren verschillend zijn, spreken we van een gemengd glyceride. Bij dezelfde enkelvoudige glyceride vetzuren spreken we van een enkelvoudige glyceride.

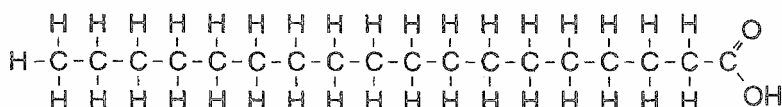
Opdracht 4

Geef een schematische weergave van:

- een triglyceride;
- een gemengd diglyceride.

2.2 Vetzuren

Zowel de reclames voor plantaardige oliën als voedingsdeskundigen bepleiten dat je beter onverzadigde vetten dan verzadigde vetten kunt gebruiken. Wat is het verschil tussen verzadigde en onverzadigde vetten? Om antwoord te geven op deze vraag moeten we kijken naar de vetzuren. Het chemische verschil tussen verzadigde en onverzadigde vetzuren onverzadigde vetzuren is dat de eerste moleculen (bij hetzelfde aantal koolstof atomen) meer waterstof bevatten. In de onverzadigde vetzuren is één of meer dubbele bindingen tussen de koolstofatomen aanwezig. Met structuurformules is dit verschil duidelijk zichtbaar te maken



of:

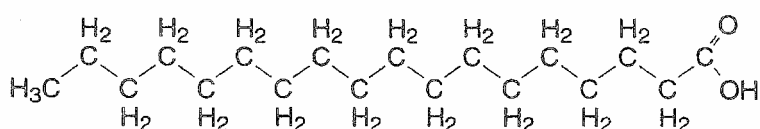
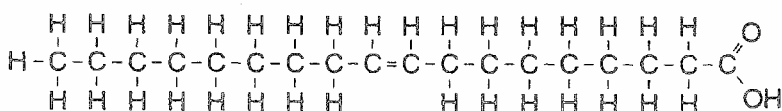


Fig. 5 Structuurformule van het verzadigde vetzuur stearinezuur ($\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$).



of:

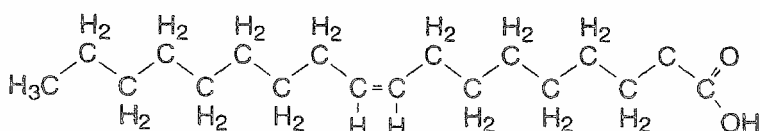


Fig. 6 Structuurformule van het onverzadigde vetzuur oliezuur ($\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$).

Opdracht 5

- Hoeveel dubbele bindingen heeft een oliezuurmolecuul?

- | |
|--|
| b. Hoeveel waterstofatomen heeft een oliezuurmolecuul minder dan een stearinezuurmolecuul? |
|--|

De groep van onverzadigde vetzuren kun je weer onderverdelen in de enkelvoudig (EOV) en meervoudig (MOV) onverzadigde vetzuren. Welke soort er in een vet zit, heeft te maken met de herkomst van het vet. Verzadigde vetzuren komen vooral voor in dierlijke producten zoals roomboter, volle-melkproducten, vette vleeswaren en volvette kaas. In sommige plantaardige vetten zit ook verzadigd vet, bijvoorbeeld in cacaovet, palmolie en kokosvet. Veel verzadigde vetten in de voeding verhoogt de kans op hart- en vaatziekten. Onverzadigde vetten hebben juist een gunstig effect op de gezondheid. Ze komen voor in plantaardige oliën en margarine, vette vis en pinda's. Het bekendste meervoudig onverzadigde vetzuur is linolzuur.

Opdracht 6

Neem uit BINAS de structuurformule over van linolzuur.

- Schrijf het aantal koolstofatomen op.
- Schrijf het aantal dubbele bindingen op.
- Leg uit of linolzuur behoort tot de EOVS of MOV's.

Verzadigde en onverzadigde vetzuren zijn er in allerlei ketenlengten. Vaak wordt voor vetzuren een van de twee volgende schrijfwijzen gebruikt.

Molecuulformule 1

De molecuulformule met daarin eerst het aantal koolstofatomen, vervolgens het aantal waterstofatomen en als laatste de zuurgroep. De zuurgroep wordt weergegeven als COOH. Let hierbij op dat je het koolstofatoom van de zuurgroep maar één keer telt !

De molecuulformule voor palmitinezuur is bijvoorbeeld: $C_{15}H_{31}COOH$

Vereenvoudigde schrijfwijze 2

Een vereenvoudigde schrijfwijze waarin na een hoofdletter C, het aantal koolstofatomen wordt aangegeven, gevolgd door een dubbele punt en het aantal dubbele bindingen in het molecuul.

De vereenvoudigde schrijfwijze voor palmitinezuur is: C 16:0

Wil je de plaats van de dubbele binding ook in de schrijfwijze aangeven, dan kun je het eerste koolstof van de dubbele binding(en) tellen vanaf de zuurgroep. Hierbij wordt het teken Δ gebruikt. De volledige schrijfwijze voor arachidonzuur wordt dan C20:4 Δ 5,8,11,14.

Opdracht 7

Geef op grond van de schrijfwijze C20:4 Δ5,8,11,14 de structuurformule van arachidonzuur.
Controleer de formule met behulp van BINAS.

In figuur 7 staat een overzicht van enkele (on)verzadigde vetzuren.

Opdracht 8

Bekijk figuur 7 goed.

- Geef de naam van het verzadigde vetzuur met twaalf koolstofatomen,
- Noteer de molecuulformule van het verzadigde vetzuur met achttien koolstofatomen.
- Geef ook de tweede schrijfwijze voor het vetzuur van vraag b.
- Noteer de molecuulformule van het tweevoudig onverzadigde vetzuur met achttien koolstofatomen.
- Geef ook de tweede schrijfwijze voor het vetzuur van vraag d.

Molecuulformule	Naam	Smeltpunt (°C)	Dubbele bindingen
C ₃ H ₇ COOH	boterzuur	– 8	0
C ₅ H ₁₁ COOH	capronzuur	– 3	0
C ₇ H ₁₅ COOH	caprylzuur	+ 16	0
C ₉ H ₁₉ COOH	caprinezuur	+ 31	0
C ₁₁ H ₂₃ COOH	laurinezuur	+ 44	0
C ₁₃ H ₂₇ COOH	myristinezuur	+ 53	0
C ₁₅ H ₃₁ COOH	palmitinezuur	+ 63	0
C ₁₇ H ₃₅ COOH	stearinezuur	+ 70	0
C ₁₇ H ₃₃ COOH	oliezuur	+ 16	1
C ₁₇ H ₃₁ COOH	linolzuur	– 5	2
C ₁₇ H ₂₉ COOH	linoleenzuur	– 11	3
C ₁₉ H ₃₉ COOH	arachidezuur	+ 75	0

Fig. 7 Negen verzadigde en drie onverzadigde vetzuren.

Opdracht 9

Voor een verzadigd vetzuur kun je een algemene formule opstellen.

Deze is als volgt: C_nH_{2n+1} COOH

- Laat met een berekening zien dat deze formule klopt voor palmitinezuur.
- Maak zelf een algemene formule voor een tweevoudig onverzadigd vetzuur.
- Noteer voor linoleenzuur een schrijfwijze met plaatsaanduiding van de dubbele bindingen.

Tenslotte wordt in figuur 8 een overzicht van de vetzuursamenstelling voor enkele vetten en oliën gegeven.

Naam	Capron	Caprine	Capryl	Laurine	Myristine	Palmitine	Stearine	Olie	Linol
botervet	1½	1	2½	2 - 6	2 - 15	22 - 32	7 - 15	27 - 41	3 - 4
cocosvet	> ½	8	6	45 - 52	13 - 19	8 - 11	1 - 3	5 - 8	1 - 3
cacaoboter						24	33	35	4
rundvet				½	2 - 8	25 - 35	14 - 30	36 - 50	1 - 5
zonnebloemolie						3 - 7	2 - 3	14 - 42	50 - 66
soja-olie					½	7 - 14	2 - 6	20 - 35	50 - 66

Fig. 8 Vetzuursamenstelling (in %) van enkele vetten en oliën.

2.3 Eigenschappen van vetten

Vetten en oliën zijn niet mengbaar met water. Door chemici is een model opgesteld waarmee je kunt begrijpen of een stof wel of niet oplost in water. In dit model wordt het watermolecuul beschouwd als een molecuul waarvan de kant van het zuurstof atoom enigszins negatief is en de kant van de waterstofatomen enigszins positief.

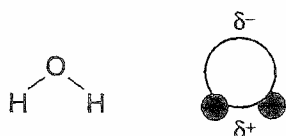


Fig. 9 Water-molecuul.

Watermoleculen noemen we dipool-moleculen, vanwege de twee tegengesteld geladen polen in het molecuul. Stoffen waarvan de moleculen dipool zijn, noemt men polaire stoffen. Polaire stoffen blijken in het algemeen goed op te lossen in water. Voorbeelden hiervan zijn de stoffen ethanol, suiker en ammoniak. Benzine is een mengsel van stoffen zonder positieve en negatieve ladingen in het molecuul. Dergelijke stoffen lossen slecht op in water. Ook vetten en oliën lossen niet in water op, omdat de moleculen a zijn. Voor deze eigenschap zijn de lange vetzuurmoleculen verantwoordelijk. De staart van koolstof bevat namelijk geen lading. De zuurgroep van een vetzuur bevat onder bepaalde omstandigheden wel lading. Deze polaire kop verdwijnt echter als glycerol en vetzuur zich met elkaar verbinden. Dit laatste blijkt duidelijk uit figuur 2 en 3.

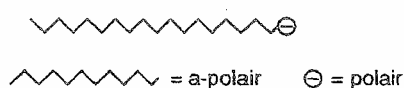


Fig. 10 Een vetzuur-molecuul met a-polaire staart en polaire kop.

Doordat een vetzuur zowel een a-polaire staart als een polaire kop kan bevatten, is het een heel bijzonder molecuul. De levensmiddelentechnoloog maakt daar in allerlei producten gebruik van. Mayonaise bijvoorbeeld bestaat uit olie en water, Twee stoffen die niet mengbaar zijn! Door nu een stof met zowel een polair als een a-polair gedeelte toe te voegen, ontstaat een stabiel product. Een dergelijke stof noemen we een emulgator (figuur 11).

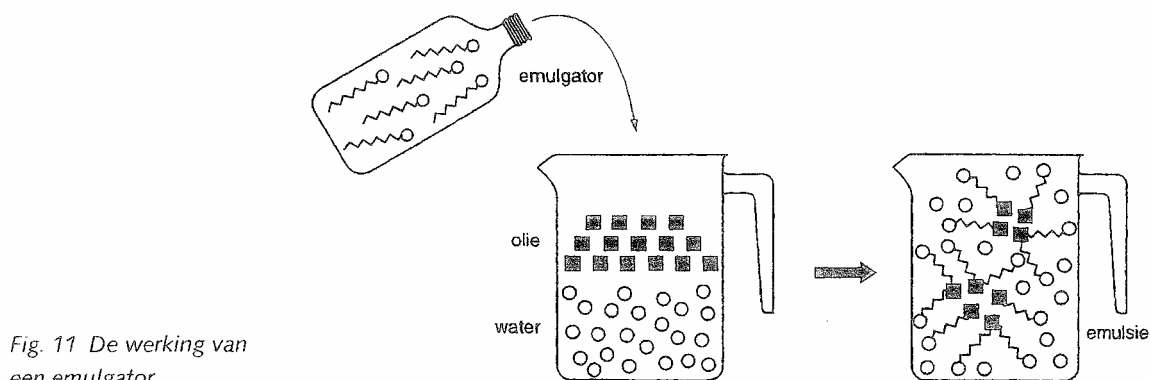


Fig. 11 De werking van een emulgator.

De polaire kop in een vetzuur ontstaat, als de zuurgroep onder bepaalde omstandigheden een waterstof-ion kwijtraakt. Omdat het waterstof positief geladen is, blijft een negatief geladen kop (de zuurrest) achter. Figuur 12 laat dit zien voor de zuurrest van stearinezuur.

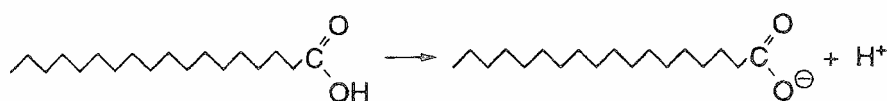


Fig. 12 Het negatief geladen steeraat-ion als zuurrest van stearinezuur.

Een tweede eigenschap van vetten en oliën heeft te maken met het smeltpunt. Het smeltpunt is bijvoorbeeld van belang voor de smeerbaarheid van margarine. Ook het mondgevoel bij het eten van chocolade heeft hiermee te maken.

Als je goed naar figuur 7 kijkt, zie je twee factoren die van invloed zijn op het smeltpunt. De ketenlengte en het (on)verzadigd zijn spelen beide een rol. Wat als eerste opvalt is het volgende: hoe langer de keten, hoe hoger het smeltpunt. We kunnen dit als volgt verklaren. Bij het overgaan van de vaste naar de vloeibare fase (smelten) komen de ketens losser door elkaar te liggen. Omdat de ketens elkaar aantrekken, is voor deze verandering energie nodig. Hierbij geldt hoe langer de keten, hoe sterker de onderlinge aantrekking is. Om de aantrekking te doorbreken is dus meer energie nodig, in de vorm van een hogere temperatuur.

De kracht waarmee ongeladen moleculen elkaar aantrekken, staat bekend als de Van-der-Waalskracht. Deze kracht is afhankelijk van de molecuulgrootte. Hoe groter het molecuul, hoe sterker de kracht.

Het tweede wat opvalt is de invloed van de dubbele binding. Hoe groter het aantal dubbele bindingen in een molecuul, hoe lager het smeltpunt. Ook dit kunnen we verklaren. Als de

moleculen verzadigd zijn, liggen de ketens keurig naast elkaar. Hierdoor trekken ze elkaar optimaal aan. Is er een of meer dubbele bindingen in het molecuul, dan liggen de ketens niet meer zo keurig naast elkaar. Door de knik in het molecuul is de aantrekking minder (figuur 13). Er is dan dus minder energie nodig om de aantrekkende kracht te overwinnen. Het resultaat is een lager smeltpunt.

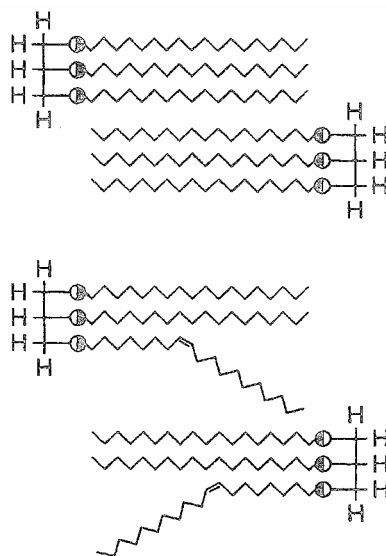


Fig. 13 Verminderde aantrekking door een dubbele binding in het molecuul.

De stukken van de keten die aan de dubbele binding vastzitten, kunnen op twee manieren ten opzichte van elkaar geplaatst zijn. We kennen dit als de cis- en de trans-vorm. Bij de cis-vorm zitten beide stukken aan dezelfde kant. Bij de trans staan ze tegenover elkaar. Voor de verlaging van het smeltpunt is vooral de cis-vorm verantwoordelijk (figuur 14).

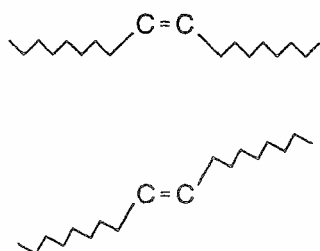


Fig. 14 De cis- en transvorm rond de dubbele binding.

Opdracht 10

- Leg uit welk vet het hoogste smeltpunt heeft. Een vet opgebouwd uit drie moleculen stearinezuur of een vet opgebouwd uit drie moleculen caprinezuur.
- Geef een voorbeeld waaruit blijkt dat de invloed van de dubbele binding veel groter is op het smeltpunt dan de invloed van de ketenlengte.

2.4 Veranderingen in vetten

De chemische veranderingen die in oliën en vetten kunnen ontstaan, hebben meestal grote invloed op de geur en smaak. Ongewenste veranderingen noemen we ook wel vetbederf. Enkele van de meest voorkomende vormen van vetbederf zullen we hieronder bespreken.

Hydrolyse

In aanwezigheid van water kunnen vetten en oliën voor een deel worden gesplitst in glycerol en vetzuren. In sommige producten wordt deze hydrolyse versneld door Lipasen enzymen. De vetsplitsende enzymen staan bekend als lipasen. Hydrolyse van glyceriden wordt al snel waargenomen bij vetten met een hoog gehalte aan lagere vetzuren zoals botervet, palmpit en kokosolie. Heel bekend is het ranzig worden van boter. De stof die je hierbij overduidelijk ruikt, is boterzuur. In figuur 15 wordt de splitsing van een glyceride weergegeven.

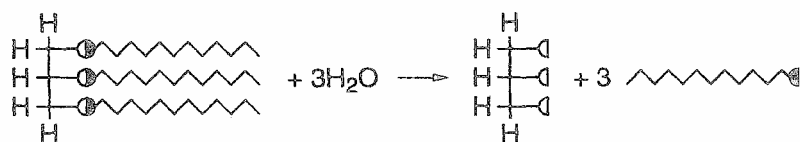


Fig. 15 Vetsplitsing door hydrolyse.

Oxidatie

De oxidatie van vetzuren door zuurstof is een ingewikkeld proces. Het proces verloopt sneller naarmate de vetzuren meer dubbele bindingen bevatten. Het eindresultaat van de oxidatie is een vetzuurketen die in stukken uiteengevallen is.

Daarbij ontstaan kleinere moleculen met een zeer lage geurdrempel.

De oxidatie verloopt n een aantal stappen. De eerste stap is de onttrekking van een waterstofatoom dichtbij een dubbele binding. Deze reactie wordt gekatalyseerd door onder andere warmte en metaaldeeltjes. Door de verandering ontstaat een zeer reactieve plaats in het molecuul. In figuur 16 is deze plaats aangegeven met een..

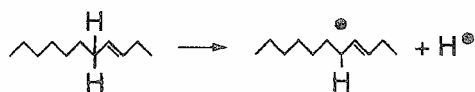


Fig. 16 De eerste stap in de vetoxidatie: afsplitsing van een waterstofatoom.

De tweede stap is een reactie van het gevormde molecuul met zuurstof. Ook nu ontstaat een zeer reactieve plaats (figuur 17).

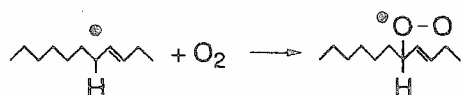


Fig. 17 De tweede stap in de vetoxidatie: reactie met zuurstof.

In de derde stap reageert het reactieve molecuul met een ander onverzadigd vetzuur. Het waterstof in de buurt van de dubbele binding wordt overgedragen aan het reactieve molecuul. Daarbij gaat het tweede vetzuurmolecuul zelf over in een reactief molecuul. Dit molecuul zorgt ervoor dat de voorgaande stappen zich herhalen (figuur 18).



Fig. 18 De derde stap in de vetoxidatie: reactie van een reactief molecuul met een onverzadigd vetzuur.

Onder invloed van de aanwezige metaaldeeltjes kan in de vierde stap het ontstane molecuul uit elkaar vallen in kleinere stukken. De gevormde reactieve deeltjes zorgen op hun beurt voor het op gang houden van het oxidatie-proces (figuur 19).

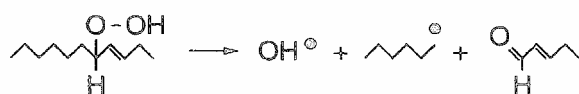


Fig. 19 De vierde stap in de vetoxidatie: vorming van kleine moleculen.

Het oxidatieproces loopt niet onbeperkt door. Op een gegeven moment zijn er zoveel reactieve deeltjes ontstaan dat ze met elkaar gaan reageren in plaats van met vetzuurmoleculen. In de praktijk wordt hiervan gebruikgemaakt om oxidatie reacties in producten tegen te gaan. Door toevoeging van anti-oxidanten zoals vitamine A verdwijnen de reactieve deeltjes, waardoor de kettingreactie stopt.

Opdracht 11

Leg uit waarom sommige fabrikanten van frituurolieën EDT of citroenzuur toevoegen aan hun product.

Polymerisatie

Bij hoge temperaturen kunnen meervoudig onverzadigde vetzuren zich met elkaar verbinden. Het eindresultaat is een ingewikkeld netwerk van aaneengeknoopte glyceriden. Bij frituurolie zien we dit aan de donkere kleur en de toegenomen viscositeit van olie.

3 Eiwitten

Vragenlijst Eiwitten

1. Geef een ander woord voor eiwit.
2. Geef de Latijnse naam voor eiwit.

§ 3.1 Aminoszuren

3. Wat zijn de bouwstenen van een eiwit?
4. Geef de indeling van aminoszuren
5. Wanneer spreken we van een zuur. Geef een aantal voorbeelden van een zuur.
6. Wanneer spreken we van een base. Geef een aantal voorbeelden van een base.
7. Aminoszuren hebben een zuur/basische karakter. Wat betekent dit?
8. Wat betekent I.E.P. van een aminoszuur.

§ 3.2 Eiwitten

9. Hoe noem je het reactietype waarmee je aminoszuren aan elkaar koppelt?
10. Wat is een dipeptide.
11. Hoe ontstaat een dipeptide?
12. Wat is het karakteristiek van deze verbinding.
13. Wat is een polypeptide.
14. Wat versta je onder primaire structuur van een eiwit?
15. Wat versta je onder secundaire structuur van een eiwit?
16. Wat versta je onder tertiaire structuur van een eiwit?

§ 3.3 Eigenschappen van eiwitten

17. Geef de eigenschappen van een eiwit en licht deze kort toe.

§ 3.4 Veranderingen in eiwitten

18. Wat verstaat men onder denaturatie van eiwitten?
19. Geef de indeling van eiwitten.

Eiwitten, ook wel proteïnen genoemd, zijn belangrijke bestanddelen van ons voedsel. Al vroeg zag men dit in. De naam proteïne is namelijk afgeleid van het Griekse proteios wat betekent: het belangrijkste. Eiwitten kunnen aanzienlijk verschillen in vorm, grootte en samenstelling. Hierdoor hebben verschillende eiwitten hun eigen bijzondere eigenschappen.

Opdracht 1

Kijk op de etiketten van vijf verschillende producten wat het eiwitgehalte van het product is. Schrijf producten met bijbehorende eiwitgehalten op in je schrift.

3.1 Aminosuren

Eiwitten zijn hele grote moleculen die opgebouwd zijn uit kleinere eenheden. Deze kleinere moleculen staan bekend als aminosuren. Er zijn zo'n twintig verschillende aminosuren waarmee wij onze lichaamseiwitten kunnen opbouwen. Van die twintig aminosuren kunnen we er twaalf zelf maken. De acht andere aminosuren moeten we via onze voeding opnemen. Dit noemen we de essentiële aminosuren.

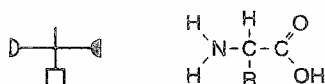


Fig. 1 Schematische voorstelling en structuurformule van een aminozuur.

De algemene formule voor een aminozuur is getekend in figuur 1. Aan de structuurformule kun je zien dat de naam aminozuur goed gekozen is. Elk aminozuur bevat namelijk een aminogroep (NH_2) en een zuurgroep (COOH). Aan het tussenliggende koolstofatoom zit een waterstofatoom en een andere groep. Deze restgroep is in de algemene formule aangegeven met een R, van restgroep.

De twintig aminosuren hebben allemaal dezelfde basisstructuur. Ze verschillen van elkaar doordat de restgroep steeds anders is. In de bijlage (figuur 2) zijn de structuurformules van de bekendste aminosuren weergegeven. De naam van de aminosuren wordt meestal afgekort met drie letters.

Opdracht 2

Neem de structuurformule van het aminozuur leucine over in je schrift. Maak de aminogroep rood, de zuurgroep blauw en de restgroep geel. Doe hetzelfde voor glutaminezuur.

Omdat een aminozuur zowel een zuur- als een aminogroep bevat, vertoont een aminozuur in water een bijzondere eigenschap. Om dit te begrijpen moet je het volgende weten.

- 1 Een zuurgroep kan in water een H^+ -ion afstaan.

Hierdoor ontstaat een zuurrest met een negatieve lading (figuur 3).

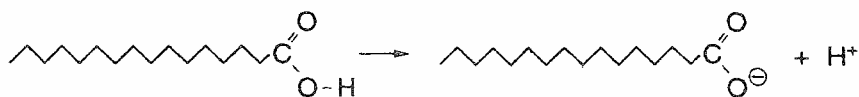


Fig. 3 Afstaan van een H^+ -ion door een zuurgroep.

- 2 Een aminogroep gedraagt zich precies tegenovergesteld aan de zuurgroep.

Nu wordt een H^+ -ion opgenomen (figuur 4).

Een aminogroep gedraagt zich dus als een base.

Het resultaat is een groep met een positieve lading.

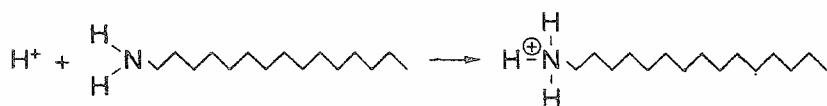


Fig. 4 Opnemen van een H^+ -ion door een aminogroep.

De bijzondere eigenschap van een aminozuur is het dubbele karakter. Het aminozuurmolecuul heeft aan de ene kant de zuurgroep, die een H^+ -ion kan afstaan en aan de andere kant de aminogroep, die een H^+ -ion kan opnemen.

Tussen bepaalde pH-waarden (4 tot 9) gaat het H^+ -ion van de zuurgroep over naar de aminogroep. Hierbij ontstaat een aminozuur dat tegelijkertijd positief en negatief geladen is. We noemen zo'n aminozuur een Zwitter-ion, De pH waarbij zo'n dubbelgeladen deeltje bestaat, heet het iso elektrisch punt (i.e.p.).

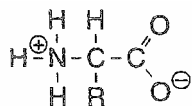


Fig. 5 Zwitter-ion.

In sterk zuur milieu (veel H^+ -ionen) hebben de zuurgroep en de aminogroep een gebonden H^+ -ion. Het resultaat is een positief geladen aminozuur (figuur 6).

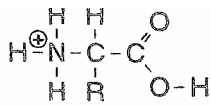


Fig. 6 Een positief geladen aminozuur, veroorzaakt door het zure milieu.

In sterk basisch milieu staan de zuurgroep en de aminogroep hun H^+ -ionen af. Het resultaat is een negatief geladen aminozuur (figuur 7).

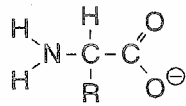


Fig. 7 Een negatief geladen aminozuur, veroorzaakt door het basische milieu.

Opdracht:3

- Teken het aminozuur isoleucine in een basisch milieu. Vergeet niet de lading aan te geven.
- Teken het aminozuur glycine bij lage pH.

Bij de bespreking van de eigenschappen van eiwitten zullen we zien dat de pH ook van invloed is op de lading van een eiwit. Dit laatste is vooral van belang voor de oplosbaarheid van de eiwitten.

3.2 Eiwitten

Je weet inmiddels dat eiwitten zijn opgebouwd uit aminozuren. Wat je nog niet weet is hoe de aminozuren aan elkaar gekoppeld worden. Ook hierbij spelen de aminogroep en de zuurgroep een rol. Aminozuren kunnen zich aan elkaar koppelen, doordat het stikstof (N) uit de aminogroep van een aminozuur een binding aangaat met het koolstofatoom (C) uit de zuurgroep van een ander aminozuur. Bij deze reactie ontstaat water, net als bij de vorming van een vet. Twee aan elkaar gekoppelde aminozuren noemen we een dipeptide (figuur 8). De atomen die bij de peptidebinding betrokken zijn, zijn aangegeven in de omlijnde rechthoek.

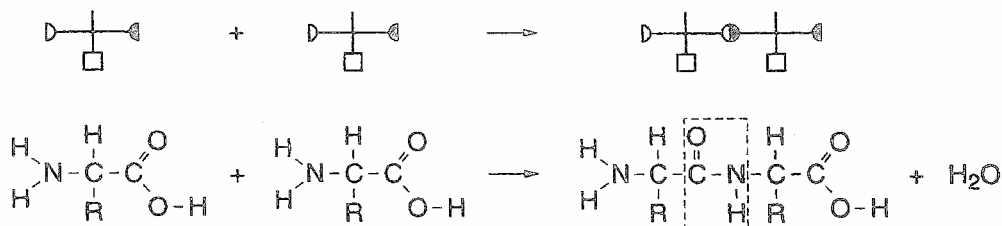


Fig. 8 Vorming van een dipeptide.

Als heel veel aminozuren met elkaar verbonden worden, ontstaan zeer grote moleculen. Men noemt deze moleculen polypeptiden, eiwitten of proteïnen. Het bijzondere aan eiwitten is dat een bepaald soort eiwit altijd uit hetzelfde aantal aminozuren is opgebouwd. Bovendien hebben de verschillende aminozuren altijd een bepaalde volgorde. Dit is heel belangrijk voor de eigenschappen van het eiwit. Zou je bijvoorbeeld bij het eiwit insuline één aminozuur weglaten of verwisselen, dan blijft het molecuul weliswaar een eiwit maar de eigenschappen van insuline zijn verdwenen. Figuur 9 is een schematische weergave van runderinsuline. In de figuur zijn de aminozuren met hun afkorting weergegeven.

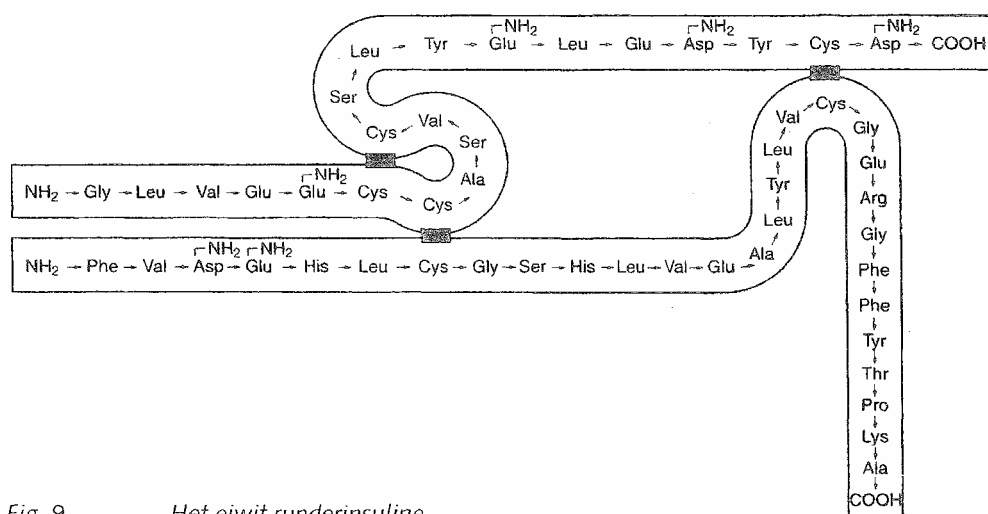


Fig. 9 Het eiwit runderinsuline.

primaire structuur

De volgorde waarin de verschillende aminozuren aan elkaar gekoppeld zijn, noemen we de primaire structuur van het eiwit. Het eiwit insuline is geen langgerekte keten, maar het molecuul is gekronkeld (zie figuur 9). Dit geldt voor alle eiwitten. Om dit te begrijpen moeten we verder kijken dan de primaire structuur. De meeste eiwitten vormen op grond van hun aminozuurvolgorde een langgerekte spiraal of een zigzag-vorm. De langgerekte spiraal noemen we de alfa-helixstructuur (figuur 10) en de zigzag-vorm de bèta-vouwblad-structuur (figuur 11).

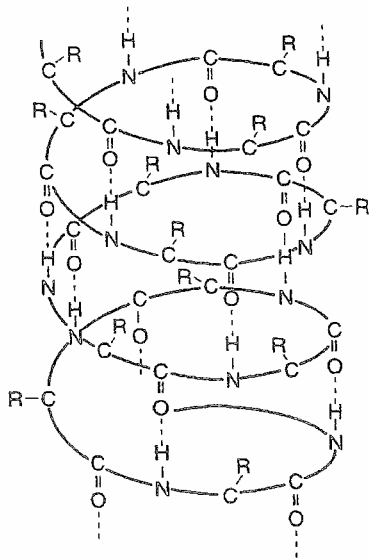


Fig. 10 De alfa-helix-structuur.

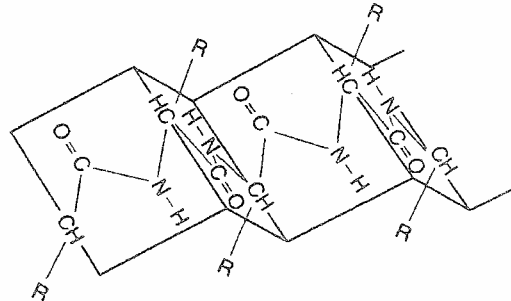


Fig. 11 De bèta-vouwblad-structuur.

secundaire structuur

In beide gevallen spreken we van de secundaire structuur. Maar zelfs met de secundaire structuur zijn we er nog niet. Zowel in de alfa-helix-structuur als in de beta-vouwblad-structuur steken er restgroepen (R) uit het eiwit-molecuul. Deze groepen kunnen verbindingen met elkaar aangaan en daarbij knikken en slagen in bijvoorbeeld de spiraal veroorzaken.

tertiaire structuur

Bij ieder eiwit wordt het molecuul op een andere manier opgefrommeld. We noemen dit de tertiaire structuur van het eiwit.

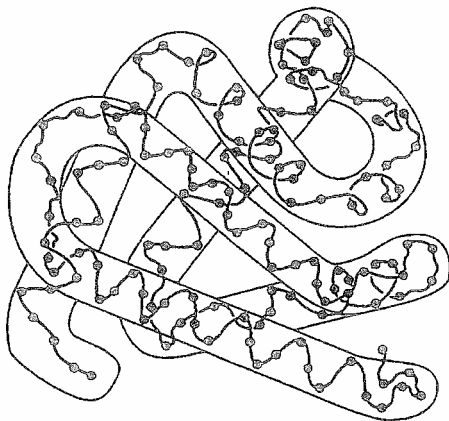


Fig. 12 Tertiaire structuur van het eiwit myoglobine.

3.3 Eigenschappen van eiwitten

Of een eiwit wel of niet oplosbaar is in water hangt af vooral af van de aard van de zijgroepen.

De zijketens die zure en basische groepen bevatten, kunnen positieve en negatieve ladingen

vormen. De netto van het eiwit-molecuul wordt bepaald door de verhouding tussen het aantal zure en basische groepen en de pH. De meeste eiwitten hebben boven pH 4 een negatieve netto lading. Hierdoor stoten de eiwit-moleculen elkaar af en kan het eiwit in oplossing blijven.

Wordt de pH echter lager, dan gaan steeds meer negatieve groepen een H^+ -ion opnemen. Hierdoor verliezen ze hun negatieve lading. Als ook de neutrale aminogroepen een H^+ -ion opnemen, ontstaat er zelfs een positieve lading. In het iso-elektrische punt heeft het eiwit geen netto-lading meer (zie paragraaf 3.1). Dit betekent niet dat het eiwit géén lading heeft, maar dat er net zoveel positieve als negatieve lading in het molecuul aanwezig is. Deze tegengestelde ladingen zorgen ervoor dat de eiwitmoleculen elkaar gaan aantrekken. Het resultaat is dat de eiwitmoleculen neerslaan. Een bekend voorbeeld hiervan is het schiften van melk als gevolg van het zuur worden (zie de alinea over denaturatie verderop).

Bevat een eiwit in verhouding tot de zure en basische groepen veel a-polaire restgroepen, dan zal het eiwit slecht oplosbaar zijn in water, Dit is bijvoorbeeld het geval bij het aminozuur valine, De restgroep van valine bestaat alleen uit koolstof en waterstofatomen.

Het omgekeerde kan ook. Bevat de restgroep veel OH-groepen of SH-groepen, dan zal het eiwit op die plaats waterminnend zijn. Net zoals in het watermolecuul is bij deze groepen een dipool-lading aanwezig.

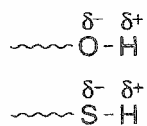


Fig. 13 Dipool-lading bij OH- of SH-groepen in de restgroep.

Opdracht:4

Welk(e) aminozu(u)r(en) bevat(ten) zwavel in de restgroep?

Opdracht 5:

In hoofdstuk 2 Vetten heb je kennisgemaakt met emulgatoren. Ook eiwitten kunnen als emulgator werken. Melk bijvoorbeeld is een emulsie van vet in water, die door de aanwezige eiwitten stabiel is. Leg uit waarom melkeiwitten als emulgator kunnen dienen.

In de meeste producten bevindt het eiwit zich niet in opgeloste vorm maar in gehydrateerde toestand. Hierbij wordt water op verschillende manieren gebonden. Eén van die manieren is het insluiten van water in een netwerk van peptideketens. Ook kunnen watermoleculen op grond van hun lading aangetrokken worden. Het waterbindend vermogen van een eiwit is net als de

oplosbaarheid afhankelijk van de pH. Het is het laagst bij de pH in het iso-elektrisch punt. Daarboven en daaronder neemt het waterbindend vermogen snel toe.

Opdracht 6:

Leg uit waarom juist in het iso-elektrisch punt het waterbindend vermogen van eiwitten het laagst is.

Een andere belangrijke eigenschap van eiwitten is hun gevoeligheid voor denaturatie. Dit is een verandering van vorm op grond van chemische, thermische of mechanische invloeden. Onthoud goed dat denaturatie geen wijziging is van de samenstelling van het eiwit maar een onherstelbare verandering in de vorm. Omdat de structuur bepalend is voor de eigenschappen, reageren gedenatureerde eiwitten heel anders dan de oorspronkelijke eiwitten.

Gedenatureerde eiwitten zijn vaak beter verleerbaar dan ongedenatureerde eiwitten. Daarom worden eiwithoudende producten vaak met warmte bereid. Zout en zuur hebben echter ook invloed. Voorbeelden hiervan zijn zure haring en het schiften van melk (zie hiervoor). De haring wordt gaar' door het inleggen in een oplossing van zuur en zout.

3.4 Veranderingen in een eiwit

Hydrolyse

In veel producten kan hydrolyse van eiwitten optreden. Vaak gebeurt deze splitsing onder invloed van natuurlijke enzymen. Een voorbeeld hiervan is het mals worden van vlees. De levensmiddelenwetenschapper maakt vaak bewust gebruik van eiwitsplitsende enzymen om veranderingen tot stand te brengen. De kaasbereiding is hier een goed voorbeeld van. Door de afbraak van de eiwitten ontstaan kleine peptiden en aminozuren, Deze kunnen zelf bijdragen aan de smaak of nog verder omgezet worden in andere geur en smaakverbindingen.

Maillard

De vrije aminogroepen van eiwitten kunnen met bepaalde suikers reageren. Daardoor ontstaan gele tot bruine verkleuringen in het product. Dit ingewikkelde proces staat bekend als de Maillard-reactie, die we zullen bespreken in hoofdstuk 4 Koolhydraten..

3.5 Analyse van eiwitten

Een van de meest toegepaste eiwit-bepalingen is de methode van Kjeldahl. Omdat eiwitten door de grote variatie in hun aminozuur nogal van elkaar verschillen, is er geen directe bepalingmethode. Wel kan het stikstofgehalte bepaald worden, waarna door berekening het

eiwitgehalte wordt gevonden. Voor de berekening gebruikt men eiwitfactoren, die door het wisselende gehalte aan stikstof in verschillende eiwitten voor elk product anders zijn (figuur 14).

<i>Product</i>	<i>Eiwitfactor</i>
tarwe	5,70
rijst	5,95
maïs	6,25
peulvruchten	6,25
vlees	6,25
melk	6,38

Fig. 14 Eiwitfactoren van enkele producten.

De stikstofbepaling volgens Kjeldahl bestaat uit drie stappen. De eerste stap is de Kjeldahl destructie van het monster. Dit gebeurt door koken met geconcentreerd zwavelzuur in aanwezigheid van een katalysator. Hierbij wordt de stikstof uit het eiwit omgezet in ammonium-ionen (NH_4^+)

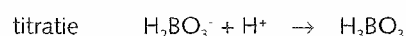
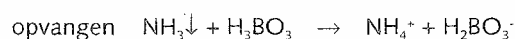
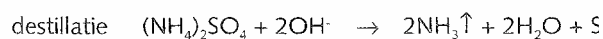
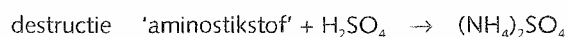
De tweede stap is destillatie. Door het toevoegen van natronloog worden de ammonium eerst geneutraliseerd. Daarna komt door de warmte het ontstane ammoniak vrij. Het overgedestilleerde ammoniak wordt opgevangen in een erlenmeyer met een bekende hoeveelheid boorzuur. De hoeveelheid boorzuur die verdwijnt door de reactie met het ammoniak is een maat voor de hoeveelheid stikstof.

Deze hoeveelheid wordt bepaald door titratie met zoutzuur. Dit is de derde en laatste stap van de bepaling volgens Kjeldahl.

Opdracht 7

Maak een duidelijke tekening van de Kjeldahl-opstelling die op school aanwezig is. Zorg dat je de drie stappen in de bepaling in de tekening aangeeft.

*Bij de bepaling volgens Kjeldahl verlopen de volgende reacties:



De methode van Kjeldahl is al een oude methode. Uit de advertentie van figuur 15 blijkt dat de techniek niet stilstaat.

Opdracht 8:

Lees de advertentie van figuur 15 door en noteer met welk(e) van de genoemde apparaten je het eiwitgehalte van een product kunt bepalen. Vraag bij de genoemde leverancier(s) om informatie en geef op grond van die informatie een korte omschrijving van de methode(n).

Analyse

De Milkoscan FT 120 van Foss Electric is bedoeld voor de controle van zuivelproducten op productspecificaties, zoals de gehalten van bepaalde suikers. Zowel melk als producten met een hoge viscositeit, concentraten en ijsmixen zijn met behulp van het door de Milkoscan gegenereerde infraroodspectrum te analyseren. Filtering vooraf is niet nodig. De bijbehorende Windows-software maakt het mogelijk het instrument te integreren in procescontrolesystemen.

Binnen tien minuten geeft de Macro-N van Foss Electric het eiwitgehalte van vaste en vloeibare monsters. De methode werkt daarmee aanzienlijk sneller en eenvoudiger dan de traditionele nat-chemische methoden, zoals Kjeldahl. De methode van Foss Electric maakt gebruik van verbranding. De Macro-N kan een relatief groot inweeggewicht analyseren, namelijk 2 gram of 5 ml.

Nog sneller werkt de Meatspec van Foss Electric. Gehaltes aan vet, eiwit, collageen en vocht in vlees kunnen hiermee binnen 2 minuten bepaald worden.

Fig. 15 Advertentie voor moderne analyse-apparatuur (Uit: Food Management, 20 oktober 1995).

Opdracht 9:

Bepaal tijdens het practicum het eiwitgehalte in melk door middel van de formol-titratie.

Naam	Afkorting	Structuurformule
alanine	Ala	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
arginine	Arg	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{C}-\text{NH}_2 \\ \\ \text{NH} \end{array}$
asparagine	Asn	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{C}-\text{NH}_2 \\ \\ \text{O} \end{array}$
asparaginezuur	Asp	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{COOH} \end{array}$
cysteïne	Cys	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{SH} \end{array}$
glutamine	Gln	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{NH}_2 \\ \\ \text{O} \end{array}$
glutaminezuur	Glu	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH} \end{array}$
glycine	Gly	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}$
histidine	His	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{C}=\text{CH} \\ \quad \\ \text{HN} \quad \text{N} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} \\ \\ \text{H} \end{array}$
isoleucine	Ile	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$
leucine	Leu	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$
lysine	Lys	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2 \end{array}$
methionine	Met	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{S}-\text{CH}_3 \end{array}$

Fig. 2 De bekendste aminozuren.

4 Koolhydraten

Vragenlijst Koolhydraten

1. Geef een andere naam voor koolhydraten.
2. Geef de Latijnse naam voor koolhydraten.
3. Uit welke element/verbinding bestaat een koolhydraat.

§4.1 Indeling van koolhydraten

4. Geef de algemene formule van sachariden.
5. Geef de indeling van koolhydraten.
6. Zoek op in je BiNaS de systematische naam van glucose en fructose.
7. Geef de ketenstructuur en ringstructuur van glucose en fructose.
8. Wat is het verschil tussen glucose en fructose als je kijkt naar de ketenstructuur?
9. Geef een omschrijving van aldose, ketose, pentose en hexose.
10. Wat verstaat men onder de relatieve zoetkracht van suikers?
11. Hoe ontstaan disachariden. Hoe noemt het reactietype?
12. Uit welke twee delen bestaat een zetmeelkorrel chemisch gezien?
13. Wat is natief zetmeel en gemodificeerd zetmeel?
14. Wat zijn gemodificeerde zetmelen? Welke indeling hoort hierbij?
15. Uit welk molecuul bestaat pectine?
16. Wat is het verschil tussen galactose - galacturonzuur?
17. Welke indeling kan men maken bij pectines?

§4.2 Veranderingen in koolhydraten

18. Wat is caramelisatie?
19. Wat is enzymatische bruinkleuring?
20. Wat is een alditol? Geef voorbeelden.
21. Wat is iso-glucose?

Koolhydraten zijn in grote hoeveelheden in ons voedsel aanwezig. De naam is ontstaan, doordat men lange tijd dacht dat deze stoffen een verbinding waren van koolstof en water. Men zag namelijk bij de verhitting van suikers waterdamp ontwijken en een zwarte massa (koolstof) achterblijven. Tegenwoordig weten we dat in deze stoffen zuurstof en waterstofatomen nooit in de vorm van echt water moleculen voorkomen. De naam koolhydraten is echter zo bekend dat hij nog steeds wordt gebruikt. In dit hoofdstuk zullen we de bouw en eigenschappen van koolhydraten bekijken.

Opdracht 1

Kijk op de verpakking van een aantal producten en schrijf op hoe de koolhydraten vermeld worden.

4.1 Indeling van koolhydraten

Als we naar de moleculen kijken, zien we bij de koolhydraten op het eerste gezicht veel onderlinge verschillen in bouw. Zoals we later zullen zien, bestaan er kleine, wat grotere en zeer grote koolhydraatmoleculen. Bij nadere bestudering zien we echter ook overeenkomsten. De kleine moleculen blijken niet alleen los te kunnen bestaan, maar zijn tevens de bouwstenen van de grote(re) moleculen. Vandaar dat we bij de koolhydraten onderscheid maken in monosachariden, disachariden en polysachariden.

Monosachariden

Druivensuiker ofwel glucose is het meest voorkomende monosacharide. Een andere fructose bekende suiker is vruchtensuiker of fructose. Glucose en fructose hebben dezelfde molecuulformule, $C_6H_{12}O_6$. De structuurformules zijn echter anders. In figuur 1 zie je dat het zuurstof-atoom met dubbele binding op een andere plaats aan de koolstofketen zit.

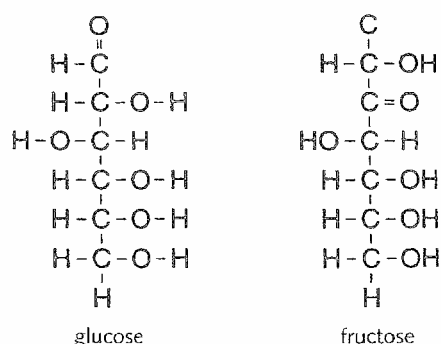


Fig. 1 Structuurformule van glucose en fructose in ketenvorm.

Het verschil is nog duidelijker te zien, als we de structuurformule van beide suikers in de ringvorm weergeven (figuur 2). Het grootste gedeelte van de suikermoleculen is niet als keten aanwezig. Door reactie van groepen binnen het molecuul ontstaat een gesloten ring. De ring van

glucose bevat zes koolstof en de ring van fructose slechts vijf. Dit heeft alles te maken met de plaats van de C=O in beide moleculen. Voor het overzicht zijn de koolstofatomen in de ring en de daaraan vastzittende waterstofatomen weggelaten

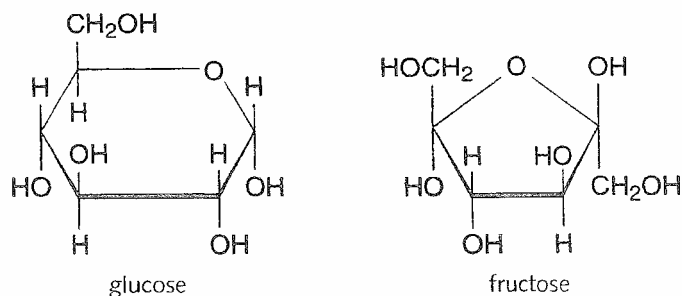


Fig. 2 Structuurformule van glucose en fructose in ringvorm.

Suikers die bestaan uit zes koolstof worden hexosen genoemd. Waarschijnlijk weet je al dat hexa zes betekent. Het achtervoegsel ose verwijst naar de C=O in het molecuul.

Opdracht 2

Een van de eigenschappen van suikers is de zoete smaak. Toch smaken niet alle suikers even zoet. Om het verschil in zoetheid aan te geven gebruikt de levensmiddelen-technoloog het begrip relatieve zoetkracht.

- Zoek op wat verstaan wordt onder het begrip relatieve zoetkracht.
- Leg aan de hand van de waarde van de relatieve zoetkracht uit of glucose zoeter is dan fructose of andersom.

Disachariden

Bij het sluiten van de ketenstructuur tot de ringstructuur ontstaat een nieuwe OH groep in het molecuul. Het bijzondere aan deze groep is dat hij zeer reactief is. We kennen deze OH als de glycosidische OH-groep. Deze groep kan onder bepaalde omstandigheden gemakkelijk met een OH-groep van een ander suiker molecuul reageren. Hierbij ontstaat een disacharide. Een heel bekend disacharide is sacharose kristalsuiker ofwel sacharose. Sacharose is opgebouwd uit de monosachariden fructose en glucose (figuur 3).

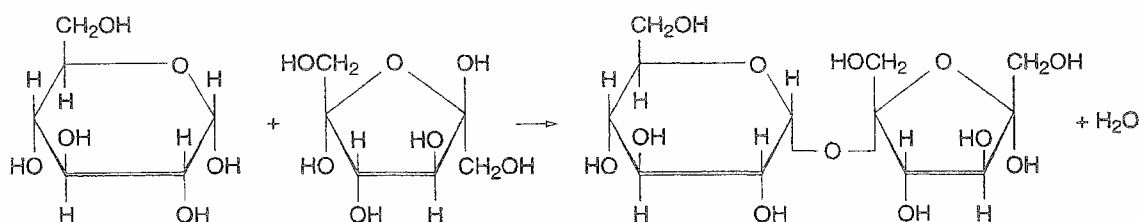


Fig. 3 Vorming van sacharose uit glucose en fructose.

Twee andere disachariden zijn maltose (moutsuiker) en lactose (melksuiker). Maltose bestaat uit twee aan elkaar gekoppelde glucose. Lactose bestaat uit glucose en het monosacharide galactose (figuur 4).

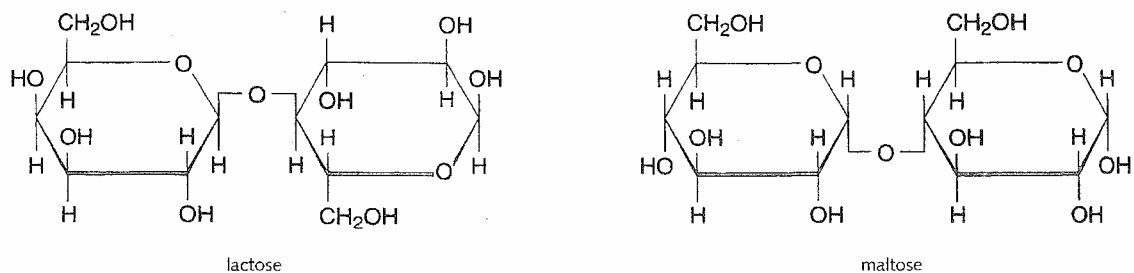


Fig. 4 Structuurformules van maltose en lactose.

Bij het sluiten kan de glycosidische OH op twee manieren aan de ring komen. Door dit verschil kennen we alfa- en bèta-glucose (figuur 5). Je moet je hierbij het volgende voorstellen. De ring van koolstofatomen is je tafelblad. Zowel aan de bovenkant als aan de onderkant van de ring (tafelblad) steken groepen uit. Als de glycosidische OH naar boven wijst, heb je bèta. Wijst de groep naar beneden, dan heb je alfa-glucose.

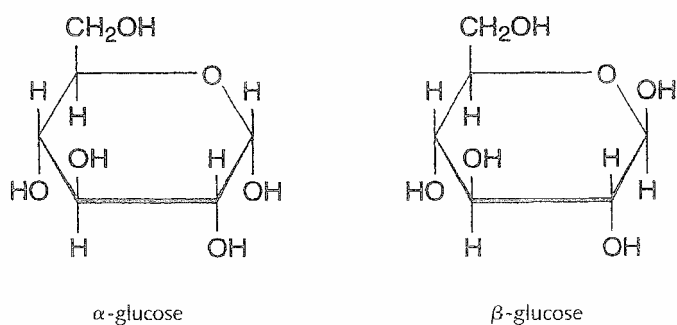


Fig. 5 Glucose in alfa- en bèta-vorm.

Polysachariden

Na de mono- en disachariden gaan we kijken naar de polysachariden. Ook nu geeft de naam informatie over de bouw van deze moleculen. Als je opdracht 3 maakt, kun je deze informatie zelf ontdekken.

Opdracht 3

- a. Een andere naam voor koolhydraten is polysachariden. Waar staat de aanduiding poly voor?
- b. De eerste twee groepen koolhydraten die we bespraken, zijn de mono- en disachariden. Disachariden zijn opgebouwd uit aan elkaar gekoppelde monosachariden. Wat verwacht je dat de bouwsteen is voor de polysachariden?
- c. Geef op grond van je antwoord op de vragen a en b een omschrijving van een polysacharide.

Waarschijnlijk was opdracht 3 niet (te) moeilijk. Wat je echter nog niet weet is: hoe groot is groot? Om deze vraag te beantwoorden kijken we naar twee bekende polysachariden. De ketens van zetmeel bestaan uit meer dan vijfduizend aan elkaar cellulose gekoppelde bouwstenen.

Cellulose is zelfs opgebouwd uit nog veel meer bouwstenen!

Om misverstanden te voorkomen: het gaat hier om aantallen bouwstenen en niet om verschillende soorten bouwstenen. Gewoonlijk vinden we slechts één of twee soorten suiker in een polysacharide, en zelden meer dan vier.

Zetmeel

Zetmeel zit in grote hoeveelheden in wortels, knollen en zaden. Het zetmeel dient voor de plant als reservevoedsel. De naam zetmeel kan enigszins verwarrend zijn, doordat je denkt aan een zuivere stof. Zetmeel bestaat echter niet uit één soort moleculen maar uit amylose en amylopectine.

Beide moleculen bestaan uit aan elkaar gekoppelde glucose-moleculen. De bouwsteen is dus niet de oorzaak van het verschil, Wat dan wel? Amylose bestaat uit onvertakte ketens. Amylopectine is sterk vertakt (figuur 6).

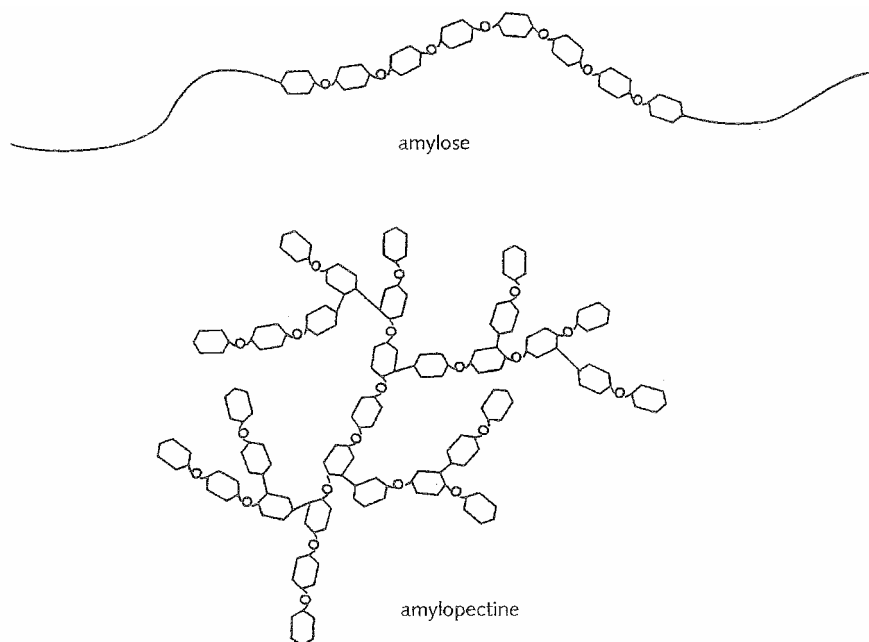


Fig. 6 Schematische weergave van amylose en amylopectine.

Bovendien is er ook een verschil in molecuulgrootte. Amylose bestaat uit 5.000 tot 50.000 glucose-moleculen. Amylopectine kan wel 50.000 tot 500.000 glucose moleculen bevatten. Vanwege het waterbindende vermogen wordt zetmeel toegepast in de levensmiddelenindustrie. Of het zetmeel geschikt is voor een bepaalde eigenschap in het product, hangt af van de samenstelling van het zetmeel. Immers: zetmeel is een mengsel van amylose en amylopectine. Dit zijn twee moleculen met een verschillende bouw, en dus met verschillende eigenschappen. De

onderlinge verhouding tussen amylose en amylopectine in het zetmeel bepaalt daarom de toepasbaarheid.

Opdracht 4

Zetmeel wordt gewonnen uit maïs of aardappelen. Omdat de samenstelling van beide zetmeelsoorten verschillend is, zijn de eigenschappen anders.

- Zoek de samenstelling op van maïs- en aardappelzetmeel.
- Zoek op waarvoor maïs en aardappelzetmeel in de levensmiddelen gebruikt worden. Schrijf de toepassing op in je eigen woorden op en geef voorbeelden ervan.
- ijk thuis in de keukenkast wat de samenstelling van maïzena is.
- Waarvoor gebruik je dit product?
- Geef een verklaring voor het verschil in eigenschappen tussen amylose en amylopectine op grond van de bouw van de keten.
- Zoek op wat gemodificeerd zetmeel is en leg uit waarom de levensmiddelentechnoloog dankbaar gebruikmaakt van dit product?

Opdracht 5

Bij de indeling van koolhydraten stond dat de kleine moleculen niet alleen los bestaan maar ook de bouwstenen zijn van de grote(re) moleculen. Als het goed kun je nu het schema van figuur 7 verder invullen.

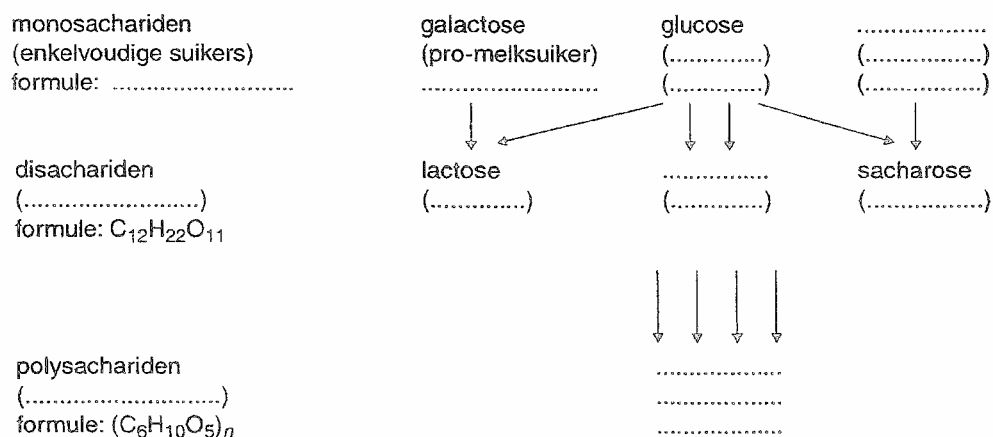
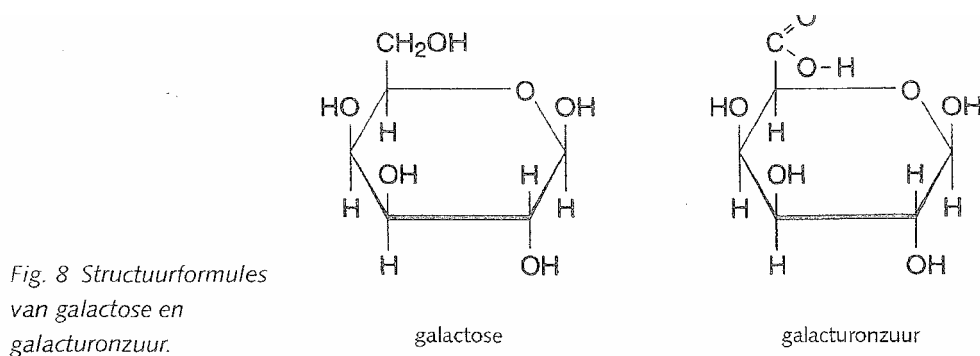


Fig. 7 Overzicht van koolhydraten

Pectine

Pectines worden veel toegepast in de levensmiddelenindustrie vanwege hun grote geleervermogen. Producten als jam, pudding of snoep kunnen nauwelijks meer gemaakt worden zonder deze stoffen. Ook het pectine is een keten die bestaat uit kleinere eenheden. De bouwsteen is nu echter geen glucose maar een molecuul dat er veel op lijkt: galacturonzuur. Het

galacturonzuur lijkt veel op het galactose-molecuul. Het verschil zit in de zuurgroep, die ontbreekt in galactose (figuur 8).



Verschillende pectines hebben ook een verschillende structuur; Alle pectines hebben echter een overeenkomstige opbouw. Ze bestaan uit gladde onvertakte gedeeltes opgebouwd uit galacturonzuur en sterk vertakte gedeeltes. In de vertakkingen zit behalve galacturonzuur ook rhamnose, waaraan weer zijketens van andere suikers vastzitten.

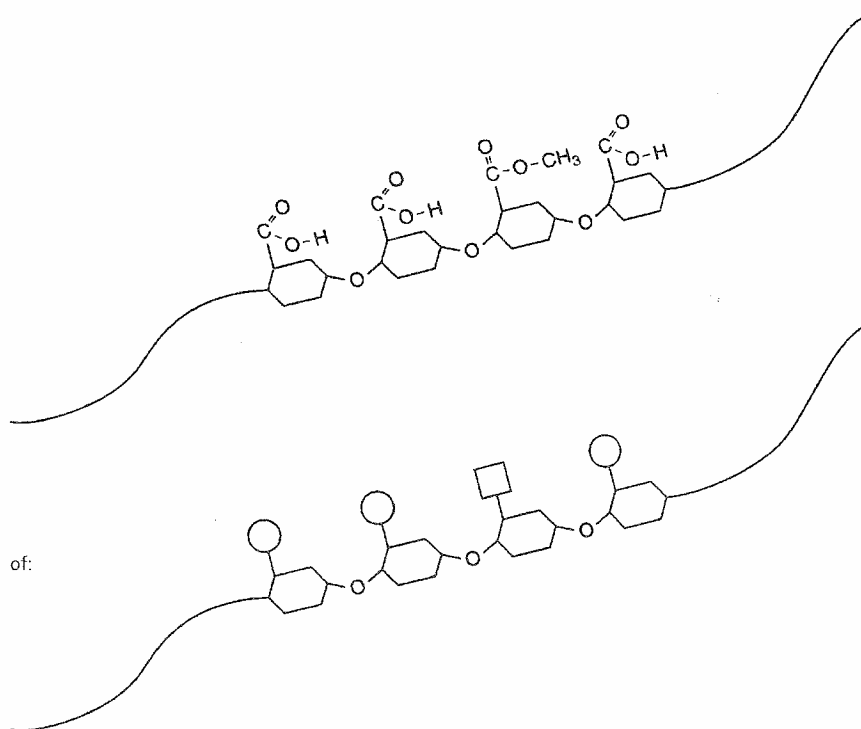


Fig. 9 Schematische weergave van een pectine-keten.

Voor het gebruik van pectine is nog een kenmerk in de keten van belang. De zuurgroep van de galacturonzuur is niet altijd als zodanig aanwezig. Dit komt doordat in natuurlijk pectine altijd een gedeelte van de zuurgroepen veranderd is door een chemische reactie. In de schematische weergave van figuur 9 is de zuurgroep weergegeven met een O en de veranderde zuurgroep met een □. Omdat deze reactie chemisch gezien een verestering is en omdat het aantal veranderde zuurgroepen sterk wisselt, maken we het volgende onderscheid. We kennen:

- laagveresterde pectines, waarbij minder dan 45% van de zuurgroepen verandert;
- hoogveresterde pectines, waarbij meer dan 45% van de zuurgroepen verandert.

Het water in een product mag bij gelering niet vrij beweegbaar zijn. De aantrekking van water door polaire groepen in het molecuul alleen is hiervoor niet voldoende. Er moet ook een netwerk kunnen ontstaan van ketens. Binnen dit netwerk wordt water opgesloten. Om een netwerk te kunnen vormen, moeten de ketens elkaar aantrekken

Bij een hoogveresterde pectine is er voldoende aantrekking tussen de ketens. Waterbinding treedt op, als aan het product 65% suiker wordt toegevoegd en de pH kleiner is dan 3,2.

Als het product een pH heeft waarbij de meeste zuurgroepen een H^+ hebben afgestaan, is het resultaat dat de zuurgroepen een negatieve lading hebben. In figuur 10 wordt dit aangegeven met een $-$. Door de gelijke, negatieve lading stoten de zuurgroepen elkaar af, waardoor gelering door suikertoevoeging niet mogelijk is. Toevoegen van calciumionen brengt dan uitkomst. De Ca^{2+} -ionen hebben een lading van 2 en kunnen daardoor twee negatief geladen stukken uit verschillende ketens met elkaar verbinden. Zo wordt het netwerk opgebouwd en ontstaat een product met de gewenste eigenschappen (figuur 10).

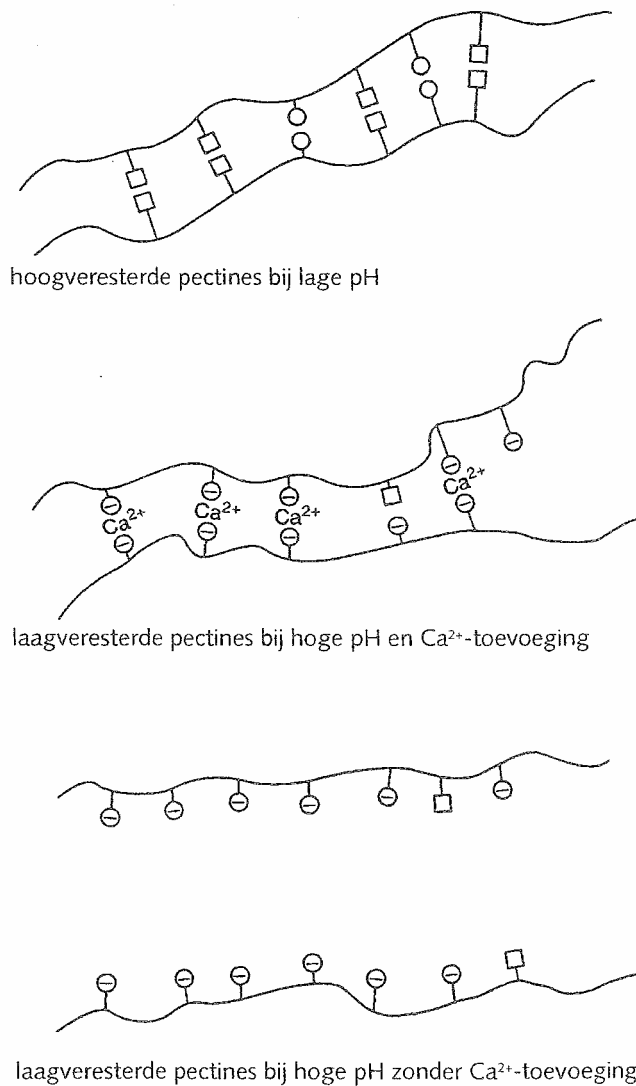


Fig. 10 Gelvorming bij hoog- en laagveresterde pectines.

Opdracht 6

Voor het maken van dieetjam of andere calorie producten heb je de keuze tussen hoog- en laagveresterde pectines. Leg uit welke jij als maker van het product zou gebruiken.

Tijdens de veresteringsreactie reageert de zuurgroep met methanol. Een dergelijke reactie ben je al eerder tegengekomen bij de vetten. Ook daar reageerde namelijk de zuurgroep met een alcoholgroep. Vanwege het methanol worden de hoogveresterde pectines afgekort als HMP.

Opdracht 7

- Wat is het zuur bij de vorming van een vet?
- Wat is de alcohol bij de vorming van een vet?
- Wat verwacht je als afkorting van een laagveresterde pectine?

d. Leg uit waar de verschillende letters in de afkorting voor staan.

4.2 Veranderingen in koolhydraten

Koolhydraten in levensmiddelen kunnen veel veranderingen ondergaan. Ook koolhydraten kunnen door hydrolyse gesplitst worden.

Hydrolyse

De splitsing van zetmeel kan door enzymen worden versneld. In eerste instantie zijn twee enzymen bij deze afbraak betrokken (figuur 11). Alfa-amylase zorgt op willekeurige plaatsen voor splitsing van de keten. De ontstane brokstukken zijn verschillend van grootte. Bèta-amylase veroorzaakt de afsplitsing van maltose vanaf het uiteinde van de zetmeelketen.

De vorming van suikers uit zetmeel tijdens de narijping van fruit is een bekend voorbeeld van enzymatische hydrolyse.

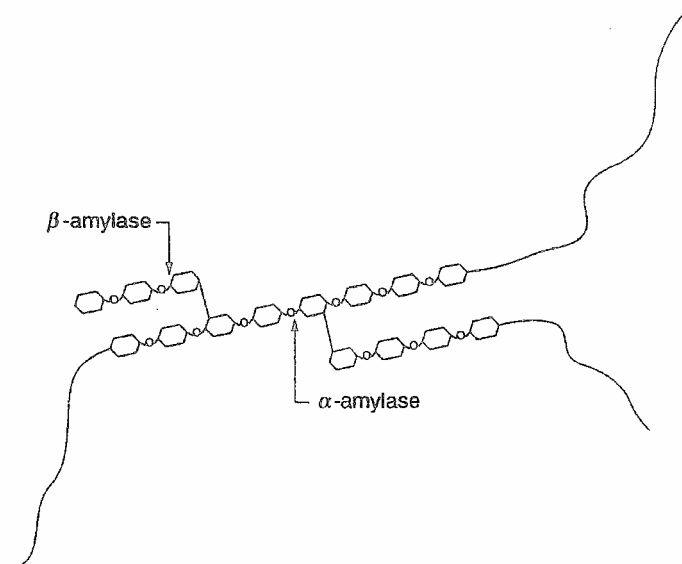


Fig. 11 Splitsing van zetmeel onder invloed van alfa- en bèta-amylase.

In de levensmiddelenindustrie wordt zetmeel afgebroken voor het maken van glucosestroop. De afbraak kan op verschillende momenten gestopt worden. In de glucosestroop zitten dan niet alleen enkelvoudige glucose-moleculen, maar ook ketens van twee, drie, vier vijf of nog meer glucose-moleculen aan elkaar. De eigenschappen van glucosestroop zijn talrijk en wisselend, al naar gelang de samenstelling van de siroop.

Opdracht 8

Enkele eigenschappen die glucosestroepen kunnen hebben, zijn: zoete smaak, conserverende werking, vergistbaarheid, bruinkleuring bij verhitting en bindkracht.

Leg uit of:

- a. een glucosestroop waarin de afbraak vergevorderd is, een zoete smaak heeft;
- b. een glucosestroop waarin de afbraak vergevorderd is, een hoge bindkracht heeft.
- c. De mate waarin een zetmeeloplossing is afgebroken, wordt uitgedrukt in de DE-waarde.
Zoek de betekenis van dit begrip op.

Caramellisatie

Wanneer suikers worden verhit, treden bruine verkleuringen op en ontstaat een bekende geur. De reacties die hierbij plaatsvinden, zijn niet eenvoudig. Door de verhitting veranderen atomen binnen bijvoorbeeld een glucose-molecuul van plaats. Het resultaat van de verplaatsingen is dat er drie water-moleculen uit het glucose molecuul vrijkomen. De overblijvende stof heeft de naam furfural (figuur 12).

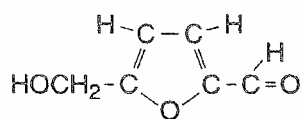


Fig. 12 Structuurformule van furfural.

Opdracht 10

- a. Noteer de molecuulformule van glucose.
- b. Noteer de molecuulformule van furfural.
- c. Reken op grond van de molecuulformules uit hoeveel waterstofatomen en zuurstofatomen verdwenen zijn bij de vorming van furfural uit glucose.
- d. Leg uit of dit klopt met het in de tekst genoemde aantal watermoleculen.

Caramellisatie vindt onder andere plaats in de korst bij het bakken van brood. De korst kan tijdens het bakken bijna de oventemperatuur van 180 tot 200 °C bereiken. De uiteindelijke geur is een combinatie van een groot aantal verschillende moleculen, waaronder furfural en furfurylmethyldisulfide. De laatste stof ontstaat door reactie van furfural met aminozuren.