

Chemie van het leven

16.1 Koolhydraten

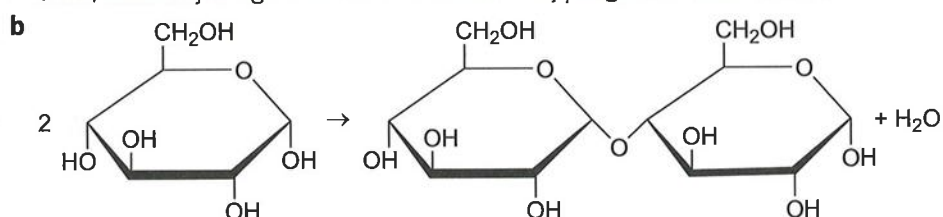
A 1

a $C_nH_{2m}O_m$

b Een monosacharide bestaat uit één ringvormige eenheid van vijf of zes atomen. Een disacharide bestaat uit twee van deze eenheden en een polysacharide uit heel veel van deze eenheden.

B 2

a De OH-groep op het eerste C-atoom (zie de nummering van de C-atomen in Binas tabel 67F1) steekt bij α -D-glucose naar 'beneden' en bij β -D-glucose naar 'boven'.



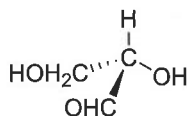
c

d Een $\beta(1 \rightarrow 5)\beta$ -binding tussen galactose en ribose

B 3

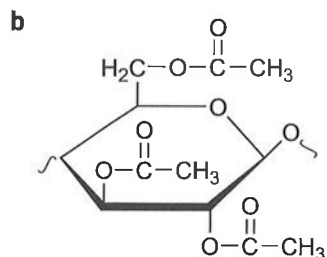
a De algemene formule van een koolhydraat is $C_nH_{2m}O_m$. In glyceraldehyde is n gelijk aan 3 en m gelijk aan 3. De formule wordt dan $C_3H_6O_3$, wat overeenkomt met de structuurformule.

b In glyceraldehyde komt spiegelbeeldisomerie voor. De notatie van L-glyceraldehyde is:



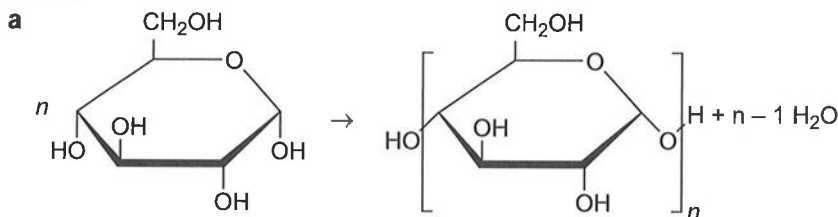
B 4

a In cellulosemoleculen komen veel OH-groepen voor. Deze kunnen waterstofbruggen met watermoleculen vormen. Daardoor heeft cellulose een sterk waterabsorberend vermogen.



- c** Doordat er estergroepen zijn gevormd, komen er in celluloseacetaatmoleculen geen OH-groepen meer voor. Wel zijn er nog C=O-groepen over, maar die kunnen slechts waterstofbruggen van watermoleculen accepteren. Hierdoor neemt het waterabsorberend vermogen af.

C 5



- b** De molaire massa van een monomeereenheid is $162,14 \text{ g mol}^{-1}$.
 Het gemiddelde aantal monomeereenheden is dan $\frac{3,7 \cdot 10^7 \text{ g mol}^{-1}}{162,14 \text{ g mol}^{-1}} = 2,3 \cdot 10^5$.
- c** De gemiddelde molaire massa neemt met een factor $\frac{3,7 \cdot 10^7 \text{ g mol}^{-1}}{1,9 \cdot 10^6 \text{ g mol}^{-1}} = 19,5$ af.
 Elke polymeerketen wordt dus gemiddeld in 19,5 stukken opgebroken.
 Hiervoor zijn per polymeerketen $19,5 - 1 = 18,5$ watermoleculen nodig.
 Het aantal mol zetmeel is $\frac{100 \text{ g}}{3,7 \cdot 10^7 \text{ g mol}^{-1}} = 2,7 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$.
 Het aantal mol water dat nodig is, is dan $2,7 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \times 18,5 = 5,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$.
 Dit komt overeen met $5,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \times 18,015 \text{ g mol}^{-1} = 9,0 \cdot 10^{-4} \text{ g}$.
- d** Doordat de glycerolmoleculen zich tussen de polymeerketens nestelen, neemt de onderlinge afstand tussen de polymeerketens toe. De vanderwaalsbinding tussen de ketens wordt hierdoor zwakker, waardoor de ketens makkelijker langs elkaar kunnen bewegen.

C 6 ★

- a** De molecuulformule van gentamicine is $\text{C}_{20}\text{H}_{41}\text{N}_5\text{O}_7$.
 De molaire massa is $463,58 \text{ g mol}^{-1}$.
 $12 \mu\text{g} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ g}$
 De maximale concentratie is $\frac{12 \cdot 10^{-6} \text{ g L}^{-1}}{463,58 \text{ g mol}^{-1}} = 2,6 \cdot 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$.
- b** 1, 2, 5, 7, 9, 11, 12 en 14
- c** De massa neemt bij elke binding door een sacharosemolecuul toe met de massa van een sacharosemolecuul, min de massa van een watermolecuul.
 De massa van een sacharosemolecuul is 342,30 u en de massa van een watermolecuul is 18,015 u. De massatoename is per gebonden sacharosemolecuul $342,30 - 18,015 = 324,28 \text{ u}$.
 De massa van een gentamicinemolecuul gebonden met een sacharosemolecuul is dan $463,58 + 324,28 = 787,86 \text{ u}$ en de massa van een gentamicinemolecuul gebonden met twee sacharosemoleculen is dan $463,58 + 2 \times 324,28 = 1112,14 \text{ u}$.
 Om de gemiddelde molaire massa uit te rekenen gebruik je de percentages uit de tabel.

De gemiddelde molaire massa is

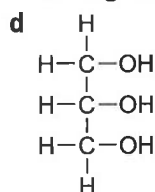
$$\frac{(11,4 \times 1112,14) + (67,3 \times 787,86) + (21,3 \times 463,58)}{100} = 755,76 \text{ g mol}^{-1}.$$

$$\text{De maximale concentratie is } \frac{12 \cdot 10^{-6} \text{ g l}^{-1}}{755,76 \text{ g mol}^{-1}} = 1,6 \cdot 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}.$$

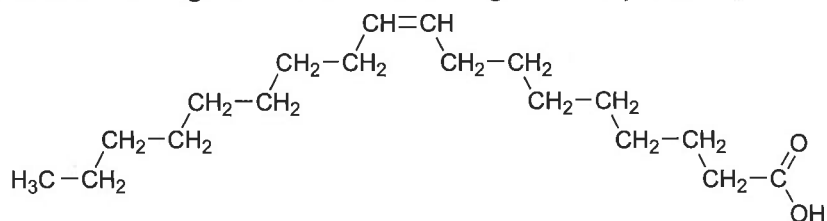
16.2 Vetten

A 7

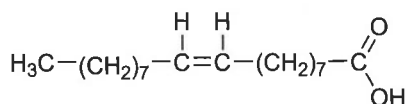
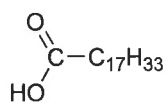
- a** Het verschil op macroniveau is dat een olie een vloeibare stof is en een vet een vaste stof. Op microniveau is het verschil dat er in een vet alleen verzadigde vetzuren voorkomen, terwijl er in een olie ook onverzadigde vetzuren voorkomen.
- b** Oliën en vetten dienen als (reserve)brandstof en als bouwstof voor het vormen van celmembranen.
- c** Essentiële vetzuren zijn vetzuren die je lichaam niet zelf kan aanmaken en die je dus door voeding moet binnenkrijgen.



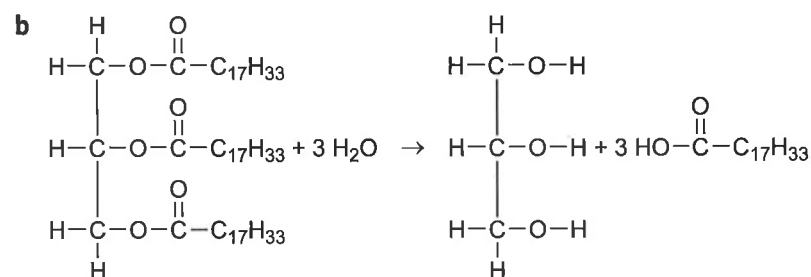
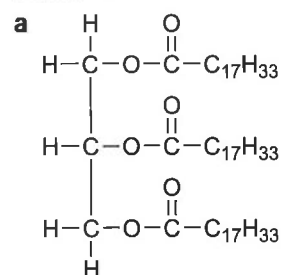
- e** Je kunt de voluit getekende structuurformule gebruiken, bijvoorbeeld:

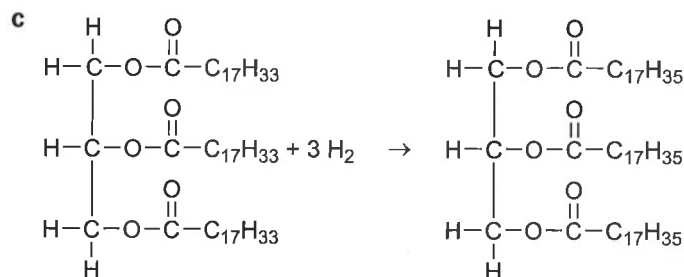


Je kunt ook verkorte formules gebruiken:



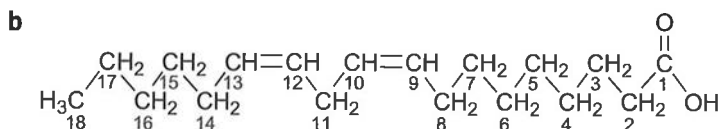
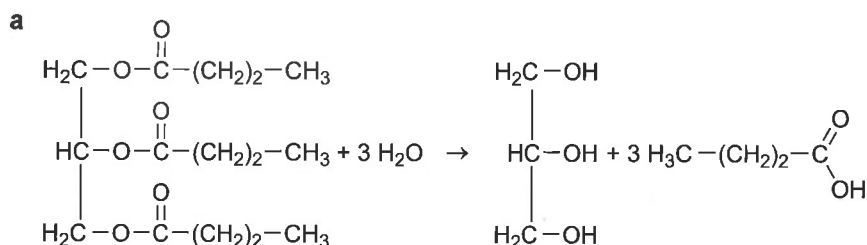
B 8



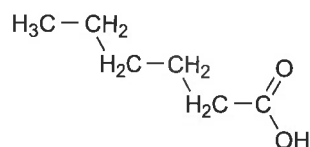


d glyceryl tristearaat

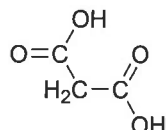
B 9



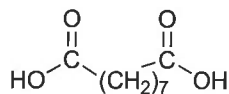
c Als de C=C-binding tussen C-atomen 12 en 13 wordt verbroken, kan er hexaanzuur ontstaan:



Als de C=C-binding tussen C-atomen 9 en 10 én tussen C-atomen 12 en 13 wordt verbroken, kan er propaandizuur ontstaan:

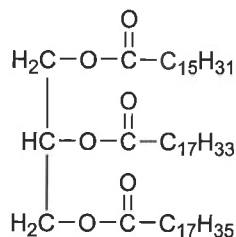


Als de C=C-binding tussen C-atomen 9 en 10 wordt verbroken, kan er nonaandizuur ontstaan:



B 10

a Meerdere antwoorden zijn mogelijk, waaronder:



In het antwoord moet minstens één van de vetzuurstaarten $-\text{C}_{15}\text{H}_{31}$ zijn.

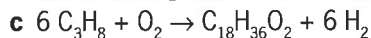
- b** Het glyceroldeel en de estergroep van het molecuul heeft een massa van:

$$(6 \times 12,01) + (5 \times 1,008) + (6 \times 16,00) = 173,10 \text{ g mol}^{-1}$$

De gemiddelde massa van de vetzuurstaarten kun je berekenen met de percentages.

$$\frac{(16 \times 211,40) + (39 \times 237,43) + (10 \times 235,42) + (5 \times 239,45)}{100} = 225,36 \text{ g mol}^{-1}$$

In een glyceryltriester komen drie vetzuurstaarten voor. De gemiddelde molaire massa is dus $173,10 \text{ g mol}^{-1} + 3 \times 225,36 \text{ g mol}^{-1} = 849,18 \text{ g mol}^{-1}$.



- d** $1000 \text{ ton} = 1,000 \cdot 10^9 \text{ g}$. De molaire massa van stearinezuur is $284,47 \text{ g mol}^{-1}$.

Het aantal mol is dan $\frac{1,000 \cdot 10^9 \text{ g}}{284,47 \text{ g mol}^{-1}} = 3,515 \cdot 10^6$ stearinezuur.

Hiervoor is $3,515 \cdot 10^6 \text{ mol} \times 6 = 2,109 \cdot 10^7 \text{ mol}$ propaan nodig.

De molaire massa van propaan is $44,09 \text{ g mol}^{-1}$.

De massa is dan $2,109 \cdot 10^7 \text{ mol} \times 44,09 \text{ g mol}^{-1} = 9,299 \cdot 10^8 \text{ g} = 929,9 \text{ ton}$.

C 11 ★

- a** Aan elke dubbele C=C-binding addeert één molecuul I_2 . Als een triglyceride sterker onverzadigd is, bevat het meer dubbele bindingen. Er wordt dan meer I_2 geaddeerd.

b Geaddeerd: $88 \text{ g I}_2 = \frac{88 \text{ g}}{2 \times 126,9 \text{ g mol}^{-1}} = 0,3467 \text{ mol I}_2$

Er was dus (per 100 g olie) ook $0,3467 \text{ mol C=C-bindingen}$.

$1 \text{ ton} = 1 \cdot 10^3 \text{ kg} = 1 \cdot 10^6 \text{ g}$, dat is dus $1 \cdot 10^4 \times 100 \text{ g}$ ('ton' staat in Binas tabel 5).

Per ton olie aanwezig: $1 \cdot 10^4 \times 0,3467 \text{ mol C=C-bindingen} = 3,5 \cdot 10^3 \text{ mol C=C-bindingen}$.

c $196 \text{ mg KOH} = \frac{196 \times 10^{-3} \text{ g}}{56,106 \text{ g mol}^{-1}} = 3,493 \cdot 10^{-3} \text{ mol KOH}$

Er heeft gereageerd: $\frac{3,493 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{3} = 1,164 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ olie en die hoeveelheid olie heeft een massa van $1,00 \text{ g}$.

De massa van één mol olie is dan: $\frac{1,00 \text{ g}}{1,164 \cdot 10^{-3} \text{ mol}} = 859 \text{ g mol}^{-1}$

- d** Uit het (niet afgeronde) antwoord bij vraag 11b:

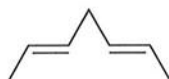
$3,467 \cdot 10^3 \text{ mol C=C-bindingen per } 1000 \text{ kg olie} = \frac{3,467 \cdot 10^3}{10^6} = 3,467 \cdot 10^{-3} \text{ mol C=C-bindingen per gram olie}$.

Dus per mol olie $3,467 \cdot 10^{-3} \times 859 = 2,98 \text{ mol C=C-bindingen}$.

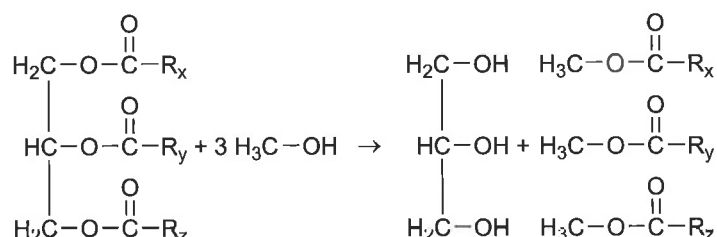
Er zijn dan evenveel C=C-bindingen per molecuul olie, dat zijn $3,0 \text{ C=C-bindingen}$ per molecuul olie.

C 12

a



- b** Er blijft een dubbele binding over en die kan op twee plaatsen zitten. Rond die dubbele binding kan de configuratie *cis* of *trans* zijn. Er kunnen dus vier verschillende veresterde octadeceenzuren ontstaan.
- c** Het juiste antwoord kan als volgt zijn genoteerd:



16.3 Eiwitten

A 13

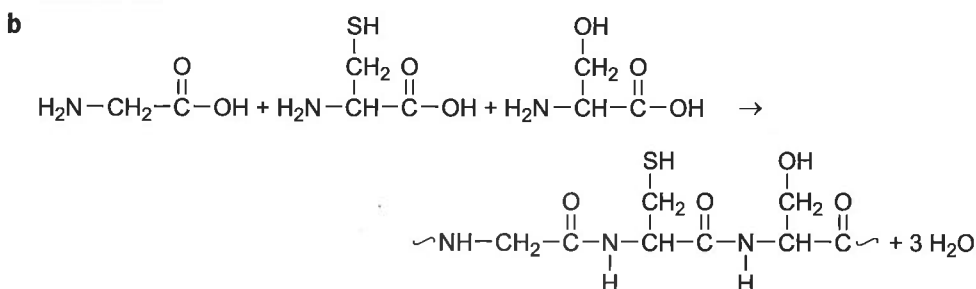
a Tyrosine (Tyr)

b Er zijn meerdere antwoorden mogelijk, zoals glycine (Gly), alanine (Ala), serine (Ser), cysteine (Cys), arginine (Arg), proline (Pro), asparaginezuur (Asp), glutaminezuur (Glu), asparagine (Asn) en glutamine (Gln).

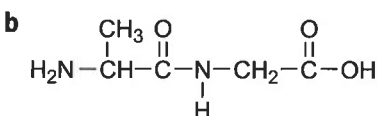
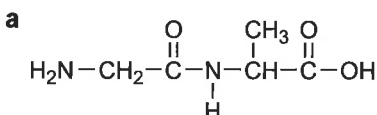
c Als je bij b Gly en Ala had geantwoord, dan waren de mogelijke dipeptiden: Tyr – Gly, Tyr – Ala, Gly – Tyr, Ala – Tyr, Gly – Ala en Ala – Gly

B 14

a Er is kennelijk een klein verschil in de volgorde van de aminozuren in de rodopsine van mens en uil.

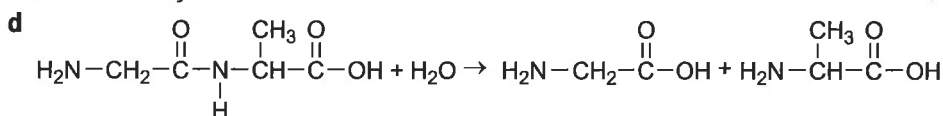


B 15



Bij Ala—Gly heeft alanine een vrije NH_2 -groep en glycine een vrije COOH -groep.
 Bij Gly—Ala is dat omgekeerd.

c Gly—Ala—Phe; Gly—Phe—Ala; Phe—Ala—Gly; Phe—Gly—Ala; Ala—Gly—Phe; Ala—Phe—Gly

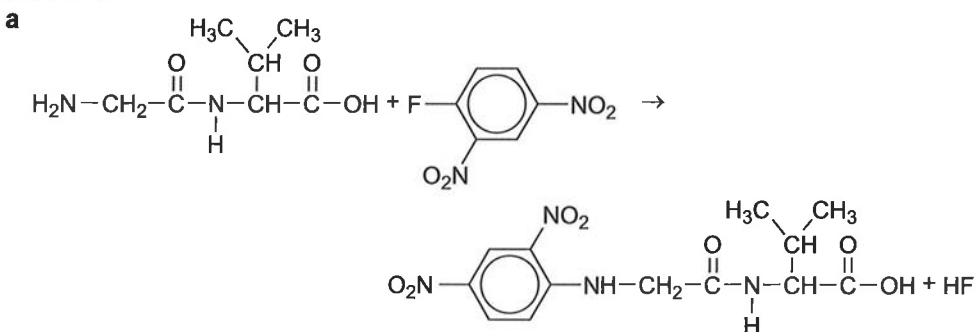


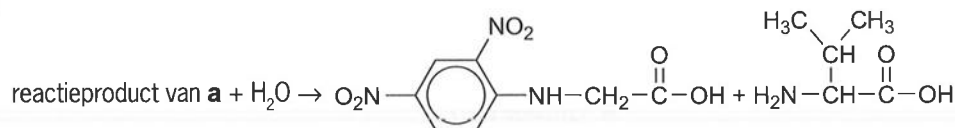
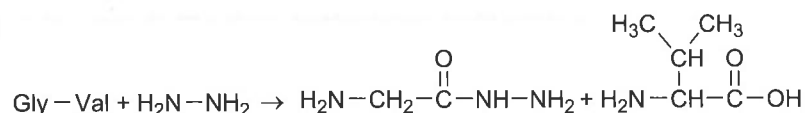
B 16

a Er komen relatief veel aminozuureenheden in voor met OH-groepen, die met watermoleculen H-bruggen kunnen vormen.

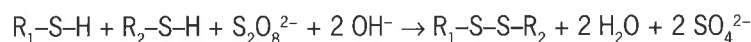
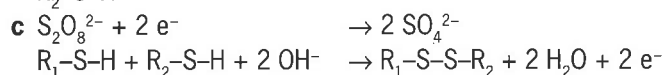
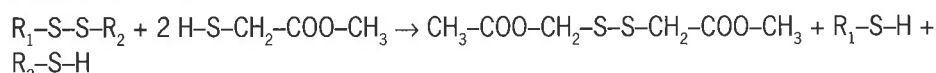
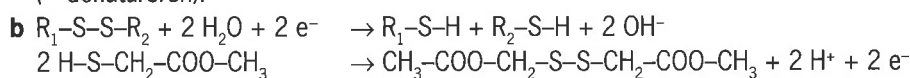
b Leer (huid) bestaat grotendeels uit collageen, dat makkelijk water opneemt, waardoor het soepeler wordt.

C 17



b**c****d** Ala-Gly-Val**C 18**

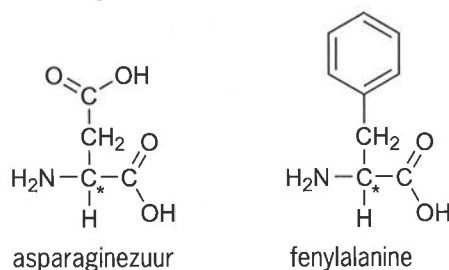
a In haar en eiwit komt veel keratine voor. Dit eiwit bevat relatief veel cysteïne. Daardoor zijn er veel zwavelbruggen aanwezig, met als gevolg een veel stabielere tertiaire structuur van het eiwit. Het kost dus meer moeite om de tertiaire structuur te verbreken (= denatureren).



d De nieuwe zwavelbruggen (atoombindingen) zorgen voor een *permanente* modellering van het haar.

C 19

a Een aminozuur dat in de voeding moet voorkomen omdat het in het lichaam niet kan worden gemaakt.

b

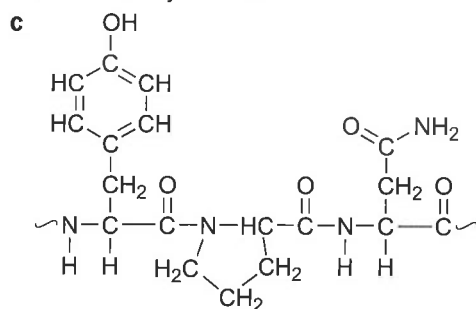
c Hieronder zijn een aantal mogelijke complicaties opgenomen:

- Er zijn, zowel van fenylalanine als van asparaginezuur, twee spiegelbeeldisomeren mogelijk (er is immers een asymmetrisch C-atoom). Alleen de L-vorm is bruikbaar, omdat de andere vorm niet zoet smaakt. Als er een mengsel van L- en D-fenylalanine wordt gebruikt, wordt de opbrengst aan aspartaam lager.
- Er zijn twee zuurgroepen in asparaginezuur die zouden kunnen reageren met de aminogroep van fenylalanine, maar de zuurgroep van fenylalanine zou ook kunnen reageren met de aminogroep van asparaginezuur. Dit levert geen aspartaam op, dus verlaagt de opbrengst.
- Twee fenylalaninemoleculen kunnen ook een dipeptide vormen.
- Bij het vormen van de methylester kan ook de zuurgroep van asparaginezuur die niet aan de peptidebinding deelneemt, reageren.

C 20

a Eiwitten zijn opgebouwd uit stikstof-bevattende aminozuren. De stikstofatomen worden op den duur gebruikt om trimethylamine te vormen. Vetten bestaan enkel uit koolstof-, zuurstof- en waterstofatomen. Hieruit kan dus nooit trimethylamine worden gevormd.

- b** Eiwitten zijn essentieel voor de werking van allerlei processen in je lichaam. Zonder eiwitten kun je niet overleven.



16.4 DNA en RNA

A 21

- a** Een chromosoom is een staafvormig lichaampje dat bestaat uit een steuneiwit met daaromheen opgerold DNA.
- b** De genetische code is de wijze waarop de nucleotidevolgorde in het mRNA wordt vertaald in de primaire structuur van een eiwit. Zie Binas tabel 71G.
- c** Transcriptie is het overschrijven van de genetische informatie van (een deel van) een DNA-molecuul naar een mRNA-molecuul.
- d** Translatie is het vertalen van de genetische code van het mRNA naar de aminozuurvolgorde in een eiwit (primaire structuur).

A 22

Overeenkomsten tussen DNA en mRNA:

- Ze bevatten allebei specifieke genetische informatie in polymeerketens.
- Ze bestaan uit nucleotiden: een monosacharide, een fosfaatgroep en een base.
- Als basen komen voor: adenine (A), cytosine (C) en guanine (G).

Verschillen tussen DNA en mRNA:

- DNA heeft 2-deoxyribose, mRNA heeft ribose als sacharide.
- DNA heeft thymine (T) als base, mRNA heeft uracil (U) als base.
- DNA heeft twee nucleotidestrengen (in een dubbele spiraal), mRNA maar één.
- DNA-moleculen zijn veel langer dan mRNA-moleculen omdat ze voor heel veel verschillende eiwitten coderen.

B 23

- a** CTAGTTGGA
b GAUCAACCU
c Asp–Gln–Pro

B 24

- a** De code UUU leidt tot synthese van een fenylalanine (Phe). Poly-U leidt dus tot synthese van poly-Phe.
- b** Als twee basen voor één aminozuur zouden coderen, zou een polypeptide bestaande uit één aminozuur zijn gevonden. (De code voor het boodschapper-RNA was immers UG-UG-UG-UG-enzovoort.)
- c** Er zijn maar vier basen, als één base zou coderen voor één aminozuur zouden meerdere aminozuren dezelfde code hebben. Dat is zeer onwaarschijnlijk, gezien de zeer specifieke aminozuurvolgorde in eiwitten.
- d** Als de code bestaat uit drie basen zou er een copolymeer van twee aminozuren ontstaan: UGU-GUG-UGU-GUG-UGU-enzovoort levert dan: Cys-Val-Cys-Val-Cys-enzovoort.
- e** UGU. Bij een code van drie letters blijft buiten GUG alleen UGU over (zie ook d). Je kunt het boodschappermolecuul UGUUGUUGUUGU synthetiseren en nagaan of er dan als polypeptide poly-Val ontstaat.

B 25

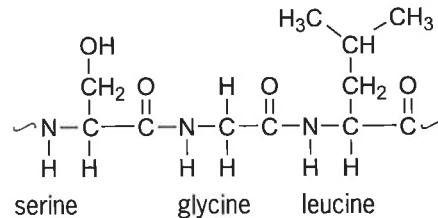
- a** Percentage (T + C) = (100 – 30 – 24)% = 46%
b T = 30%; C = 24%; percentage (A + G) = 46%

C 26

Als de volgorde van de nucleotiden (basen) in het DNA bekend is, kan daaruit de volgorde van de aminozuren worden afgeleid.

C 27

- a** code matrijsstreng: CTA CTG CCC AGA CCG GAC
 code mRNA: GAU GAC GGG UCU GGC CUG

b

- c** Het aantal basenparen dat kan wijzigen, zonder een verandering in de aminozuurvolgorde te veroorzaken is acht.

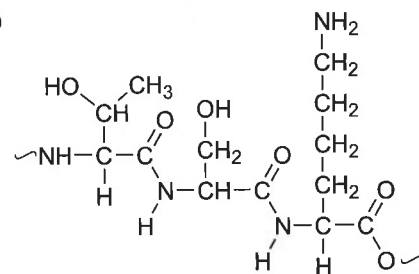
Het totale aantal basenparen in het stukje DNA is 18.

Maximaal kan $\frac{8}{18} \times 100\% = 44\%$ basenparen wijzigen.

- d** $\frac{44}{100} \times 1122 = 498$ basenparen

C 28

- a** nummer 137: Thr
 nummer 138: Ser
 nummer 139: Lys

b

- c** Bij de mutatie van Wayne is UAG het eerstvolgende stopcodon op het mRNA, bij de mutatie van Wayne is dit het 147^{ste} codon op het mRNA. De lengte van de keten is één minder dan het nummer van het eerstvolgende stopcodon.

Het volgende antwoord is ook goed: het eerstvolgende stopcodon komt 15 basen verder, dus bestaat de α -globineketen van mensen met de mutatie van Wayne uit 146 aminozuureenheden.

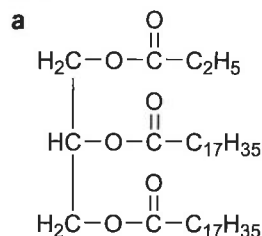
C 29 ★**a**

	base op coderende streng	base op matrijsstreng	base op mRNA
normaal	G	C	G
afwijkend	A	T	A

- b** Voor de codering van 209 aminozuren zijn $3 \times 209 = 627$ baseparen nodig. Het 210^e aminozuur wordt gecodeerd door de basen 628 t/m 630. Van deze drie basen is het eerste afwijkend. Dat is nummer 628.

Afsluiting

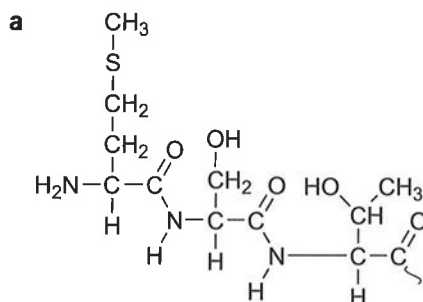
1



b

— stearinezuur — propaanzuur — stearinezuur	— propaanzuur — propaanzuur — stearinezuur	— propaanzuur — stearinezuur — propaanzuur
---	--	--

2



b Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- $1222 = 3 \times 407 + 1$, dus de aminozuureenheden met nummer 408 verschillen.
- $1222/3 = 407,33$ dus de aminozuureenheden met nummer 408 verschillen.
- $1215/3 = 405$. Het verschil zit in het derde codon vanaf nummer 1215, dat codeert voor de aminozuureenheid met nummer 408.

c Een voorbeeld van een juist antwoord is: het codon op de coderende streng dat codeert voor het aminozuur met nummer 408 voor PAH is CCG. Dat is ook het codon op het mRNA. Daar hoort het aminozuur Arg bij.

Het codon op de coderende streng dat codeert voor het aminozuur met nummer 408 voor 'verkeerd-PAH' is TGG. Dan is UGG het codon op het mRNA. Daar hoort het aminozuur Trp bij.

d Dit is een (voor de mens) essentieel aminozuur.

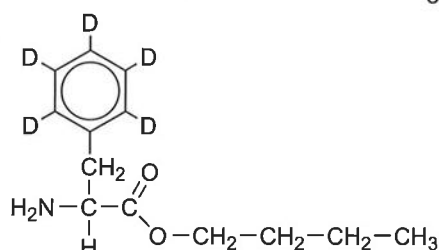
e De ADI-waarde van aspartaam is 40 mg per kg lichaamsgewicht, zie Binas tabel 95B. Lichaamsgewicht is 65 kg, de ADI-waarde is dan $65 \times 40 = 2600$ mg aspartaam.

Dit is $\frac{2,6 \text{ g}}{294,3 \text{ g mol}^{-1}} = 8,83 \cdot 10^{-3} \text{ mol aspartaam}$, dus er ontstaat $8,83 \cdot 10^{-3} \text{ mol fenylalanine}$.

Molaire massa fenylalanine is $165,2 \text{ g mol}^{-1}$.

Toename aan fenylalanine is: $\frac{8,83 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \times 165,2 \text{ g mol}^{-1}}{5,0 \times 10 \text{ dL}} = 29 \text{ mg dL}^{-1}$.

f



- g** Met de verhouding van de pieken en de concentratie van de referentie stoffen van 200 $\mu\text{mol L}^{-1}$ kun je de concentraties in het bloed berekenen.

De concentratie Phe in het bloed is $\frac{75280}{69712} \times 200 \mu\text{mol L}^{-1} = 216 \mu\text{mol L}^{-1}$

De concentratie Tyr in het bloed is $\frac{7946}{28380} \times 200 \mu\text{mol L}^{-1} = 56,0 \mu\text{mol L}^{-1}$

De verhouding $\frac{[\text{Phe}]}{[\text{Tyr}]} = \frac{216}{56,0} = 3,86$ en $[\text{Phe}]$ is groter dan $150 \mu\text{mol L}^{-1}$

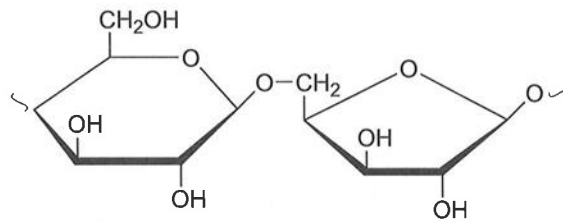
Aan beide voorwaarden wordt voldaan, dus de baby leidt aan PKU.

3

- a** Binnen in het eiwit kom je de hydrofobe R-groepen van de aminozuureenheden valine, isoleucine en fenylalanine tegen. (Alkylgroepen met meer dan 1 C-atoom.) De andere genoemde aminozuureenheden bevinden zich aan de buitenkant: door de aanwezigheid van hydrofiële R-groepen zijn ze in staat om met watermoleculen H-bruggen te vormen.
- b** De aminozuurrest is weliswaar hydrofoob, maar klein.
- c** Cysteïne heeft een hydrofobe S-H-groep en komt vaak binnen in een eiwit voor in de vorm van twee tegenover elkaar liggende cysteïne-eenheden. Hiertussen kan door een reactie een zwavelbrug worden gevormd.

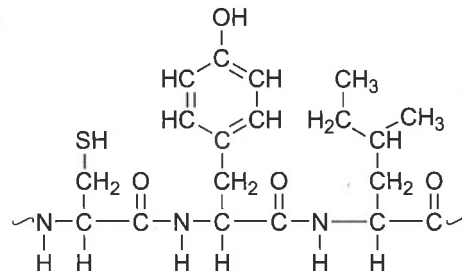
4

- a** $6n \text{ CO}_2 + 5n \text{ H}_2\text{O} \rightarrow (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + 6n \text{ O}_2$
- b** Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven (de sachariden kunnen ook omgedraaid zijn):

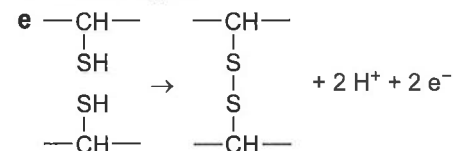


5

- a** UGU UAU AUU CAA AAU UGC CCC CUU GGG
b Cys – Tyr– Ile – Gln – Asn – Cys – Pro– Leu– Gly
c OH



- d** zwavelbruggen



- f De SH-groepen staan in bovenstaande reactie elektronen af en reageren dus als reductor. Ze zullen met een oxidator moeten reageren.

- g** DNA-streng oxytocine: ACA ATA TAA GTT TTA ACG GGG GAA CCC
DNA-streng vasopressine: ACA ATA AAA GTT TTA ACG GGG GCA CCC