

# Chemische Feitelijkheden

editie 74 | nr 307 | juli 2014

DE CONTEXT Ons allereerste slokje

DE BASIS Complex en waterig

DE DIEPTE Meer uit melk

AUTEUR: ESTHER THOLE

# MELK

## Waardevolle voeding

**D**e natuur levert ons voedsel in allerlei vormen: groente, granen, vlees, eieren, vis, fruit, noten. Het menselijke dieet is heel divers. Melk neemt daarin een heel bijzondere plek in, omdat dat het speciaal voor ons is gemaakt. Zoogdieren produceren melk om hun nakomelingen te voeden. Wanneer het kroost groot genoeg is om mee te eten met de volwassenen verdwijnt melk van het menu. Zo niet bij de mens. Wij blijven melk drinken en melkproducten zoals kaas, boter en yoghurt zijn dagelijkse kost. Minstens zo speciaal is dat we daarvoor de melk van andere zoogdieren gebruiken, vooral van de koe.

De productie en verwerking van melk is uitgegroeid tot een vooruitstrevende industrie die een belangrijke economische waarde vertegenwoordigt. Nederlandse kaas is overal ter wereld in de schappen te vinden. Ook boter en melkpoeder vinden in grote hoeveelheden aftrek over de grens. Maar melk kent veel meer toepassingen en de lijst met producten die op basis van melk zijn te maken is heel lang. Dat je zoveel kunt met melk is te danken aan het grote aantal

verschillende stoffen waaruit melk bestaat: eiwitten, koolhydraten, vetten, vitaminen en mineralen. Vla, ijs en pudding liggen nog voor de hand. Maar wat denk je van koekjes, diepvriespizza's en chocoladerepen, laat staan sportdrankjes, tandpasta en geneesmiddelen?

Niet iedereen is in staat melk en in het bijzonder melksuiker (lactose) te verteren. Met name Aziaten zijn lactose-intolerant. Maar ook bij Europeanen groeit die intolerantie naarmate je ouder wordt.

### In deze Chemische Feitelijkheid

- De Context: Het vermogen melk te kunnen blijven verteren was een evolutionair voordeel voor de mens. Waarom?
- De Basis: Waaruit bestaat melk eigenlijk behalve water? En hoe gaat de weg van koe naar consument?
- De Diepte: Wat kun je nog meer maken van melk behalve boter en kaas? Welke waardevolle toepassingen bestaan er naast voeding?

Een broodje kaas met een **glas** melk is voor veel Nederlanders een normale lunch. Maar hoe gewoon is het om als volwassene melk te drinken?

# Ons allereerste slokje

Van de vleesetende leeuw, de bamboeknagende panda en de visetende dolfin tot het grazende schaap, de insectenetende mol en de allestende mens: ons allereerste slokje was hetzelfde, melk. De nakomelingen van zoogdieren krijgen als eerste voeding de melk die hun moeder produceert. Daarin verschilt de mens niet van de andere zoogdieren. Maar dat mensen als ze eenmaal volgroeid zijn melk blijven drinken, is echt een uitzondering in het zoogdierenrijk.

Het vermogen om melk goed te kunnen verteren, verdwijnt gedurende de ontwikkeling van zuigeling naar volgroeid dier. Dat mensen in staat blijven melk te verwerken, is het gevolg van een mutatie in het genetisch materiaal. Om precies te zijn in het gen dat codeert voor lactase. Dit enzym heb je nodig om lactose (melksuiker) af te breken. Zodra een jong zoogdier niet meer op melk leeft, verdwijnt de noodzaak om lactase aan te maken.



De koe neemt het meest ingewikkelde deel van de melkproductie voor haar rekening.

Daardoor kan het op latere leeftijd melk niet meer goed verteren. Maar de mens, althans een deel van de mensen, is door een genetische verandering lactasepersistent geworden en blijft lactase maken. De mutatie lijkt ongeveer achtduizend jaar geleden te zijn opgetreden, grofweg rond het moment van de domesticatie van de koe.

Mensen gingen vee houden voor het vlees en trokken mee met hun kuddes. Voedsel was in die tijden schaars en je was afhankelijk van wat je onderweg tegenkwam. Voor de herders was melk letterlijk dichtbij en wie de rijke voedingsbron kon benutten had geluk. Het vermogen om melk te verteren, werd evolutionair voordelig en daarmee kon de toevallige mutatie blijven bestaan. Interessant is dat de mutaties in het lactasegen niet overal ter wereld gelijk zijn.

Dat wijst erop dat dit voordeel op meerdere plaatsen ter wereld is ontstaan. Je had er dus blijkbaar echt iets aan om melk te kunnen blijven drinken.

## EXPORT

Over de vraag of het voor de hedendaagse mens nog steeds voordelig is om melk te drinken, lopen de meningen uiteen. Maar dat melk en daarvan afgeleide producten als kaas, boter en yoghurt nauwelijks weg te denken zijn uit ons dagelijkse dieet staat wel vast. In Nederland consumeren we jaarlijks per persoon ongeveer 49 kilogram melk, ruim 19 kilogram kaas en iets meer dan drie kilogram boter. En dan moeten al die toetjes, ijsjes en andere melkbevattende producten er nog bij.

De wereldwijde vraag naar melkproducten zit momenteel flink in de lift. Dat is goed nieuws voor de Nederlandse zuivelsector die flink wat exporteert, met een jaarlijkse exportwaarde van ongeveer zes miljard euro (2012). Het grootste deel daarvan is kaas. Van de 764 miljoen kilogram kaas die Nederland jaarlijks maakt, gaat 730 miljoen kilogram, vooral Goudse en Edammer kaas, de grens over. Nederlandse kaas vindt aftrek

## MELKPRODUCTEN



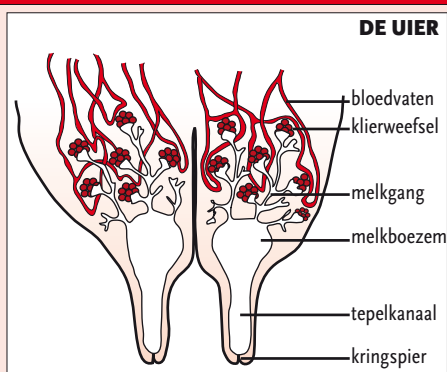
Melk staat aan de basis van een scala aan producten. Je kunt het drinken of gebruiken om er onder andere kaas, yoghurt en boter van te maken.

## MELKVERWERKING EN HANDEL 2012

(x miljoen kg)	Productie NL	Import	Export
Kaas	764	214	731
Boter(olie)	209	79	225
Niet-mager melkpoeder	121	58	152
Mager melkpoeder	66	87	94
Gecondenseerde melk	371	143	291
Consumptiemelk	524	-	-
Waarde in €	6,4 miljard	2,4 miljard	5,9 miljard

## HOE DE KOE DE MELK MAAKT

Ondanks menselijke bijdragen als efficiënte melkrobots, krachtvoer en gericht fokken, neemt in de moderne melkveehouderij de koe nog steeds het meest ingewikkelde deel van voor haar rekening. Rustig grazend en herkauwend voert ze een complex productieproces uit. De enige voorwaarde is dat ze drachtig (in verwachting) is. De bevruchting zorgt voor een stijging in de oestrogeenspiegel en dat hormoon stimuleert de aanmaak van prolactine, een ander hormoon dat een centrale rol vervult in de melkproductie. Prolactine zorgt ervoor dat de melkklieren, ongeveer een miljoen, zich goed ontwikkelen. Het systeem staat als het ware in de startblokken. Na de bevalling daalt de oestrogeenspiegel sterk, waardoor het prolactine actief wordt. De koe gaat vanaf dat moment het voer dat ze eet heel efficiënt omzetten in melk. Via haar spijsvertering komen de voedingsstoffen in het bloed. Dat bloed stroomt ook door de uier en daar zorgen de melkklieren ervoor dat de benodigde stoffen worden opgenomen en de daaruit gevormde vetten, eiwitten en suikers worden uitgescheiden naar de melk. Voor



iedere liter melk die een koe produceert moet er 400 liter bloed door de uier stromen. Het vraagt dus nogal wat van de koe. Ongeveer twee tot drie dagen drinkt een kalf bij de moeder en wordt daarna met de fles verder gevoed. Door echter te blijven melken, blijft de koe melk produceren. Dat gebeurt ongeveer driehonderd dagen per jaar. Daarna wordt de koe weer bevrucht en staat ze gedurende de draagtijd 'droog'. Zodra het kalf is geboren, begint de melkproductie weer. Op deze manier kan een gemiddelde melkkoe tussen de 7.000 en 8.000 liter melk per jaar leveren.

over de hele wereld. De grootste afnemer van Nederlandse zuivelproducten is Duitsland, gevolgd door andere West-Europese landen. De recente sterke groei van de export komt door de snel toenemende vraag uit Oost-Europa, Azië en het Midden-Oosten. Behalve kaas gaat het hierbij bijvoorbeeld ook om melkpoeder.

### KOEKJES

Melkbestanddelen vinden hun weg naar de (wereld)markt als ingrediënt van zeer uiteenlopende producten. Hierbij kun je denken aan koekjes, chocoladerepen en sportdrinkjes, maar ook aan vleesvervangers, tabletten en tandpasta. De lijst van producten waarin melk op een

of andere manier een rol speelt is indrukwekkend. En ook intrigerend. Want hoe kan het dat een natuurlijk product dat uitsluitend bedoeld is om het nageslacht een goede start te geven is uitgegroeid tot een economisch zeer waardevol product en een bron van interessante ingrediënten voor veel uiteenlopende toepassingen? De reden is eenvoudig: melk is niet één verbinding, maar een combinatie van veel verschillende stoffen.

Die witte, egale vloeistof die uit het melkpak komt, is eigenlijk bedrieglijk. In een glas melk wemelt het van de eiwitten en vetten, er zitten suikers (lactose) in en een hele collectie aan vitamines en mineralen (zie De Basis).

## BELANGRIJKSTE PRODUCENTEN

Positie	1	2	3	4	5	ander
<b>Consumptiemelk</b>	USA	Brazilië	VK	Duitsland	Rusland	-> Nederland
x mln kg	23.973	11.715	6.883	5.254	5.166	524
<b>Fabriekskaas (koe)</b>	USA	Duitsland	Frankrijk	Italië	Nederland	
x mln kg	4.940	2.240	1.814	985	764	
<b>Boter</b>	USA	Nieuw-Zeeland	Duitsland	Frankrijk	Nederland	
x mln kg	844	499	489	420	195	
<b>Niet-mager melkpoeder</b>	Nieuw-Zeeland	Brazilië	Argentinië	Duitsland	Nederland	
x mln kg	1.250	531	287	165	121	
<b>Geitenkaas</b>	Soedan	Frankrijk	Griekenland	Iran	Niger	6. Nederland
x 1.000 kg	108.750	94.996	48.000	38.327	30.009	19.780

## LEKKER, JAKMELK

De koe is onbetwist de belangrijkste melkproducent van de Nederlandse zuivelsector, maar niet de enige.

**Geit:** in Europa wordt geitenmelk vooral gebruikt om kaas te maken, denk aan de Griekse feta en de Franse rocamadour. De melkgeit is in Nederland sterk in opkomst. Met ruim 270.000 melkgeiten en bijna 20 miljoen kilogram geitenkaas per jaar bezetten we de derde plaats in de lijst van EU-producenten. Geiten zetten caroteen, een kleurstof in gras, meteen om in vitamine A, waardoor geitenkaas wit is. Koeien doen dit niet en scheiden de caroteen uit naar de melk, waar het zorgt voor de gele kleur van de kaas.

**Schaap:** schapenkaas is zeer geschikt voor de kaasproductie door het hoge drogestofgehalte. Dat betekent dat er relatief veel vaste bestanddelen zoals eiwitten en vetten in de melk zitten. Voorbeelden: de Franse roquefort en de Spaanse manchego.

**Waterbuffel:** levert de melk voor de beroemde Italiaanse buffelmozzarella.



**Jak:** rundersoort die in het hooggebergte van Tibet, Nepal en Bhutan wordt gehouden en waarvan de, zeer vette, melk wordt gebruikt om boter te maken.

**Rendier:** in Rusland heb je rendiermelkhouderijen. De rendiermelk wordt gebruikt voor verschillende medische toepassingen.

**Kameel:** op industriële schaal niet van belang, maar Nederland huisvest een heuse melkkameelhouders.

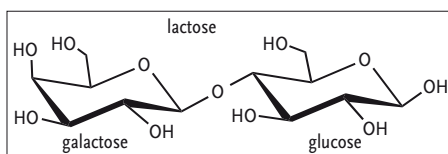
**Paard en ezel:** vooral gebruikt voor verzorgingsproducten. De legende wil dat Cleopatra vaak een bad nam in ezellenmelk.

**Varkensmelk:** het varken heeft geen uier als reservoir voor de geproduceerde melk. Pas op het moment dat de biggen gaan drinken, wordt de melk gemaakt. Varkens kunnen daarom niet gemolken worden.

Er lijkt een enorm verschil te bestaan tussen een glas volle, halfvolle of magere melk. Wat zegt dat over de **samenstelling**? En wat is het verschil met een glas water?

# Complex en waterig

In melk zit van alles, maar wat we vaak vergeten is dat melk voor ongeveer 87 procent bestaat uit water. Alle voedingswaarde zit in die 13 procent andere bestanddelen. Die zogenoemde fractie droge stof kun je opdelen in eiwitten, vetten en koolhydraten (macronutriënten) en vitamines en mineralen (micronutriënten). In totaal gaat het om honderden verschillende bestanddelen. En dit complexe mengsel vormt in het melkpak toch ogenschijnlijk een homogeen geheel, terwijl vet en water niet mengen (emulsie). De truc is dat de vetten in consumptiemelk in zulke kleine druppeltjes zijn verdeeld dat er geen fasescheiding optreedt. Wat je uitschenkt, ziet eruit als een geheel.



## EIWITTEN

Koemelk bestaat voor ongeveer 3,5 procent uit eiwitten. Het gaat om veel verschillende eiwitten. Maar met een aandeel van maar liefst 80 procent staan de caseïnes met stip bovenaan. De caseïne-fractie vormt de basis van kaasmaken. Er zijn vier typen caseïnes ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta$  en  $\kappa$ ). In verschillende combinaties vormen ze caseïne-bollen, micellen genaamd, waarin ook calciumfosfaat zit gebonden.

Caseïnemicellen zijn bollen van meerdere caseïnes die opgevouwen zitten en waarin de  $\alpha$ - en  $\beta$ -caseïnes met calciumfostaten aan elkaar klitten. Daaromheen bevindt zich een laag  $\kappa$ -caseïnes waaraan hydrofiele staarten zitten (Zie chemische feitelikheden Kaas pagina 5).

Kalveren hebben in hun maag stremsel met daarin het enzym chymosine dat heel specifiek de uitstekende staarten van het  $\kappa$ -caseïne knipt. Hierdoor plakken de micellen aan elkaar en vormen ze een vaste fractie, waardoor het kalf die eiwitten kan verteren. Bij kaasmaken bootsen we dit proces na door aan de melk stremsel toe te voegen en vervolgens het vaste deel, de wrongel, verder te verwerken tot kaas. De resterende vloeistofstroom, die serum of wei heet, bevat de twintig procent resterende melkeiwitten. Die eiwitten heten serum- of wei-eiwitten en zijn ook een waardevolle grondstof, onder meer voor babyvoeding en frisdrank. Belangrijke serumeiwitten zijn  $\alpha$ -lactalbumine en  $\beta$ -lactoglobuline.

De basis voor alle melkeiwitten vormt het voer van de koe. Eiwitten uit gras en ander voer worden in de pens en darmen afgebroken tot de individuele aminozuren en komen dan terecht in het bloed, waardoor ze ook de melkvormende cellen in de uier bereiken. Hier worden vervolgens zowel de caseïnes als het grootste deel van de serumeiwitten gevormd en uitgescheiden naar de melk. Enkele serumeiwitten die in zeer lage concentraties in melk voorkomen worden opgenomen uit het bloed.

## VETTEN

Rauwe melk heeft een vetpercentage van 4 à 4,5 procent. De vetten in melk zijn opgeslagen als triglyceriden: een glycerol met daaraan drie, vaak verschillende, vetzuren. Doordat er ongeveer tientallen verschillende vetzuren in melk zitten is de variatie aan triglyceriden enorm. De variatie neemt toe doordat de

## VAN KOE NAAR CONSUMENT

Rauwe melk bewerken begint bij pasteuriseren. De melk wordt door een circuit van verwarmingselementen geleid, verwarmd tot 70 à 90 °C en snel weer afgekoeld. Dit proces doodt bacteriën zonder eiwitten, vetten en andere melkbestanddelen aan te tasten. De volgende stap is ontromen. Dat gebeurt door centrifugeren. Hoeveel room (=vet) je eruit haalt, hangt af van het eindproduct dat je wilt maken. Bij consumptiemelk liggen de vetpercentages op 3,5 procent voor volle melk, 1,5 procent voor halfvolle melk en 0,05 procent voor magere melk. Die vetpercentages zijn overigens allemaal wettelijk vastgelegd.

De gepasteuriseerde melk is ook het startpunt om yoghurt te maken. Door melkzuurbacteriën aan de niet geheel afgekoelde melk toe te voegen, zet je de fermentatie van de lactose in de melk in gang. De melk wordt dikker en zuurder met yoghurt als eindresultaat.

De room die uit de melk wordt gehaald bestaat voor 30-50 procent uit vet. Het grootste deel van de room wordt verder opgewerkt tot boter (vetpercentage 80 procent) en watervrij melkvet (AMF, 99,8 procent). Boter is in feite het resultaat van een faseomkering: van vet in water gaat het over



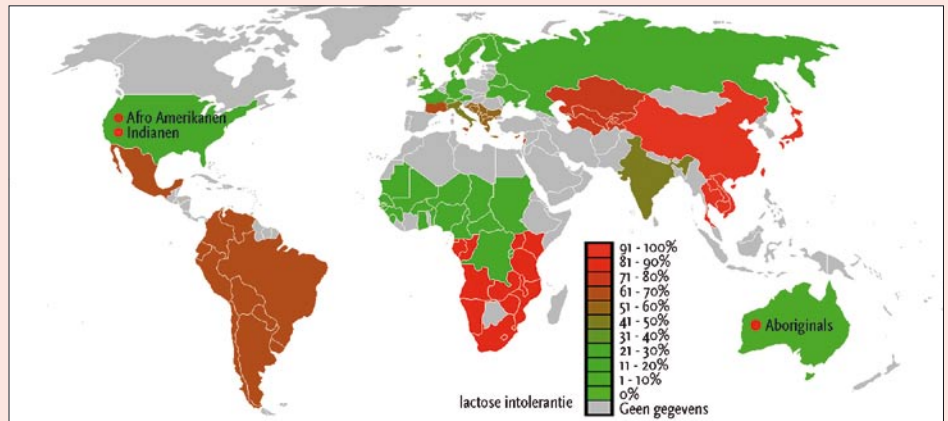
naar water in vet. AMF is een typisch industrieel tussenproduct dat wordt gebruikt in onder meer bakkerijproducten en de chocolade-industrie.

Door de room aan te zuren en te bewegen (karnen) breken de membranen van de vetten in de room. De vetdeeltjes klonteren samen en scheiden zich af van de vloeistof, karnemelk. Uit het vet wordt boter bereid.

Om kaas te produceren, splits je de melk in een vast en vloeibaar deel door stremsel toe te voegen. Het vaste deel, de wrongel, verwerk je verder tot kaas. Uit het vloeibare deel, de wei, haal je de serumeiwitten en de lactose voor verschillende toepassingen.

## INTOLERANT OF ALLERGISCH?

Melk is goed voor elk, aldus de oude promotiecampagne van de zuivelsector. Maar daar valt best wat op af te dingen. Grofweg tachtig procent van de wereldbevolking wordt tijdens het opgroeien lactose-intolerant. Het percentage lactose-intolerante mensen per bevolking varieert heel sterk. Onder Noord-Europeanen en Noord-Amerikanen van Europese afkomst is slechts tien tot vijftien procent niet in staat lactose te verteren, terwijl in China, Zuid-Oost Azië en Afrika ten zuiden van de Sahara meer dan negentig procent van de volwassenen lactose-intolerant is. Consumptie van grote hoeveelheden lactose leidt bij die groepen tot verhoogde opname van water in de dunne darm en ongewenste fermentatie door bacteriën in de dikke darm met buikpijn, krampen en diarree als gevolg. Overigens is het niet zo dat lactose-intolerantie betekent dat je strikt lactosevrij moet leven. In veel gevallen is bijvoorbeeld een glas melk per dag geen probleem. Iets heel anders is koemelkallergie. Omdat bij



zuigelingen het maag-darmstelsel nog niet volledig is ontwikkeld, kan het gebeuren dat (te) grote fragmenten van eiwitten uit koemelk (flesvoeding) door de darmwand in het bloed terechtkomen. Bij twee tot drie procent van de baby's in Nederland leidt dit tot een overmatige reactie van het immuunsysteem. Met heftige symptomen, zoals overgeven, huiduitslag, zwellingen

en diarree tot gevolg. In veel gevallen groeit het kind over de allergie heen. Tot die tijd is speciale flesvoeding nodig, waarin de eiwitten al verder gehydrolyseerd zijn tot kleinere fragmenten, of die gebaseerd is op soja en niet op koemelkeiwitten. Afhankelijk van het specifieke type koemelkallergie kunnen die kinderen overigens ook geen geiten- of schapenmelk(producten) verdragen.

triglyceriden zijn opgeslagen in vetbolkjes met uiteenlopende groottes, omgeven door diverse soorten membraaneiwitten en fosfolipiden.

Hoe verschillend de melk van iedere koe (of beter: ieder zoogdier) ook is, de specifieke samenstelling is altijd zo gebalanceerd dat het melkvet bij 37 °C smelt. Melkvet bevat relatief veel korte (C<sub>4</sub>, C<sub>6</sub> en C<sub>8</sub>) verzadigde vetzuren; ketens zonder dubbele bindingen. Koeien hebben echter een vetarm dieet, wat ze eten bestaat vooral

uit koolhydraten. Bij de afbraak hiervan komen zuren vrij, voornamelijk azijnzuur (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>), propionzuur (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>) en boterzuur (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>). De melkvormende cellen gebruiken die korte zuren om de uitgebreide collectie korte en lange (tot C<sub>16</sub>) vetzuren te maken. Ook glucose uit het bloed is een grondstof voor de productie van vetzuren en van glycerol, waaraan alle vetzuren worden gekoppeld. Een deel van de C<sub>16</sub>-vetzuren, C<sub>18</sub>-vetzuren en onverzadigde vetzuren als linolzuur en linoleenzuur worden uit het bloed opgenomen. Gras, maar ook voer met bonen of soja, vormt een belangrijke bron van onverzadigde vetzuren.

## KOOLHYDRATEN

Melk bevat ongeveer 5 procent koolhydraten en dit zijn allemaal suikers, waarbij lactose (melksuiker) de absolute overhand heeft. Lactose is een disaccharide, opgebouwd uit een glucose- en een galactosemolecuul. Naast lactose bevat melk verschillende monosacchariden en een reeks oligosacchariden; combinaties van drie of meer (verschillende) suikers. Net als bij de eiwitten en vetten gaat bij de suikers om veel verschillende vormen. Vooral moedermelk is rijk aan complexe suikers. Dit is een belangrijk verschil met koemelk, dat een veel lager oligosaccharidengehalte heeft. Om babyvoeding te produceren, verknop je lactose via enzymatische processen verder tot verschil-

lende oligosacchariden om zo de humane suikers na te bootsen.

Melk bevat relatief veel B-vitamines, vooral vitamine B<sub>2</sub> en B<sub>12</sub>. Die twee zijn moeilijk uit andere, niet-dierlijke, voedingsproducten te halen. Dat melk een belangrijke bron zou zijn van vitamine D geldt alleen in landen die de melk met deze vitamine verrijken. Melk bevat van nature zeker vitamine D, maar het gehalte valt in het niet bij andere bronnen als vis of zonlicht.

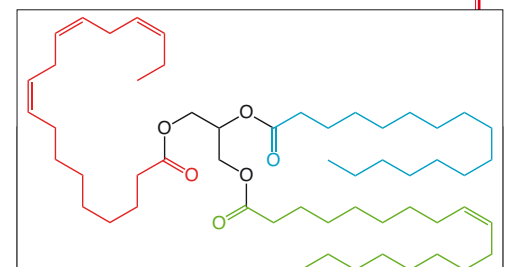
De claim dat melk goed is voor je boten omdat het zoveel calcium bevat, lijkt op basis van het calciumgehalte hout te snijden. Een glas halfvolle melk levert je ongeveer een derde van je dagelijkse calciumbehoefte. Of je al dat calcium ook daadwerkelijk opneemt, is een ander verhaal, daarbij speelt onder meer je vitamine D-spiegel een rol. Behalve calcium zit er ook behoorlijk wat kalium, fosfor, natrium en magnesium in melk.

## MELKBESTANDELEN

Een glas halfvolle melk van 200 ml bevat:

Macronutriënten		
koolhydraten	10,4 g	
eiwitten	6,6 g	
vetten	3 g	
Mineralen		
		% DAH
kalium	328 mg	16
calcium	242 mg	30
fosfor	208 mg	30
natrium	80 mg	5
magnesium	24 mg	6
zink	0,82 mg	8
jood	14 µg	10
selenium	2 µg	4
Vitaminen		
vitamine A	34 µg	4
vitamine B <sub>1</sub>	60 µg	6
vitamine B <sub>2</sub>	360 µg	26
vitamine B <sub>6</sub>	68 µg	5
vitamine B <sub>11</sub>	13,6 µg	7
vitamine B <sub>12</sub>	0,90 µg	36
vitamine D	0,088 µg	2

DAH: dagelijks aanbevolen hoeveelheid



Triglyceride met drie verschillende vetzuurketens:

blauw - palmitinezuur (C<sub>16</sub>, verzadigd)

groen - oliezuur (C<sub>18</sub>, enkelvoudig onverzadigd)

rood - alfa-linoleenzuur (C<sub>18</sub>, meervoudig onverzadigd)

Melk zit in veel meer producten dan je denkt. Van **reststromen** is in de zuivelindustrie geen sprake meer, voor alle bestanddelen is een toepassing te vinden.

# Meer uit melk

Lange tijd zat de waarde van melk vooral in het vet. Aan kaas en boter viel wat te verdienen. Wat aan vloeistof overbleef na bijvoorbeeld kaas maken, was de wei. Na het maken van de boter resteert een zure vloeistof, bekend als karnemelk. Wei en karnemelk werden ooit vooral gebruikt als veevoer of geloosd in sloten en kanalen. Maar het lozen van deze zuivelreststromen belast uiteraard het milieu en is niet meer toegestaan. Bovendien kun je er nuttige dingen mee doen.

Wei is rijk aan eiwitten en lactose en bevat ook nog een deel van de mineralen en vitamines uit de melk. Voor al die stoffen zijn veel waardevolle toepassingen te verzinnen. De moderne zuivelindustrie kijkt dan ook met die blik naar melk en probeert iedere stroom in het proces rendabel te maken. Alles uit de melk gebruiken is het devies. En dan kun je melkbestanddelen echt overal tegenkomen. In voedingsproducten die je niet



Flesvoeding voor baby's wordt gemaakt op basis van wei-eiwitten uit koemelk.

meteen met zuivel associeert, maar ook in toepassingen die helemaal niets met voeding hebben te maken.

## BIJZONDERE VOEDING

De eiwitfractie in wei is heel divers, maar bevat relatief veel  $\beta$ -lactoglobuline,  $\alpha$ -lactalbumine, bovine serum albumin (BSA), lactoferrine en verschillende immunoglobulines. Wei-eiwitten win je uit de wei door te condenseren en drogen. Ze komen vervolgens in poedervorm op de markt. Er zijn drie belangrijke productvormen van wei-eiwitten: *whey protein concentrate* (WPC), *whey protein isolates* (WPI) en hydrolysaten. Dit zijn allemaal mengsels van verschillende eiwitten.

Naast eiwitten bevat WPC ook nog lactose, vetten en mineralen. Het eiwitgehalte varieert, tussen de 30 en 89 procent. De voeding, dranken- en vleesverwerkende industrie gebruikt WPC veel, zowel van-

wege de hoge voedingswaarde als de functionele eigenschappen. Opgelost in water levert WPC een gelachtige structuur die ook goed is te verhitten. Dat is ideaal voor tal van industrieel geproduceerde voedingsmiddelen. WPC is daarnaast belangrijk voor de productie van babyvoeding en klinische voeding voor patiënten die niet of moeilijk 'normaal' voedsel kunnen verwerken. WPC zit ook in allerlei sportvoedingsproducten die, althans volgens de producenten, spieropbouw en herstel na fysieke inspanning bevorderen.

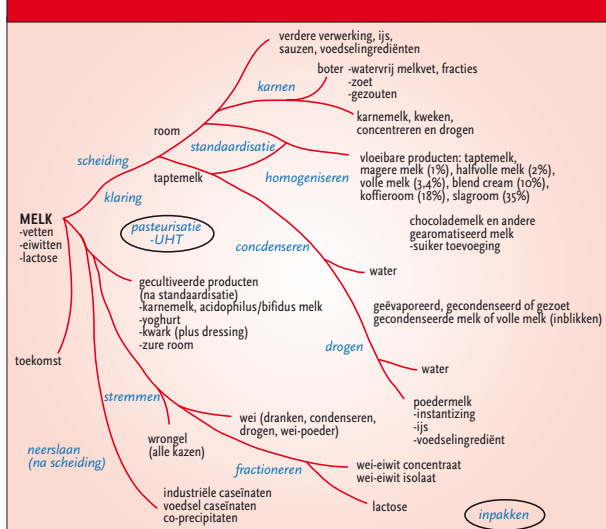
WPI is eigenlijk een gezuiverde vorm van WPC. Het eiwitgehalte in WPI is minimaal 90 procent en lactose, vetten en mineralen zijn slechts in zeer kleine hoeveelheden nog aanwezig. De toepassingen zijn vergelijkbaar met die van WPC, maar omdat WPI duurder is, gaat het vaak om meer hoogwaardige eindproducten.

Bij hydrolysaten zijn de wei-eiwitten voorbewerkt en enzymatisch of via zure of juist basische condities opgeknipt in kleinere fragmenten. Het is een vorm van 'voorvertering'. Deze fragmenten zijn gemakkelijker te verteren dan de intacte eiwitten en zijn daarom gewilde ingrediënten voor babyvoeding die zich richt op



Ook in sportdrink zitten producten die uit melk geïsoleerd worden.

## MELK STAAT AAN DE BASIS



## KAZIGE VLAMVERTRAGERS

Op allerlei fronten wordt naarstig gezocht naar milieuvriendelijke(r) alternatieven voor conventionele chemische producten, bijvoorbeeld voor vlamvertragers. Veel vlamvertragers zijn gebaseerd op halogeenverbindingen, vooral broomhoudende stoffen. Dat is heel effectief, maar ongezond voor mens en milieu. Organofosfaten vormen een halogeenvrij alternatief, maar zijn niet als duurzaam te bestempelen. In de zoektocht naar 'groene' vlamvertragers om textiel te coaten, staan caseïnes in de belangstelling. Een van redenen om naar die eiwitten te kijken is het hoge gehalte aan fosfaatgroepen. De  $\alpha$ 1-,  $\alpha$ 2- en  $\beta$ -caseïnes bevatten respectievelijk acht à negen, tien tot dertien en vijf fosfoserineresiduen.

Onderzoekers van de Technische Universiteit Turijn namen de proef op de som en brachten, via een waterige suspensie, caseïnes aan op lappen katoen, polyester en katoen-polyester. De lappen,



Met caseïne gecoate lapjes katoen, polyester en katoen-polyester (v.l.n.r.) die zijn blootgesteld aan een vlam.

met en zonder coating, stelden ze vervolgens bloot aan een directe vlam en aan hete straling. In alle gevallen was er een duidelijk effect te zien van de caseïnecoating. De brandsnelheid ging flink omlaag en in het geval van de katoenen en polyester lappen hield het branden vanzelf op, terwijl ruim driekwart van de stof onaangetast bleef. De katoen-polyester lap brandde geheel op.

Er bleef echter veel meer residu over en ook hier duurde het proces veel langer. Volgens de onderzoeker berust de vlamvertragende werking van caseïnes op hun vermogen om de depolymerisatie van de textielvezels te stoppen. Ontbranding of sterke verhitting zet twee processen in gang. Het ene is depolymerisatie van de cellulosevezels (in katoen) en de polyesterketens, waarbij vluchtige, brandbare verbindingen vrijkomen die de verbranding alleen maar stimuleren. Het tweede proces is dehydratie van de polymeerketens, waardoor een thermisch stabiele, koolstofrijke zwarte 'laag' ontstaat, die in vaktermen *char* heet. De caseïnes sturen het verbrandingsproces duidelijk in de richting van char-vorming in plaats van depolymerisatie. Waarom dat echter bij de katoenpolyester combinatie veel langer duurde dan bij de twee andere geteste lappen moeten de onderzoekers nog verder uitspitten.

zuigelingen met spijsverteringsmoeilijkheden en voor verschillende vormen van klinische voeding.

Hydrolysaten vormen ook de kern van flesvoeding voor baby's met koemelkallergie. Door de allergene eiwitten op te knippen, kan in veel gevallen de baby de voeding wel goed verdragen. Cellen kunnen ook goed groeien op hydrolysaten. Deze zijn geschikt als voedingsbron in biofarmaceutische of microbiologische kweekmedia. Overigens is die toepassing niet exclusief gebonden aan wei-eiwitten. Ook uit tarwe, soja of peulvruchten worden eiwit-hydrolysaten voor kweekmedia gemaakt.

## IMMUUNSYSTEEM

Wei-eiwitten heten zo omdat ze zich in de melkwei bevinden, maar sommige van die eiwitten zijn niet exclusief voor melk. Een voorbeeld is het eiwit lactoferrine. Dit is een belangrijk transporteiwit dat zorgt voor het vervoer van ijzer naar de cel. Het heeft daarnaast een rol in het immuunsysteem. De melkklieren scheiden het, vooral gedurende de eerste dagen van melkproductie, in grote hoeveelheden uit om de weerstand van de nakomeling op te bouwen.

Lactoferrine heeft een antibacteriële en schimmelwerende werking doordat het voorkomt dat microben een biofilm, een moeilijk doordringbare laag, vormen. Lactoferrine bevindt zich daarom eveneens in de slijmvliezen in de mond- en neusholte en in traanvocht. Een logische

toepassing, naast babyvoeding, is dan ook in tandpasta, waar het helpt om schadelijke bacteriën in de mondholte te bestrijden. In de VS is tevens kauwgom met lactoferrine verkrijgbaar. De eigenschappen van lactoferrine maken het een aantrekkelijk onderzoeksobject voor medisch onderzoek. Verschillende studies in cellen en diermodellen wijzen uit dat lactoferrine niet alleen schadelijke indringers kan bestrijden, maar ook kan helpen bij de behandeling van cystic fibrosis (taaislijmziekte) en verschillende allergieën.

Naast lactoferrine is er nog een antibacterieel eiwit uit wei te winnen, namelijk lactoperoxidase. Dit eiwit speelt ook een rol in het immuunsysteem, waar het oxidatie van diverse verbindingen door waterstofperoxide ( $H_2O_2$ ) katalyseert. Dit levert zeer reactieve oxidatieproducten die zorgen voor de antimicrobiële werking. Lactoperoxidase wordt, net als lactoferrine, gebruikt in tandpasta en mondwater, maar ook als conserveermiddel in voedingsmiddelen, verzorgingsproducten en oogdruppels.

## PILLEN

Tot slot een waardevol bestanddeel uit de wei dat geen eiwit is, maar een suiker: lactose. Als de eiwitten uit de wei zijn gewonnen, blijft een rijke lactosestroom over. En ook daarvoor is een verrassende bestemming gevonden: pillen. Het is nauwelijks bekend, maar veel medicinale producten bevatten lactose.

Niet als actief farmaceutisch ingrediënt, maar als vulmiddel in tabletten of als drager in inhalers.

Nadat de eiwitten uit de wei zijn gehaald, blijft vooral lactose over. Het is goedkoop, vrijwel smaakloos, inert, niet allergen en goed te verdragen voor vrijwel iedereen. Ook voor wie lactose-intolerant is, want de hoeveelheid lactose die je op deze manier consumeert is extreem klein. Behalve voor tabletten dient lactose - om dezelfde redenen - ook als vulmiddel in bijvoorbeeld bouillonblokjes, krentenbollen, kant-en-klaar maaltijden en worst. Zo blijkt melk in ieder geval bruikbaar voor elk.



Ezelinnenmelk wordt gebruikt als basis voor een reeks van verzorgingsproducten.

# Meer weten

## AANBEVOLEN LITERATUUR

- R. de Lange, *Mest bedreigt exportjuweel*, FD 19 april 2014.
- M. de Boer, *Boeren moeten rekening houden met fors lagere melkprijzen*, FD 19 mei 2014.
- J.M.L. Heck et al., Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition, *J. Dairy. Sci.* (2009), 92:4745-4755.
- R.J.J. van Neerven et al., Which factor in raw cow's milk contribute to protection against allergies?, *J. Allergy Clin. Immunol.* (2012), 130:853-858.
- G. de Groot, *Melk, een veelzijdig ingrediënt*, Veeteelt, 1 april 2009.
- *Milk: full of nutrients*, brochure FrieslandCampina, januari 2011.
- J. Alongi et al., Caseins and hydrophobins as novel green flame retardants for cotton fabrics, *Polymer Degradation and Stability* (2014), 99:111-117.
- F. Carosio, Flame retardancy of polyester and polyester-cotton blends treated with caseins, *Ind. Eng. Chem. Res.* (2014), 53:3917-3923.
- *Chemische Feitelikheden*: 25I, Kaas.

## AANBEVOLEN WEBSITES

- [www.prodzuivel.nl](http://www.prodzuivel.nl)
- [www.zuivelonline.nl](http://www.zuivelonline.nl)
- [www.milkgenomics.org](http://www.milkgenomics.org)
- [www.uoguelph.ca/foodscience](http://www.uoguelph.ca/foodscience)
- [www.groenkennisnet.nl/leerboek\\_melkwinning](http://www.groenkennisnet.nl/leerboek_melkwinning)
- [www.fonterra.com](http://www.fonterra.com)
- [www.hetvirtueleland.be](http://www.hetvirtueleland.be)
- [www.hydrolysates.com](http://www.hydrolysates.com)

## VOOR OP SCHOOL

1. Hoe heet de melk die een koe geeft net na de geboorte van een kalfje? Waarom kan deze melk niet verwerkt worden in een fabriek?
2. Wat is lactose precies? En wat is het verschil tussen lactose en lactase?



Schap met melkpoeder in een supermarkt in Singapore. In veel landen is melkpoeder de meest gangbare vorm van melk.

3. Wat is een suspensie? En wat heeft dat met micellen te maken?
4. Leg uit dat caroteen gemakkelijk oplost in (melk)vet (in grasboter).
5. Een uitgebreid geconjugeerd systeem geeft organische verbindingen een kleur. Leg met structuurformules uit dat caroteen geel is en vitamine A kleurloos.
6. Door zuur aan melk toe te voegen treedt ook uitvloeking op. Wat is het verschil met stremmen van melk door gebruik van stremsel?
7. Laat zien dat een triglyceride met butaanzuur en propaanzuur in het molecuul chiraal kan zijn en dat er ook een niet-chirale vorm bestaat.
8. Voor mensen met lactose-intolerantie is karnemelk een alternatief voor melk. Leg uit welke rol zuur in de karnemelk speelt bij voorkomen van lactose-intolerantie.
9. Wat is het onderscheid tussen lactose-intolerantie en koemelkallergie?
10. Wat is het onderscheid tussen gepasteuriseerde en gesteriliseerde melk?

## COLOFON

**Chemische Feitelikheden:** actuele encyclopedie over moleculen, mensen, materialen en milieu. Losbladige uitgave van de KNCV, verschijnt driemaal per jaar met in totaal tien onderwerpen.

### Redactie:

Corry van Driel (C2W), Franny Scholte (C2W), Gerard Stout

### Redactie en realisatie:

Bèta Publishers, tel. 070-262 91 00  
info@betapublishers.nl

### Fotoverantwoording:

Foto's zonder bronvermelding zijn afkomstig van [www.dreamstime.com](http://www.dreamstime.com)

**Opmaak:** F.Koeman DTP Services  
f.koeman@casema.nl

**Basisontwerp:** Menno Landstra

### Uitgever:

Sijmen Philips, Bèta Publishers  
Postbus 19949, 2500 CX Den Haag  
tel. 070-26 29 100, info@betapublishers.nl

### Abonnementen:

Abonnementenland, Antwoordnummer 1822  
1910 VB Uitgeest  
tel. 0900-226 52 63 (€ 0,10/minuut)  
klantenservice@aboland.nl  
Abonnementen kunnen elk gewenst moment ingaan. Wij hanteren de opzegregels uit het verbintenissenrecht. Wij gaan ervan uit dat Chemische Feitelikheden altijd wordt ontvangen uit hoofde van het beroep. Hierdoor wordt het abonnement automatisch met een jaar verlengd tenzij 2 maanden vóór de einddatum een opzegging is ontvangen.

Een abonnement op Chemische Feitelikheden geeft via de website toegang tot tien nieuwe edities per jaar en het totale online archief. Daarnaast ontvangen abonnees in drie zendingen per jaar de losbladige edities.

### Tarieven vanaf 2014

#### Voor particulieren:

Online toegang met inlogcode en papieren editie (inclusief verzamelmap): € 83,50\*.  
Leden van KNCV, KVVCV en NVON krijgen € 10,- korting.

#### Voor bedrijven en (onderwijs)instellingen:

Onbepaald toegang tot de digitale edities op basis van IP-adres en papieren editie in drievoud (inclusief verzamelmap): € 250,-\*.

**Losse nummers:** € 9,95\* per stuk te bestellen bij Abonnementenland.

\*Bij betaling per acceptgiro wordt € 2,95 extra in rekening gebracht.

## MELK

editie 74  
nummer 307  
juli 2014

### Met dank aan:

- Dr. Jeroen Heck, FrieslandCampina  
jeroen.heck@frieslandcampina.com
- Dr. Fred van de Velde, NIZO food research  
fred.vandevelde@nizo.com
- Dr. Thom Huppertz, NIZO food research  
thom.huppertz@nizo.com

ISSN 0168-3349

**KNCV**

[www.chemischefeitelikheden.nl](http://www.chemischefeitelikheden.nl)