

## Voedingsleer



---

# Voedingsleer

Product

R. Oenema-Lenis, AOC Friesland MBO, Leeuwarden

*eerste druk, 2000*



---

*Artikelcode: 10214*

© 2000 Ontwikkelcentrum, Ede, Nederland  
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Ontwikkelcentrum.

---

# Woord vooraf

Het auteursteam Levensmiddelentechnologie heeft voorafgaand aan deze lesbundel een aantal lesbundels voor BB-certificaten geschreven. Deze lesbundel hoort bij de ondertitel Product van de serie lesbundels voor ZB-certificaten.

De lesbundels zijn tamelijk klein van omvang. Deze keus is bewust gemaakt. Een school kan hierdoor flexibel omgaan met de lesbundels en zelf beslissen welke lesbundels in een certificaat zitten. Door de vele opdrachten kunnen de lesbundels als zelfinstruerend lesmateriaal gebruikt worden. Tevens zijn er video's beschikbaar ter ondersteuning van de lesbundels.

De meeste lesbundels zijn geschreven voor leerlingen van de driejarige én vierjarige opleiding. Binnen deze lesbundels is regelmatig sprake van lesstof die in principe alleen bedoeld is voor de leerlingen van de vierjarige opleiding (verdieping). Bovendien wordt soms extra lesstof aangeboden voor de leerlingen van de driejarige opleiding (verbreding). Desgewenst kunnen de verbredings- en/of verdiepingsteksten wel of niet in een lesbundel worden opgenomen. Verder is in het overzicht hierna te zien dat enkele lesbundels specifiek bedoeld zijn voor de driejarige óf vierjarige opleiding.

Bij het maken van de lesbundels is gebruikgemaakt van bestaand lesmateriaal. Ook zijn bedrijven bezocht om de lesstof te actualiseren en eventueel foto's te maken. Daarnaast zijn opnames van de video's gebruikt om als foto in de lesbundels op te nemen.

Deze lesbundels gaan alleen over de theorielessen. De keuze van practica wordt door de scholen zelf bepaald, vooral omdat de scholen niet allemaal dezelfde apparatuur hebben.

Bij de productie van deze lesbundels was een groot aantal personen betrokken: schrijvers, redacteur, onderwijskundige ondersteuning, projectmanager Ontwikkelcentrum, resonansgroep, illustratieproductie, databasebewerking en drukkerij. Dank aan iedereen.

Namens de schrijfgroep,

Frans Pelgröm, coördinerend auteur



---

# Lesbundels Levensmiddelentechnologie

Ondertitel	Artikelcode	Titel	
Product	10202	Dranken: mout- en bierbereiding	
	10204	Groente en fruit: verdikkingsmiddelen	
	10205	Groente en fruit: verwerking van champignons	
	10206	Bakkerij: korstproduct, koek en cake	
	10207	Bakkerij: broodbereiding, deel 2	
	10208	Zuivel: consumptiemelkbereiding (N4)	
	10209	Zuivel: kaasbereiding (N3)	
	10211	Vlees: grondstof vlees (N4)	
	10212	Vlees: kookworst, leverworst en vleessnacks	
	10213	Gemaksvoedsel	
	10214	Voedingsleer	
	Proces	10215	Suikerwinning (N4)
		10216	Suiker- en zetmeelwinning (N3)
		10217	Meettechniek en schema's
10218		Proces en regelaar	
10219		Procescomputersystemen	
Productveiligheid	10220	Logica en de PLC	
	10221	Conserveren door fermentatie	
	10222	Conserveren door koelen	
	10223	Conserveren door drogen	
Bedrijf	10224	Organiseren	
	10225	De mens	
	10226	Zorg voor kwaliteit	
	10227	Project	
	10228	Kringlopen in de natuur	
	10229	Problemen in het milieu	
	10230	Milieuproblemen in de levensmiddelenindustrie	
	10231	Milieuzorg in het bedrijf	
	Geen	10210	Handboek, deel 2
		10262	Inleiding in de levensmiddelenchemie
10263		Werken op een laboratorium	





---

# Inhoud

## **Woord vooraf 5**

## **Lesbundels Levensmiddelen­technologie 7**

### **1 Voeding in Nederland 11**

- 1.1 De geschiedenis van het voedingspatroon 11
- 1.2 Ontwikkeling van het voedingspatroon 13
- 1.3 Voorlichting 18
- 1.4 Trends in de voeding 22
- 1.5 Samenvatting 24

### **2 Voedingsstoffen 25**

- 2.1 Fysiologische aspecten 26
- 2.2 Voedingsstoffen en hun functie 26
- 2.3 Koolhydraten en vezels 29
- 2.4 Vetten 34
- 2.5 Eiwitten 39
- 2.6 Vitaminen 41
- 2.7 Mineralen 43
- 2.8 Water 45
- 2.9 Samenvatting 46

### **3 Spijsvertering 48**

- 3.1 Doel van de spijsvertering 49
- 3.2 Het spijsverteringskanaal en het spijsverteringsproces 50
- 3.3 Samenvatting 57

## **Begrippenlijst 58**

## **Trefwoordenlijst 61**



---

# 1 Voeding in Nederland

## Oriëntatie

Elke dag heb je te maken met voeding, ook als je misschien weinig of niets wilt eten. Sommigen gaan heel bewust om met hun dagelijks voedsel, anderen maken een maaltijd klaar uit gewoonte, zonder daar speciaal over na te denken. Steeds meer mensen eten voornamelijk 'als hun maag erom vraagt'. Er zijn dus vele voedingsgewoonten.

*voedingspatroon*

Zoals mensen tegenwoordig met hun voedsel omgaan, is het natuurlijk niet altijd geweest. Het *voedingspatroon* was eeuwen geleden totaal anders dan tegenwoordig. Hoe mensen vroeger met hun voedsel omgingen en hoe nu, is het onderwerp van dit hoofdstuk.

**Fig. 1.1**

*Ver voor onze jaartelling haalden de mensen hun voedsel uit de natuur, niet altijd tot ieders tevredenheid.*



## Leerdoelen

Na bestudering van dit hoofdstuk kun je:

- de veranderingen opnoemen die door de eeuwen heen op voedingsgebied hebben plaatsgevonden;
- verschillende vormen van voedingsvoorlichting opnoemen;
- je eigen voedingspatroon toetsen aan de Richtlijnen voor goede voeding;
- een mening geven over veranderingen in het voedingspatroon in de toekomst.

## 1.1 De geschiedenis van het voedingspatroon

Mensen gebruiken nu dagelijks veel verschillende levensmiddelen. Dit vormt een groot contrast met het eetpatroon van volkeren die ver voor onze jaartelling leefden. Jagen, vissen, en vooral het verzamelen van noten, bessen en andere eetbare delen van planten waren de enige manieren om aan voedsel te komen. De ervaring leerde wat geschikt was om te worden gegeten en wat niet.

---

## Ontwikkeling van veehouderij en akkerbouw

*vleesproductie* De ontwikkeling van veehouderij en akkerbouw maakte een eind aan het nomadisch (zwervend) bestaan. Landbouwgemeenschappen gingen wild groeiende graan- en grassoorten verbouwen. Ook werden dieren gehouden voor de *vleesproductie* en werd melk een deel van het voedselpakket. De voedselvoorziening bood gaandeweg meer zekerheid.

*conserveringstechnieken* De productie van voedingsmiddelen nam meer en meer toe, zodat er een zekere overvloed aan voedsel ontstond. Dit overtollige voedsel werd geruild of verhandeld. Ook ging men *conserveringstechnieken* toepassen. In eerste instantie ging het hierbij om drogen, roken en verhitten, later ook om zouten van voedingsmiddelen. Bij toeval werd de conserverende werking van het vergistingsproces ontdekt.

## Eerste bewerkingen van voedsel

*vuur* De ontdekking van *vuur* is van groot belang geweest voor de voedselbereiding. Door verhitting werden verschillende zetmeelrijke voedingsmiddelen beter verteerbaar. Veel dierlijk voedsel werd aantrekkelijker van geur, smaak en uiterlijk. Ook de introductie van een techniek als het malen van graankorrels heeft veel invloed gehad op de voeding. Men kon pap en deeg maken. Deze konden tijdens het bewaren gaan gisten en leidden zo tot producten als bier en zuurdeeg. Dit laatste maakte het brood aantrekkelijker.

*taakverdeling* Aanvankelijk verzorgde elk gezin zelf alle bewerkingen die het voedsel nodig had, maar langzamerhand kwam er een *taakverdeling* tot stand. Zelfvoorziening bleef belangrijk, maar sommige taken werden door specialisten uitgevoerd. Eén van de oudste specialisaties is die van molenaar, later gevolgd door die van brouwer, bakker en slager. Melkveehouders maakten boter en kaas, wijnboeren verwerkten hun druiven tot wijn.

## Internationale handel

De ontwikkeling van de internationale handel bracht veel nieuwe producten binnen het bereik van veel mensen. Rijst uit Zuidoost-Azië, maïs en aardappelen uit Zuid-Amerika kwamen naar onze streken. Ook koffie, thee, cacao en specerijen gingen deel uitmaken van ons voedselpakket.

De zeereizen duurden vaak maanden en eisten veel slachtoffers onder het scheepsvolk. Het scheepsrantsoen bestond uit scheepsbescuit, gezouten vlees, gedroogde vis, boter, kaas peulvruchten en bier. Veel bemanningsleden verloren het leven door een ziekte die men scheurbuik noemde. De Engelse scheepsarts Lind bewerkstelligde een toen nog onverklaarbaar herstel van zijn patiënten, als hij ze sinaasappelen en citroenen gaf. Pas in het begin van de twintigste eeuw heeft men de werkzame stof hiervan gevonden: vitamine C.

## Conserveringstechnieken

In de negentiende eeuw waren er tijdens de Frans-Duitse oorlogen grote problemen om de legers van voedsel te voorzien. Ook was er onder de burgerbevolking hongersnood. Er werd daarom gezocht naar methoden om het voedsel langer houdbaar te maken.

---

De Fransman Nicolas Apert slaagde hierin door voedingsmiddelen in hermetisch gesloten vaatwerk te verhitten: het begin van de conservenindustrie. Het werk van Louis Pasteur verschafte inzicht in het microbieel bederf van levensmiddelen en leidde tot maatregelen om dat te voorkomen. Dankzij Pasteur beseftte dat ook koelen en invriezen goedwerkende conserveringsmethoden waren.

### **Wetenschappelijke benadering van voeding**

*voedingswetenschap*

Het wetenschappelijk onderzoek was in de negentiende eeuw sterk in opkomst. Er ontstond een nieuwe wetenschap, die zich bezighield met de ademhaling en spijsvertering. Men zocht naar aanknopingspunten in de scheikunde. Wat was de relatie tussen voeding en gezondheid? Zo werd de basis gelegd voor de latere *voedingswetenschap*. Rond 1850 constateerde de arts Von Liebig dat 'alle levende wezens - dus ook de mens - en alle voedsel opgebouwd zijn uit eiwitten, vetten en koolhydraten'.

In de voedingswetenschap zoals die in de vorige eeuw is ontstaan, gaat het vooral om de kennis van de voedingsstoffen en om hun werking in het menselijk lichaam.

#### **Opdracht 1.1 Geschiedenis van het voedingspatroon**

De mensen die ver voor onze jaartelling leefden, hadden een ander voedingspatroon dan wij nu hebben.

- Kies vijf tijdstippen uit de geschiedenis. Ga na hoe toen het gebruik was van plantaardig en/of dierlijk voedsel.
- Kies één van deze vijf tijdstippen. Bedenk nu welk voedsel je op een bepaalde dag in die tijd zou hebben gegeten. Wat moest je doen om dat te pakken te krijgen?

## **1.2 Ontwikkeling van het voedingspatroon**

Een voedingspatroon ontwikkelt zich mét de omstandigheden waarin mensen leven. Op het platteland at men anders dan in de stad, aan boord van Europese schepen anders dan op een afgelegen tropisch eiland.

### **Het voedingspatroon vanaf 1870: van agrarisch naar industrieel**

In het midden van de negentiende eeuw was de voeding van grote delen van de Nederlandse bevolking slecht. Aardappelen vormden de basis, brood was te duur. Vlees, kaas, melk en boter waren voor de meeste mensen onbereikbaar.

Na 1870 steeg de welvaart geleidelijk. Brood, zuivelproducten, suiker en kleine hoeveelheden vlees kwamen in het arbeidersmenu, en rond 1900 af en toe koekjes, chocola, limonade en fruit. Ook werd 'de zondagse maaltijd' gewoon, waardoor men ten minste eenmaal per week lekker en gevarieerd at.

*huishoudonderwijs*

Heel belangrijk was rond 1890 de ontwikkeling van het *huishoudonderwijs* voor meisjes. Zo werden de kennis en opvattingen over smakelijke en goed uitziende maaltijden verspreid. Bovendien dacht men dat door goede maaltijden de behoefte aan sterke drank zou verminderen.

*agrarisch  
voedingspatroon*

In de tweede helft van de negentiende eeuw is het *agrarisch voedingspatroon* in

*industriële patroon*

Nederland geleidelijk overgegaan in een *industriële patroon*. Er kwamen meer soorten levensmiddelen, en vooral ook producten die industrieel bewerkt en geraffineerd werden. De mensen konden steeds meer zelf bepalen welke producten ze gingen eten. Langzaam maar zeker werd het gebruik van energierijk voedsel, suiker, vet en dierlijk voedsel hoger.

Het grote voordeel van een industrieel voedselpatroon was dat men niet meer zo afhankelijk was van seizoenschommelingen. Slechte oogsten en voedseltekorten in de winter hadden minder invloed op de beschikbaarheid van eten. De mensen waren steeds minder zelf betrokken bij de productie van het voedsel. De afstand tussen producent en consument werd groter.

Het duurde echter nog lang voor de gehele Nederlandse bevolking kon profiteren van een overvloedige voedselvoorziening (crisis in de jaren dertig, hongervinter 1944-1945).

### Het voedingspatroon na 1950

*welvaartsziekten*

Het Nederlandse voedingspatroon is in de periode 1850-2000 veranderd van ondervoeding naar overvoeding. Toch is het huidige voedingspatroon beslist niet optimaal; denk maar aan de *welvaartsziekten*. Ook is er ongerustheid over de kwaliteit van het voedsel en over de gevolgen van de voedselproductie voor het milieu.

#### Wat is een VCP?

Sinds 1987 laat de Nederlandse overheid één keer in de vijf jaar een voedselconsumptiepeiling (VCP) uitvoeren. In 1998 is dit voor de derde keer gebeurd. Van 6250 personen is onderzocht wat ze gedurende twee willekeurige dagen hebben gegeten en gedronken.

De uitkomsten zijn verwerkt in tabellen en grafieken en geven inzicht in het voedingspatroon van de Nederlandse bevolking. Het is mogelijk met behulp van deze gegevens de verschillende groepen van de Nederlandse bevolking te onderscheiden. Op basis hiervan kan een gerichte voedingsvoorlichting worden gegeven.

#### Fig. 1.2

*Persbericht over de uitkomsten van de derde voedselconsumptiepeiling (VCP).*

### Wat eten Nederlanders gemiddeld?

Op advies van de toenmalige Voedingsraad is in 1987-88 in opdracht van de Ministeries van VWS en LNV de eerste landelijke voedselconsumptiepeiling uitgevoerd. In 1992 heeft de tweede peiling

plaatsgevonden. Deze maand is de basisreportage van de derde peiling (van 1997-98) aan de desbetreffende ministers aangeboden.

(Bron: *Voeding*, december 1998)

*verschuivingen*

Na 1950 is een verandering zichtbaar van een vrij sobere naar een duurder en luxere voeding. Opvallend is het toegenomen gebruik van duurder voedingsmiddelen, met name groente, fruit, vlees en alcoholhoudende dranken.

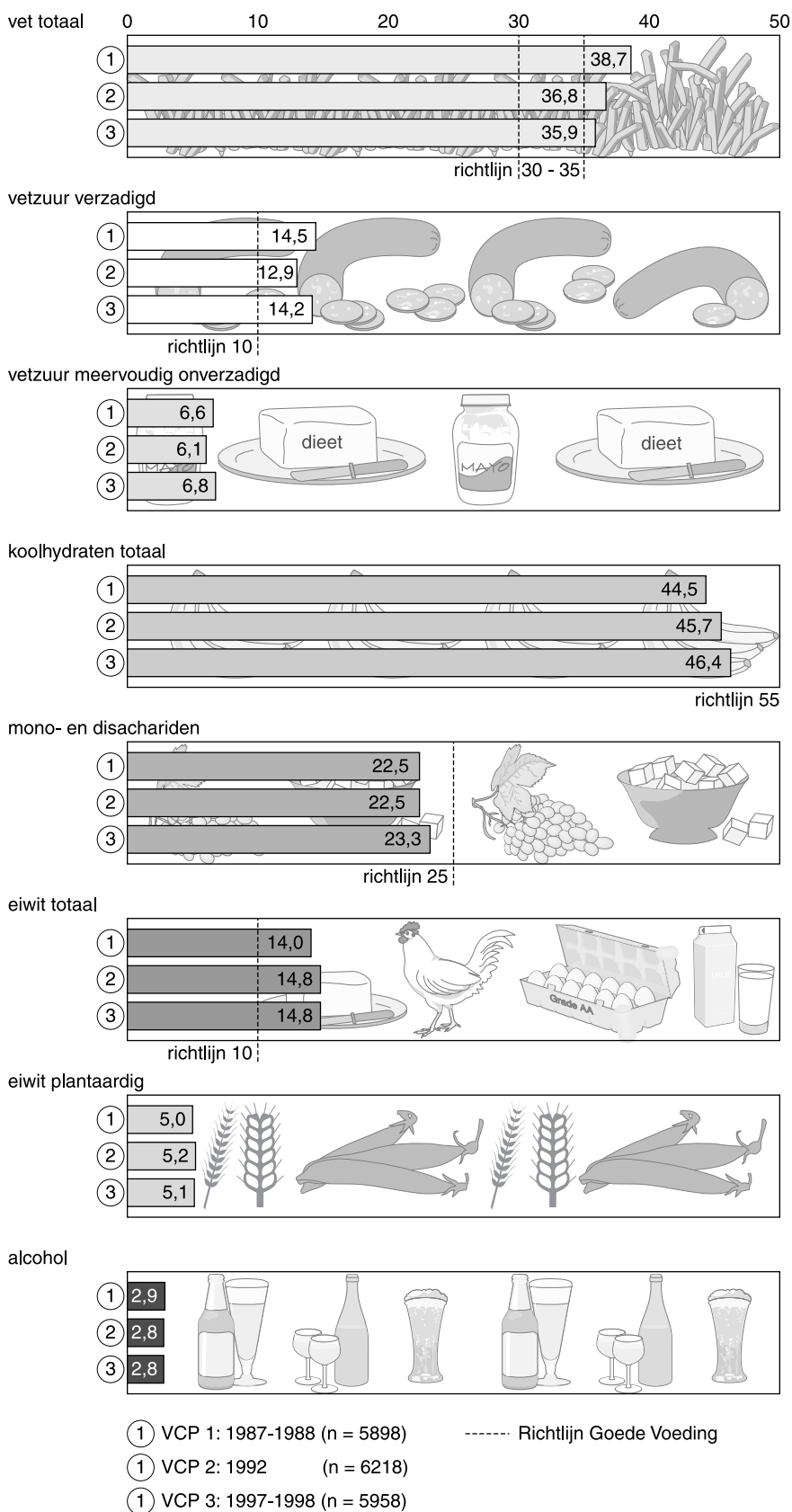
De volgende *verschuivingen* lijken op te treden:

- Het gebruik van aardappelen en broodgraan daalt. Het ziet er naar uit dat een overgang plaatsvindt van witbrood naar bruinbrood.

- 
- Het suikergebruik is na 1950 duidelijk gestegen, maar lijkt zich nu te stabiliseren en zelfs licht te dalen.
  - Het groente- en fruitverbruik is sinds 1950 sterk gestegen, maar heeft nog niet het aanbevolen niveau bereikt. Momenteel is de consumptie van groente en fruit zelfs weer aan het dalen.
  - De vleesconsumptie is sterk gestegen, waarbij het gebruik van rundvlees is gedaald en dat van varkensvlees en kip gestegen. Volgens de VCP van 1998 daalt de vleesconsumptie weer enigszins, en lijkt nu uit gezondheidsoverwegingen verantwoord.
  - Het gebruik van eieren ligt vrij stabiel op een gemiddelde van 3 tot 4 per week.
  - Het gebruik van zichtbare vetten is gedaald, het gebruik van onzichtbare (in producten verwerkte) vetten stijgt nog steeds.
  - De consumptie van alcoholische dranken en frisdranken stijgt.

**Fig. 1.3**

De resultaten van de voedselconsumptiepeilingen in beeld: de gemiddelde inname van voedingsstoffen in grammen per dag.  
(Bron: Voeding, december 1998)





### Opdracht 1.2 **Verschuivingen in het voedingspatroon**

- a Pobeer te achterhalen hoe het voedingspatroon in je eigen omgeving sinds 1950 is veranderd. Doe dit bijvoorbeeld door gesprekken te voeren met mensen die deze veranderingen hebben meegemaakt.
- b Bedenk welke gevolgen deze veranderingen hebben gehad voor de gezondheid van de mensen.

### Opdracht 1.3 **Voedselconsumptiepeiling**

De verschuivingen in het voedingspatroon hebben ook consequenties voor de opname van voedingsstoffen. Geef de veranderingen aan voor de volgende voedingsstoffen en de energievoorziening, van zowel na 1950 als gedurende de laatste jaren (zie ook figuur 1.3):

- plantaardig en dierlijk eiwit;
- koolhydraten;
- suikers (monosachariden en disachariden);
- energie-opname;
- vezels;
- vet (maak onderscheid tussen verzadigd vet en onverzadigd vet);
- vitamines en mineralen, het zoutgebruik in het bijzonder.

### Opdracht 1.4 **Je eigen voedselconsumptiepeiling**

- a Maak van je eigen eetgewoonten een voedselconsumptiepeiling. Doe dit door te beschrijven wat je gedurende drie dagen allemaal eet en drinkt.
- b Ga na of en hoe jouw eetgewoonten zijn veranderd na je tijd op de basisschool.
- c Welke gevolgen zouden deze veranderingen kunnen hebben voor de opname van voedingsstoffen en energie?

#### **Kans op beroerte door snoepen groter**

Bij een regelmatig gebruik van tussendoortjes lopen ouderen een groter risico om een beroerte te krijgen dan wanneer ze niet snoepen. Dit is één van de conclusies uit een proefschrift dat in 1998 in Groningen is verschenen.

Het snoepgedrag van personen van 57 jaar en ouder werd in 1993 in een enquête nagevraagd in het kader van een wetenschappelijk onderzoek. Er werden drie consumptieniveaus gedefinieerd:

- geen tussendoortjes;
- 1 tot 5 per week;
- 6 of meer per week.

In de vier jaar daarna kregen 90 mensen een eerste beroerte. Het relatieve risico ten opzichte van de groep zonder tussendoortjes (567 personen) was ruim twee keer zo hoog bij 1 tot 5 tussendoortjes per week (527 personen) en ruim drie keer zo hoog bij 6 of meer tussendoortjes (2548 personen). Deze resultaten werden niet anders als rekening werd gehouden met mogelijk verstorende bij-omstandigheden, zoals inname van vet of cholesterol, vezelrijke voeding, lichamelijke activiteit, roken van sigaretten, alcoholgebruik en de aanwezigheid van hoge bloeddruk.

*overvoeding  
welvaartsziekten*

Vroeger speelde het tekort aan essentiële voedingsstoffen een belangrijke rol. Ondervoeding, tuberculose en Engelse ziekte (rachitis) komen nu nauwelijks meer voor. De huidige problemen liggen op het gebied van *overvoeding*. Er zijn duidelijke aanwijzingen dat *welvaartsziekten* als overgewicht, hart- en vaatziekten, hoge bloeddruk, tandcariës en darmfunctiestoornissen hiermee samenhangen.

### Opdracht 1.5 Welvaartsziekten

Vul de volgende tabel in. Zoek in boeken, folders of op Internet zes welvaartsziekten op. Geef aan welke risicofactoren op voedingsgebied daarbij een rol spelen.

Welvaartsziekten	Risicofactoren op voedingsgebied

## 1.3 Voorlichting

De veranderingen in de opname van voedingsstoffen zijn niet altijd positief. Via voedingsvoorlichting probeert men hierin verandering te brengen.

Het Voedingscentrum in Den Haag is één van de bekendste instanties die proberen de Nederlandse bevolking voor te lichten over gezonde en economisch verantwoorde voeding. Men let daarbij op de aanwezigheid van voldoende *voedingsstoffen* en ook op de *smakelijkheid* van het eten. Ook het voorkómen van welvaartsziekten is een belangrijk uitgangspunt.

*voedingsstoffen*  
*smakelijkheid*

Het Voedingscentrum werkt met *voorlichtingsmodellen*. De *Maaltijdschijf* uit de jaren tachtig is hiervan nog steeds het bekendste voorbeeld. In de jaren negentig verscheen een nieuw voorlichtingsmodel: de *Voedingswijzer*.

*voorlichtingsmodellen*  
*Maaltijdschijf*  
*Voedingswijzer*

### De Maaltijdschijf

De maaltijdschijf (figuur 1.4) bevat vier groepen voedingsmiddelen:

- Groep 1: graanproducten, aardappelen en peulvruchten, als leveranciers van zetmeel, voedingsvezel, plantaardig eiwit, B-vitamines en mineralen.
- Groep 2: fruit en groente, als belangrijke bronnen van vitamine C en voedingsvezel.
- Groep 3: melk en melkproducten, vlees en vleeswaren, vis, kip en ei, als leveranciers van vooral dierlijk eiwit, B-vitamines en mineralen.
- Groep 4: boter, halvarine en margarine, als bronnen van vet, vitamine A en vitamine D, en in sommige margarines van linolzuur.

**Fig. 1.4**  
De maaltijdschijf is nog  
altijd een bekend  
voorlichtingsmodel.



De schijf wordt vergezeld van de volgende adviezen:

- Eet bij iedere maaltijd uit ieder vak.
- Eet veel plantaardige producten.
- Wees matig met vet.
- Zorg voor variatie.

De vakken 1 en 2 zijn het grootst. Men vindt het heel belangrijk dat uit deze vakken veel producten worden gebruikt. Producten uit de vakken 3 en 4 moeten minder worden gegeten. Wie de adviezen van de maaltijdschijf opvolgt, loopt minder kans op welvaartsziekten.

## De Voedingswijzer

Tot vernieuwing van het voorlichtingsmodel is besloten, omdat er in de maatschappij veel verandert:

- De gezinsstructuur is (gemiddeld genomen) anders dan voorheen; partners werken beiden, en het is al lang niet meer zo dat het hele gezin drie keer per dag gezamenlijk aan tafel zit.
- Nederland vergrijst.
- De relatie van voeding met sport heeft veel belangstelling.
- Er is veel invloed van andere culturen (migranten, buitenlandse vakanties).
- Er zijn nu meer verschillende soorten levensmiddelen verkrijgbaar.
- De consument kijkt veel kritischer naar de samenstelling van de producten.

Op het eerste gezicht lijkt de voedingswijzer (figuur 1.5) veel op de maaltijdschijf, maar er zijn duidelijke verschillen. Zo is er nu meer aandacht voor een goede *vochtvoorziening*, en voor het voedingspatroon van mensen van buitenlandse afkomst.

**Fig. 1.5**  
De voedingswijzer: weet  
wat je eet!



*productgroepen* Ook in de voedingswijzer is een indeling gemaakt in vier *productgroepen*. Met een gevarieerde keuze hieruit wordt over het algemeen voldoende van de benodigde voedingsstoffen opgenomen.

De hoofdbestanddelen van deze groepen zijn:

- 1 koolhydraten;
- 2 vetten;
- 3 eiwitten;
- 4 vitamine C.

*subgroepen* Binnen elk van de vier productgroepen is een onderverdeling gemaakt in drie *subgroepen*, gericht op voorkoming van welvaartsziekten:

- Subgroep A: bij voorkeur. Tot deze subgroep behoren producten die bij een evenwichtige samenstelling van de voeding voorzien in de behoefte aan alle essentiële voedingsstoffen, en die een positieve invloed hebben op het voorkómen van welvaartsziekten.
- Subgroep B: de middenweg. De producten in deze subgroep hebben een positieve invloed op de voorkóming van welvaartsziekten.
- Subgroep C: bij uitzondering. De producten in deze subgroep hebben een negatieve invloed op het voorkomen van welvaartsziekten.

De bedoeling van deze driedeling is gunstige en minder gunstige keuzes binnen de productgroepen aan te geven, zonder de desbetreffende voedingsmiddelen in de ban te doen. De indeling van de voedingsmiddelen in subgroepen wordt beschreven in voorlichtingsmateriaal van het Voedingscentrum.

Tegelijk met de voedingswijzer heeft het Voedingscentrum de Richtlijnen voor Goede Voeding ontwikkeld. Ook deze richtlijnen worden gebruikt bij de voedingsvoorlichting.

### **Richtlijnen voor goede voeding**

De Richtlijnen voor goede voeding luiden als volgt:

- 1 Eet gevarieerd.
- 2 Wees matig met vet.
- 3 Eet volop zetmeel en vezels.

- 
- 4 Eet volop groente en fruit.
  - 5 Gebruik drie maaltijden per dag, en niet vaker dan viermaal iets tussendoor.
  - 6 Wees zuinig met zout.
  - 7 Drink dagelijks ten minste 1,5 liter vocht, maar wees matig met alcohol.
  - 8 Houd het lichaamsgewicht op het goede peil.
  - 9 Ga hygiënisch en veilig met voedsel om.
  - 10 Lees wat er op de verpakking staat.

### ***Variatie***

Een gevarieerde keuze van voedingsmiddelen geeft een goede garantie voor een voorziening van alle belangrijke voedingsstoffen. Bovendien voorkomt variatie dat te veel ongunstig werkende stoffen worden opgenomen. Eenzijdig gebruik van slechts enkele voedingsmiddelen levert nooit een goede voeding op. De kwaliteit van de voeding wordt bepaald door het totale pakket aan geconsumeerde voedingsmiddelen.

### ***Matig met vet***

Het Voedingscentrum adviseert de hoeveelheid vet in de voeding te laten bestaan uit 30 tot 35% van alle energie die men met de voeding binnenkrijgt. Ongeveer eenderde deel van alle calorieën mag dus uit vet komen.

Eet minder vet - en de energie die dan nog nodig is, kan uit koolhydraten komen. Dit voorkomt voor een groot deel hart- en vaatziekten, overgewicht, en misschien bepaalde vormen van kanker.

### ***Zetmeel en vezels***

De koolhydraten die je gaat eten ter vervanging van vet, kun je beter opnemen in de vorm van zetmeel dan van suiker. Niet alleen bevatten zetmeelrijke voedingsmiddelen vaak nog andere voedingsstoffen dan suikers, ze leveren bovendien veel voedingsvezel. Voedingsvezel stimuleert de darmwerking en kan preventief werken tegen welvaartsziekten als arteriosclerose en overgewicht.

### ***Groente en fruit***

Uit onderzoek wordt steeds duidelijker dat een ruim gebruik van groente en fruit het risico van kanker en hart- en vaatziekten verkleint. Het is dan ook belangrijk voldoende van deze producten te eten.

### ***Drie maaltijden per dag, weinig tussendoortjes***

Beperk het aantal tussendoortjes. Dit is niet alleen beter voor het lichaamsgewicht, maar vooral ook voor het gebit.

### ***Zuinig met zout***

Er is een verband tussen de hoeveelheid zout in de voeding en de bloeddruk. Minder zout eten zou het ontstaan van hoge bloeddruk kunnen tegengaan. Hoge bloeddruk kan allerlei andere aandoeningen veroorzaken.

### ***Dagelijks ten minste 1,5 liter vocht***

Voldoende vocht is een essentieel onderdeel van een goede voeding. Gezonde kinderen en volwassenen nemen vanzelf voldoende vocht op in de vorm van water, koffie, thee enzovoort. Als je dorst hebt, drink je wat. Oudere mensen nemen echter vaak onvoldoende vocht op. Ook sporters, vooral duursporters die 's zomers actief

---

zijn, moeten goed op de vochtvoorziening letten. Water is één van de belangrijkste stoffen voor het lichaam.

### ***Lichaamsgewicht***

Een te hoog lichaamsgewicht geeft vaak klachten als hoge bloeddruk, ouderdomssuikerziekte en gewrichtspijn. Gewichtsvermindering leidt dan ook tot afnemende klachten en ziekten en minder sterfgevallen. Toch is een te laag lichaamsgewicht ook niet gezond. Informatie over aanbevolen lichaamsgewichten is overal te vinden (bijvoorbeeld bij je huisarts).

### ***Voedselhygiëne***

Op het gebied van voedselveiligheid vormen voedselinfecties en voedselvergiftigingen momenteel het grootste probleem, vooral de besmetting met Salmonella-bacteriën. Goede hygiëne bij het bewaren en bereiden van voedsel is dan ook heel belangrijk, niet alleen in de horeca en de instellingskeukens, maar vooral in de huishoudens. De aanwezigheid van schadelijke stoffen in het voedsel staat sterk in de belangstelling. Vooral milieuverontreinigende stoffen als zware metalen en nitraat, en bepaalde organische koolwaterstoffen kunnen gezondheidsproblemen geven. Het advies is dan ook matig te zijn met nitraatrijke groente, zoetwatervis en orgaanvlees. Ook bij de bereiding van voedsel kunnen schadelijke stoffen ontstaan, bijvoorbeeld in de vorm van zwarte korsten, of bij onzorgvuldig barbecuen of frituren.

### ***Informatie op de verpakking***

De verpakking kan je direct informatie geven over een product. Vooral de houdbaarheid en bewaarvoorschriften zijn erg belangrijk. Alle gebruikte ingrediënten, ook de additieven, moeten op het etiket worden vermeld. Maak er een gewoonte van de etiketten te bestuderen; dan weet je wat je eet en kun je een bewustere voedselkeuze maken.

## **Opdracht 1.6 Je eigen voedingspatroon**

Voor opdracht 1.4 heb je genoteerd wat je in drie dagen eet, en heb je erover nagedacht of jouw voedingspatroon is veranderd sinds je tijd op de basisschool. Gebruik deze gegevens voor de beantwoording van de volgende vragen.

- Toets je eigen voedingspatroon aan de tien spelregels voor gezonde voeding. Welke regels pas je toe, en welke niet?
- Toets ook je voedingspatroon op de basisschool op dezelfde manier.
- Wat kun je concluderen wanneer je de antwoorden op de vragen a en b vergelijkt?
- Waarin zou je veranderingen moeten aanbrengen?
- Wil je of kun je deze veranderingen aanbrengen? Geef hierover jouw mening.

## **1.4 Trends in de voeding**

Na de Tweede Wereldoorlog nam de welvaart enorm toe. Dit gaf een stimulans aan de voedingsmiddelentechnologie. Er kwamen veel nieuwe, industrieel bewerkte voedingsproducten. Ook veranderden de manier waarop en de vorm waarin voedsel werd aangeboden. Denk aan de kant-en-klaarmaaltijden, en aan begrippen als koelvers, diepvries en gedroogd.

---

Duidelijke veranderingen in het gebruik van bepaalde voedingsmiddelen zijn pas over langere tijd zichtbaar. De consument koopt bepaalde artikelen vooral uit gewoonte. Dit koopgedrag verandert langzaam. Toch kun je onder consumenten een aantal trends aantreffen:

- 1 een kritischer houding ten opzichte van de productie, met grote aandacht voor milieuvriendelijkheid en diervriendelijkheid;
- 2 sterkere afkeer van kunstmatige hulp- en smaakstoffen;
- 3 een andere houding ten opzichte van de energie-opname;
- 4 meer wensen op het gebied van kwaliteit en gemak;
- 5 meer waardering voor voedsel in het sociaal verkeer.

Bij de productie is een verschuiving gaande van de alternatieve productiewijze, waarbij vooral een bepaalde ideologie een grote rol speelt, naar een productiemethode waarbij het milieu en welzijn van het dier belangrijk zijn.

De consument wordt steeds kritischer ten opzichte van additieven en contaminanten (hulp- en smaakstoffen). Er is een duidelijke tendens naar 'verser' en 'natuurlijker'.

In de jaren zeventig waren de halfvolle en magere producten erg 'in'; in bepaalde voedingsmiddelen werd de hoeveelheid vet verminderd.

De jaren tachtig werden gekenmerkt door de light-trend, waarbij vooral kritisch gekeken werd naar de hoeveelheid suikers in de producten. In feite waren de halfvolle en magere producten daarvan de voorlopers. In beide gevallen wilde de consument de energie-opname beperken.

Tegenover de light-trend staat de opkomst van producten met een hoog gehalte aan verzadigde vetten, zoals de boerenmelk en veel buitenlandse kaassoorten.

Vergrijzing, vroeger zelfstandig wonen, samen wonen en samen werken leiden tot andere voedingsgewoonten. De behoefte aan gemaksvlees neemt toe. Hierbij spelen het buitenshuis werken van de vrouw, het toenemende aantal eenpersoonshuishoudens, huishoudens met tweeverdieners en eenoudergezinnen een rol. Een nieuwe trend is dat slagerijen en groentezaken maaltijden bereiden en verkopen volgens het koelvers-systeem.

Vroeger ging het bij voeding voornamelijk om de fysieke behoefte aan energie. Ook dat is aan het veranderen. Tegenwoordig heeft voeding een belangrijke rol in het sociaal verkeer.

### **Opdracht 1.7 Trends in de voeding**

- a Bedenk bij iedere genoemde trend een voorbeeld van een voedingsmiddel.
- b Blader in tijdschriften en zoek voedingsmiddelenreclames die een beroep doen op één van de trends.
- c Bedenk een nieuw product dat tegemoetkomt aan zoveel mogelijk trends.

---

## 1.5 Samenvatting

Het voedingspatroon van de mens is in de loop der tijden sterk veranderd. Ver voor onze jaartelling was de mens een verzamelaar en jager, die een nomadisch bestaan leidde. Langzaam ontwikkelden zich veehouderij en akkerbouw.

De voedselvoorziening bood meer zekerheid en men ging meer produceren dan voor eigen gebruik noodzakelijk was. Handel in voedsel ontstond en men ging conserveringstechnieken toepassen. Voeding kreeg een wetenschappelijke ondergrond.

In de tweede helft van de negentiende eeuw veranderde het agrarisch voedingspatroon in een industrieel voedingspatroon. De afstand tussen producent en consument werd groter.

Na 1945 veranderde het voedingspatroon van ondervoeding naar overvoeding. Welvaartsziekten komen daardoor steeds meer voor. Via voedingsvoorlichting probeert men hierin verandering te brengen. Zo geeft het Voedingscentrum in Den Haag voorlichting volgens het model van de Voedingswijzer. De tien Richtlijnen voor goede voeding staan hierbij centraal.

De samenleving blijft aan veranderingen onderhevig. Deze veranderingen zullen zeker invloed blijven houden op het voedingspatroon van de mens. De voedingsindustrie speelt hierop in door de ontwikkeling van nieuwe producten. Maar het blijft aan de consument om te bepalen wat hem of haar het beste smaakt.



## 2 Voedingsstoffen

### Oriëntatie

Figuur 2.1 toont informatie op de verpakking van babyvoeding. Het etiket op de verpakking verstrekt allerlei gegevens over het voedingsmiddel, bijvoorbeeld welke voedingsstoffen het bevat. In dit hoofdstuk leer je hoe je zo'n etiket kunt lezen, welke voedingsstoffen er zijn en wat hun functie is.

**Fig. 2.1**  
Het etiket vermeldt welke voedingsstoffen het product bevat.

ingrediënten		
Gedemineraliseerde weipoeder, plantaardige vetten, lactose, gedeeltelijk afgeroomde melkpoeder, mineralen, vitamines, taurine, spoorelementen.		
gemiddelde gehalten		
per 100 ml bereid produkt (13,1 g poeder opgelost tot 100 ml)		
<b>Energie</b>	280	kJ / 67kcal
<b>Eiwit (8 En%)</b>	1,4	g
<b>Koolhydraten (45 En%)</b>	7,5	g
w.v. suikers	7,5	g
lactose	7,5	g
<b>Vet (47 En%)</b>	3,5	g
w.v. verzadigd	1,4	g
w.v. enkelv. onverzadigd	1,6	g
w.v. meerv. onverzadigd	0,5	g
linolzuur	0,4	g
α-linoleenzuur	0,07	g
<b>Voedingsvezels</b>	-	g
Mineralen*		
Na	19	mg
K	68	mg
Cl	43	mg
Ca	54	mg
P	27	mg
Mg	5	mg
Spoorelementen*		
Fe	0,50	mg
Zn	0,50	mg
Cu	0,04	mg
Se	1,9	µg
I	10	µg
Vitamines*		
vit.A	84	µg RE (281 IE)
β-caroteen	25	µg
vit.D	1,4	µg (56 IE)
vit.E	1,1	mg α-TE (1,7 IE)
vit.K	5,0	µg
thiamine	0,04	mg
riboflavine	0,12	mg
niacine	0,75	mg NE
pantotheenzuur	0,30	mg
vit.B6	0,04	mg
foliumzuur	10	µg
vit.B12	0,22	µg
biotine	1,5	µg
vit.C	8,0	mg
Overige		
choline	9,7	mg
taurine	5,3	mg
*de gehalten zijn overeenkomstig de Warenwetregeling Zuigelingenvoeding		

---

## Leerdoelen

Na bestudering van dit hoofdstuk kun je:

- de zeven basisvoedingsstoffen opnoemen;
- voorbeelden geven van producten waarin die voedingsstoffen te vinden zijn;
- de bouw en functie van koolhydraten, vetten en eiwitten beschrijven;
- de functie van vitamines, mineralen en water noemen.

## 2.1 Fysiologische aspecten

*levensverrichtingen*

Fysiologie is de leer van de *levensverrichtingen*. Tot de fysiologische processen rekenen we:

- de energiewisseling (opname en verbruik van energie);
- de opbouw en afbraak van weefsels (er worden voortdurend cellen afgebroken en nieuwe aangemaakt);
- de groeiprocessen;
- de instandhouding van lichaamsfuncties zoals de ademhaling, de bloedsomloop, de werking van de organen en de zintuigen.

De levensverrichtingen zijn afhankelijk van:

- een goede vertering van het voedsel;
- de opname van voedingsstoffen en zuurstof in het bloed;
- de verwerking van voedingsstoffen en zuurstof in de cellen;
- de afgifte van eindproducten aan het bloed;
- de uitscheiding van eindproducten door longen, lever, nieren en huid.

*stofwisseling*

De processen die beginnen bij de opname van voedingsstoffen in het bloed, en eindigen bij de afgifte van de eindproducten door de longen enzovoorts, worden de *stofwisseling* genoemd.

We hebben dus eerst te maken met de vertering van de voedingsstoffen, vervolgens met de stofwisseling en tot slot met de uitscheiding van de afvalstoffen.

### Opdracht 2.1

#### Stofwisseling

- Noem vijf deelprocessen waarvan de levensverrichtingen afhankelijk zijn.
- Welke deelprocessen vallen onder de stofwisseling?

## 2.2 Voedingsstoffen en hun functie

*voedingsstoffen*

De mens gebruikt dagelijks zeer veel verschillende levensmiddelen. Ondanks deze grote verscheidenheid blijken in het voedsel steeds weer dezelfde groepen stoffen voor te komen: de voedingsstoffen. *Voedingsstoffen* zijn scheikundig aantoonbare bestanddelen van levensmiddelen (voedingsmiddelen): eiwitten, vetten, koolhydraten, vezels, mineralen, vitamines en water.

### Opdracht 2.2

#### Voedingsstoffen

- Er zijn in totaal zeven verschillende voedingsstoffen. Welke zijn dat?
- Zoek in folders of boeken welke functies de zeven voedingsstoffen hebben (per voedingsstof zijn meer functies mogelijk). Kies daarbij uit: brandstof, bouwstof,

---

reservestof, isolatiestof, transportmiddel, oplosmiddel, regulatiestof, beschermstof, regulatie spijsverteringskanaal. Verwerk je antwoord in een tabel.

*essentiële voedingsstoffen*  
*niet-essentiële*  
*voedingsstoffen*

De meeste voedingsstoffen kunnen we niet, of niet voldoende, in ons lichaam zelf aanmaken. Ze zijn onmisbaar in de voeding en worden *essentiële voedingsstoffen* genoemd. Dit is tegenstelling tot de *niet-essentiële voedingsstoffen*, die het lichaam wél zelf kan aanmaken. Tot de essentiële voedingsstoffen behoren de essentiële aminozuren, de essentiële vetzuren, de monosachariden, de meeste vitaminen, veel mineralen en water.

De essentiële en niet-essentiële voedingsstoffen zijn voor het normale verloop van de stofwisseling even belangrijk. Het is dus niet zo dat essentiële voedingsstoffen belangrijker zijn voor het lichaam dan niet-essentiële. De niet-essentiële voedingsstoffen kunnen echter beschikbaar komen, doordat het lichaam ze zelf aanmaakt. De essentiële voedingsstoffen daarentegen moeten door voedingsmiddelen (of preparaten) geleverd worden.

### **Opdracht 2.3 Essentiële voedingsstoffen**

- Geef een definitie van essentiële voedingsstoffen.
- Geef vier voorbeelden van essentiële voedingsstoffen.

### **Opdracht 2.4 Etiketten op verpakkingen**

- Kies vijf levensmiddelen die je regelmatig eet. Bekijk de verpakking en/of het etiket goed en noteer welke voedingsstoffen ieder levensmiddel bevat.
- Welke levensmiddelen zou je vooral moeten eten, als je energie nodig hebt?
- Welke levensmiddelen heb je nodig, als je in de groei bent?

### **Behoeftte aan voedingsstoffen**

Van de meeste voedingsstoffen is de belangrijkste rol in het lichaam bekend. Ook weten we van veel voedingsstoffen hoe groot de behoefte hieraan is. Behoeftte wil zeggen: de hoeveelheid die gemiddeld gebruikt moet worden om enerzijds gebreksziekten en anderzijds ziekteverschijnselen door overmatige opname te voorkomen.

Globaal gezien zijn voedingsstoffen nodig om te voorzien in de behoefte aan:

- 1 brandstoffen;
- 2 bouwstoffen;
- 3 regulerende stoffen.

*brandstoffen* *Brandstoffen* leveren de energie die nodig is bij spierarbeid, bij groei en in rusttoestand (voor ademhaling, bloedsomloop en handhaving van de lichaamstemperatuur). Het is mogelijk hiervan enige reserve aan te leggen. Deze reserve kan ook dienst doen als isolatie.

*bouwstoffen* *Bouwstoffen* zijn nodig voor de aanmaak en instandhouding van de lichaamscellen.  
*regulerende stoffen* *Regulerende stoffen* zijn nodig voor het goed laten verlopen van de stofwisselingsprocessen (bijvoorbeeld vitamine B voor de afbraak van koolhydraten, jodium en zink in hormonen, en vezels voor een goed spijsverteringsproces).

De behoefte aan de verschillende voedingsstoffen is van veel factoren afhankelijk. Factoren als activiteitenpatroon, leeftijd, geslacht, zwangerschap en ziekteprocessen

hebben duidelijk invloed op de behoefte aan voedingsstoffen. Ook de samenstelling van de voeding zelf is een factor die de behoefte aan bepaalde voedingsstoffen kan beïnvloeden. Zo zijn bij de afbraak van koolhydraten in het lichaam diverse vitaminen van het B-complex betrokken. Bij een koolhydraatrijke voeding zal de behoefte aan B-vitaminen daarom stijgen.

**Fig. 2.2**

*Bier is een koolhydraatrijk voedingsmiddel: extra vitamine B moet helpen deze koolhydraten af te breken. Een tekort aan vitamine B kan leiden tot stoornissen in de hersenen.*

## Vitamine in bier tegen geheugenverlies

DEN HAAG (ANP)

Het Nationaal Instituut voor Gezondheidsbevordering en Ziektepreventie (NIGZ) vindt dat er vitamine B1 aan bier moet worden toegevoegd. Dat zou het geheugen van de bierdrinkers ten goede komen.

Volgens het NIGZ kan het drinken

van drie glazen bier per dag gedurende een aantal jaren al geheugenstoornissen veroorzaken. Die kunnen leiden tot onjuiste waarneming, waardoor gevaar dreigt voor onder meer verkeersdeelnemers. Het NIGZ vindt daarom dat zware drinkers geen rijbewijs mogen krijgen.

### Aanbevolen hoeveelheid

*aanbevolen hoeveelheid*

De vraag naar richtlijnen voor opname van verantwoorde hoeveelheden voedingsstoffen heeft geleid tot het opstellen van de *aanbevolen hoeveelheid*. Onder de aanbevolen hoeveelheid van een voedingsstof verstaan we de hoeveelheid die nodig is voor een voldoende voorziening van die voedingsstof voor een bepaalde bevolkingsgroep. Deze bevolkingsgroepen zijn leeftijdsgroepen, onderverdeeld naar geslacht en lichamelijke activiteit.

#### Opdracht 2.5 Aanbevolen hoeveelheid

- Op sommige etiketten staat: 'Dit is .....% van de dagelijks aanbevolen hoeveelheid'. Wat wil dit zeggen?
- Zoek twee levensmiddelen met zo'n vermelding op de verpakking. Noteer om welke voedingsstof het gaat, en hoeveel van de aanbevolen dagelijkse hoeveelheid van die stof het levensmiddel bevat.

Het wordt ook steeds belangrijker om een maximum-niveau van inneming van een voedingsstof vast te stellen. Dit geldt vooral voor bepaalde vitaminen en mineralen, zoals vitamine D, vitamine B6, calcium en magnesium. De reden voor het vaststellen van zo'n maximum-niveau is dat steeds meer mensen supplementen gebruiken en dat er verrijkte voedingsmiddelen op de markt komen.

#### Opdracht 2.6 Maximum-niveau van inneming

- Wat is het verschil tussen de 'aanbevolen hoeveelheid' van een voedingsstof en het 'maximum-niveau van inneming' van die voedingsstof?
- Zoek drie levensmiddelen die verrijkt zijn met een bepaalde voedingsstof. Noteer om welk levensmiddel het gaat, en welke voedingsstof daaraan is toegevoegd.
- Heb je zelf behoefte aan een levensmiddel dat verrijkt is met een bepaalde voedingsstof? Geef aan waarom je deze behoefte wel of niet hebt.

## 2.3 Koolhydraten en vezels

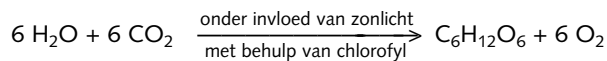
verteerbare koolhydraten  
onverteerbare  
koolhydraten

Koolhydraten vormen een belangrijke energiebron voor de mens. De mens haalt koolhydraten uit brood en aardappelen, maar ook uit snoep, gebak en frisdranken. Behalve *verteerbare koolhydraten*, waarvan suiker en zetmeel de bekendste zijn, bevat de voeding ook *onverteerbare koolhydraten*. De onverteerbare koolhydraten, de voedingsvezels, zijn van groot belang voor een goede darmwerking.

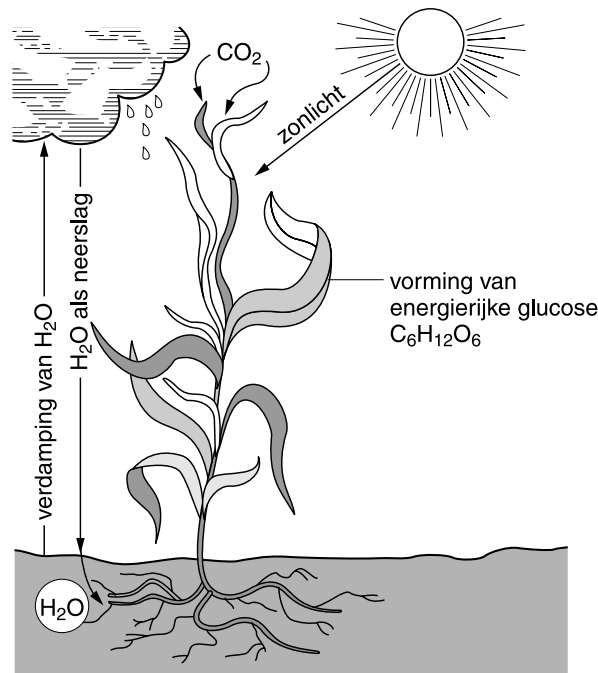
### Bouw en chemische samenstelling

Koolhydraten zijn chemische verbindingen die opgebouwd zijn uit koolstof (C), waterstof (H) en zuurstof (O). De koolhydraten die in menselijke of dierlijke organismen worden aangetroffen, zijn direct of indirect van groene planten afkomstig. Alleen groene planten kunnen water uit de bodem en koolstofdioxide uit de lucht omzetten in glucose, een enkelvoudig koolhydraat. Planten doen dit met behulp van bladgroenkorrels, die chlorofyl bevatten. De bladgroenkorrels vangen zonlicht (energie) op en binden deze energie in glucose.

*fotosynthese* Dit proces heet *fotosynthese*, die verloopt volgens de reactievergelijking:



**Fig. 2.3**  
Zonlicht wordt door groene planten omgezet in chemische energie, glucose.



De energie die zo chemisch is vastgelegd, kan door alle levende organismen gebruikt worden voor allerlei levensprocessen. De mens kan uit 1 gram koolhydraten 17 kilojoule (4 kilocalorieën) aan energie halen.

Koolhydraten kunnen worden ingedeeld in drie groepen:

- 1 enkelvoudige koolhydraten of monosachariden;
- 2 tweevoudige koolhydraten of disachariden;
- 3 meervoudige koolhydraten of polysachariden.

## Monosachariden

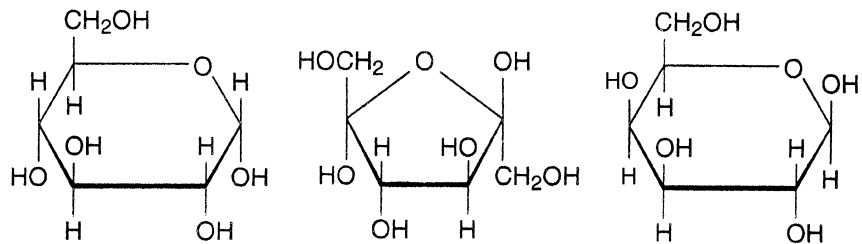
*monosachariden* Monosachariden (molecuulformule  $C_6H_{12}O_6$ ) kunnen niet in kleinere koolhydraten worden gesplitst. Monosachariden zijn goed oplosbaar in water en worden gemakkelijk in het bloed opgenomen. De smaak is zoet.

De monosachariden die in de voeding van de mens het meest voorkomen, zijn:

- glucose (druivensuiker);
- fructose (vruchtensuiker);
- galactose.

**Fig. 2.4**

Structuurformule van glucose (links), fructose (midden) en galactose (rechts) in ringvorm.



*glucose* Glucose (druivensuiker) komt in de natuur voor in vele vruchten, onder andere in druiven (vandaar de naam) en in honing. Glucose is een witte stof, die minder zoet smaakt dan de meest gebruikte suiker sacharose (rietsuiker of bietsuiker, een tweevoudig koolhydraat).

*fructose* Fructose (vruchtensuiker) komt voor in vruchten en honing. De zoetkracht van fructose is bijna twee keer zo groot als die van sacharose.

*galactose* Galactose komt als zodanig niet voor in de natuur. Het is een bouwsteen van het tweevoudige koolhydraat lactose (melksuiker). Het wordt in geneesmiddelen toegepast.

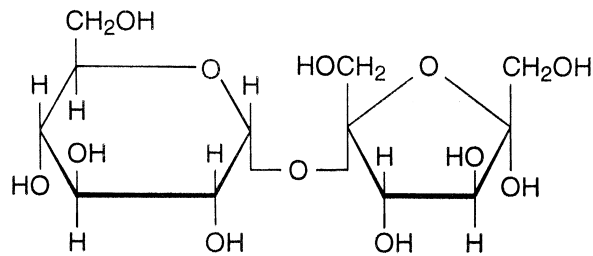
## Disachariden

*disachariden* Disachariden zijn opgebouwd uit twee monosachariden. Als twee enkelvoudige koolhydraten aan elkaar worden gekoppeld, ontstaat er een disacharide. (Di- betekent twee of tweevoudig.)

De disachariden die in de voeding van de mens het meest voorkomen, zijn:

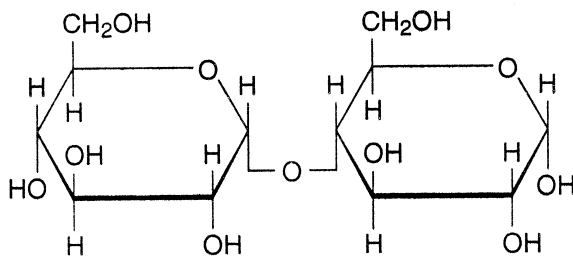
- sacharose (rietsuiker, bietsuiker);
- maltose (moutsuiker);
- lactose (melksuiker).

**Fig. 2.5**  
Structuurformule van  
sacharose.



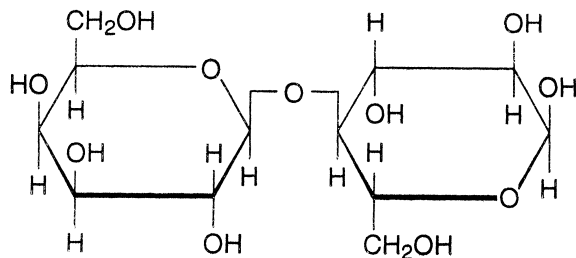
*sacharose* *Sacharose* is opgebouwd uit een molecuul glucose en een molecuul fructose. Het is de overbekende suiker die in het huishouden wordt gebruikt in de voeding, vooral als zoetmiddel. Sacharose wordt gehaald uit suikerriet of suikerbiet.

**Fig. 2.6**  
Structuurformule van  
maltose.



*maltose* *Maltose* (moutsuiker) is opgebouwd uit twee moleculen glucose. Maltose ontstaat uit zetmeel, in ontkiemende granen en zaden. Het komt voor in bier.

**Fig. 2.7**  
Structuurformule van  
lactose.



*lactose* *Lactose* (melksuiker) is opgebouwd uit een molecuul glucose en een molecuul galactose. Lactose zit in melk. Het is enige dierlijke koolhydraat dat dagelijks in onze voeding voorkomt: een halve liter melk bevat 23 gram melksuiker. Lactose heeft een zeer licht zoete smaak. Het wordt in de apotheek wel gebruikt als vulmiddel voor poeders.

## Polysachariden

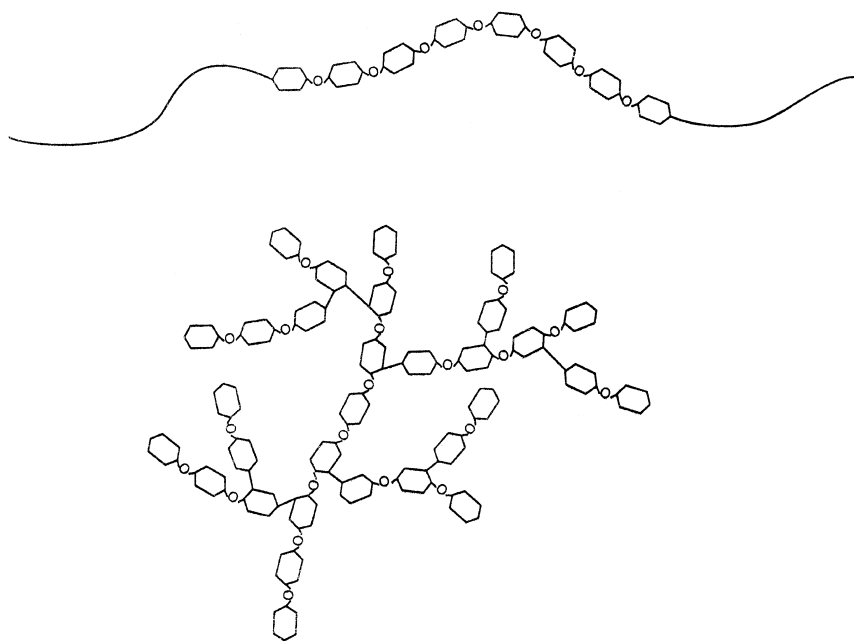
*polysachariden* *Polysachariden* bestaan uit monosachariden die aan elkaar gekoppeld zijn. De lange ketens kunnen vertakt of onvertakt zijn. Polysachariden zijn niet oplosbaar in water. Ze smaken niet zoet.

De polysachariden die in de voeding het meest voorkomen, zijn:

- zetmeel;
- glycogeen;
- cellulose;
- pectine;
- agar.

**Fig. 2.8**

Schematische weergave van zetmeel in de vorm van amylose (boven) en amylopectine (onder).



- zetmeel* Zetmeel is opgebouwd uit zeer veel glucosemoleculen en is de belangrijkste polysacharide in de voeding van de mens. Doordat het onoplosbaar is in water, kan het worden gestapeld. Het komt voor als reserve-energie in knollen, zaden en wortels. Zetmeel bestaat voor ongeveer 25% uit amylose en 75% uit amylopectine. Amylose is een vrijwel onvertakte vorm van het zetmeelmolecuul, amylopectine heeft vrij veel vertakkingen.
- glycogeen* Glycogeen (dierlijk zetmeel) is opgebouwd uit duizenden glucosemoleculen in zeer vele vertakkingen. Het is alleen aanwezig in weefsels van mens en dier. Glycogeen wordt opgeslagen als energievoorraad in de spieren en de lever.
- cellulose* Cellulose bestaat uit lange, vrijwel onvertakte glucoseketens. De glucosebindingen zijn zodanig van aard dat de menselijke spijsverteringsenzymen ze niet kunnen splitsen. Cellulose is een belangrijk onderdeel van plantencelwanden.
- pectines* Pectines zijn aan polysachariden verwante stoffen, die voorkomen in de wanden van de plantencel. Bij kapot koken komen ze vrij. Door hun sterk bindend vermogen worden ze veel toegepast, bijvoorbeeld bij het maken van jam.
- agar* Agar (in zeewieren) is een plantaardig polysacharide, dat is opgebouwd uit galactosemoleculen. Agar wordt, behalve als voedingsbodem voor bacteriologisch onderzoek, ook toegepast in de levensmiddelenindustrie vanwege de eigenschap gelei te kunnen vormen.

## Voedingsvezel

Voedingsvezels zijn delen van de plantaardige voedingsmiddelen die niet verteerd kunnen worden door de spijsverteringssappen (enzymen). Voedingsvezels zijn onder andere pectine en cellulose. In de dikke darm breken darmbacteriën de vezels voor een gedeelte af tot gassen en organische zuren.



Voedingsvezels hebben een aantal gunstige effecten op de gezondheid van de mens:

- Vezels zorgen voor prikkeling van de darmwand, waardoor verstopping in de darmen wordt tegengegaan.
- Een vezelrijke voeding werkt sterk verzadigend en is minder vet. De energie-opname daalt hierdoor en dat geeft minder kans op overgewicht.
- Vezels zouden een gunstig effect hebben op het cholesterolgehalte in het bloed en zo bijdragen aan vermindering van hart- en vaatziekten.
- Vezelrijke voedingsmiddelen dragen mogelijk bij tot vermindering van de kans op kanker.

### Richtlijnen goede voeding

In een evenwichtig samengestelde voeding leveren koolhydraten het grootste deel van de nodige energie. Aanbevolen wordt dat van de totale hoeveelheid energie in de voeding 55% bestaat uit energie geleverd door koolhydraten. Monosachariden en disachariden zouden voor 25% van de totale hoeveelheid energie moeten bijdragen. De rest, ongeveer 30%, zou dan afkomstig moeten zijn van polysachariden. Vooral om aan de richtlijn voor de polysachariden te voldoen, adviseert men een ruim gebruik van brood, graan, aardappelen, peulvruchten en groente en fruit.

#### Opdracht 2.7 Koolhydraten

De koolhydraten kunnen worden ingedeeld in drie groepen. Maak een schema volgens het gegeven model. Verwerk daarin:

- de drie hoofdgroepen waarin je de koolhydraten kunt indelen;
- voorbeelden van iedere hoofdgroep;
- van ieder voorbeeld een schematische tekening van de bouw van het molecuul;
- van ieder voorbeeld een product waarin het voorkomt.

Hoofdgroep koolhydraat	Voorbeeld koolhydraat	Schematische bouw	Product
1			
2			
3			

#### Opdracht 2.8 Richtlijnen voor goede voeding: koolhydraten

In hoofdstuk 1 is de voedselconsumptiepeiling (VCP) besproken. Hierin is aangegeven hoe de consumptie van de koolhydraten in 1998 in Nederland was. Gebruik deze uitkomsten, of zoek op Internet de nieuwste gegevens.

- Vergelijk de consumptie van het totaal aan koolhydraten met de aanbevelingen in de Richtlijnen.
- Vergelijk de consumptie van monosachariden en disachariden met de aanbevelingen in de Richtlijnen.
- Wat is jouw conclusie uit de antwoorden op de opdrachten a en b?

---

## 2.4 Vetten

Voedingsvetten werden vroeger alleen als energieleveranciers beschouwd. Later werd ontdekt dat in vetten diverse vitaminen zijn opgelost. Tegenwoordig worden vetten ook gezien als leveranciers van essentiële vetzuren en cholesterol. Vetten zijn dan ook niet alleen belangrijk als brandstof, maar ook als bouwstof. De mens haalt zijn vetten uit zaden en vruchten van planten (zonnebloemolie, olijfolie), of van dieren (roomboter, reuzel).

Voedingsvetten hebben ook een duidelijke functie als het gaat om de smakelijkheid van het voedsel. Vetten bevatten veel energie bij een beperkt volume, waardoor het een hoge verzadigingswaarde heeft. Daardoor ben je minder snel geneigd weer iets te eten.

*zichtbare vetten* We onderscheiden zichtbare en onzichtbare vetten. De *zichtbare vetten* zijn herkenbare, als zodanig gekochte en door de consument zelf verwerkte vetten in de voeding. Je moet dan denken aan producten als:

- roomboter;
- (dieet)margarine;
- bak- en braadvet;
- frituurvet;
- (dieet)halvarine;
- oliën;
- mayonaise;
- fritessaus;
- slasaus;
- dressing.

*onzichtbare vetten* De *onzichtbare vetten* zitten verborgen in allerlei voedingsmiddelen en kant-en-klaarmaaltijden. Producten waar ze inzitten, zijn onder andere:

- vet vlees;
- vette vleeswaren;
- volle melk en volle-melkproducten;
- kaas;
- slagroom;
- vette vis;
- noten;
- zoutjes;
- hartige snacks;
- koek;
- gebak;
- kant-en-klaarmaaltijden.

### **Bouw en chemische samenstelling**

Vetten, ook wel lipiden genoemd, zijn chemische verbindingen opgebouwd uit koolstof (C), waterstof (H) en zuurstof (O). De energie in vetten komt van oorsprong uit het koolhydraat glucose. Glucose ontstaat tijdens het proces van de fotosynthese. De mens kan uit 1 gram vet 38 kilojoule, of 9 kilocalorieën, aan energie halen.

De belangrijkste vetten en vetachtige stoffen die in de voeding voorkomen, zijn:

- triglyceriden (lipiden, vetten);
- fosfolipiden (vetachtige stof);
- cholesterol (vetachtige stof).

### Opdracht 2.9 Vetten

- Noem de drie belangrijkste vetachtige stoffen.
- Wat zijn zichtbare vetten?
- Wat zijn onzichtbare vetten?

### Triglyceriden

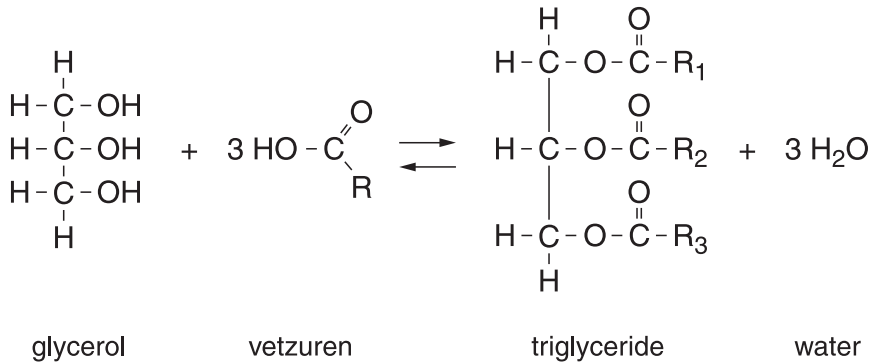
Triglyceriden zijn opgebouwd uit één molecuul glycerol, met daaraan gebonden drie moleculen vetzuren. In de natuur komen veel verschillende vetzuren voor. Glycerol kan zich binden aan drie gelijke of aan drie verschillende vetzuren.

Vetzuren kunnen op twee manieren worden ingedeeld:

- naar de lengte van de vetzuurketen;
- naar het al of niet verzadigd zijn van de vetzuurketen.

**Fig. 2.9**

Aan een molecuul glycerol kunnen drie moleculen vetzuren gekoppeld worden. Daarbij ontstaat een triglyceride (vet).



R = koolstofketen van vetzuur

### Lengte van de vetzuurketen

De vetzuren worden naar ketenlengte in groepen ingedeeld:

- korte-keten-vetzuren;
- middel-keten-vetzuren;
- lange-keten-vetzuren.

#### *korte-keten-vetzuren*

De *korte-keten-vetzuren* bevatten een koolstofketen van maximaal vier koolstofatomen. De belangrijkste korte-keten-vetzuren in de voeding zijn azijnzuur en boterzuur. Boterzuur komt voor in melkvet. Alle producten die melkvet bevatten, zijn hierdoor rijk aan boterzuur (volle en halfvolle melk, ijs, yoghurt en roomboter). Korte-keten-vetzuren zijn oplosbaar in water; dit in tegenstelling tot de overige vetzuren, die alle onoplosbaar zijn in water. Ze zorgen met name voor geur smaak van de vetten.

#### *middel-keten-vetzuren*

De *middel-keten-vetzuren* bevatten een koolstofketen van vijf tot twaalf koolstofatomen. De vetten die hieruit gevormd worden, worden medium chain triglyceriden (MCT) genoemd. Voorbeelden van deze vetzuren zijn capronzuur en caprinezuur.

In de dagelijkse voeding komen deze vetzuren weinig voor. Ze worden echter aan bepaalde dieetproducten toegevoegd, zoals MCT-olie en MCT-margarine. Deze producten worden geadviseerd aan mensen met een gestoorde vetvertering. Dit omdat de vertering en opname van middel-keten-vetzuren anders is dan die van de vetzuren met een lange koolstofketen.

#### lange-keten-vetzuren

De *lange-keten-vetzuren* bevatten een koolstofketen van twaalf koolstofatomen of meer. De vetten die hieruit gevormd worden, worden long chain triglyceriden (LCT) genoemd. De meeste triglyceriden in levensmiddelen zijn opgebouwd uit vetzuren met een lange koolstofketen.

Verzadigde lange-keten-vetzuren zijn palmitinezuur, stearinezuur en arachidezuur. Deze vetzuren komen voor in dierlijke vetrijke producten: vet vlees en vette vleeswaren, gewone margarine en halvarine, snacks en kant-en-klaarmaaltijden. Ook enkele plantaardige vetrijke producten bevatten veel verzadigde lange-keten-vetzuren, onder andere producten waarin cacaovet, kokosvet en palmitinevet verwerkt zijn. Mogelijk spelen de verzadigde lange-keten-vetzuren een rol bij het ontstaan van welvaartsziekten.

**Fig. 2.10**

Verzadigde vetzuren, ingedeeld naar lengte van de keten.

Vetzuur	Molecuulformule	Vetten
azijnzuur	CH <sub>3</sub> COOH	
boterzuur	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> COOH	
capronzuur	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> COOH	MCT
caprylzuur	C <sub>7</sub> H <sub>15</sub> COOH	
caprinezuur	C <sub>9</sub> H <sub>19</sub> COOH	
laurinezuur	C <sub>11</sub> H <sub>23</sub> COOH	LCT
myristinezuur	C <sub>13</sub> H <sub>27</sub> COOH	
palmitinezuur	C <sub>15</sub> H <sub>31</sub> COOH	
stearinezuur	C <sub>17</sub> H <sub>35</sub> COOH	
arachidezuur	C <sub>19</sub> H <sub>39</sub> COOH	

#### Opdracht 2.10

##### Triglyceriden

- Leg uit wat het verschil is tussen vet en vetzuur.
- Vetzuurketens kun je op twee manieren indelen. Geef deze indelingen.

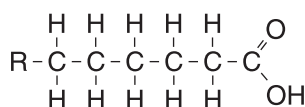
##### Het al of niet verzadigd zijn van de vetzuurketen

De vetzuren worden naar verzadiging van de vetzuurketen ingedeeld in groepen:

- verzadigde vetzuren;
- enkelvoudig onverzadigde vetzuren;
- meervoudig onverzadigde vetzuren.

**Fig. 2.11**

Structuurformule van een verzadigd vetzuurmolecuul.

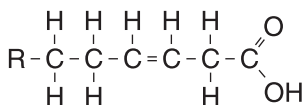


verzadigde vetzuren

Bij *verzadigde vetzuren* zijn de koolstofatomen in de vetzuurketen door enkelvoudige bindingen met elkaar verbonden. Ieder koolstofatoom bezit dan het maximale aantal waterstofatomen. Vetten met voornamelijk verzadigde vetzuren hebben een hoog smeltpunt. Deze vetten komen voor in vaste vorm en zijn meestal van dierlijke oorsprong. Verzadigde vetzuren in de voeding zijn bijvoorbeeld stearinezuur, boterzuur en azijnzuur.

**Fig. 2.12**

Structuurformule van een enkelvoudig onverzadigd vetzuurmolecuul.

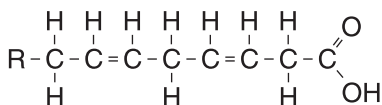


enkelvoudig onverzadigde vetzuren

Bij *enkelvoudig onverzadigde vetzuren* bezitten de koolstofatomen in de vetzuurketen op één plaats een dubbele binding. Het vetzuur heeft dan twee waterstofatomen minder dan een verzadigd vetzuur. Het belangrijkste enkelvoudig onverzadigde vetzuur in de voeding is oliezuur ( $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ ). Het komt onder andere voor in olijfolie, arachide-olie en pinda's.

**Fig. 2.13**

Structuurformule van een meervoudig onverzadigd vetzuurmolecuul.



meervoudig onverzadigde vetzuren

Bij *meervoudig onverzadigde vetzuren* bezitten de koolstofatomen in de vetzuurketen op meer dan één plaats een dubbele binding. Per dubbele binding zijn dan twee waterstofatomen minder aanwezig dan bij de verzadigde vetzuren. Vetten die een hoog gehalte aan meervoudig onverzadigde vetzuren bevatten, zijn bij kamertemperatuur vloeibaar. De belangrijkste meervoudig onverzadigde vetzuren in de voeding zijn:

- linolzuur ( $\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$ ), met twee dubbele bindingen;
- linoleenzuur ( $\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$ ), met drie dubbele bindingen;
- arachidonzuur ( $\text{C}_{19}\text{H}_{31}\text{COOH}$ ), met vier dubbele bindingen.

*linolzuur*

*Linolzuur* is een essentieel vetzuur, dat wil zeggen dat het onmisbaar is in het lichaam en niet door het lichaam zelf gemaakt kan worden. Linolzuur zou een gunstig effect hebben op het tegengaan van hart- en vaatziekten.

Meervoudig onverzadigde vetzuren komen voor in plantaardige oliën (onder andere zonnebloemolie, maïskiemolie en soja-olie), dieetmargarine, diethylvarine, mayonaise, noten, zaden en vette vis.

## Opdracht 2.11 Verzadiging van vetzuurketens

- Geef de indeling van de vetzuurketens naar verzadiging.
- Geef van ieder type vetzuur uit opdracht a een voorbeeld.
- Geef van ieder voorbeeld uit vraag b een product waarin dat vetzuur voorkomt.
- Geef de structuurformules van de typen vetzuurketens genoemd in vraag a.

## Fosfolipiden

*fosfolipiden*

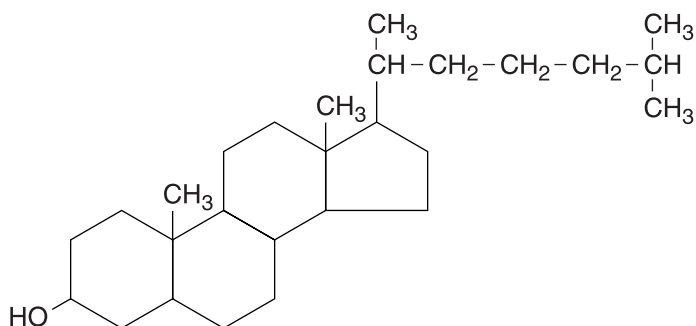
*Fosfolipiden* zijn vetachtige stoffen. Ze lijken op triglyceriden, maar aan het glycerolmolecuul is één vetzuur vervangen door een fosforgroep. Ze spelen een rol bij de opbouw van celmembranen, vooral van hersen- en zenuwweefsel. Een bekend

fosfolipide is lecithine. Lecithine komt van nature voor in boter, eieren en sojabonen. In de levensmiddelenindustrie wordt lecithine gebruikt als emulgator, bijvoorbeeld bij de bereiding van margarine.

## Cholesterol

*cholesterol* Cholesterol is een vetachtige stof. Het heeft chemisch gezien een heel andere bouw dan triglyceriden en fosfolipiden. Het is onmisbaar voor de opbouw van het celmembraan en voor de vorming van galsappen, diverse hormonen en vitamine D. In de voeding van een volwassene komt ongeveer 0,3 gram cholesterol voor.

**Fig. 2.14**  
Structuurformule van cholesterol.



*hart- en vaatziekten*

Het grootste deel van de cholesterol in het menselijk lichaam komt echter niet uit de voeding, maar wordt in het lichaam opgebouwd. De lever en andere weefsels produceren cholesterol, afhankelijk van de behoefte. Als de toevoer van cholesterol door voeding én eigen productie samen te groot is, zal de hoeveelheid cholesterol in het lichaam toenemen. Een verhoogd cholesterolgehalte in het bloed is een risico voor *hart- en vaatziekten*. Vetachtige stoffen worden dan in en tegen de vaatwand afgezet. Hierdoor wordt deze stug en minder elastisch, en er treedt vaatvernauwing op. Uiteindelijk kan een afsluiting het gevolg zijn, waardoor een hartinfarct of een herseninfarct kan optreden.

**Fig. 2.15**  
Cholesterol in mg per portie eetbaar gedeelte.

Product	Cholesterol (mg)
1 kippenei	166
75 g varkens- of runderlever	225
25 g roomboter	55
50 g garnalen	120
50 g gerookte paling	74
25 g slagroom	24

### Opdracht 2.12

#### Cholesterol

- Noem drie onderdelen in het lichaam waarin cholesterol als bouwstof is opgenomen.
- Noem drie producten die rijk zijn aan cholesterol.
- Behalve door de opname uit voedsel kan cholesterol ook op een andere manier in het lichaam komen. Welke manier is dat?
- Cholesterol kan ook een negatieve werking hebben. Leg dit uit.

---

## Richtlijnen voor goede voeding

Aanbevolen wordt dat in een evenwichtig samengestelde voeding 30 tot 35% van de energie geleverd wordt door vetten. Hiervan zou hoogstens 10% uit verzadigde vetzuren mogen bestaan.

### Opdracht 2.13 Richtlijnen voor goede voeding: vetten

In hoofdstuk 1 is de voedselconsumptiepeiling (VCP) besproken. Hierin is aangegeven hoe de consumptie van vetten in 1998 in Nederland was. Gebruik deze uitkomsten, of zoek op Internet de nieuwste gegevens.

- Vergelijk de consumptie van het totaal aan vetten met de aanbevelingen in de Richtlijnen.
- Vergelijk de consumptie van verzadigde vetzuren met de aanbevelingen in de Richtlijnen.
- Wat is jouw conclusie uit de antwoorden op de opdrachten a en b?

## 2.5 Eiwitten

De naam eiwit is afkomstig van het wit van het kippenei. Het menselijk lichaam bestaat voor een deel uit eiwitten en heeft deze bouwstoffen voortdurend nodig voor opbouw en instandhouding. Eiwitten in het menselijk lichaam komen voor in spierweefsel, steunweefsel, enzymen, hormonen en bloedcellen.

De mens haalt zijn eiwitten uit eiwitrijke voedingsmiddelen zoals melk, vlees, vis, ei, graanproducten en peulvruchten. Bekende eiwitten die in het voedsel voorkomen, zijn caseïne (een melkeiwit), albumine (in melk en eieren) en gluten (in granen).

*bouwstof  
energiebron*

Eiwitten zijn in eerste instantie belangrijk als *bouwstof*. Maar eiwitten kunnen ook als *energiebron* dienen, echter alleen als vetten en koolhydraten hierin tekortschieten. De mens kan uit 1 gram eiwit 17 kilojoule, of 4 kilocalorieën, aan energie halen.

### Bouw en chemische samenstelling

*proteïnen*

Eiwitten of *proteïnen* zijn chemische verbindingen, opgebouwd uit koolstof (C), waterstof (H), zuurstof (O) en stikstof (N). Sommige eiwitten bevatten bovendien zwavel (S). Koolstof, waterstof en zuurstof komen ook voor in koolhydraten en vetten. Stikstof kan de mens alleen maar uit plantaardige of dierlijke eiwitten halen. Planten, dieren en mensen zijn niet in staat de stikstof uit de lucht te benutten. Alleen nitrificerende bacteriën kunnen dat.

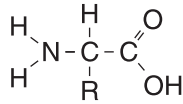
### Aminozuren

*aminozuren*

Eiwitten zijn opgebouwd uit aminozuren. *Aminozuren* zijn organische zuren met aan één koolstofatoom: één aminogroep ( $\text{NH}_2$ ), één carboxylgroep ( $\text{COOH}$ ), één waterstofatoom en een restgroep R, die bij elk aminozuur verschillend is.

**Fig. 2.16**

Structuurformule van een  
aminozuur (links);  
(R)estgroep van enkele  
aminozuren (rechts).



Aminozuur	R(estgroep)
glycine	H
alanine	CH <sub>3</sub>
methionine	CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> SCH <sub>3</sub>
lysine	CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> NH <sub>3</sub>

Voor de opbouw van eiwitten zijn ruim 20 verschillende aminozuren nodig. Deze kunnen worden ingedeeld in essentiële en niet-essentiële aminozuren. Alle lichaamseiwitten zijn opgebouwd volgens een eigen, vast patroon van essentiële en niet-essentiële aminozuren.

*essentiële aminozuren*  
*niet-essentiële*  
*aminozuren*  
*semi-essentiële*  
*aminozuren*

De *essentiële aminozuren* (9) kan het lichaam niet zelf maken, maar moeten in de voeding voorkomen. De *niet-essentiële aminozuren* worden in het lichaam gemaakt uit essentiële of andere niet-essentiële aminozuren. Deze aminozuren hoeven dus niet in het voedsel aanwezig te zijn. Bovendien zijn er twee *semi-essentiële aminozuren*, die uit twee andere essentiële aminozuren gemaakt kunnen worden.

#### Opdracht 2.14

#### Essentiële aminozuren

- Wat is een essentieel aminozuur?
- Zoek op in folders, boeken of via de computer welke negen aminozuren essentieel zijn.
- Zoek op in folders, boeken of via de computer welke twee aminozuren semi-essentieel zijn.
- Zoek op in folders, boeken of via de computer welke aminozuren niet-essentieel zijn.

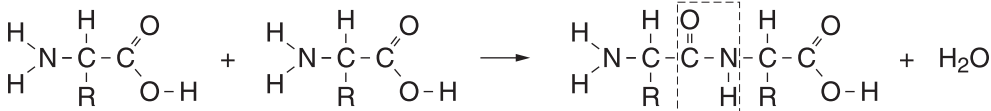
#### Opbouw van eiwitten

*dipeptide*  
*peptidenbinding*

Twee aminozuren kunnen samen een verbinding vormen. De aminogroep van het ene aminozuur wordt dan met de carboxylgroep van het andere aminozuur verbonden. Hierbij komt een moleculair water vrij. De stof die hierbij ontstaat, wordt een *dipeptide* genoemd. De verbinding tussen twee aminozuren is een *peptidenbinding*.

**Fig. 2.17**

Twee aminozuren kunnen een *dipeptide* vormen.



*tripeptide*  
*polypeptide*

Drie aminozuren vormen samen een *tripeptide*; vele aminozuren aan elkaar vormen een *polypeptide*. Ketens van 100 of meer aminozuren vormen een eiwitmolecuul. Ieder eiwitmolecuul heeft een voor dat eiwit specifiek vast aminozuurpatroon. De aminozuren kunnen voor ieder eiwit naar aantal en soort in willekeurige verhouding gerangschikt worden. Op deze manier kunnen ontelbaar veel verschillende eiwitmoleculen worden gevormd. De aard van de restgroep (R) bepaalt de



---

driedimensionale vorm van het eiwitmolecuul. Bepaalde restgroepen stoten elkaar af of trekken elkaar juist aan, en veroorzaken daardoor bepaalde krommingen in de keten van aminozuren. Een veel voorkomende vorm is de spiraalvorm. Veel eiwitten bestaan uit meer dan één aminozuurketen.

**Opdracht 2.15 Aminozyren**

- Teken het aminozuur glycine.
- Geef in de tekening van het aminozuur de carboxylgroep aan en de aminogroep.
- Teken hoe twee van deze moleculen zich verbinden en een dipeptide vormen.
- Geef in deze tekening aan wat de peptidenbinding is.

**Opdracht 2.16 Eiwitten**

- Noem drie oorzaken waardoor de verschillende typen eiwitten worden gevormd.
- Maak van zes aminozuren (A t/m F) zoveel mogelijk verschillende eiwitten.

**Richtlijnen voor goede voeding: eiwitten**

De Richtlijnen voor goede voeding adviseren een dagelijks eiwitgebruik van 10% van de totale energiebehoefte. Dit komt overeen met ongeveer 0,9 gram eiwit per kilogram lichaamsgewicht voor een volwassene. De precieze hoeveelheid die nodig is, hangt onder andere af van de herkomst van het eiwit. Er wordt geadviseerd zowel plantaardig als dierlijk eiwit te gebruiken, in een verhouding van één op één.

**Opdracht 2.17 Eiwit in voedingsmiddelen**

Er wordt onderscheid gemaakt in dierlijk en plantaardig eiwit. Noteer van beide typen eiwit twee voedingsmiddelen waarin het voorkomt.

**Opdracht 2.18 Richtlijnen voor goede voeding: eiwitten**

In hoofdstuk 1 is de voedselconsumptiepeiling (VCP) besproken. Hierin is aangegeven hoe de eiwitconsumptie in 1998 in Nederland was. Gebruik nu deze uitkomsten of zoek op Internet de nieuwste gegevens.

- Vergelijk de consumptie van het totaal aan eiwitten met de aanbevelingen in de Richtlijnen.
- Vergelijk de consumptie van plantaardig eiwit met de aanbevelingen in de Richtlijnen.
- Wat is jouw conclusie uit de antwoorden op de opdrachten a en b?

## 2.6 Vitaminen

*vitaminen* *Vitaminen* zijn organische stoffen, die van nature in de voeding voorkomen. Ze leveren geen energie, maar zijn voor een goed verloop van de stofwisseling beslist noodzakelijk. Vitaminen zijn over het algemeen in kleine hoeveelheden nodig. Ze worden met een letter aangeduid: vitamine A, vitamine B, vitamine E enzovoorts. De mens kan de meeste niet zelf aanmaken, daarom behoren vitaminen tot de essentiële voedingsstoffen.

*pro-vitamine* Sommige vitaminen kunnen wel door het lichaam worden geproduceerd, maar daarvoor is dan een stof nodig die niet door het lichaam kan worden aangemaakt. Zo'n stof is een *pro-vitamine* (een voorvitamine).

---

## Functies van vitaminen

*deficiëntieziekten* Bij gebrek aan vitaminen verlopen afbraak- en opbouwprocessen in het lichaam niet volledig. De tussenproducten zijn vaak giftig voor de cel, met als gevolg *deficiëntieziekten* (gebreksziekten). Zo wordt Engelse ziekte veroorzaakt door onvoldoende opname van vitamine D.

*hypovitaminose* Vaak wordt de gebreksziekte voorafgegaan door een periode van vage klachten, die bij een meer gevarieerde voeding weer kunnen verdwijnen. Dit verborgen tekort van die bepaalde vitamine wordt een *hypovitaminose* genoemd. Zo'n hypovitaminose kan onopgemerkt blijven, tot bij meer lichaamsinspanning of zwangerschap de behoefte aan die vitamine hoger wordt. Het tekort wordt dan duidelijk: er ontstaat een gebreksziekte.

*hypervitaminose* Ook kan het gebeuren dat iemand te veel van een bepaalde vitamine opneemt. Er ontstaan ook dan ziekteverschijnselen, die aangeduid worden met de term *hypervitaminose*.

*avitaminose* Ziekteverschijnselen die ontstaan als iemand van een bepaalde vitamine helemaal niets binnenkrijgt, worden *avitaminose* genoemd.

Er zijn vitaminen die alleen in vet oplosbaar zijn, en vitaminen die in water oplosbaar zijn. De vitaminen die in water oplosbaar zijn, blijven niet in het lichaam bewaard. Als er meer dan nodig van opgenomen wordt, dan zal het teveel het lichaam via de urine weer verlaten. Het lichaam kan wel de in vet oplosbare vitaminen opslaan. Wanneer daarvan teveel wordt opgenomen, kan dat ongewenste reacties teweegbrengen, zoals een hypervitaminose.

## In vet oplosbare vitaminen

*in vet oplosbaar* De belangrijkste vitaminen die *in vet oplosbaar* zijn, zijn A, D, E en K. Ze worden minder snel opgenomen dan de in water oplosbare vitaminen. Maar als ze eenmaal opgenomen zijn, blijven ze ook veel langer in het lichaam. De opname vindt plaats in de darmen. In het voedsel moeten dan wel vetten aanwezig zijn die tijdens de spijsvertering deze vitaminen aan zich binden.

Het lichaam van de mens is ook in staat zelf een aantal vitaminen aan te maken, zoals vitamine A uit pro-vitamine A (komt voor in wortels). Vitamine D kan met behulp van zonlicht in de huid worden aangemaakt. Bacteriën in de darmen kunnen vitamine K produceren.

## In water oplosbare vitaminen

*in water oplosbaar* Vitamine C en de vitaminen van het B-complex, dus de vitaminen B1 tot en met B12, zijn *in water oplosbaar*. Tot de vitaminen van het B-complex behoren riboflavine (B2), nicotinezuur (B3), foliumzuur (B11 of vitamine M) en biotine (B7 of vitamine H).

Door hun oplosbaarheid in water gaan deze vitaminen tijdens de bereiding van voedsel gemakkelijk verloren. Wanneer er een overmaat aan in water oplosbare vitaminen wordt opgenomen, verlaten deze het lichaam via de urine.

*werking* De *werking* van deze vitaminen is zeer verschillend. Ze zijn nodig voor het goed laten verlopen van de celstofwisseling, dat wil zeggen voor het proces van verbranden van voedsel om energie te krijgen en het opbouwen van nieuwe celonderdelen.

### Opdracht 2.19 Vitaminen

Geef van de volgende termen een definitie:

- vitamine;
- hypervitaminose;
- hypovitaminose;
- avitaminose.

### Opdracht 2.20 Overzicht vitaminen

Vul het volgende overzicht in volgens bijgaand model. De informatie die je nodig hebt, kun je opzoeken in folders, boeken of via de computer.

Vitamine	Wetenschappelijke naam	In (twee voedingsmiddelen)	Deficiënties	Risicogroepen
A				
D				
E				
K				
B1				
B2				
B3				
B6				
B12				
B11 (ook: foliumzuur)				
C				

## 2.7 Mineralen

*mineralen*  
*spoorelementen*  
*regulerende functie*

Niet alleen organische stoffen (eiwitten, koolhydraten, vetten en vitamines) heeft het menselijk lichaam nodig, maar ook anorganische. Naast water gaat het daarbij om *mineralen* en *spoorelementen*. Deze anorganische stoffen, die in elke cel voorkomen, hebben in de eerste plaats een *regulerende functie* in enzymen en hormonen. Ook zijn sommige nodig als bouwstof van cellen en weefsels. Het lichaam kan deze stoffen niet zelf maken. Het zijn dus essentiële voedingsstoffen.

Mineralen en spoorelementen komen voor in zowel dierlijk als plantaardig voedsel. Het gehalte in plantaardig voedsel hangt onder andere af van de bodem waarop de planten gegroeid zijn.

*mineralen*  
*spoorelementen*

Wanneer de behoefte varieert van enkele honderden milligrammen tot één gram, spreken we van *mineralen*, bijvoorbeeld calcium, magnesium, natrium en kalium. Bij een behoefte tot tien milligram spreken we van *spoorelementen*, bijvoorbeeld jodium, ijzer, koper en seleen. Het menselijk lichaam heeft van spoorelementen dus aanmerkelijk minder nodig dan van mineralen. Veel spoorelementen, onder meer koper, magnesium en seleen, zijn noodzakelijk voor een goede werking van enzymen.

In de cel wordt vooral kalium gevonden. Buiten de cel, dus in weefselvocht en bloed, zit veel natrium. Deze mineralen spelen een rol bij het handhaven van de osmotische waarde in en rond de cel. Ook hebben deze stoffen een functie bij de prikkeloverdracht van zenuwcellen en spiercellen.

Calcium, fosfaat en magnesium zijn belangrijk voor de botopbouw. Jodium is noodzakelijk voor de opbouw van het schildklierhormoon.

Ijzer is nodig voor een juiste opbouw van de rode bloedkleurstof hemoglobine. Dit hemoglobine maakt deel uit van de rode bloedlichaampjes; het vervoert zuurstof van longen naar weefsels.

*zware metalen*

In voedsel en drinkwater kunnen ook anorganische stoffen aanwezig zijn die schadelijk zijn voor de gezondheid, zoals de *zware metalen* kwik, lood en cadmium. Voedsel met een te hoge waarde aan deze stoffen mag niet in de handel worden gebracht.

### **Opdracht 2.21 Mineralen**

Geef aan wat het verschil is tussen spoorelementen en mineralen.

### **Opdracht 2.22 Overzicht mineralen**

Vul het volgende overzicht in volgens bijgaand model. De informatie die je nodig hebt, kun je opzoeken in folders, boeken of via de computer.

Mineraal of spoorelement	In (twee voedingsmiddelen)	Functies	Gevolgen van tekort
calcium			
fosfaat			
magnesium			
natrium			
kalium			
ijzer			
jodium			
koper			
seleen			

---

## 2.8 Water

Water is het belangrijkste anorganische molecuul in de levende cel. Het menselijk lichaam bestaat gemiddeld voor 60% uit water (huid: 58%, skelet 28%, hersenen 75%). Langer dan enkele dagen kan water in de voeding niet gemist worden. Tussen de opname van water en het verlies van water door het lichaam moet een evenwichtssituatie zijn, anders volgt uitdroging.

Water gaat verloren via:

- de urine;
- zweten;
- ademen;
- uitwerpselen.

*dorstgevoel* Het lichaam waarschuwt voor geen enkele andere voedingsstof zo snel dat er een tekort is. Voor water gebeurt dit door het *dorstgevoel*, zodat men gaat drinken. Bij kleine kinderen, die hun behoeften nog niet kunnen uitdrukken, en bij ouderen en zieken die niet duidelijk kunnen maken dat ze dorst hebben, moet er nauwkeurig op gelet worden dat ze op tijd voldoende vocht binnenkrijgen. Onder normale omstandigheden heb je per dag twee tot drie liter water nodig. Het lichaam haalt zijn water voor het grootste gedeelte uit dranken, en de rest uit voedingsmiddelen.

*functies* In het lichaam heeft water de volgende *functies*:

- Water dient als bouwstof voor alle cellen. Als een cel te weinig water krijgt, verschrompelt deze.
- Als onderdeel van bloed, lymfevocht en weefselvocht is water een belangrijk transportmiddel van voedingsstoffen en afvalstoffen. Voedingsstoffen en afvalstoffen kunnen in het water worden opgelost en vervoerd naar de lichaamcellen of de uitscheidingsorganen (bijvoorbeeld de nieren).
- Water helpt bij het op peil houden van de lichaamstemperatuur. Bij grote warmteproductie in het lichaam ontstaat zweet. Dit wordt op de huid verdampt. Voor verdamping is warmte nodig, die aan het lichaam wordt onttrokken. Water zorgt ook voor transport van warmte van een extra actief lichaamsdeel naar de rest van het lichaam, zodat de warmte zich verspreidt.

### Opdracht 2.23 Water in mijn lichaam

De mens bestaat voor ongeveer 60% uit water. Eén liter water weegt 1 kg.

- Wat is jouw lichaamsgewicht?
- Reken uit hoeveel liter water jij in je lichaam hebt.

### Opdracht 2.24 Functies van water

Geef de drie belangrijkste functies van water in het menselijk lichaam.

---

## 2.9 Samenvatting

Het voedsel van de mens bestaat uit veel verschillende voedingsstoffen: eiwitten, vetten, koolhydraten, vezels, mineralen, vitaminen en water.

Op de verpakking van levensmiddelen is aangegeven welke voedingsstoffen daarin aanwezig zijn, met de hoeveelheden.

Voedingsstoffen hebben alle hun eigen functie. Zo zijn eiwitten vooral van belang voor de opbouw van het lichaam; koolhydraten en vetten hebben een belangrijke functie als brandstof.

Vitaminen, mineralen en vezels hebben vooral een regulerende werking bij verschillende lichaamsprocessen.

De functie van water is vooral die van bouwstof en transportmiddel.

De mens heeft voor een goed functioneren een gevarieerde samenstelling van het voedselpakket nodig. Dan worden alle voedingsstoffen in voldoende mate opgenomen en is de kans op een te hoge opname van een bepaalde voedingsstof kleiner.

**Fig. 2.18**  
Gevarieerd eten kan op  
meer dan één manier.

# Hemels seleen

Ik groeide op in een doktersgezin waarin de boterhammen belegd waren met oogziekten en kinderneurosen. Beschuit met glaucoompjes en dyslectische lammetjespap. Mijn vader spelde het ‘Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde’, mijn moeder triomfeerde bij de NVSH, en alle geboden en verboden die zij van belang vonden voor onze gezondheid en ons geestelijk welbevinden, werden ons boven de dampende aardappels ingeprent. Niet te veel mosterd op je kaasboterham, dat is slecht voor je lever. Geen koffie, geen alcohol, en elke dag drie doorzichtige Halitran-pareltjes die smaakten naar dode walvis. Ik leef nog steeds en heb geen rode haren of groene buik gekregen van de koffie, geen geperforeerde lever door de mosterd of de alcohol. Misschien komt het daardoor dat ik immuun of zelfs allergisch ben geworden voor alarmverhalen over onze voeding.

Het nieuwste alarm gaat over seleen, het element Se, genoemd naar de maan en chemisch verwant aan zwavel. Seleen zit in de bodem, wordt door gras en graangewassen opgenomen en komt zo via de voeding in het menselijk lichaam terecht.

Onlangs werd bekend dat in gebieden met weinig seleen in de grond – zoals Nederland – meer kanker voorkomt dan elders. Straks verkoopt de alerte drogist seleenpillen tegen maagkanker, seleenpleisters tegen huidkanker en seleentampons tegen baarmoederhalskanker. Via het net kun je ze al bestellen.

De gevolgen zijn voorspelbaar. Dat kun je zien in gebieden waar juist te veel seleen in de bodem zit. Al in 1600 beschreef Fray Pedro Simón, chroniqueur van de ‘conquistadores’ van Zuid-

Amerika, dat Indianen in een gebied nabij Villa de Leyva in Colombia hun nagels en haren verloren door het eten van ‘maíz bravo’, giftige maïs. Moeders brachten misvormde kinderen veelal bij de geboorte om het leven. In 1600 werd een baby geboren die over het hele lichaam zo behaard was als een aap. Bij de doop viel al het haar er wonderbaarlijk af. Het vee was haarloos en zonder hoeven en de kippen waren misvormd. In 1799 legde de ontdekkingsreiziger Martin de Urdaneta een verband met de zwavelrijke (en naar later bleek, seleenrijke) bodem ter plaatse.

De boeren rond Villa de Leyva kweken nu nog steeds gewassen op seleenrijke gronden. Toch hebben ze allemaal haren en nagels. Hoe dat komt? Wel, ze eten hun eigen producten niet zelf op, maar verkopen ze op de markt in Bogotá. De argeloze kopers merken dat niet, want die kopen tegelijkertijd ook andere, niet-giftige producten op de markt. Zo wordt het gif verdund. Zelf kopen de boeren van Villa de Leyva hun levensmiddelen ook bij onverdachte stallaties in Bogotá.

Wat moet je dus doen om geen kanker te krijgen door seleengebrek? Geen seleenpillen slikken, want een overdosis is alleen goed voor luie skinheads. Nee, net zoals de Colombianen de overdosis seleen op de markt verdunden, moeten wij op de markt het seleentekort aanvullen met lekker exotisch eten, Italiaanse pasta, Colombiaanse bananen, Franse kaas, Marokkaanse couscous, Zuid-Afrikaanse wijn, allemaal uit gebieden waar geen seleengebrek heerst. Zoals we altijd al deden. Weer vals alarm.

Salomon Kroonenberg

## Opdracht 2.25 Gevarieerd eten

In hoofdstuk 1 zijn de Richtlijnen voor goede voeding beschreven. Richtlijn 1 is: ‘Eet gevarieerd.’. In het artikel van figuur 2.18 komt ook het belang van gevarieerd eten naar voren.

Geef aan wat in dit artikel bedoeld wordt met ‘gevarieerd eten’.

## Opdracht 2.26 De eetmeter

Voor opdracht 1.4 heb je drie dagen je eigen voedselconsumptiepeiling (VCP) gehouden. Gebruik die gegevens voor deze opdracht, of houd gedurende drie tot vijf dagen een nieuwe peiling.

- De ‘eetmeter’ is een computerprogramma, te bestellen bij het Voedingscentrum. Vul daarop de gegevens in.
- Ga na of jouw voedselconsumptie in overeenstemming is met jouw dagelijkse behoefte.
- Wat is jouw conclusie uit het antwoord op opdracht b)?

---

## 3 Spijsvertering

### Oriëntatie

Als we bij konijnen in het hok kijken, zien we soms dat ze de restanten van hun spijsvertering opeten. Waarom doen konijnen dat? Is hun spijsvertering niet volledig, zijn niet alle voedingsstoffen uit het voedsel gehaald?

Konijnen vormen in het laatste deel van hun spijsverteringskanaal vitamines, die samen met de andere uitwerpselen het lichaam verlaten. Ze eten de uitwerpselen weer op en kunnen zo alsnog die vitamines opnemen in het bloed.

Bij de mens is dit niet op deze manier mogelijk. Over het verloop van de spijsvertering bij de mens gaat dit hoofdstuk.

**Fig. 3.1**

*Rond 5 december is er meer sprake van amandelspijsvertering.*



### Leerdoelen

Na bestudering van dit hoofdstuk kun je:

- het doel van de spijsvertering aangeven;
- de onderdelen van het spijsverteringskanaal opnoemen;
- beschrijven welke rol de spijsverteringsorganen hebben bij de spijsvertering;
- duidelijk maken hoe koolhydraten, vetten en eiwitten in het spijsverteringskanaal worden afgebroken;
- de opname van voedingsstoffen vanuit de dunne darm in het bloed of de lymfe uitleggen.



---

## 3.1 Doel van de spijsvertering

*spijsvertering* Onder het begrip *spijsvertering* verstaan we de weg die het voedsel aflegt in het maagdarmkanaal, en alle processen die daarin plaatsvinden om het voedsel te verteren. Het maagdarmkanaal (spijsverteringskanaal) is een van mond tot anus lopende buis, geheel bekleed met slijmvlies. In het slijmvlies liggen kliercellen. Deze kliercellen scheiden spijsverteringssappen af, die er mede voor zorgen dat het voedsel stap voor stap wordt afgebroken. Ook komen er spijsverteringssappen uit de lever en de alvleesklier.

De spijsvertering is eigenlijk een voorbereiding van het voedsel. Grote moleculen, die de darmwand niet kunnen passeren, worden afgebroken tot stoffen die uit kleine, in water oplosbare moleculen bestaan. Deze verteerde stoffen kunnen via de darmwand worden opgenomen in het bloed of de lymfe. Dit opnameproces heet

*resorptie* *resorptie*. Als de stoffen zijn opgenomen, worden ze in het lichaam ingezet als brandstof of bouwstof, of ze krijgen een andere functie.

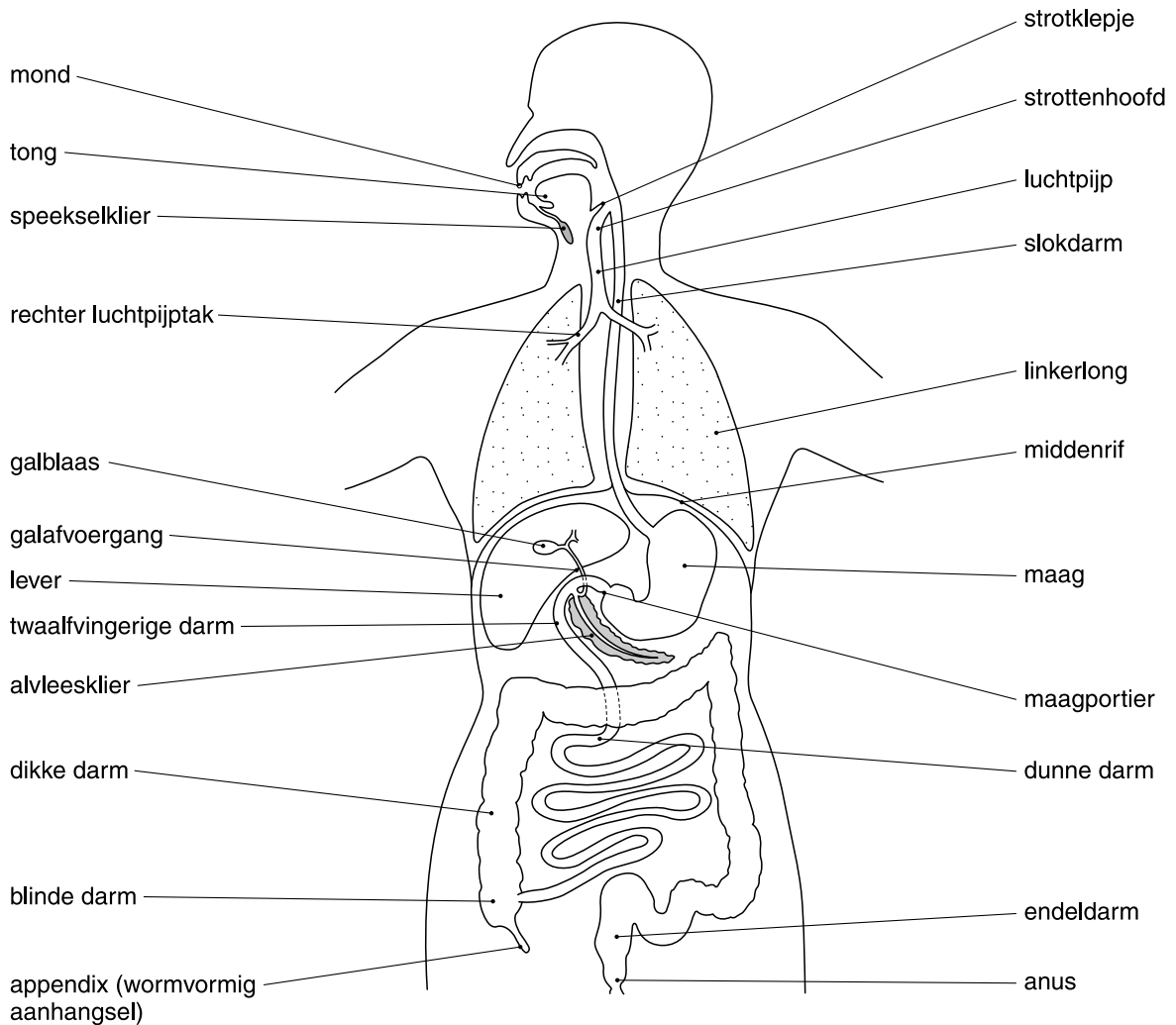
### Opdracht 3.1 Spijsvertering

- a Wat is het doel van de spijsvertering?
- b Wat betekent 'resorptie'?

## 3.2 Het spijsverteringskanaal en het spijsverteringsproces

In figuur 3.2 is het spijsverteringskanaal van de mens afgebeeld.

**Fig. 3.2** Overzicht van het spijsverteringskanaal van de mens.



## Enzymen

Op verschillende plaatsen in het spijsverteringskanaal worden grote hoeveelheden spijsverteringssappen geproduceerd. Deze zorgen ervoor dat de koolhydraten, eiwitten en vetten in de voeding worden afgebroken.

De spijsverteringssappen bevatten actieve stoffen, ofwel enzymen. De spijsverteringsenzymen helpen bij de afbraak van het voedsel. Ze splitsen de grote voedingsmoleculen in kleinere. Behalve enzymen die moleculen splitsen, zijn er ook enzymen die kleine moleculen tot grotere samenvoegen, bijvoorbeeld de enzymen voor de opbouw van lichaamseiwitten.

Enzymen zijn organische stoffen, opgebouwd uit eiwitten. De meeste enzymen bestaan naast dit eiwitgedeelte ook nog uit een andere stof: een vitamine of een mineraal, bijvoorbeeld ijzer (Fe). Zo'n vitamine of mineraal moet aan de eiwitmoleculen gebonden zijn, en wordt co-enzym genoemd. Ontbreekt het co-enzym, dan kan het enzym zijn werk niet uitvoeren.

Enzymen hebben de volgende eigenschappen:

- Ze zijn werkzaam in kleine hoeveelheden.
- Ze laten chemische reacties sneller verlopen.
- Ze zijn na afloop van de chemische reactie onveranderd weer aanwezig, en kunnen eenzelfde chemische reactie opnieuw uitvoeren.
- Ze zijn specifiek: ze kunnen slechts één type reactie beïnvloeden.
- Ze werken in het menselijk lichaam het best bij een temperatuur van 37 °C.
- Sommige enzymen werken het best in een zuur milieu (zoals het enzym pepsine in de maag), andere in een basisch milieu (bijvoorbeeld het enzym amylase in speeksel of trypsine in het darmsap).

## De mond

Voedsel dat er aantrekkelijk uitziet en lekker ruikt, wekt de eetlust op. In de mondholte en in de maag worden door de aanblik en de geur van het voedsel al spijsverteringssappen afgescheiden. De smaak wordt gevormd door een combinatie van indrukken, waarbij ook de geur een belangrijke rol speelt.

De smaakpapillen op de tong nemen zoet, zuur, zout en bitter waar. Zoet wordt waargenomen op het puntje van de tong, zuur in het midden van de tongrand. De waarneming van de zoute smaak is verspreid over de hele oppervlakte van de tong. Bitter wordt waargenomen achter op de tong.

Oneetbare deeltjes (pitten, graten, botjes) worden bij het kauwen opgemerkt en uit de mond verwijderd. Vloeibaar voedsel wordt vrijwel direct doorgeslikt. Vast voedsel wordt lang of kort gekauwd. Zo wordt het voedsel fijner verdeeld en het oppervlak vergroot (mechanische spijsvertering). Spijsverteringssappen kunnen dan beter op het voedsel inwerken. Afbraak van voedsel door spijsverteringssappen wordt ook wel *chemische spijsvertering* genoemd.

*chemische spijsvertering*

In de mond wordt het voedsel vermengd met speeksel. De speekselklieren produceren ongeveer 1,5 liter *speeksel* per dag. De samenstelling van speeksel is:

*speeksel*

- water (oplosmiddel);
- slijm (smeert het voedsel, vormt een spijsbrok);
- het enzym amylase (werkt in op zetmeel en breekt het gedeeltelijk af tot maltose).

### Opdracht 3.2 Smaakpapillen

Teken schematisch een tong. Geef aan waar op de tong de smaakpapillen zitten voor bitter, zout, zuur en zoet.

### Opdracht 3.3 Speekselenzym

- Welk enzym bevindt zich in het speeksel?
- Wat is de taak van dit enzym?
- Geef met behulp van eenvoudige structuurformules weer hoe zetmeel wordt afgebroken.

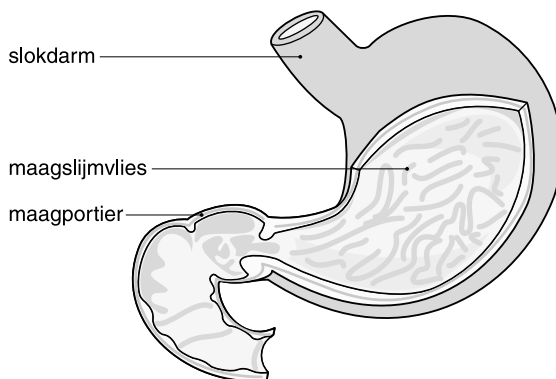
### De maag

Vanuit de mond komt het voedsel via de slokdarm in de maag terecht. De binnenzijde van de maagwand is bekleed met een dik slijmvlies, waarin vele grote en kleine buisvormige klieren zijn opgenomen die maagsap en slijm afscheiden. De maagsapproductie wordt al gestimuleerd op het moment dat voedsel in de mondholte aanwezig is. Ook de aanraking van de wand zelf door het voedsel veroorzaakt al afgifte van maagsap.

De maagwand is vrij soepel en kan uitzetten wanneer er veel voedsel in terechtkomt. De *sluitspier* van de maaguitgang (maagportier) kan de maag afsluiten van de twaalfvingerige darm. Zo kan voedsel een tijdje worden opgeslagen en met tussenpozen bij kleine hoeveelheden worden doorgelaten naar de rest van het spijsverteringskanaal.

**Fig. 3.3**

De binnenzijde van de maagwand is bekleed met een dik slijmvlies, waarin maagsapklieren liggen.



Tijdens de maaltijd wordt de maag laagsgewijs gevuld. Het voedsel dat het eerst in de maag terechtkomt, ligt tegen de maagwand aan. Het maagsap zorgt ervoor dat dit voedsel laag zuur wordt. Voedsel dat later wordt ontvangen, komt in het midden in de maag terecht. Het maagsap werkt niet direct in op dit voedsel, het duurt even voordat het zuur wordt. Het enzym amylase uit het speeksel, dat in een zure omgeving wordt afgebroken, kan op deze manier toch nog enige tijd doorwerken in de maag.

### Opdracht 3.4 De maag

- Hoe wordt tijdens de maaltijd de maag gevuld?
- Geef aan wat hiervan het voordeel is.

---

*maagsap* De klieren in het maagslijmvlies vormen het *maagsap*. De samenstelling van maagsap is:

- water (oplosmiddel);
- slijm (beschermt de maagwand tegen maagzuur en spijsverteringsenzymen);
- zoutzuur;
- de enzymen pepsine en lipase.

### **Opdracht 3.5 Samenstelling maagsap**

- Welke bestanddelen vormen samen het maagsap?
- Wat is de functie van het slijm in het maagsap?

*zoutzuur* *Zoutzuur* in het maagsap heeft verschillende functies. Het doodt veel bacteriën die met het voedsel worden opgenomen. Het tast de eiwitten in het voedsel aan, waardoor deze beter door enzymen kunnen worden afgebroken. Verder zorgt zoutzuur voor een zuur milieu in de maag. Het eiwitafbrekend enzym pepsine werkt alleen in zo'n zure omgeving.

### **Opdracht 3.6 Zoutzuur**

Welke drie functies heeft het zoutzuur in de maag?

Maagsap bevat de enzymen pepsine en lipase. Pepsine breekt in een zuur milieu eiwitten af tot kleinere brokstukken (polypeptiden). Het enzym lipase splitst een klein gedeelte van de vetten uit de voeding (vooral melkvet) in glycerol en vetzuren.

### **Opdracht 3.7 Enzymen in maagsap**

- Welke twee enzymen worden door de maagsapklieren geproduceerd?
- Wat is de taak van elk van deze enzymen?
- Geef met behulp van eenvoudige structuurformules de werking van deze enzymen aan.

Een maaltijd blijft maximaal zes uur in de maag, maar niet alle voedsel blijft daar even lang. Eiwitrijk voedsel blijft langer dan koolhydraatrijk voedsel, omdat eiwitten voor een klein deel in de maag worden verteerd. Vetten blijven ook langer in de maag; deze vertragen de kneedbewegingen en het legen van de maag.

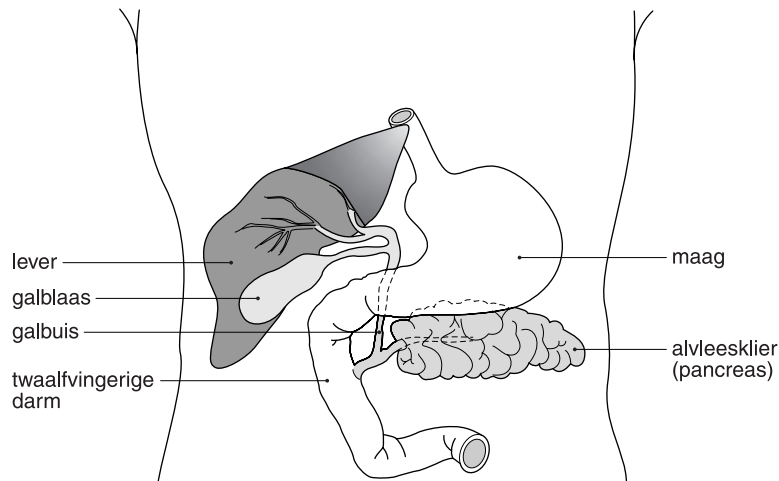
*intensieve vermenging*  
*chymus* Door de kneedbewegingen van de maag en de *intensieve vermenging* met speeksel, maagsap en zoutzuur die daarbij optreedt, verandert het voedsel in een brij, *chymus* genaamd. Deze spijsbrij wordt van tijd tot tijd afgegeven aan de twaalfvingerige darm.

### **De twaalfvingerige darm**

*twaalfvingerige darm* Vanuit de maag komt de voedselbrij terecht in de *twaalfvingerige darm*. Dit is het gedeelte van de dunne darm dat direct aansluit op de maag. De twaalfvingerige darm komt aan zijn naam, omdat hij ongeveer 12 vingerbreedtes lang is: 25 tot 30 cm. In de twaalfvingerige darm bevinden zich de uitgangen van de *galblaas* en de *alvleesklier* (pancreas).

*galblaas, alvleesklier*

**Fig. 3.4**  
Ligging van de maag,  
dunne darm, lever,  
galblaas en alvleesklier.



*alvleeskliersap* De alvleesklier produceert *alvleeskliersap*, waarvan de samenstelling is:

- water;
- natriumbicarbonaat ( $\text{NaHCO}_3$ ), een stof met zuurbindend vermogen;
- de enzymen amylase, trypsine en lipase.

Natriumbicarbonaat neutraliseert de zure maaginhoud. Het milieu in de darmen wordt daardoor geschikt voor de enzymen die werkzaam zijn in de darmen.

### Opdracht 3.8 Alvleeskliersap

- a Welke bestanddelen vormen het alvleeskliersap?
- b Wat is de functie van natriumbicarbonaat?

*enzymen* Het alvleeskliersap bevat ook de *enzymen* amylase, trypsine en lipase. Amylase breekt het zetmeel af dat nog niet door het speekselamylase is omgezet. Hierbij ontstaat maltose.

Het enzym trypsine zorgt ervoor dat de polypeptiden (meer dan twee aminozuren aan elkaar) die ontstaan bij de afbraak van eiwitten door pepsine, verder worden afgebroken. Hierbij ontstaan dipeptiden (twee aminozuren aan elkaar) en tripeptiden (drie aminozuren aan elkaar).

Lipase breekt de vetten af die nog niet in de maag zijn afgebroken, tot glycerol en vetzuren.

### Opdracht 3.9 Enzymen in alvleeskliersap

- a Welke drie enzymen worden geproduceerd in de alvleesklier?
- b Wat is de taak van elk van deze enzymen?
- c Geef met behulp van eenvoudige structuurformules de werking van deze enzymen aan.

*galsap* De galblaas levert gal. Het *galsap* wordt voortdurend aangemaakt in de lever en opgeslagen in de galblaas. Via de galafvoergang komt de gal in de darm terecht. Gal bestaat uit water, galzuren, cholesterol en galkleurstoffen. De galzuren zorgen ervoor dat de *vetten* in de voeding *geëmulgeerd* worden (fijn verdeeld; geëmulgeerde vetten). Hierdoor is snellere vertering van vetten door het enzym lipase mogelijk. Aan het eind van de dunne darm en het begin van de dikke darm worden de galzuren weer geabsorbeerd, en via de bloedbaan teruggevoerd naar de lever.

---

**Opdracht 3.10 Gal**

- Waar wordt gal geproduceerd?
- Wat is de functie van de galblaas?
- Wat is de functie van de gal?

**De dunne darm**

*darmvlokken*  
*darmsap*

De twaalfvingerige darm gaat over in de dunne darm. De enzymen die werkzaam zijn in de twaalfvingerige darm, behouden hun werking in de dunne darm. De dunne darm is lang (ongeveer 4 meter) en sterk geplooid, met op de plooien de *darmvlokken*. In de plooien liggen de darmsapklieren; deze maken het *darmsap*. De samenstelling van het darmsap is:

- water;
- slijm;
- de enzymen maltase, sacharase, lactase en peptidase (eiwitsplitsende enzymen).

*slijmlaag*

Het slijm vormt langs de wand van de dunne darm een *slijmlaag*, die bescherming biedt tegen de spijsverteringsenzymen in het darmsap. Het enzym maltase breekt maltose af tot twee glucose-eenheden. Sacharase splitst sacharose in glucose en fructose. Lactase breekt lactose af tot glucose en galactose. De koolhydraten worden uiteindelijk afgebroken tot enkelvoudige suikers, monosachariden. De eiwitsplitsende enzymen (peptidasen) in het darmsap breken de dipeptiden en tripeptiden af tot aminozuren, de uiteindelijke bouwstenen van eiwitten.

**Opdracht 3.11 Dunne-darmsap**

- Welke bestanddelen bevat het dunne-darmsap?
- Wat is de functie van het slijm in het dunne-darmsap?

**Opdracht 3.12 Enzymen in dunne-darmsap**

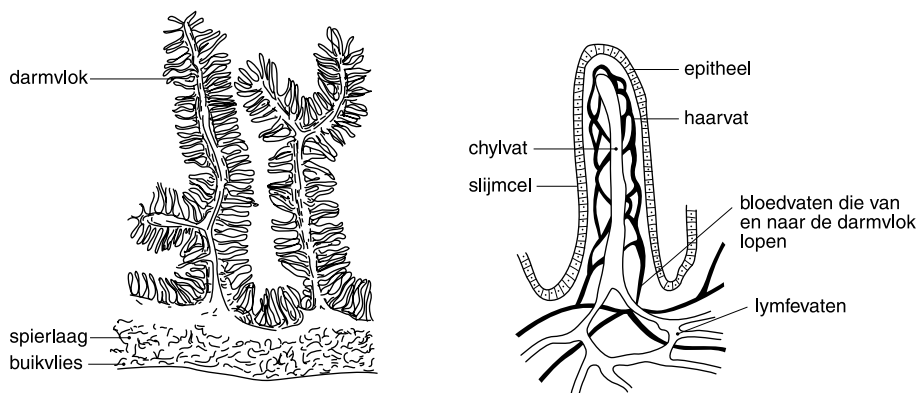
- Welke enzymen worden in de dunne-darmsapklieren geproduceerd?
- Wat is de taak van elk van deze enzymen?
- Geef met behulp van eenvoudige structuurformules de werking van deze enzymen aan.

**Opname van voedingsstoffen in bloed of lymfe**

*darmvlokken*  
*opname van*  
*voedingsstoffen*

De stoffen die ontstaan zijn tijdens de spijsvertering, kunnen nu worden opgenomen in het bloed. De dunne darm is uitermate geschikt voor deze taak: lang en sterk geplooid, met *darmvlokken* op die plooien. Hierdoor ontstaat een groot oppervlak, waarlangs *opname van voedingsstoffen* kan plaatsvinden.

**Fig. 3.5** Darmvlokken zorgen voor een enorme oppervlaktevergroting van de dunne darm.



De dunne darm is zeer goed doorbloed. Elke darmvlok bevat een netwerk van haarvaten en een lymfevat. De darmvlokken steken in de spijsbrij, die zich in de darmholte bevindt. De monosachariden, aminozuren, kleine vetzuren en andere stoffen worden via de darmvlokken in het bloed opgenomen en rechtstreeks getransporteerd naar de lever. In het lymfevat, ook wel chylvat genoemd, worden de grotere ketenvetzuren opgenomen. Via het lymfevatstelsel komen deze uiteindelijk terecht in het bloedvatstelsel. Via de bloedbaan vinden ook deze vetzuren hun weg naar de lever. De onverteerbare voedselresten gaan naar de dikke darm.

**Opdracht 3.13 Opname voedingsstoffen**

Vul het volgende overzicht verder in volgens bijgaand model. Geef aan welk enzym op die plaats werkzaam is en welke stof er ontstaat. Zet het enzym bovenaan, de ontstane stof eronder.

Voedingsstof	Mond	Maag	Twaalfvingerige darm	Dunne darm	Bloed/lymfe
zetmeel	amylase maltose			maltase glucose	glucose
zetmeel					
maltose					
sacharose					
lactose					
glucose					
fructose					
vetten					
vetten					
eiwitten					



---

**Opdracht 3.14 Lymfe**

Wat is de functie van lymfe bij de opname van voedingsstoffen?

**De dikke darm**

*blindedarm* De dunne darm gaat over in de dikke darm. Bij de overgang zit een blind gedeelte, dat *blindedarm* heet. De *blindedarm* heeft een wormvormig aanhangsel: de appendix. De dikke darm is 1,5 tot 2 meter lang, is in doorsnee breder dan de dunne darm en heeft geen darmvlokken. In de dikke darm worden geen spijsverteringssappen meer gemaakt, maar wel veel slijm. Er worden geen voedingsstoffen meer verteerd of opgenomen.

*dikke darm* De belangrijkste functie van de *dikke darm* is om uit de overgebleven voedselmasa water op te nemen (indikken). Het water wordt opgenomen in het bloed. Het eerste deel van de dikke darm bevat zeer veel bacteriën, die bij elkaar de *darmflora* worden genoemd. De resten van de spijsvertering worden met slijm en bacteriën gemengd. De bacteriën in de dikke darm zorgen voor allerlei scheikundige omzettingen. Ze kunnen onverteerde voedingsstoffen vergisten of fermenteren, en onderhouden rottingsprocessen. Bij de vergistings- en rottingsprocessen komen gassen vrij, die van tijd tot tijd de darmen verlaten. Enkele bacteriën kunnen vitaminen maken. De bekendste bacterie van de dikke darm is de colibacterie.

*endeldarm* De ingedikte voedselmasa wordt geleidelijk voortgestuwd richting *endeldarm*. In de *endeldarm* worden de voedselresten tijdelijk opgeslagen. De ingedikte voedselmasa heet *feces* en bestaat uit voedselresten, voedingsvezels, water, slijm, bacteriën, afgestorven darmwandcellen, galkleurstoffen en zouten. Van tijd tot tijd wordt de *feces* via de anus verwijderd.

**Opdracht 3.15 Dikke darm**

- Wat is de belangrijkste functie van de dikke darm?
- Wat gebeurt er als het proces, genoemd bij opdracht a, niet goed verloopt?
- Wat is de belangrijkste functie van de bacteriën in de darmen?

### 3.3 Samenvatting

In het maagdarmkanaal vindt de spijsvertering plaats: een geheel van processen om het voedsel te verteren.

Het voedsel wordt daarbij omgezet in stoffen die de darmwand kunnen passeren:

- Koolhydraten worden omgezet in monosachariden.
- Vetten worden omgezet in glycerol en vetzuren.
- Eiwitten worden omgezet in aminozuren.

Monosachariden, glycerol en vetzuren, en aminozuren kunnen de darmwand passeren en worden opgenomen in het bloed of de lymfe. Deze opname vindt plaats in de dunne darm.

In de dikke darm vindt verdere opname plaats van water, de spijsbrij wordt ingediktd. Deze ingedikte massa (*feces*) verlaat van tijd tot tijd het maagdarmkanaal via de anus.

---

# Begrippenlijst

<i>aanbevolen hoeveelheid</i>	De hoeveelheid die nodig is voor een voldoende voorziening van een bepaalde voedingsstof voor een bepaalde bevolkingsgroep.
<i>alveeskliersap</i>	Spijverteringssap dat geproduceerd wordt door de alveesklier.
<i>aminozuren</i>	Organische zuren met aan een koolstofatoom: één aminogroep (NH <sub>2</sub> ), één carboxylgroep (COOH), één waterstofatoom en een restgroep R, die bij elk aminozuur verschillend is.
<i>avitaminose</i>	Ziekteverschijnselen die ontstaan wanneer iemand van een bepaalde vitamine helemaal niets binnenkrijgt.
<i>chemische spijsvertering</i>	Afbraak van voedsel met behulp van spijsverteringssappen.
<i>cholesterol</i>	Een vetachtige stof, met chemisch gezien een heel andere bouw dan triglyceriden en fosfolipiden.
<i>chymus</i>	Spijsbrij die ontstaat wanneer het voedsel in het maagdarkanaal wordt vermengd met de spijsverteringssappen.
<i>darmflora</i>	Bacteriën in de dunne darm en in de dikke darm; zij kunnen onverteerde voedselresten vergisten.
<i>darmsap</i>	Spijverteringssap dat geproduceerd wordt door de darmsapklieren.
<i>dipeptide</i>	Twee aminozuren aan elkaar.
<i>enkelvoudig onverzadigde vetzuren</i>	Vetzuren waarvan de koolstofatomen in de vetzuurketen op één plaats een dubbele binding bezitten. Het vetzuur heeft dan twee waterstofatomen minder dan een verzadigd vetzuur.
<i>essentiële aminozuren</i>	Aminozuren die het lichaam niet zelf kan aanmaken. Daarom moeten ze in de voeding voorkomen.
<i>feces</i>	Voedselresten die de darmen via de anus verlaten.
<i>fosfolipiden</i>	Vetachtige, op triglyceriden lijkende stoffen, waarvan aan het glycerolmolecuul één vetzuur is vervangen door een fosforgroep.
<i>fysiologie</i>	De leer van de levensverrichtingen.
<i>galsap</i>	Sap dat geproduceerd wordt door de lever en opgeslagen in de galblaas. Galsap emulgeert de vetten in de darmen.

---

<i>geëmulgeerde vetten</i>	Vetten die door het galsap fijner verdeeld zijn.
<i>hart- en vaatziekten</i>	Afzetting van vetachtige stoffen in en tegen de bloedvaatwand, waardoor de vaatwand stug wordt en minder elastisch, en vernauwing optreedt. Hierdoor kunnen hart- en vaatziekten optreden.
<i>hypervitaminose</i>	Ziekteverschijnselen die ontstaan wanneer iemand van een bepaalde vitamine te veel binnenkrijgt.
<i>hypovitaminose</i>	Ziekteverschijnselen die ontstaan wanneer iemand van een bepaalde vitamine te weinig binnenkrijgt.
<i>korte-keten-vetzuren</i>	Vetzuurketens die een koolstofketen van maximaal vier koolstofatomen bevatten.
<i>lange-keten-vetzuren</i>	Vetzuurketens die een koolstofketen van twaalf koolstofatomen of meer bevatten.
<i>linolzuur</i>	Een meervoudig onverzadigd vetzuur, dat behoort tot de essentiële vetzuren.
<i>maagsap</i>	Spijsverteringssap dat geproduceerd wordt door de klieren in het maagslijmvlies.
<i>meervoudig onverzadigde vetzuren</i>	Vetzuren waarbij in de vetzuurketen twee of meer dubbele bindingen tussen de koolstofatomen voorkomen. Per dubbele binding zijn dan twee waterstofatomen minder aanwezig dan bij de verzadigde vetzuren.
<i>middel-keten-vetzuren</i>	Vetzuurketens die een koolstofketen van vijf tot twaalf koolstofatomen bevatten.
<i>mineralen</i>	Anorganische stoffen waarvan de behoefte varieert van enkele honderden milligrammen tot één gram.
<i>niet-essentiële aminozuren</i>	Aminozuren die in het lichaam kunnen worden aangemaakt uit essentiële of andere niet-essentiële aminozuren. Deze aminozuren hoeven dus niet in het voedsel te zitten.
<i>peptidenbinding</i>	De verbinding tussen twee aminozuren.
<i>polypeptide</i>	Keten van vele aminozuren aan elkaar.
<i>proteïnen</i>	Eiwitten.
<i>resorptie</i>	Verteerde stoffen worden via de darmwand opgenomen in het bloed of de lymfe.
<i>semi-essentiële aminozuren</i>	Aminozuren die uit twee essentiële aminozuren aangemaakt kunnen worden.
<i>slijmlaag</i>	Slijm, langs de wand van de maag en de dunne darm; dat de maagwand en darmwand beschermt tegen spijsverteringsenzymen.
<i>speeksel</i>	Spijsverteringssap dat geproduceerd wordt door de speekselklieren.
<i>spijsvertering</i>	De weg die het voedsel aflegt in het maagdarmkanaal en alle processen die daarin plaatsvinden om het voedsel te verteren.

---

---

<i>spoorelementen</i>	Anorganische stoffen waarvan de behoefte varieert van enkele milligrammen tot tien milligram.
<i>stofwisseling</i>	De processen die beginnen bij de opname van voedingsstoffen in het bloed, en eindigen bij de afgifte van de eindproducten door longen, nieren en huid.
<i>verzadigde vetzuren</i>	Vetzuren waarvan de koolstofatomen in de vetzuurketen door enkelvoudige bindingen met elkaar verbonden
<i>voedingsstoffen</i>	Scheikundig aantoonbare bestanddelen van levensmiddelen (voedingsmiddelen).

---

# Trefwoordenlijst

## A

aanbevolen hoeveelheid 28  
agar 32  
agrarisch voedingspatroon 13  
alveesklier 53  
alveeskliersap 54  
aminozuren 39  
avitaminose 42

## B

blindedarm 57  
bouwstoffen 27, 39  
brandstoffen 27

## C

cellulose 32  
chemische spijsvertering 51  
cholesterol 38  
chymus 53  
conserveringstechnieken 12

## D

darmflora 57  
darmsap 55  
darmvlokken 55  
deficiëntieziekten 42  
dikke darm 57  
dipeptide 40  
disachariden 30  
dorstgevoel 45

## E

endeldarm 57  
energiebron 39  
enkelvoudig onverzadigde vetzuren 37  
enzymen 54  
essentiële aminozuren 40  
essentiële voedingsstoffen 27

## F

feces 57  
fosfolipiden 37  
fotosynthese 29

fructose 30  
functies 45

## G

galactose 30  
galblaas 53  
galsap 54  
geëmulgeerd 54  
glucose 30  
glycogeen 32

## H

hart- en vaatziekten 38  
huishoudonderwijs 13  
hypervitaminose 42  
hypovitaminose 42

## I

in water oplosbaar 42  
industriële voedselpatroon 14  
intensieve vermenging 53

## K

korte-keten-vetzuren 35

## L

lactose 31  
lange-keten-vetzuren 36  
levensverrichtingen 26  
linolzuur 37

## M

maagsap 52  
maaltijdschijf 18  
maltose 31  
meervoudig onverzadigde vetzuren 37  
middel-keten-vetzuren 35  
mineralen 43, 44  
monosachariden 30

## N

niet-essentiële aminozuren 40  
niet-essentiële voedingsstoffen 27

---

**O**

onverteerbare koolhydraten 29  
onzichtbare vetten 34  
opname van voedingsstoffen 55  
overvoeding 17

**P**

pectines 32  
peptidenbinding 40  
polypeptide 40  
polysachariden 31  
productgroepen 20  
proteïnen 39  
pro-vitamine 41

**R**

regulerende functie 43  
regulerende stoffen 27  
resorptie 49

**S**

sacharose 31  
semi-essentiële aminozuren 40  
slijmlaag 55  
sluitspier 52  
smakelijkheid 18  
speeksel 51  
spijsvertering 49  
spoorelementen 43, 44  
stofwisseling 26  
subgroepen 20

**T**

taakverdeling 12  
trends 23  
tripeptide 40  
twaalfvingerige darm 53

**V**

verschuivingen 14  
verteerbare koolhydraten 29  
verzadigde vetzuren 37  
vet oplosbaar 42  
vetten 54  
vitaminen 41  
vleesproductie 12  
vochtvoorziening 19  
voedingspatroon 11  
voedingsstoffen 18, 26  
voedingswetenschap 13  
voedingswijzer 18  
voorlichtingsmodellen 18  
vuur 12

**W**

welvaartsziekten 14, 17  
werking 42

**Z**

zetmeel 32  
zichtbare vetten 34  
zoutzuur 53  
zware metalen 44