

Stichting
Toekomstbeeld
der Techniek



Plantaardige grondstoffen voor de industrie

Redactie: drs. W.G.J. Brouwer

Samsom

STT **51**

PLANTAARDIGE GRONDSTOFFEN VOOR DE INDUSTRIE

PLANTAARDIGE GRONDSTOFFEN VOOR DE INDUSTRIE

Redactie: Drs. P. J. J. Oomen



The main body of the page contains several paragraphs of text, which are extremely faint and difficult to read. The text appears to be a continuation of the article or a list of related publications. It is arranged in a standard columnar format.



**Stichting
Toekomstbeeld
der Techniek**

De Stichting Toekomstbeeld der Techniek (STT), in 1968 opgericht door het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, heeft als doel:

- het van de ingenieurswetenschappen uit bestuderen van mogelijke toekomstige technische ontwikkelingen, in samenhang met andere maatschappelijke ontwikkelingen
- het op ruime schaal bekend maken van de resultaten van die studies om daarmee bij te dragen tot het verkrijgen van een meer integraal beeld van de toekomstige Nederlandse samenleving.

STT richt zich daarbij tot het bedrijfsleven, de overheden, het onderwijs en – uiteraard – de geïnteresseerde staatsburger.

Het adres van STT is Prinsessegracht 23, Postbus 30424, 2500 GK 's-Gravenhage, telefoon (070) 391 98 56.



Inhoud

PLANTAARDIGE GRONDSTOFFEN VOOR DE INDUSTRIE

Redactie: drs. W.G.J. Brouwer

1991

Samsom Alphen aan den Rijn/Deurne

Omslagontwerp: De Boer & Van Teylingen

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Brouwer, W.G.J.

Plantaardige grondstoffen voor de industrie /
W.G.J. Brouwer - Alphen aan den Rijn [etc.] :
Samsom. - (Stichting Toekomstbeeld der Techniek; 51)
Met lit. opg.
ISBN 90-14-03882-8
NUGI 859

© MXMI Stichting Toekomstbeeld der Techniek. 's-Gravenhage

© Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

No part of this work may be reproduced in any form by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publisher.

Voor de reproductie(s) zoals bedoeld in art. 16b en 17 van de Auteurswet 1912 (ten bate van eigen oefening, studie enz. en/of ten bate van organisaties, instellingen enz.) van één of meer pagina's is een vergoeding verschuldigd. Voor inlichtingen betreffende de hoogte en afdracht van de vergoeding kan men zich wenden tot Stichting Reprorecht Amstelveen.



Inhoud

1. Inleiding	9
2. Waarom plantaardige grondstoffen voor de industrie?	11
<i>prof.dr.ir. W.J. Beek</i>	
2.1 De plantaardige grondstof	11
2.2 Mogelijkheden voor gebruik van planten	13
2.3 Argumenten voor groene industriële grondstoffen	18
3. Produkten uit plantecellen	19
<i>prof.dr. R. Verpoorte</i>	
3.1 Secundaire metabolieten	19
3.2 Biotechnische productie van secundaire metabolieten	22
3.3 Gemodificeerd secundair metabolisme in de plant	31
3.4 Toekomst van de plantecelbiotechnologie	33
4. Produkten uit genetisch gemodificeerde planten	37
<i>dr. P.C. Sijmons en J. Pen</i>	
4.1 Moleculaire veredeling	37
4.2 Huidige mogelijkheden	38
4.3 Toekomstige mogelijkheden	42
5. Produkten uit planten: vezels	45
5.1 Algemeen	45
<i>drs. W.G.J. Brouwer</i>	
5.1.1 Vezels	45
5.1.2 Plantaardige vezels	46
5.1.3 Toepassing van plantaardige vezels	50
5.2 Vezels in textiel	53
<i>drs. W.G.J. Brouwer</i>	
5.2.1 Textielindustrie	53
5.2.2 Processen in de textielindustrie	55
5.2.3 Positie van de textielindustrie	57
5.2.4 Kleding- en woningtextielindustrie	59

5.2.5	Plantaardige grondstoffen	61
5.2.6	Conclusies	63
5.3	Vezels in bouwmaterialen en geotextielen	64
	<i>dr.ir. T.J.H.M. Hutten</i>	
5.3.1	Bouwmaterialen	64
5.3.2	Geotextielen	68
5.3.3	Conclusies	70
6.	Produkten uit planten: oliën en vetten	71
	<i>drs. W.G.J. Brouwer</i>	
6.1	Oliën en vetten	71
	<i>met bijdrage van dr.ir. T.J.H.M. Hutten</i>	
6.1.1	Algemeen	71
6.1.2	Bewerkingen	76
6.1.3	Bedrijfskolom	77
6.1.4	Positie van natuurlijke oliën en vetten	79
6.2	Oliën en vetten in cosmetica	81
6.2.1	Wat is cosmetica?	81
6.2.2	De bedrijfstak	85
6.2.3	Mogelijkheden voor plantaardige grondstoffen	87
6.3	Oppervlakte-actieve stoffen	88
6.3.1	Werking en toepassing van oppervlakte-actieve stoffen	88
6.3.2	Markt en bedrijfskolom	90
6.3.3	Wasmiddelen	94
6.3.4	Meest gebruikte verbindingen	96
6.4	Esters in synthetische smeermiddelen	99
6.4.1	Smeermiddelen	99
6.4.2	Esteroliën	100
6.4.3	Toepassingen	102
7.	Produkten uit planten: koolhydraten	107
7.1	Algemeen	107
	<i>drs. W.G.J. Brouwer</i>	
7.2	Koolhydraten in oppervlakte-actieve stoffen	116
	<i>drs. W.G.J. Brouwer</i>	
7.3	Koolhydraten in sequestreermiddelen	119
	<i>prof.dr.ir. A.P.G. Kieboom</i>	
7.4	Cyclodextrinen	121
	<i>drs. H. Hokse</i>	
8.	Verwachtingen voor de toekomst	131
	<i>prof.ir. J.A. Roels</i>	
8.1	Inleiding	131

8.2	Structuur van de chemische industrie	132
8.3	Plantaardige grondstoffen en hun verwerkingstechniek	134
8.4	Mogelijkheden en beperkingen van plantaardige grondstoffen	135
8.5	Samenvatting	140
9.	De visie van de landbouw	141
	<i>prof.dr.ir. W.J. Beek en dr. T.J.H.M. Hutten</i>	
9.1	Inleiding	141
9.2	Agrificatie	142
9.3	De uitgangspositie voor agrificatie	144
9.4	De kloof tussen landbouw en industrie	145
10.	Samenvatting, conclusies en aanbevelingen	149
10.1	Samenvatting	149
10.2	Conclusies	152
10.3	Aanbevelingen	155
	Literatuur	157
	Register	167
	Organisatie van de studie	171
	STT-publikaties	175
	Subsidieverleners STT	179



1. Inleiding

De probleemstelling

De Stichting Toekomstbeeld der Techniek wil met deze publikatie de mogelijkheden schetsen die planten en van planten afgeleide producten hebben als industriële grondstof. Daarbij wordt bekeken welke voordelen de industrie in de komende 10 à 15 jaar zou kunnen hebben van de 'performance' van plantaardige grondstoffen. Het gaat hier niet om het gebruik van planten voor voeding.

De benadering uit de industrie is gekozen als complement van de studies in de landbouw naar het industrieel gebruik van plantaardige grondstoffen (onder de noemer 'agrificatie'). Belangrijke initiatieven op dit gebied zijn die van de Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek en van het Landbouw Economisch Instituut.

Het gebruik van grondstoffen uit planten is al heel oud. Vroeger maakte de mens vrijwel alle organische stoffen uit planten. Met de opkomst van de petrochemische industrie is de positie van planten als industriële grondstof sterk verzwakt.

Toch zijn er mogelijkheden voor specifieke grondstoffen uit planten. Deze kunnen ontstaan wanneer:

- de prijs zo laag is dat het economisch gunstig is om deze grondstof te gebruiken; of de beschikbaarheid zo groot is dat de grondstof weinig kost (zoals glycerol, dat bij de productie van vetzuren uit natuurlijke oliën en vetten ontstaat).
- de 'performance' van producten uit deze grondstof beter is dan die van producten uit andere grondstoffen; een voorbeeld hiervan is papier, dat nog steeds uit plantaardige vezels wordt gemaakt; een essentieel onderdeel van de 'performance' van producten is het gedrag in het milieu (kringloop, toxisch afval, afbreekbaarheid).

De herkomst van de planten is geen beperking. Het kunnen cultuur- of wilde planten zijn, ongeacht de plaats ter wereld waar zij groeien. Wel wordt uitgegaan van productie van stoffen met behoud van de plantesoorten. De planten mogen er niet door worden uitgeroeid.

In deze studie wordt het begrip 'plantaardig' ruim geïnterpreteerd. Behalve aan grondstoffen uit planten zoals die op het land groeien, wordt aandacht besteed aan de mogelijkheden van grondstoffen die met plantecellen en door genetisch gemo-dificeerde planten worden gemaakt.

Het accent ligt op toepassingen die een hoge toegevoegde waarde leveren. Om die reden wordt het gebruik van planten voor energie, bijvoorbeeld voor de bereiding van ethanol of dieseladditieven, niet beschreven. Een ander accent is het gebruik van planten als chemisch intermediair. Daarom komt het gebruik van planten als grondstof voor fermentatie niet in het boek voor.

Er is een beperkte keuze gemaakt uit plantaardige produkten. Belangrijke produkten zoals hout en eiwitten ontbreken.

Opbouw van de publikatie

Hoofdstuk 2 opent met een overzicht van de voordelen die plantaardige grondstoffen qua 'performance' zouden kunnen bieden. Hoofdstuk 8 komt hierop terug met een industriële waardering van deze voordelen en een beschouwing over de belemmerende en bevorderende factoren – nu en in de toekomst – voor het industriële gebruik van plantaardige grondstoffen.

De tussenliggende hoofdstukken geven voorbeelden van dit gebruik.

In hoofdstuk 3 wordt produktie met plantecellen behandeld. De produktie van stoffen met plantecellen heeft een aantal voordelen boven de produktie uit planten. Produktie met plantecellen vindt plaats in reactoren, onafhankelijk van bodem, klimaat, ziekteverwekkers e.d. Bovendien is deze produktie gedurende het hele jaar mogelijk, onafhankelijk van seizoenen.

Hoofdstuk 4 behandelt genetisch gemodificeerde planten. De biotechnologie biedt de mogelijkheid planten zodanig genetisch te veranderen dat zij lichaamsvreemde stoffen gaan produceren. Het voorbeeld op dit gebied is de produktie door aardappelen van menselijk serumalbumine.

In de hoofdstukken 5, 6 en 7 komen produkten uit planten aan de orde, achtereenvolgens:

- plantaardige vezels in textiel en in bouwmaterialen;
- oliën en vetten in cosmetica, in oppervlakte-actieve stoffen en in synthetische smeermiddelen;
- koolhydraten in oppervlakte actieve stoffen, in sequestreermiddelen voor wasmiddelen en in cyclodextrinen.

Bij al deze produktsoorten zouden de prijs en de 'performance' economische mogelijkheden op de markt kunnen bieden.

Hoofdstuk 9 behandelt de positie van de landbouw als potentiële leverancier van groene grondstoffen. Is zij daarvoor toegerust of zijn er veranderingen nodig in de structuur van de landbouw?

Hoofdstuk 10 vat het voorgaande samen en geeft conclusies en aanbevelingen over de verzamelde kennis.



2. Waarom plantaardige grondstoffen voor de industrie?

prof.dr.ir. W.J. Beek

2.1 DE PLANTAARDIGE GRONDSTOF

Inleiding

Planten zijn opgebouwd uit koolhydraten (zoals cellulose en zetmeel), eiwitten en vetten. Deze stoffen komen in alle planten voor. Zij worden gevormd via het primaire metabolisme en maken samen het merendeel van de plant uit.

Een plant heeft ook een secundair metabolisme. Dit produceert stoffen die niet rechtstreeks voor de bouw en de voortplanting van de plant nodig zijn. Zij zijn voor elke plant specifiek. Vaak dienen dergelijke stoffen als bescherming tegen aanvalers of als lokmiddelen voor insecten. De kleuren van bloemen worden via het secundaire metabolisme geproduceerd, maar ook alkaloiden als morfine, cafeïne en nicotine. Sommige koolhydraten, vetten of eiwitten zijn uniek voor een bepaalde soort planten en worden door het secundaire metabolisme van die soort geproduceerd. Secundaire metabolieten komen meestal in kleine hoeveelheden voor. Zij worden door de mens gebruikt voor medicijnen en als geur- en smaakstoffen.

Gewassen bestaan, op een enkele uitzondering na, voor meer dan 60% uit koolhydraten. Bestanddelen zoals zaden, bladeren, stengels en wortels kunnen een hoger gehalte aan vet en eiwit bevatten dan de hele plant. De bestanddelen van een plant hebben elk hun eigen, van de andere delen vrijwel afgesloten enzymstelsel. Uitwisseling van voedingsstoffen tussen de delen vindt plaats in de vorm van vrij eenvoudige moleculen, namelijk sacchariden (C_3 -, C_4 - of C_6 -eenheden).

Hieruit kan het volgende worden geconcludeerd:

- Bij iedere gebruik van de plant moet het koolhydraat economisch worden aangewend, ook als het niet het hoofdprodukt is. En zelfs dan ondervinden bijvoorbeeld olieproducenten, die oliezaden persen en als producten olie en oliemeel winnen, het probleem van de zogenaamde 'dancing crushing margin'. Deze dansende persmarge ontstaat omdat olie en oliemeel onafhankelijk van elkaar prijs houden. In een goed jaar leveren olie en oliemeel beide een goede prijs, in een slecht jaar leveren geen van beide een goede prijs. Dit fenomeen blijkt elke industriële toepassing van plantaardige grondstoffen te belasten waarvoor niet (vrijwel) de hele plant wordt gebruikt.
- Specifieke stoffen, zoals stereospecifieke of biologisch actieve dan wel oppervlakte-actieve, kunnen slechts worden gewonnen uit specifieke delen van de plant.

De huidige stand van de kennis

Tot voor kort vond men plantaardige koolhydraten bewerkelijke en dure grondstoffen. Slechts met hoge investeringen in onderzoek en ontwikkeling waren daaruit producten met specificatie te maken en dan nog voor in volume zeer beperkte markten [1]. Een gevolg daarvan was dat de chemie van de vijf- en zesringen die bij deze koolhydraten hoort, achterbleef bij die van de zesringen van de aromaten die bij de petrochemie horen.

Cellulose, het materiaal dat structuur aan planten geeft en zetmeel, dat de energie-reserve van planten is, zijn op elkaar lijkende stoffen die echter in stereochemie zo sterk verschillen dat hun fysische eigenschappen ver uiteenliggen (zie tabel 2.1).

	Cellulose	Zetmeel
chemie	(1-4) β -d-glucan	(1-4) α -d-glucan
ketenstructuur	lineair	ook vertakt
moleculair gewicht	$>10^4$	$>3 \times 10^4$
oplosbaarheid in warm water	zeer slecht	goed
smeltpunt	400 °C	200 °C
kristalliniteit	70-80%	40-50%
morfologie	vezel	korrel

Tabel 2.1 De fysische eigenschappen van cellulose en zetmeel

Recent is bij polymere koolhydraten veel vooruitgang geboekt in het berekenen van de hoeken tussen de glycosidebrug en de twee door die brug verbonden ringen in een configuratie van minimale energie. Aldus is iets te zeggen over de afmetingen (diameter en spoed) van de helices waarin macromoleculaire koolhydraten uitkristalliseren. Omdat polysacchariden uit de celwanden van de plant onoplosbaar in water moeten zijn om hun functie in de plant te kunnen uitoefenen, kristalliseren zij tijdens hun polymerisatie. Zij hebben dus een nuchtere (nascente) morfologie die, meer dan de kristallisatiegraad, bepaalt in welke mate deze biomassa te gebruiken is. Dit betekent bijvoorbeeld dat het verband tussen kristalliniteit en de mogelijkheid tot zure hydrolyse goed bekend is [2]. Het inzicht in bouw, structuur en textuur van polymere koolhydraten is dus toegenomen. De kennis over de selectieve, (bio-)chemische synthese van polymere koolhydraten en over nieuwe, selectieve, maar nog dure scheidingen van zulke chemisch nauwverwante stoffen is gegroeid. Of met de koolhydraatchemie een polymere structuur kan worden vertaald in haar functionele eigenschappen, is de vraag. De analysetechnieken daarvoor zijn nu voorhanden. Ook de kennis van de hydrocolloïdale eigenschappen van natuurlijke polysacchariden is sterk toegenomen, maar de kennis over de biologische functies van bijvoorbeeld glycoproteïnen en glycolipiden is nog zeer fragmentarisch.

De conclusie is dat de afzetmarkten voor economisch rendabele koolhydraten en specifieke meerwaardige producten uit de plant nog onduidelijk zijn, maar dat deze

afzetmarkten economisch wel nodig zijn. Uitzonderingen hierop zijn het gebruik van plantaardige vezels en zetmeel-, suiker- en celluloseprodukten als hoofdprodukten.

Een optie om dit dilemma te ontgaan, is de partiële oxidatie of hydrogenering van koolhydraten, teneinde deze om te bouwen tot moleculen met hogere zuurstof/koolstof- of waterstof/koolstofverhoudingen met minder traditionele structuren. Behalve ethanol (geen economische optie) en citroenzuur, kunnen zo furfural, sorbitol en mannitol (wellicht weldra wel economisch) als basisgrondstoffen in een 'groene kraker' worden gewonnen. Een deel van het produkt uit deze kraker kan verder economisch worden gebruikt als basis voor het met fermentatie relatief eenvoudig te bereiden poly-L-lactaat en poly- β -hydroxybutyraat. Het laatste is een isotactisch polyester, dat als zodanig en als monomeer een aantal afzetmarkten bestrijkt.

In het algemeen zal de interesse voor polymeren uit monomeren die zelf een fysiologische werking tonen, toenemen.

2.2 MOGELIJKHEDEN VOOR GEBRUIK VAN PLANTEN

Redenerend langs de lijnen van de in 2.1 genoemde kennis, zijn vier opties voor industrieel gebruik van planten te schetsen [3-8]:

Gebruik van de hele plant

- energiebron;
- veevoer.

Gebruik van vrijwel de hele plant

- fermentatieprocessen;
- omzetting tot basischemicaliën.

Oogst van specifiek macromoleculair produkt

- eiwit;
- vet, olie;
- vertakt en onvertakt koolhydraat;
- glycoproteïnen, lipoproteïnen;
- lectinen.

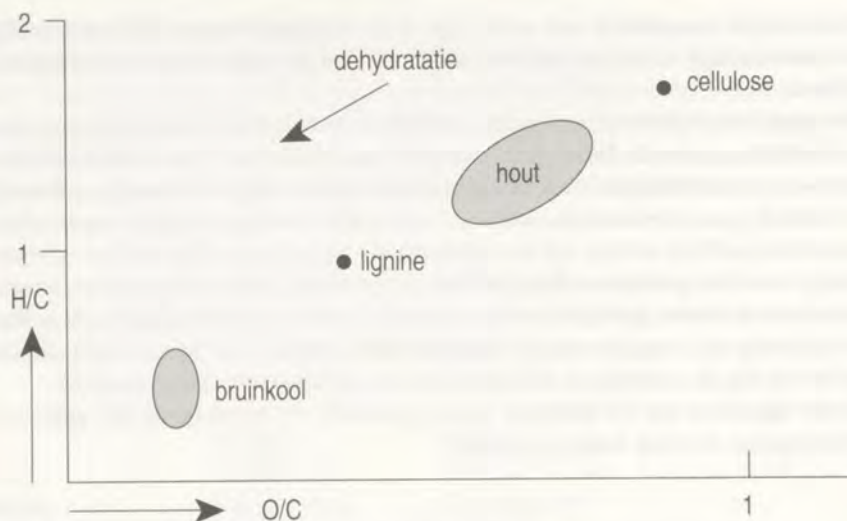
Levende plant voor specifieke produktie

- terpenen;
- alkaloiden, steroïden.

Gebruik van de hele plant

Het gebruik van de hele plant als energiegewas of als veevoeder biedt weinig toegevoegde waarde [9]. Voor een energiegewas, zoals hout, is er geen passende techniek om celwandmateriaal zodanig te decarboxyleren en te dehydrateren dat de kwaliteit van bruinkool wordt benaderd (zie afb. 2.1).

De nuchtere (nascente) morfologie van celwandmateriaal hindert de toegankelijkheid van dieper gelegen microfibrillaire oppervlakken, zodat dit materiaal niet goed



Afb. 2.1 Is er technisch ruimte voor een energiegewas?

te dehydrateren is en ook niet voor andere doeleinden (zoals veevoer) goed kan worden ontsloten [10]. Dit is slechts gelukt voor toevoegingen aan kalvermelk op basis van graanstro. Hiertoe is het nodig dat het per volume-eenheid toegankelijke vezeloppervlak met een factor 10^4 toeneemt en het is nog de vraag of zulk een doorbraak tot een ontsluitbaar skelet te bereiken is via veredeling en genetische modificatie. Bosbouwlanden werken daar aan, ook omdat het kunnen splitsen van hout in zijn drie basisbestanddelen, hemicellulose, cellulose en lignine, de essentiële, nog missende stap is voor een flexibele procesindustrie op basis van hout.

Gaat men niet uit van celwandmateriaal, maar van reserves in de plant (zoals zetmeel), dan kan men de grove analyse van Heichel [9, 11] volgen om na te gaan bij welke prijs van energie de landbouwer een te voren vastgesteld bedrijfsinkomen kan behalen. Dit is weergegeven in tabel 2.2.

Duidelijk is het verschil te zien tussen C4-gewas, waarin het eerste produkt van fotosynthese een molecuule met vier koolstofatomen is (voornamelijk gewas in (sub-)tropische streken, zoals maïs, sorghum, suikerriet, eucalyptus) en C3-gewas (voornamelijk in gematigde klimaten, zoals haver, tarwe en suikerbiet).

Ter illustratie wordt in tabel 2.2 de maïsbouw van 1970 vergeleken met die van 1915, zodat de sterke toename in produktiviteit van land en landarbeid duidelijk wordt.

Bij vergelijking met de huidige prijs van ruwe aardolie van ongeveer 40 US\$ per 10^{10} Joule, wordt duidelijk dat subtropische energiegewassen veel eerder economisch haalbaar zullen worden dan landbouwgewassen uit gematigde streken.

	C4		C3			
	Maïs		Sorghum		Soja	Haver
	1915	1970				
opbrengst [10 ¹⁰ J/hectare]	7,5	22	14		8	5,5
input [10 ¹⁰ J/hectare]	1,5	5	2,5		3	2,5
factor opbrengst/input	5	4,4	5,6		2,7	2,2
arbeid [man/hectare]	1/7	1/20	1/40		1/30	1/40
netto-opbrengst [10 ¹⁰ J/manjaar]	42	340	460		150	120
inkomen* [US\$/manjaar]	1.350	16.000	16.000		16.000	16.000
energieprijs [US\$/10 ¹⁰ J]	30	50	45		137	175
ruwe aardolie [US\$/10 ¹⁰ J]			40		40	

* bedrijfsinkomen, exclusief input

Bron: [9, 11]

Tabel 2.2 De economie van energiegewassen

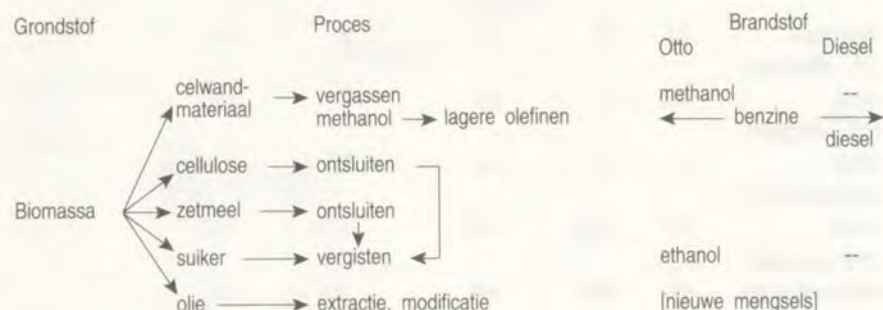
In het algemeen kan men stellen dat, waar dit politiek mogelijk is, energiegewassen een kans maken als zij minstens vijf keer zoveel energie opleveren als er wordt ingestoken [8]. In gematigde streken als Nederland heeft dan hennep als eerste een kans als energiegewas (zie tabel 2.3).

	Gewas	Opbrengst/input
cellulose	hennep	6
	hout	5
	(riet)	(5)
suiker	biet	4,5
	aardpeer (+ stro)	3,5
zetmeel	aardappel	2,5
	tarwe	2,5
groene massa	gras, hooi	1,5-2,5
olie	koolzaad	1,5

Tabel 2.3 Een Nederlands energiegewas?

Gebruik van vrijwel de hele plant

De tweede mogelijkheid is het gebruik van vrijwel de hele plant in een groene kraker die vooral partieel oxideert, meestal door fermentatie. Deze optie is nog ver weg. In afb. 2.2 wordt deze optie weergegeven.



Afb. 2.2 De 'groene kraker'?

De meeste essentiële processtappen worden nog onvoldoende beheerst. Alleen het vergisten van suikers en het extraheren en modificeren van oliën zijn goed bekende technieken. Bovendien bleek uit tabel 2.2 dat de prijs van ruwe aardolie ongeveer vier keer zo hoog moet worden als de huidige, wil een groene kraker voor brandstof of bulkchemicaliën lonend kunnen zijn.

Oogst van specifiek macromoleculair produkt

Voor de derde mogelijkheid, het winnen van specifieke macromoleculaire producten uit oogst, geeft tabel 2.4 een samenvattend overzicht.

De mogelijkheden voor plantaardige grondstoffen liggen in speciale toepassingen die een meerprijs kunnen dragen. Actuele voorbeelden daarvan zijn de emulgatoren centinol voor de bereiding van margarine en cetinine voor de bereiding van chocolade. Beide zijn te winnen uit soja-lecithine, maar het is nog wel een kunst deze emulgatoren in een constante kwaliteit te leveren.

In hoofdstuk 5, 6 en 7 wordt een aantal voorbeelden van dit gebruik van planten gepresenteerd.

Levende plant voor specifieke produktie

Tenslotte kan men uit sap, blad, zaad, vrucht of ademhaling van de levende plant specifieke grondstoffen winnen (zie tabel 2.5). Er zijn legio ideeën geopperd, maar geen enkel is economisch zeer aantrekkelijk of van een dringende noodzaak. Bedrijven die hierin pionieren, zoals Plant Genetics Systems (te Gent) of Mogen (te Leiden), leveren dan ook een gevecht om te overleven.

Specifieke eigenschap	Produkt	Tussenstof	Grondstof c.q. specificatie
hechting	gom, lijm voor papier/ kunsthars	suiker, hogere alcohol	zetmeel
↑			
oppervlakte-actief	appret		
↓			
emulgator	verf, lak, drukinkt wasmiddel voeding cosmetica	aldehyde, carbonzuur ester, ether, alcohol	$C(H_2O), M > 10^3$ $C(H_2O), M > 10^5$ $C(H_2O), M > 10^5$ $C(H_2O), M > 10^6$
biostatisch	conserveermiddel voor voeding	hydroxyzuur	disacchariden
viscositeit	verdikkingsmiddelen: xanthaangom en alginat (smeer-)olie	olie, vet olie, vet	zaden
sterkte	textielvezel vezel in composieten	celwandmateriaal celwandmateriaal	vezelgewas

Tabel 2.4 Specifieke macromoleculaire producten uit oogst

Grondstof	Mogelijkheid
vertakte en onvertakte koolhydraten	- structuur bekend, maar relatie tot functie niet - scheiden is duur (celwandmateriaal)
eiwitten	- de voeding heeft geen tekort aan enig aminozuur - mogelijk medicinale peptiden, bijvoorbeeld uit koolzaad - mogelijk serumalbumine uit brouwerij
glyco- en lipoproteïnen	- ja, smaakstoffen - ja, binding aan membranen - opwerking duur (celwandmateriaal)
lectinen	- ja, binding
terpenen	- nog onbekend

Tabel 2.5 Winning uit de levende plant

Biotechnische productie in levende planten of plantecellen ligt nog ver weg. In hoofdstuk 3 en 4 worden deze mogelijkheden geschetst.

2.3 ARGUMENTEN VOOR GROENE INDUSTRIËLE GRONDSTOFFEN

Bij een mondiaal georiënteerde procesindustrie, die mikt op toegevoegde waarde voor individuele klanten en dus op onderzoek naar toepassingen, flexibiliteit in specificatie en prompte levering, is het de vraag hoe voortbrenging door de bulklandbouw – al dan niet van eigen bodem – zijn rentree in de industriële sector kan maken.

Argumenten

Er zijn argumenten aan te voeren voor het gebruik van plantaardige grondstoffen door de industrie. Deze argumenten bestrijken de *prestatie* ('performance') van de aldus te verkrijgen produkten, de voordelen van een (biotechnische) *synthese* van produkten uit planten en de bijdrage daarvan in het gesloten houden van *kringloop-systemen*. De argumenten zijn:

Prestatie ('performance')

- leveren stereo-specificiteit;
- daarmee structuur en textuur;
- daarmee specifieke produkteigenschappen.

Synthese

- de gewenste moleculaire structuur is vèrgeand aanwezig;
- biotechnische produktie in levende planten of plantecellen is mogelijk ('flow'-processen).

Kringlopen sluiten

- de grondstoffen zijn afbreekbaar en in kringlopen te onderhouden.

In de hoofdstukken 8 en 9 wordt hierop teruggekomen met een behandeling van deze argumenten vanuit de industrie, resp. de landbouw.

In de tussenliggende hoofdstukken komen de argumenten vóór en tegen het gebruik van plantaardige produkten als industriële grondstof aan bod.



3. Produkten uit plantecellen

prof.dr. R. Verpoorte

In dit hoofdstuk worden de mogelijkheden geschetst van de productie van secundaire metabolieten met plantecellen. Eerst wordt aangegeven wat secundaire metabolieten zijn en welke betekenis zij hebben. Daarna wordt aangegeven hoe de productie van metabolieten in planten en plantecellen kan worden beïnvloed. Tot slot worden de mogelijkheden beschreven van het introduceren van nieuwe secundaire metabolieten in planten en plantecellen.

3.1 SECUNDAIRE METABOLIETEN

Inleiding

Planten produceren een grote verscheidenheid aan secundaire metabolieten. Dit zijn stoffen die niet van belang zijn voor het primaire metabolisme van de cel, maar wel een belangrijke rol spelen in de overlevingskansen van de plant. Planten zijn plaatsgebonden en moeten zich door mechanische of chemische afweersystemen beschermen tegen allerlei predatoren. Ook in de strijd tegen micro-organismen worden secundaire metabolieten gebruikt, de zogenaamde fytoalexinen. Verder spelen secundaire metabolieten indirect een belangrijke rol in de voortplanting, vooral bij het aantrekken van insecten voor de bestuiving. De kleuren en geuren van bloemen zijn mogelijk het meest sprekende voorbeeld van de verscheidenheid aan secundaire metabolieten die planten kunnen produceren.

Gebruik door de mens

Van oudsher heeft de mens gebruik gemaakt van de vaak sterke biologische activiteit van secundaire metabolieten uit planten. Men bereidde uit planten onder andere pijlpuntvergift, geneesmiddelen, conserveermiddelen, reuk- en smaakstoffen en insecticiden.

De moderne wetenschap heeft uit een aantal traditionele medicinale toepassingen van secundaire metabolieten nieuwe geneesmiddelen ontwikkeld. Ongeveer 25% van de in de westerse geneeskunst gebruikte geneesmiddelen is rechtstreeks afkomstig van planten. Vele andere geneesmiddelen zijn gemodelleerd naar natuurlijke stoffen [12]. Aan slechts hooguit 5% procent van alle 250.000 tot 500.000 verschillende plantesoorten is enig onderzoek verricht. De meeste medicinale planten die uitgebreid over heel de wereld worden toegepast, zijn zelfs nog niet op hun werking onderzocht. Er liggen hier dan ook nog aanzienlijke mogelijkheden. Farnsworth noemde het plantenrijk dan ook de 'sleeping giant of drug development' [12]. Verder onderzoek op dit gebied is van groot belang, al was het alleen maar omdat volgens een schatting van de Wereld Gezondheids Organisatie 70 à 80% van de

wereldbevolking voor de eerstelijns gezondheidszorg afhankelijk is van de traditionele geneesmiddelen.

Een recent voorbeeld van de potentie van onderzoek naar traditionele geneesmiddelen is de ontwikkeling van een totaal nieuwe stof tegen malaria (inclusief de resistente vormen) uit een traditioneel Chinees geneesmiddel (artemisinine, ook wel qinghaosu genoemd) [13].

Ook bij de bereiding van voedsel spelen secundaire plantestoffen een belangrijke rol. Kruiden zijn niet alleen van belang voor de smaak van het voedsel, maar hebben ook vaak een conserverende werking door antimicrobiële activiteit. Dit laatste is een eigenschap die eigenlijk weinig in de moderne voedingsmiddelenindustrie wordt gebruikt. Wel worden plantaardige anti-oxidantia in voedingsmiddelen toegepast. De reuk- en smaakstoffen uit planten zijn uit industrieel oogpunt van groot belang. Het kunnen complexe mengsels van natuurlijke stoffen zijn, zoals de etherische oliën die bij de bereiding van parfum worden toegepast, maar het kunnen ook zuivere natuurlijke stoffen zijn, zoals bijvoorbeeld capsaïcine (de stof verantwoordelijk voor de hete smaak van de chili-peper).

Nieuwe mogelijkheden voor de toepassing van natuurlijke stoffen komen de laatste jaren vooral ook uit de landbouwchemie [14-18]. Het zoeken naar minder schadelijke gewasbeschermingsmiddelen heeft de interesse in de natuurlijke afweersystemen van de plant doen toenemen. Kennis van deze systemen kan bijvoorbeeld leiden tot nieuwe strategieën voor de bestrijding van vraat door insecten en andere roofdieren. Het gebruik van lokstoffen, wekstoffen of gifstoffen kan in dit verband worden genoemd.

Chemie van natuurlijke stoffen

De chemie van natuurlijke stoffen is zeer gevarieerd. In tabel 3.1 is een overzicht gegeven van de belangrijkste klassen, met daarbij de aantallen stoffen die eind 1985 in de gegevensbank NAPRALERT waren opgenomen. In deze gegevensbank is alle literatuur opgeslagen over de isolatie en de identificatie van natuurlijke stoffen, hun biologische activiteit en hun botanische gegevens.

Het aantal bekende natuurlijke stoffen nadert dus de honderdduizend. Jaarlijks worden ongeveer drieduizend nieuwe structuren gepubliceerd. Ongeveer 80% daarvan is afkomstig uit hogere planten. Van de nieuwe stoffen die uit planten werden geïsoleerd, werd in 1985 echter nog geen 10% op één of meer biologische activiteiten onderzocht. Bij de stoffen die uit micro-organismen werden geïsoleerd, was dat daarentegen 56%. Stoffen uit planten krijgen tot nu toe dus duidelijk minder aandacht dan die uit micro-organismen.

Ondanks de grote verscheidenheid van structuren, zijn de secundaire plantestoffen alle afgeleid van slechts enkele zogenaamde 'precursors' (voorlopers, basisstoffen waarvan andere stoffen zijn afgeleid). Acetaat (C₂-eenheid), isopentenylpyrofosfaat (C₅-eenheid) en fenyylalanine/tyrosine (C₉- of fenyylpropan-eenheid) zijn daarbij de belangrijkste bouwstenen. Daarnaast zijn er enkele aminozuren (bijvoorbeeld tryptofaan, lysine, ornithine) die in verschillende alkaloiden worden ingebouwd.

Natuurlijke stoffen	Aantal
<i>terpenen, waaronder:</i>	
monoterpenen	3.437
sesquiterpenen	11.019
diterpenen	6.812
triterpenen	6.284
steroïden	3.003
cardenoliden	959
carotenoïden	588
totaal	33.394
<i>alkaloïden, waaronder:</i>	
indool	4.125
isochinoline	4.045
chinoline	718
diterpeen	642
chinolizidine	571
pyrrolizidine	562
steroid	440
tropane	300
totaal	15.947
<i>andere natuurlijke stoffen, waaronder:</i>	
flavonoïden	8.988
benzenoïden (incl. tannines)	3.939
lignanen	2.842
coumarinen	2.053
suikers	1.836
Totaal natuurlijke stoffen	88.114

Bron:

[Farnsworth, persoonlijke mededeling]

Tabel 3.1 De natuurlijke stoffen die op 25 oktober 1985 in NAPRALERT waren ingevoerd

De biosynthese van de belangrijkste natuurlijke stoffen is onderzocht door planten te voeden met diverse radioactief gelabelde intermediaire stoffen. Door het lot van de radioactieve atomen na te gaan, kan men de wegen leren kennen waarlangs de biosynthese verloopt.

Slechts weinig biosynthesewegen zijn onderzocht op het niveau van enzymen. Aan de biosynthese van flavonoïde, uitgaande van fenylalanine, is waarschijnlijk het meeste onderzoek gedaan. Diverse enzymen van deze biosyntheseweg zijn geïsoleerd en gekarakteriseerd. Deze enzymen spelen onder andere een rol in de productie van fytoalexinen in de peterselie en de boon [19]. Voor enkele van deze enzymen zijn ook de genen gekloneerd. Het beschikbaar komen van deze genen heeft de weg geopend naar de genetische modificatie van petunia's teneinde de bloemkleur te

veranderen [20, 21]. Ook van enkele farmaceutisch belangrijke isochinoline alkaloiden [22] en indoolalkaloïden [23] is inmiddels een groot aantal stappen van de biosynthese op het niveau van enzymen gekarakteriseerd en zijn ook al de eerste genen gekloneerd [24-27].

Ondanks deze inspanningen is de kennis van de rol en de regulatie van het secundaire metabolisme nog zeer fragmentarisch.

Gezien het hiervoor geschilderde belang van een groot aantal secundaire plantestoffen, zal het duidelijk zijn dat met de hedendaagse biotechnologie ook secundaire metabolieten een belangrijk punt van aandacht werden.

Men kan twee hoofdlijnen onderscheiden:

- productie van secundaire metabolieten langs biotechnische weg;
- verandering van het secundaire metabolisme in intacte planten.

Bij de eerste mogelijkheid staat de economische waarde van de secundaire metabolieten zelf voorop.

De tweede mogelijkheid heeft tot doel de plant een meerwaarde te geven. Dit kan bijvoorbeeld door een nieuwe bloemkleur, een verbeterde resistentie, of (voor planten die in onze voeding een rol spelen) een andere smaak. Ook de productie van secundaire metabolieten kan daarbij het doel zijn.

3.2 BIOTECHNISCHE PRODUKTIE VAN SECUNDAIRE METABOLIETEN

Waarom?

Waarom zou men secundaire metabolieten langs biotechnische weg willen produceren in plaats van langs de huidige weg door isolatie uit planten?

Er zijn twee belangrijke redenen:

- De plant maakt de gewenste stof slechts in kleine hoeveelheden. Zo komen de alkaloiden vinblastine en vincristine (belangrijke geneesmiddelen voor een aantal vormen van kanker) slechts in zeer kleine hoeveelheden en in een complex mengsel met vele andere stoffen voor in de bladeren van de *Catharanthus roseus* (maagdenpalm). Deze stoffen zijn moeilijk te isoleren en zijn daarom **zeer duur** (zie tabel 3.2).
- De plant die de gewenste stof levert, is moeilijk te verbouwen of **groeit langzaam**. De kina-boom, waarvan de bast wordt gebruikt voor de extractie van de alkaloiden kinine en kinidine, is pas na ongeveer tien jaar oogstrijp. Het is dus moeilijk op de vraag uit de markt in te spelen. Bovendien **groeit de kina-boom** in politiek weinig stabiele gebieden (onder andere Midden-Amerika en Centraal-Afrika). Voor planten die niet te verbouwen zijn, **bestaat het risico** dat onbeperkt verzamelen tot uitroeiing leidt. Dit is bijvoorbeeld **gebeurd** met een Mexicaanse *Dioscorea*-soort, een plant die voor de extractie van diosgenine (basis voor de semi-synthese van een breed scala farmaceutisch belangrijke steroïden) werd gebruikt.

Hoe?

De biotechnische produktie van secundaire metabolieten kan langs diverse wegen plaatsvinden:

- produktie door een genetisch gemodificeerd micro-organisme;
- produktie met een plantecelculture;
- produktie door bioconversie van goedkope precursors, waarbij zowel micro-organismen, als plantecellen en geïsoleerde enzymen tot de mogelijkheden behoren.

Welke mogelijkheden bieden deze drie wegen?

Produktie door micro-organismen

Het is tegenwoordig mogelijk micro-organismen genetisch te modificeren. Om een secundaire metaboliet door een micro-organisme te laten maken, is het noodzakelijk de gehele biosyntheseweg van de plant over te brengen naar een geschikt micro-organisme. De meeste secundaire metabolieten uit planten kennen een lange biosyntheseweg met een groot aantal (10 à 20) enzymatisch gekatalyseerde reacties. Vaak treedt daarbij compartimentalisatie op, dat wil zeggen: de verschillende stappen van de biosynthese vinden in verschillende compartimenten van de cel plaats, soms zelfs in verschillende cellen (weefsels) van de plant. Voor een dergelijke biosyntheseweg is dan ook een aantal verschillende genen verantwoordelijk. Het introduceren van een biosyntheseweg van een plant in een micro-organisme stuit daardoor op de volgende problemen:

- men moet diverse genen tot expressie brengen in een micro-organisme;
- men moet alle genen die verantwoordelijk zijn voor de enzymen uit de biosyntheseweg beschikbaar hebben.

Met de huidige kennis is het niet mogelijk micro-organismen secundaire plantestoffen te laten maken. Het is alleen haalbaar bij stoffen waarbij slechts één of twee stappen nodig zijn om van een beschikbare precursor tot de gewenste stof te komen.

Produktie met plantecelcultures

Voor de produktie van secundaire metabolieten ligt het meer voor de hand gebruik te maken van de totipotentie van de plantecel. Totipotentie wil zeggen dat iedere plantecel de genetische informatie in zich draagt voor alle functies van de plant. Uit iedere plantecel valt in principe een hele plant te regenereren. Dus is ook alle genetische informatie voor de biosynthese van een secundaire metaboliet in iedere plantecel aanwezig. Door het kweken van plantecellen op grote schaal zou men secundaire metabolieten kunnen produceren, analoog aan de produktie van antibiotica door micro-organismen in grote fermentoren.

Technisch mogelijk?

Is het technisch mogelijk plantecellen op grote schaal te kweken? In het laboratorium worden plantecellen veelal gekweekt in kolven, maar de stap naar een bioreactor blijkt vaak een probleem.

Als een van de belangrijkste redenen van de slechte groei van plantecellen in bioreactoren wordt meestal de gevoeligheid voor afschuifkrachten genoemd. In grote geroerde vaten zouden de plantecellen door de afschuifkrachten beschadigen en daardoor zou de groei worden geremd.

Produkt	Plant	Prijs DM/gram	Productie door celcultures	
			Bron	Opbrengst
Alkaloïden				
Ajmalicine	<i>Catharanthus roseus</i>	56,-	<i>C. roseus</i> SC	0,2 g/l
Vinblastine	" "	15.800,-	" ShC	sporen
Vincristine	" "	37.800,-	" IShC	sporen
Ajmaline	<i>Rauvolfia</i> species	15,50	<i>Rauvolfia</i> SC	0,04 g/l
Reserpine	" "	12,50	" SC	0,002 g/l
Rescinnamine	" "	27,50	geen gegevens	
Vincamine	<i>Vinca</i> species	29,50	<i>Vinca minor</i> SC	3,3 g/l
Strychnine	<i>Strychnos</i> species	1,45	-	
Brucine	" "	1,50	-	
Yohimbine	<i>Rauvolfia</i> species	6,50	-	
	<i>Corynanthe</i> species			
Coronaridine	<i>Tabernaemontana</i> species	980,-	<i>T. species</i> SC	sporen
Kinine	<i>Cinchona</i> species	0,75	<i>Cinchona</i> SC	sporen
Kinidine	" "	1,40	" SC	"
Ellipticine	<i>Ochrosia elliptica</i>	3.940,-	<i>O. elliptica</i> SC	0,005% DW
10-hydroxyellipticine	" "	4.680,-		
Camptothecine	<i>Camptotheca acuminata</i>	720,-	<i>C. acuminata</i> SC	0,00025% DW
Emetine	<i>Cephaelis ipecacuanha</i>	39,50	<i>Cephaelis</i> RC	0,3-0,5% DW
Fyosostigmine	<i>Physostigma venenosum</i>	79,-	-	
Pilocarpine	<i>Pilocarpus</i> <i>microphyllus</i>	25,50	-	
Cafeïne	<i>Coffea, Thea</i>	0,12	<i>Coffea</i> SC	0,48 g/l
Theobromine	<i>Theobroma</i>	0,95	<i>Coffea</i> SC	
Atropine	<i>Atropa belladonna</i>	5,20	<i>Atropa</i> HR	0,1-0,2g/l
	<i>Datura</i> species		<i>Datura</i> HR	0,1-0,2g/l
	<i>Hyoscyamus</i> species			
Scopolamine	<i>Duboisia</i> species	26,-	<i>Duboisia</i> HR	0,08 g/l
	<i>Hyoscyamus</i> species		<i>Hyoscyamus</i> HR	0,4% DW
Cocaïne	<i>Erythroxylum coca</i>	17,-		
Berberine	<i>Coptis japonica</i>	16,50	<i>C. japonica</i> SC	7 g/l
	<i>Berberis</i>		<i>Thalictrum</i> SC	0,87 g/l
Sanguinarine	<i>Eschscholtzia</i>	72,-	<i>Eschscholtzia</i> SC	0,16 g/l
	<i>Papaver</i>		<i>Papaver</i> SC	0,25 g/l
Berbamine	<i>Menispermaceae</i>	265,-	<i>Stephania</i> RC	0,55%
Tubocurarine	<i>Chondrodendron</i> <i>tomentosum</i>	126,-	-	
Papaverine	<i>Papaver somniferum</i>	0,43	<i>P. somniferum</i>	sporen
Noscapine	" "	13,50	" SC	"
Narceïne	" "	16,-	" SC	"
Morfine	" "	510,-	" SC	"
Codeïne	" "	25,50	" SC	"
Nicotine	<i>Nicotiana</i> species	1,55	<i>Nicotiana</i> SC	0,36 g/l

Produkt	Plant	Prijs DM/gram	Productie door celcultures	
			Bron	Opbrengst
Colchicine	<i>Colchicum autumnale</i>	75,-	<i>C. autumnale</i> CC	0,0006%
Harringtonin	<i>Cephalotaxus harringtonia</i>	n.p.	<i>C. harringtonia</i> CC	sporen
Aconitine	<i>Aconitum</i> species	1.120,-	-	
Conessine	<i>Holarrhena antidyserterica</i>	n.p.	<i>Holarrhena</i> CC	0,001%
Solasodine	<i>Solanum</i> species	170,-	<i>Solanum</i> SC	0,01-1% DW
Niet alkaloïden				
Shikonine	<i>Lithospermum erythrorhizon</i>	n.p.	<i>L. erythrorhizon</i> SC	4 g/l
Rozemarijnzuur	<i>Coleus blumei</i>	630,-	<i>Coleus blumei</i> SC	5,6 g/l
	<i>Anchusa officinalis</i>		<i>Anchusa officinalis</i> SC	1,7 g/l
Anthrachinonen	o.a. <i>Rubia</i> , <i>Morinda</i> , <i>Galium</i> species	n.p.	<i>Morinda citrifolia</i> SC	2,5 g/l
Digoxine	<i>Digitalis</i> species	78,-	<i>Digitalis lanata</i> ShC	0,02 g/l
4-hydroxypodofyllotoxine		n.p.	<i>Linum flavum</i> SC	0,14 g/l
Diosgenine	<i>Dioscorea</i> species	14,-	<i>Dioscorea deltoidea</i> SC	0,23 g/l
n.p.:	geen prijs bekend	RC:	Wortelcultures	
p.c.t.c.:	plantecel- en weefselkweek	HR:	'Hairy root'-cultures	
CC:	Callus-culture	ShC:	Scheutcultures	
SC:	Celsuspensiecultures	DW:	Drooggewicht	

Tabel 3.2 Productie van een aantal farmaceutisch belangrijke stoffen in plantecelcultures en hun prijzen

Recent onderzoek heeft aangetoond dat deze gevoeligheid zeker niet voor alle celcultures geldt [28, 29]. De conclusie van dit onderzoek is dat plantecellen in het algemeen goed kunnen worden gekweekt in normale geroerde vaten. Zo zijn in Duitsland plantecellen gekweekt in geroerde fermentoren van 75 m³ [30]. De productie van shikonine, het eerste commerciële proces met plantecelcultures, vindt plaats in geroerde vaten [31]. Technisch is het dus mogelijk plantecellen op grote schaal te kweken.

Economisch haalbaar?

Is de productie van secundaire metabolieten uit plantecelcultures economisch haalbaar? Bij het Biotechnologie Delft Leiden (BDL)-project 'Plantecelbiotechnologie' is een kostprijs berekend aan de hand van een voorontwerp voor een fabriek voor plantecelproductie. Uitgaande van voorzichtige schattingen van groei en productie van 0,164, resp. 0,2 gram per liter, komt de kostprijs op bijna f 5.000 per kilogram, inclusief afschrijving op de bioreactoren, de kosten van de groei- en produktiemedia en de energiekosten. De belangrijkste kostenfactor is de afschrij-

ving op de bioreactor. De snelst groeiende plantecellen hebben een verdubbelings-tijd van 15 à 30 uur, dat is ongeveer 10 à 20 langer dan die van micro-organismen. Voor het kweken van biomassa is dus veel bioreactortijd nodig.

Om tot een economisch haalbaar systeem te komen, heeft men vooral geprobeerd de opbrengst van het gewenste produkt te verhogen. Enerzijds door het gehalte van de stof in de biomassa te verhogen (door uit te gaan van hoogproducerende cellijnen en door het optimaliseren van de groei- en produktimedia), anderzijds door de dichtheid van de biomassa te verhogen. Voor shikonine heeft men langs deze weg opbrengsten van 4 g/l weten te bereiken [31]. Voor het alkaloid berberine werd zelfs een produktie van 7 g/l bereikt, bij een dichtheid van de biomassa van 70 g/l [32]. In tabel 3.2 staan enkele voorbeelden van hoogproducerende celcultures. Ook zijn de prijzen van een aantal farmaceutisch belangrijke alkaloiden vermeld. De hoge prijzen van vinblastine en vincristine zijn voor een deel gevolg van schaarste: op het moment dat de aanvoer flink toeneemt, zullen deze prijzen dalen.

Dergelijke hoogproducerende cultures lijken goede mogelijkheden te bieden voor een commerciële produktie.

Toch zal het aantal toepassingen van industriële produktie door plantecellen in de nabije toekomst beperkt zijn. Dit komt vooral omdat een aantal interessante stoffen niet, of slechts in zeer lage concentraties in celcultures wordt geproduceerd. Voorbeelden zijn farmaceutisch belangrijke stoffen zoals tropaanalkaloiden (atropine en scopolamine), dimere indoolalkaloiden (vinblastine en vincristine), opiumalkaloiden (morfine en codeïne) en hartglycosiden (digoxine en digitoxine). Pogingen om door cellijnselectie en optimalisatie van de groeimedia de produktie te verhogen, waren bij deze stoffen niet succesvol.

Produktieverhoging

Dit heeft geleid tot de ontwikkeling van nieuwe strategieën om tot produktieverhoging te komen. Deze kunnen kort worden samengevat met inductie, differentiatie en moleculaire biologie.

Bij de *inductiemethode* wordt gebruik gemaakt van een natuurlijk inductiesysteem. Op infecties met micro-organismen reageren planten onder andere met de produktie van secundaire metabolieten die een antimicrobiële werking hebben (fytoalexinen). Een dergelijke inductie blijkt ook in plantecelcultures mogelijk door toevoeging van kleine hoeveelheden gehomogeniseerde en gesteriliseerde micro-organismen. Ook toevoeging van bepaalde zware metalen kan de biosynthese van fytoalexine induceren. Toevoeging van dergelijke stoffen (zogenaamde elicitoren) werkt slechts voor een beperkt aantal secundaire metabolieten. In tabel 3.3 zijn enkele voorbeelden gegeven.

Produkt	Plantesoort	Produktgehalte		Elicitor
		zonder inductie	met inductie	
Anthrachinonen	<i>Cinchona ledgeriana</i>	0,5%	1,5%	Phytophthora
Ursoliczuur-triterpenen	<i>Tabernaemontana</i> soorten	–	2% T	cellulase, <i>Candida</i>
Berberine	<i>Thalictrum rugosum</i>	0,5% (0,2 g/l)	4,5% (0,5 g/l)	gistextract
Gossypol	<i>Gossypium arboreum</i>	0,12%	0,27%	<i>Verticillium</i>
Sanguinarine	<i>Papaver somniferum</i>	sporen	2,9%	<i>Botrytis</i>
Ajmalicine	<i>Catharanthus roseus</i>	–	0,02%	<i>Sclerotinia</i> , <i>Verticillium</i> , <i>Pythium</i> , <i>Alternaria</i>
Tryptamine	idem	0,025%	0,15%	idem

Bron: [33]

Tabel 3.3 Voorbeelden van de inductie van secundaire metaboliëtoproduktie in plantecelcultures

Vaak worden ook zonder toevoeging van elicitoren hoge concentraties van secundaire metaboliëten in celcultures aangetroffen. Voorbeelden zijn anthrachinonen [34] en shikonine [31]. Het voordeel dat het gebruik van elicitoren toch biedt, is dat men het moment van produktie kan bepalen. Zo is voor het alkaloid sanguinarine een produktiesysteem beschreven, waarin met dezelfde biomassa in een celsuspensie-culture van *Papaver somniferum* een afwisselend proces van elicitatie en mediumverversing plaatsvindt [35]. Op deze wijze kan de economie van de produktie van dit alkaloid, dat interessant is als antimicrobieel middel in mondwassen, sterk worden verbeterd.

Het kweken van *gedifferentieerde weefsels* is een goede methode gebleken om produktie van bepaalde secundaire metaboliëten te bereiken. Men kan daarbij denken aan scheutcultures voor produkten die voornamelijk in het blad worden gevonden (bijv. vinblastine [36]) en wortelcultures voor secundaire metaboliëten die vooral in de wortel voorkomen (bijv. atropine en scopolamine [37]). Enkele voorbeelden zijn in tabel 3.4 aangegeven.

In een aantal gevallen heeft het kweken van cel-aggregaten tot de produktie van de gewenste metaboliëten geleid. Een voorbeeld hiervan zijn de cel-aggregaten van *Cinchona*, die in staat blijken kinine en kinidine te produceren [38].

Produkt	Plantesoort	Gehalte ¹⁾ in				
		Ongedifferentieerde cultures	Wortel-culture	'Hairy root'-culture	Scheut-culture	De plant
Atropine	<i>Duboisia myoporides</i>	—	0,005			0,01
Scopolamine		—	0,004			0,006
Atropine	<i>Scopolia japonica</i>			1,3		0,15
Scopolamine				0,5		0,16
Atropine	<i>Hyoscyamus muticus</i>	—		0,6		0,6
Atropine	<i>Duboisia leichhardtii</i>		0,53			
Scopolamine			1,16			
Atropine	<i>Atropa belladonna</i>	sporen	0,3			0,5
Thebaïne	<i>Papaver bracteatum</i>	sporen	0,03			
Codeïne en Thebaïne	<i>Papaver somniferum</i>				0,5	1,1
Vinblastine	<i>Catharanthus roseus</i>				0,01	0,21

1) gehalte op basis van drooggewicht

Tabel 3.4 Voorbeelden van de productie van secundaire metabolieten in gedifferentieerde celcultures

Bron: [33]

Een nadeel van gedifferentieerde celcultures is in het algemeen de lage groeisnelheid. Een belangrijke doorbraak in dit verband zijn de zogenaamde 'hairy root'-cultures [39]. Dit zijn wortelcultures, die worden verkregen door een plant te infecteren met *Agrobacterium rhizogenes*. Op de plaats van infectie ontstaat een woekering van wortels. Deze wortels kunnen in vitro verder worden gekweekt. Zij hebben een groeisnelheid die vergelijkbaar is met die in celsuspensiecultures. Door de differentiatie die in de cellen optreedt, vindt men in deze cultures echter dezelfde secundaire metabolieten als in de plant. Zo heeft men in 'hairy root'-cultures van verschillende Solanaceae-planten gehaltes van atropine en scopolamine kunnen aantonen van 1 à 3% op basis van drooggewicht. Dit zijn waarden die vergelijkbaar zijn met de intacte plant, in sommige gevallen iets hoger. Dit geeft dan ook direct de beperking aan van het systeem.

Voor planten die langzaam groeien, zoals de ginseng, die 5 à 6 jaar nodig heeft alvorens oogstrijp te zijn, bieden de 'hairy roots' interessante perspectieven. Ook voor een aantal plantewortels die in de voeding worden gebruikt, zoals gember en mierikswortel, lijken wortelcultures interessant. Voor de mierikswortel is ook de productie in vitro van peroxidase ('horseradish peroxidase') beschreven.

Het roeren van wortelcultures leidt tot beschadiging van de wortels, vorming van eeltweefsel en daarmee tot slechte groei en produktie. Voor het kweken van 'hairy roots' op grote schaal dienen daarom in de komende jaren nieuwe technieken te worden ontwikkeld. Omdat met de *Agrobacterium rhizogenes* ook andere genen in de 'hairy roots' kunnen worden gebracht, dus ook genen die betrokken zijn bij de biosynthese van secundaire metabolieten, liggen hier nog vele interessante mogelijkheden in het verschiet.

De meest fundamentele benadering, die tevens de meeste brede mogelijkheden voor uiteindelijke toepassingen biedt, is de *moleculair biologische*. Deze benadering heeft tot doel de regulatie van het metabolisme te leren kennen, om daarmee de genen te kunnen identificeren die een interessant doelwit zijn voor genetische modificatie (moleculaire veredeling, zie hoofdstuk 4).

Hierbij kan het om het *primaire* en om het *secundaire* metabolisme gaan. In hoofdstuk 4 wordt vooral het primaire metabolisme behandeld. In dit hoofdstuk is de benadering beperkt tot het secundaire metabolisme.

De moleculaire biologie beschikt over mogelijkheden nieuwe genen in een plant te brengen. Dit kunnen genen zijn die coderen voor een enzym dat van belang is voor het secundaire metabolisme, of het kunnen genen zijn met een 'antisense'-basevolgorde die de produktie van een enzym remmen.

Er zijn diverse moleculair-biologische mogelijkheden:

- het stimuleren van secundair metabolisme in plantecultures door het combineren van de betrokken genen met een andere promotor;
- de verhoging van de produktie van bepaalde enzymen door meer kopieën van het betrokken gen in de plant te brengen;
- het uitschakelen van concurrerende biosynthesewegen of van zijpaden van de gewenste biosyntheseweg;
- het toevoegen van bepaalde biosynthesestappen aan een plant die al een deel van de gewenste biosyntheseweg heeft.

Deze mogelijkheden gelden zowel voor de plant als voor de plantecultuur.

Om deze mogelijkheden te realiseren, moeten alle stappen op de biosyntheseweg bekend zijn, eerst op het niveau van de tussenstoffen en vervolgens op het niveau van de enzymen. Zijn de enzymen bekend, dan is het mogelijk de betrokken genen te isoleren. Met de verworven kennis van de regulatie op gen- en enzymniveau kan vervolgens de strategie worden uitgezet die leidt tot verhoogde produktie door genetische modificatie.

De hier beschreven benadering is arbeidsintensief. Men kan niet, zoals bij micro-organismen, gebruik maken van allerlei mutanten om de genen sneller in handen te krijgen. Het is echter een weg die reëel is; alle benodigde methoden zijn beschikbaar.

Het werk aan de genen voor de biosynthese van flavonoïde [19] en de toepassing daarvan bij het veranderen van bloemkleuren [20, 21] geven een duidelijk voorbeeld van de mogelijkheden.

Een ander voorbeeld is het werk aan de genen van de biosynthese van indoolalkaloiden. Een gen van één van de sleutel-enzymen is inmiddels tot expressie gebracht

in tabak en *Catharanthus roseus* [26, 27]. In beide gevallen leidde dit tot de productie van tryptamine, één van de precursors voor de biosynthese van indoolalkaloïden.

Nieuwe stoffen

Een verdere mogelijkheid van plantecelcultures ligt in de productie van nieuwe stoffen. Uit plantecelcultures is een groot aantal nieuwe stoffen geïsoleerd, stoffen die in de plant nog niet zijn gevonden [40]. Plantecelcultures blijken een interessante bron van nieuwe aanwijzingen voor biologisch actieve stoffen [41].

Productie door bioconversie

Voor de productie van secundaire metabolieten door bioconversie liggen er vele mogelijkheden. Meestal gaat het om reacties waarbij een of twee enzymen zijn betrokken.

Door hun complexe structuur is de chemische synthese van natuurlijke stoffen, vergeleken met de isolatie uit planten, in de meeste gevallen niet economisch haalbaar. Ook het maken van derivaten is vaak moeilijk. Dit is een belangrijk knelpunt bij de chemische synthese van nieuwe biologisch actieve verbindingen uit natuurlijke stoffen.

In het secundaire metabolisme van planten zijn veel interessante bioconversies aan te wijzen waarvoor veelal geen synthetisch-chemisch alternatief bestaat. De stereospecificiteit van deze reacties is daarbij een van de belangrijke aspecten.

Zo is het enzym STOX [(S)-tetrahydro-protoberberine oxidase] uitsluitend in staat alkaloiden met een S-configuratie (zoals benzyloquinoline en protoberberine) te oxideren. Men kan deze eigenschap gebruiken om een mengsel van R- en S-reticuline te scheiden. Voert men dat mengsel over een kolom met geïmmobiliseerd STOX-enzym, dan wordt alleen de S-vorm geoxideerd. Door vervolgens het geoxideerde S-reticuline te reduceren, ontstaat weer een mengsel van R en S. Door deze procedure een aantal malen te herhalen, houdt men uiteindelijk R-reticuline over. Deze stof kan worden gebruikt in de synthese van analoga van opium-alkaloiden [22].

Een andere bioconversie is de stereospecifieke koppeling van tryptamine met secologanine [42, 43]. Dit geeft de stof strictosidine. Dit glyco-alkaloïd is de precursor voor ongeveer drieduizend indoolalkaloïden. Verder bezit strictosidine diverse functionele groepen die zich goed lenen voor het maken van analoga van derivaten. Het enzym dat voor deze reactie verantwoordelijk is, het strictosidine synthase, is uit diverse planten geïsoleerd. Het gen is inmiddels ook geïsoleerd uit een *Rauvolfia*-soort [24, 25] en uit *Catharanthus roseus* [44]. Het gen uit de eerstgenoemde plant is tot expressie gebracht in de bacterie *Escherichia coli* (1989). Deze bacterie blijkt dan actief enzym te produceren en wel twintig maal sneller dan in een plantecelculture. Met deze bacteriestam kan op grote schaal strictosidine worden geproduceerd. Strictosidine is ook geproduceerd met behulp van strictosidine synthase [42, 43]. In geïmmobiliseerde vorm is dit enzym zeer stabiel.

Met een plantecelculture van *Digitalis lanata* is op grote schaal (in een reactor van 200 liter) succesvol de bioconversie uitgevoerd van β -methyl-digitoxine in β -methyl-digoxine [45]. Deze omzetting is van belang omdat het hartglycoside

digoxine meer wordt toegepast als geneesmiddel dan digitoxine. De prijs van digoxine ligt dan ook aanzienlijk hoger.

Mulder-Krieger [46] en Berger [47] hebben een overzicht gegeven van bioconversies van monoterpene en andere reuk- en smaakstoffen.

De conclusie is duidelijk: er zijn vele mogelijkheden voor de toepassing van enzymatische reacties uit het secundaire metabolisme van de plant. Men kan daarbij denken aan het maken van nieuwe of bekende stoffen uit beschikbare precursors of aan het gebruik van plante-enzymen voor de katalyse van bepaalde stappen in de organische synthese van complexe moleculen.

Voor de productie van bekende stoffen is de beschikbaarheid van de precursors een probleem: soms zijn deze duurder dan het uiteindelijke produkt.

Omdat de enzymen (en dus de genen) die een rol in de bioconversie spelen veelal niet bekend zijn, is het overbrengen van interessante bioconversies naar micro-organismen alleen mogelijk na verder onderzoek.

3.3 GEMODIFICEERD SECUNDAIR METABOLISME IN DE PLANT

Bij het modificeren van het secundaire metabolisme in de plant kan men twee doelen nastreven:

- het veranderen van een karakteristiek van een cultuurplant, bijvoorbeeld verhoogde resistentie, of verandering van bloemkleur, geur of smaak;
- het verhogen van de productie van een secundaire metaboliet voor de winning van die stof.

Eigenschappen van de plant

Het werk aan het modificeren van bloemkleuren door het introduceren van nieuwe genen in de plant spreekt op dit moment het meest tot de verbeelding. De eerste resultaten zijn reeds geboekt. Zo rapporteerde Meyer [48] een nieuwe bloemkleur voor *Petunia* door introductie van een gen uit maïs. Dat gen codeert voor een enzym dat tegen het einde van de biosynthese van de bloemkleurstof een reductie van een dubbele band veroorzaakt. Resultaat: een steenrode bloem.

Het meeste werk is aan *Petunia* als modelplant gedaan. De biosynthese van de anthocyanidinen, die verantwoordelijk zijn voor de kleur, begint bij fenylalanine en loopt via de flavonoiden. Diverse stappen uit deze biosynthese zijn onderzocht, de enzymen zijn bekend en de verantwoordelijke genen zijn geïsoleerd. Dit opende de weg tot modificatie (met behulp van 'antisense'-DNA) van de biosynthese van bloemkleurstoffen [20, 21]. Het bleek inderdaad mogelijk bloemkleuren op deze manier te modificeren, maar een verklaring voor het mechanisme zal nog het nodige onderzoek vergen. Onze fundamentele kennis van de regulatie van het secundaire metabolisme schiet tekort.

Dit geldt nog sterker voor de betekenis van het secundaire metabolisme in de resistentie van de plant tegen predatoren en micro-organismen. Niet alleen ontbreekt kennis van de regulatie van het secundaire metabolisme, maar ook van de interactie tussen de predator of het micro-organisme en de plant. In de ecologie en de plantenziektenkunde ziet men een toenemende belangstelling voor de rol van het

secundaire metabolisme. In de komende jaren zal dit ongetwijfeld nieuwe strategieën opleveren om door genetische modificatie van het secundaire metabolisme de weerbaarheid van planten te verhogen. Dit soort onderzoek kan ook leiden tot nieuwe stoffen die als aanwijzing kunnen worden gebruikt voor de ontwikkeling van zeer actieve en selectieve gewasbeschermingsmiddelen. De ontwikkeling van de antivraatstof azadirachtine uit de Indiase 'neem'-boom (*Azadirachta indica*) is hiervan een goed voorbeeld.

Een concreter doel voor de modificatie van het secundaire metabolisme in cultuurplanten is de verandering van reuk en smaak van voedselplanten. Vaak is bekend welke stoffen verantwoordelijk zijn voor bepaalde eigenschappen. Zo geeft capsaiïne de scherpe smaak aan de rode peper en is cafeïne, hoewel geen reuk- of smaakstof, verantwoordelijk voor de voor sommigen ongewenste eigenschappen van koffie. Het blokkeren van de biosynthese van dergelijke verbindingen door genetische modificatie lijkt mogelijk. Ook hier zal men eerst de biosynthese op het niveau van de enzymen in kaart moeten brengen en de regulatie van de biosynthese moeten kennen, voordat men een te beïnvloeden gen kiest.

Een interessant perspectief is het verkrijgen van complexe mengsels van reuk- en smaakstoffen. Planten die etherische oliën bevatten, zou men door het inbouwen van oxiderende of reducerende enzymen misschien een andere geur of smaak kunnen geven.

Productie van fijnchemicaliën

Dit kan ook leiden tot de productie van fijnchemicaliën door genetisch gemodificeerde planten. Door het inbrengen van nieuwe genen moet het mogelijk zijn planten etherische oliën te laten produceren met nieuwe geuren. Hier liggen interessante mogelijkheden voor de geur- en smaakstoffenindustrie.

Voor de productie van zuivere stoffen zijn diverse wegen denkbaar. Men kan proberen de productie van de stof in de plant te verhogen door het verhogen van de activiteit van sleutel-enzymen, of door het afsluiten van competitieve biosynthesewegen. Hiervoor is echter diepgaand onderzoek nodig.

Als men uitgaat van een 'één gen'-strategie, zijn er wel doelen op kortere termijn te bereiken. Het gaat dan om stappen in de biosynthese die aan een produkt meerwaarde geven. De bioconversie van digitoxine in digoxine is daarvan een voorbeeld. *Digitalis lanata*, waaruit deze stoffen worden gewonnen, kan deze omzetting (een hydroxylering) tot stand brengen. Het aantal genen dat bij deze reactie betrokken is, is waarschijnlijk beperkt tot één of twee. Genetische modificatie zou hier dus een mogelijkheid zijn om de plant meer van de gewenste stof te laten maken.

Een vergelijkbaar voorbeeld is de epoxidatie van l-hyoscyamine. Dit levert het alkaloid scopolamine, dat hoger in prijs is dan hyoscyamine. Het versterken van deze omzetting in de plant is daarmee een interessant doel. In Japan heeft men inmiddels aanzienlijke vorderingen gemaakt in de isolatie van de betrokken enzymen en genen. In de nabije toekomst zal dit ongetwijfeld leiden tot een plant die een hoog gehalte scopolamine produceert.

Een stap verder, maar nog steeds gebruik makend van een één gen-strategie, is het overbrengen van een specifieke stap in de biosynthese van de ene plant naar een andere, die vergelijkbare secundaire metabolieten produceert. Dit kan worden geïllustreerd met een voorbeeld uit eigen onderzoek. De alkaloiden kinine en kinidine worden geïsoleerd uit de bast van de *Cinchona*, een boom die ongeveer tien jaar nodig heeft alvorens oogstrijp te zijn. Het zou voordelen bieden als men deze alkaloiden in een éénjarige plant zou kunnen produceren. De biosynthese van kinine en kinidine verloopt via de intermediaire stof strictosidine. Deze stof is intermediair in de biosynthese van een groot aantal indoolalkaloiden en komt voor in veel soorten van de families Apocynaceae, Loganiaceae en Rubiaceae. Na isolatie van het gen (of de genen) van de enzymen die in de *Cinchona* specifiek voor de omzetting van strictosidine in kinine en kinidine verantwoordelijk zijn, zou men deze genen in een andere plant kunnen inbrengen, zodat deze plant kinine en kinidine kan produceren in plaats van de normaal geproduceerde indoolalkaloiden. Introductie in *Catharanthus roseus* zou onder andere het doel kunnen zijn.

3.4 TOEKOMST VAN DE PLANTECELBIOTECHNOLOGIE

De biotechnologie van de plantecel staat nog in de kinderschoenen. Het onderzoek naar de productie van natuurlijke stoffen met plantecelcultures was tot voor kort vooral empirisch. Daarbij is gebleken dat deze productie technisch mogelijk is. Veelal echter is de opbrengst van de gewenste stoffen te laag. Hoewel de moleculair-biologische gereedschappen om planten genetisch te modificeren klaar liggen, is het door gebrek aan kennis van de biosynthese van secundaire metabolieten nog niet mogelijk deze technieken toe te passen. Het langzaam vorderende onderzoek naar de rol van het secundaire metabolisme voor de plant en naar de biosynthese op het niveau van enzymen en genen, zal in de komende jaren de weg openen naar belangrijke nieuwe toepassingen. In tabel 3.5 staat hiervan een overzicht.

Uit de tabel blijkt dat de toepassingen liggen in:

- de productie van nieuwe biologisch actieve stoffen;
- biotechnische productie van reeds toegepaste stoffen;
- nieuwe planten voor de productie van reeds toegepaste stoffen;
- planten met verhoogde weerstand tegen ziekten of predatoren;
- planten (bloemen) met andere geur, kleur of smaak;
- enzymen die kunnen worden gebruikt voor bioconversies.

Dit alles zal gevolgen hebben voor de plantenveredeling, de farmaceutische industrie, de reuk- en smaakstoffen-, de voedingsmiddelen- en de gewasbeschermingsmiddelenindustrie.

Maatschappelijke barrières zullen moeten worden overwonnen door goede voorlichting over de toepassingen van de biotechniek en de daarmee samenhangende risico's.

Verder zal onduidelijkheid over de bescherming van de rechten op een nieuw ontwikkelde plant mogelijk nog een rem op de toepassingen zijn. Door het verbeteren van de methoden zal het genetisch modificeren van planten steeds eenvoudi-

ger worden en de kosten daarvan zullen dalen. De toenemende concurrentie zal dan toch leiden tot een versnelde toepassing van deze mogelijkheden.

Mogelijkheden	Problemen	Te verrichten onderzoek	Wanneer resultaten?
---------------	-----------	-------------------------	---------------------

ZUIVERE STOFFEN

A. Reeds bekende stoffen

Produktie met:			
celcultures	- lage opbrengst	- regulatie secundaire metabolisme	0-10 jaar
micro-organismen	- lange biosynthesewegen	- regulatie secundaire metabolisme	>10 jaar
	- genen niet bekend	- kloneren genen	
bioconversie	- beschikbaarheid precursors	- onderzoek op interessante bioconversies	0-10 jaar
genetisch gemodificeerde planten	- genen niet bekend	- onderzoek biosynthese - kloneren genen	5-10 jaar

B. Nieuwe stoffen

Produktie met celcultures, bioconversie of genetische gemodificeerde planten van:			
geneesmiddelen	- patentrechten	- onderzoek op biologische activiteit	0-10 jaar
fungiciden	- patentrechten	- onderzoek op antimicrobiële werking	5-10 jaar
gewasbeschermingsmiddelen	- patentrechten	- onderzoek op activiteit rol secundaire plantestoffen	0-10 jaar
insecticiden	- patentrechten	- onderzoek op activiteit	5-10 jaar
reuk- en smaakstoffen	- patentrechten	- onderzoek op reuk en smaak	3-10 jaar

MENGSELS VAN STOFFEN

C. Reeds bestaande producten

Produktie met:			
celcultures	- lage opbrengst	- regulatie secundaire metabolisme	0-10 jaar
	- andere samenstelling	- gedifferentieerde cultures	
genetisch gemodificeerde planten	- genen niet bekend	- regulatie secundaire metabolisme	5-10 jaar
	- kloneren genen		

Mogelijkheden	Problemen	Te verrichten onderzoek	Wanneer resultaten?
<i>D. Nieuwe produkten</i>			
Produktie met celcultures of genetisch gemodificeerde planten van: reuk- en smaakstoffen		- selecteren van geschikte enzymen voor veranderingen in biosynthese	3-10 jaar
<i>E. Nieuwe planten</i>			
nieuwe (veranderde) eigenschappen:			
bloemkleur	- kwekersrechten	- onderzoek bloemkleur - kloneren van meer genen	0-10 jaar
geur en smaak	- kwekersrechten - regulatie biosynthese onbekend	- regulatie secundaire metabolisme - kloneren genen	5-10 jaar
resistentie	- rol secundaire metabolisme onbekend	- rol secundaire metabolisme - kloneren genen	5-10 jaar

Tabel 3.5 *Biotechniek van de plantecel en toepassingsmogelijkheden van secundaire plantestoffen*



4. Producten uit genetisch gemodificeerde planten

dr. P.C. Sijmons en J. Pen

4.1 MOLECULAIRE VEREDELING

Dat er behoefte is aan verbeterde landbouwgewassen, blijkt uit de grote inspanning die eeuwenlang en wereldwijd wordt besteed aan plantenveredeling. Zonder deze veredeling van – oorspronkelijk wilde – planten zouden wij niet in staat zijn zoveel voedsel te produceren. Met de klassieke methoden van veredeling worden door kruisingen van ouderlijnen duizenden eigenschappen tegelijk op het nageslacht overgebracht. Daarna volgen jarenlange terugkruisingen om uiteindelijk alleen de gewenste eigenschappen te behouden in het nieuwe ras.

Met de huidige transformatietechnieken is het mogelijk de klassieke veredeling van landbouwgewassen aanzienlijk te verfijnen: er kunnen nu heel gericht specifieke eigenschappen worden ingebouwd in een bestaand hoogwaardig landbouwgewas. Een steeds vaker gebruikte term voor dit aspect van de plantebiotechniek is *moleculaire veredeling*. Men maakt daarbij gebruik van moleculair-biologische methoden (zie hoofdstuk 3). Deze techniek biedt een aantal voordelen:

- De kruisingsbarrière tussen niet-verwante soorten kan worden doorbroken. Economisch belangrijke eigenschappen kunnen in principe uit elk levend organisme worden geïsoleerd en naar een bestaand gewas worden overgebracht.
- De kwaliteiten van het bestaande ras, waaraan vaak decennia lange veredeling is voorafgegaan, blijven volledig bewaard omdat de nieuwe eigenschap op een genetisch neutrale plaats (zonder verstoring van andere eigenschappen) kan worden ingebouwd.
- De vaak lange periode van terugkruisingen vervalt.
- De eigenschap zelf zal in het algemeen zeer nauwkeurig zijn gedefinieerd voordat het gen dat voor die eigenschap codeert, in een landbouwgewas wordt ingebouwd. Onverwachte effecten op het nageslacht zullen hierdoor veel minder optreden dan tijdens een klassiek veredelingsproces.

Hoewel nog nergens ter wereld een genetisch gemodificeerde plant de consument heeft bereikt, komt dit moment snel dichterbij. De eerste voorbeelden (virus-resistente aardappelen; tomaten met een verbeterde houdbaarheid) zullen voor de boer of de consument misschien niet schokkend zijn. Zij zullen nog sterk beperkt zijn door die paar eigenschappen die *nu* aan één enkel gen kunnen worden toegewezen en tot die gewassen die *nu* gemakkelijk kunnen worden getransformeerd. Door de snelle technische ontwikkelingen in de moleculaire biologie en de planteweefsel-

kweek zal het aantal toepassingen in de komende jaren sterk toenemen. Gezien de snelle ontwikkelingen zal misschien over twintig jaar al veel plantaardig voedsel dat wij eten belangrijke verbeteringen hebben ondergaan door moleculaire veredeling.

4.2 HUIDIGE MOGELIJKHEDEN

Transformatie van planten

Transformatie van planten is het veranderen van de genetische informatie van de plant door de introductie van een DNA-fragment, zoals een gen dat informatie bevat voor een bepaalde eigenschap. Gerichte transformatie kan plaatsvinden met recombinant-DNA-technieken. Het doel is de verandering van een of meer eigenschappen van de plant. Deze veranderingen kunnen optreden in het primaire en in het secundaire metabolisme. Het resultaat is een 'transgene' plant.

Voor gewasverbetering zal in het algemeen het gen stabiel aanwezig moeten zijn, dat wil zeggen dat bij overerving het gen niet verloren mag gaan. Het geïntroduceerde DNA-fragment moet in het chromosomale DNA van de gastheerplant geïntegreerd zijn. Niet-geïntegreerd DNA zou bij de celdeling verloren gaan.

Transformatie slaagt lang niet altijd. Daarom is het belangrijk de cellen die wél getransformeerd zijn in een vroeg stadium te kunnen selecteren. Hiertoe wordt naast het gewenste DNA-fragment een selectiemarker geplaatst. Deze selectiemarker wordt met het gewenste DNA-fragment overgedragen naar het plantegenoom. Als selectiemarker gebruikt men bijvoorbeeld een gen dat resistent is tegen een antibioticum. Door dat antibioticum toe te voegen aan het medium waarop de cellen worden gekweekt, gaan de niet-getransformeerde cellen dood. Slechts de getransformeerde cellen kunnen zich verder delen en zo tenslotte transgene planten opleveren.

Daarnaast zijn er diverse methoden om de aanwezigheid van het geïntroduceerde DNA en het eiwit waarvoor dit codeert, in de transgene planten aan te tonen.

Transformatietechnieken

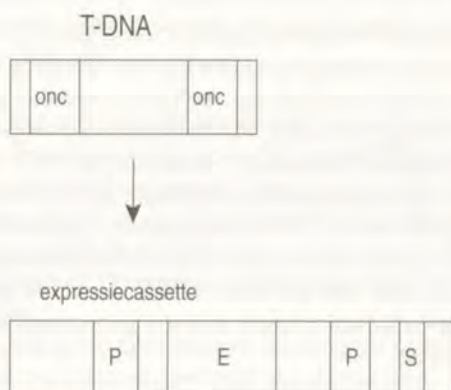
De moleculair-bioloog heeft tegenwoordig een scala aan transformatietechnieken tot zijn beschikking. Slechts enkele daarvan worden routinematig gebruikt. Voor tweezaadlobbige (dicotyle) gewassen, zoals de aardappel, de tomaat, het koolzaad of de katoenplant, wordt vooral een natuurlijk transformatiesysteem gebruikt met een bodembacterie. Voor belangrijke éénzaadlobbige (monocotyle) gewassen, zoals maïs, rijst, tarwe en gerst, is dat transformatiesysteem niet geschikt. De complexe herkenningreacties die nodig zijn voor de overdracht van DNA van de bacterie naar de plant, zijn bij deze gewassen waarschijnlijk niet goed mogelijk. Daarom wordt gebruik gemaakt van directe (fysieke) technieken voor overdracht van DNA, waarmee het gen met geweld de cel wordt ingebracht (micro-injectie, elektroporatie, 'particle gun').

Transformatie met een bodembacterie (Agrobacterium)

Transformatie met een bodembacterie is de meest gebruikte en meest succesvolle

techniek voor transformatie van dicotyle gewassen. De bodembacterie *Agrobacterium tumefaciens* is in staat tumoren, de zogenaamde Crown Gall Disease, te veroorzaken in alle onderzochte dicotyle planten en in sommige monocotyle planten. De bacterie bevat naast zijn chromosoom een circulair stukje DNA dat zich zelfstandig in de cel kan vermenigvuldigen (een plasmide). Dit zogeheten Ti-plasmide (= tumor inducerend plasmide) bezit de opmerkelijke eigenschap dat een bepaald stuk daarvan, het T-DNA, kan worden overgebracht naar de plant. Daar wordt het geïntegreerd in het genoom van de plant, waardoor de erop liggende genen tot expressie kunnen komen.

Het systeem is aangepast voor routinematige transformatie van planten (zie afb. 4.1).



onc - de onc-genen van *A. tumefaciens*

P - promotor

E - gen met de gewenste eigenschap

S - selectiemarker

Afb. 4.1 Aangepassing van het T-DNA van *Agrobacterium tumefaciens*

Het Ti-plasmide wordt eerst ontwapend door de *onc*-genen, verantwoordelijk voor de tumorvorming, te verwijderen. Hiervoor in de plaats komt dan een selectiemarker en het gen dat voor de gewenste, economisch waardevolle eigenschap codeert. De expressie van deze genen kan worden gestuurd door regulerende stukjes DNA (promotors) die vóór het gen van interesse worden geplaatst. De promotor wordt zodanig gekozen dat het gen op de juiste plaats en op het juiste moment in de ontwikkeling van de plant wordt afgelezen. Het stuk DNA dat voor de transformatie wordt gebruikt en waarop de selectiemarker, de promotoren en het gen voor de gewenste eigenschap liggen, heet ook wel een expressiecassette. Het doel van het inbrengen van dit stuk DNA is namelijk het tot expressie brengen of de expressie verhinderen van een bepaalde eigenschap. Nadat de expressiecassette (het gemodificeerde plasmide) is teruggebracht naar de *Agrobacterium*-cel, kan de bacterie worden gebruikt voor overdracht van het T-DNA naar de plant. Hiertoe worden geschikte plantedeeltjes, bijvoorbeeld bladspansjes of aardappelschijfjes, gedrenkt

in een oplossing met de bacterie. Uit de getransformeerde cellen kunnen zo op een selectiemedium transgene planten worden geregenereerd.

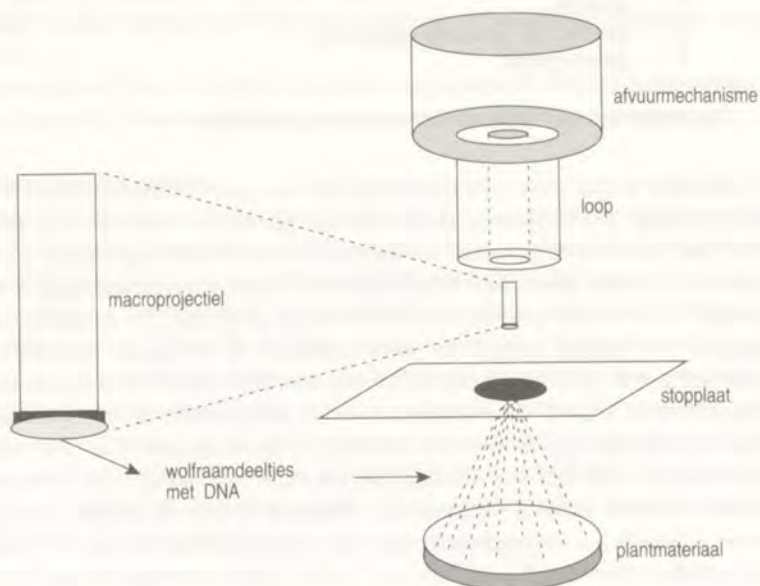
Directe overdracht van DNA

De overdracht van het DNA direct in de cel leidt in het algemeen slechts tot tijdelijke expressie. Het gen wordt namelijk zelden stabiel in het genoom van de plant geïntegreerd.

De oudste methode voor directe genoverdracht is micro-injectie, waarbij regeneratieve cellen worden geïnjecteerd met een DNA-oplossing. Omdat de frequentie van stabiele integratie nog laag is, is dit een kostbare en tijdrovende techniek.

Een tweede methode is elektroporatie van protoplasten. Protoplasten zijn cellen die enzymatisch van hun celwand zijn ontdaan en in een isotone oplossing levensvatbaar blijven. De protoplasten worden voor opname van DNA toegankelijk gemaakt door een elektrische impuls van hoge spanning. Het membraan dat de protoplasten omsluit, wordt gedurende de impuls doorlaatbaar, waardoor het DNA de cel kan binnendringen. Elektroporatie van protoplasten is uitermate geschikt voor studies naar tijdelijke expressie. Integratie van het DNA in het genoom vindt ook wel plaats, maar met een lagere frequentie. De celwand moet worden verwijderd omdat die een te grote barrière vormt voor opname van het DNA. Omdat voor een groot aantal gewassen geen planten uit protoplasten kunnen worden geregenereerd, is deze techniek niet algemeen toepasbaar.

Voor gewassen waarbij de regeneratie uit een enkele cel nog onmogelijk is, is de directe overdracht van DNA met een 'particle gun' een goede methode (zie afb. 4.2).



Afb. 4.2 Transformatie van plantecellen met een 'particle gun'

Bij deze methode worden wolframdeeltjes of gouddeeltjes bedekt met DNA. Weefsels van het te transformeren gewas (bijv. de groeitop, het blad, de stengel of het zaad) worden met deze deeltjes beschoten. Het gebruikte mechaniek is identiek aan dat van een geweer. Het macroprojectiel wordt door een kruittlading versneld en door de stopplaat tegengehouden. De druppel met daarin de gecoate wolframdeeltjes vliegt door een gaatje in de stopplaat, wordt daardoor verneveld en krijgt een groot inslagoppervlak. De microscopisch kleine kogels dringen door de taaie celwand de cel binnen. In principe kan in alle gewassen tijdelijke expressie van het ingeschoten DNA optreden. Met een veel lagere frequentie kan het DNA in het genoom integreren. Dan kunnen bij gebruik van regeneratieve cellen transgene planten worden verkregen. Deze transformatiemethode is nog geen standaardtechniek. De resultaten zijn echter zo, dat men verwacht dat vele gewassen die niet met *Agrobacterium* kunnen worden getransformeerd, met deze methode wel te transformeren zullen zijn.

Productie van waardevolle eiwitten in transgene planten

Binnen de beperkingen van de huidige mogelijkheden (één eigenschap op één gen in een transformeerbaar gewas) kan een voorbeeld worden gegeven dat tot de verbeelding spreekt en dat de onbeperkte mogelijkheden van deze techniek illustreert: de productie in aardappelen van een menselijk bloedeiwit (HSA: Humaan Serum Albumine). Dit eiwit is gekozen om zowel economische als wetenschappelijke redenen.

Jaarlijks is een grote hoeveelheid van dit eiwit nodig voor medische toepassingen. Momenteel wordt het uit menselijk bloed gewonnen, maar de beperkte beschikbaarheid van donorbloed en de zuivering hieruit tot een virus-vrij preparaat maken de produktiekosten steeds hoger.

HSA komt in hoge concentraties voor in het menselijk bloed. Het dient daar als middel om de osmotische waarde en daarmee het waterevenwicht op peil te houden, alsmede voor het transport van een reeks laagmoleculaire verbindingen. Het wordt aangemaakt in levercellen en uitgescheiden in de bloedbaan. De biosynthese van HSA in de cel is complex. Dat was de wetenschappelijke reden om HSA te kiezen voor een haalbaarheidstudie naar de produktiemogelijkheden van vreemde eiwitten in planten.

Het structurele gen voor HSA werd ingebouwd in een voor planten geschikte expressiecassette. Die werd met het *Agrobacterium*-systeem naar aardappelcellen getransformeerd. De transgene cellen werden daarna geregenereerd tot planten en op aanwezigheid van HSA geanalyseerd. Met antilichamen tegen HSA kon worden aangetoond dat in de transgene aardappelplanten HSA aanwezig was. Bovendien bleek dat een plantaardig signaalpeptide nodig was om in planten HSA te maken dat identiek is aan het HSA in menselijk bloed.

Hoewel de hoeveelheid HSA die transgene planten maken, onvoldoende is voor industriële toepassing, geeft dit voorbeeld wel de potentie van planten als producenten van economisch interessante eiwitten aan. Het vervolgonderzoek richt zich nu op verhoging van de expressie in planten, het specifiek laten aanmaken van HSA in knollen en de zuiveringsprocedure uit aardappelextract. Voor medische toepas-

singen zal nog een uitgebreid toxicologisch onderzoek nodig zijn omdat dit HSA uit een ander organisme wordt gewonnen dan de mens.

Van vrijwel alle commercieel belangrijke eiwitten zijn of worden tegenwoordig de corresponderende genen geïsoleerd. Deze eiwitten variëren van extreem kostbare, met een klein marktvolume voor de farmaceutische industrie (Factor VIII) tot goedkope bulk-enzymen voor de wasmiddelenindustrie (proteasen). Het geïsoleerde gen kan worden ingebracht in een organisme of een cellijn die geschikt is voor industriële productie. Het doel is het eiwit zo economisch mogelijk te laten maken. Zelfs in vergelijking met industriële fermentatieprocessen zijn de moderne landbouwgewassen een goedkope bron van biomassa. Dit aspect maakt planten in principe ook geschikt voor de productie van commercieel interessante eiwitten.

4.3 TOEKOMSTIGE MOGELIJKHEDEN

De moleculaire veredeling zal in de toekomst van grote betekenis zijn voor het bestrijden van ziekten en plagen in de landbouw. De eerste voorbeelden van succesvolle resistenties in transgene gewassen zijn al in de wetenschappelijke literatuur gepubliceerd.

Voor de productie van plantaardige grondstoffen zijn drie gebieden aan te wijzen waar moleculaire veredeling toepassing zal vinden, namelijk:

- 'in planta' modificatie van bulkproducten;
- modificatie van metabole wegen;
- 'gene-targeting'.

'In planta' modificatie van bulkproducten

Van alle plantaardige bulkproducten (zetmeel, olie, vet, vezels) zijn voorbeelden bekend waarbij het plantaardige product na de oogst chemisch wordt veranderd om het beter geschikt te maken voor specifieke doeleinden. Zo wordt van zetmeel een groot aantal derivaten gemaakt voor de meest uiteenlopende toepassingen. Aan zetmeel als bindmiddel in soepen worden andere eisen gesteld dan aan zetmeel als plakmiddel op postzegels. Deze veranderingen vinden plaats nadat het zetmeel als bulkproduct uit bijvoorbeeld aardappelen, maïs of cassave is gewonnen. Partijen zetmeel worden dan naar behoefte chemisch gewijzigd. In enkele gevallen wordt zetmeel gewonnen uit planten die – door mutatie – gestoord zijn in een bepaald onderdeel van de zetmeelsynthese. Het afwijkende zetmeel heeft weer andere fysische eigenschappen en daarmee andere specifieke toepassingen. Met moleculaire veredeling zal het mogelijk worden al tijdens de biosynthese veranderingen in het zetmeel aan te brengen. De techniek van 'in planta' modificaties zal niet primair gericht zijn op het goedkoper produceren van de huidige zetmeelderivaten, maar op het produceren van volledig nieuwe vormen van dit belangrijke polymeer. De nieuwe toepassingsmogelijkheden zullen afhangen van de fysische eigenschappen van het zetmeel en zijn daarom op voorhand nog onbekend. De niche-markten die toch steeds weer voor de afwijkende zetmeelvarianten van maïs-mutanten worden gevonden, bewijzen de commerciële mogelijkheden.

Deze techniek zal ook voor de andere plantaardige bulkproducten toepasbaar zijn.

Zo zouden de verzadigingsgraad en de ketenlengte van vetzuren tijdens de biosynthese kunnen worden gestuurd. Ook de lengte en de structuur van belangrijke cellulosevezels kunnen tijdens de groei van het gewas worden beïnvloed door expressie op de juiste tijd en de juiste plaats van geïntroduceerde genen.

Modificatie van metabole wegen

De productie uit plantecellen is in hoofdstuk 3 beschreven. Hierbij bleek dat voor de meeste verbindingen complexe biosynthesewegen nodig zijn. Omdat de biosynthese sterk wordt gereguleerd en vaak alleen in bepaalde delen van planten actief is, of omdat de plantensoort in kwestie slecht groeit onder weefselkweekcondities, is het slechts bij uitzondering mogelijk bijvoorbeeld secundaire metabolieten in weefselkweek te produceren.

Het is de vraag of het economisch aantrekkelijk is alle genen die bij een metabole weg betrokken zijn, te verplaatsen naar een geschikter productie-organisme of onder een gunstiger regulatie te brengen.

Een gerichte verandering in een plant die de gewenste verbinding al van nature maakt, kan een aantrekkelijker alternatief vormen. Dan moet bijvoorbeeld de beperkende stap worden geïdentificeerd voor de synthese van een alkaloid in de plant die toch al hoge concentraties van die verbinding kan maken. Dan is een gerichte aanpassing van het betrokken gen misschien al voldoende voor een hogere productie. De betreffende plant bezit zelf al de hoge mate van differentiatie of aanpassing die voor de specifieke synthese nodig is. De mogelijkheden tot sturing van gen-expressie zijn misschien groter dan verwacht. Het toevoegen van extra kopieën van een bestaand gen of het toevoegen van een 'antisense' gen, kan leiden tot een verminderde gen-expressie. Ook deze techniek zal op den duur kunnen leiden tot nog nauwkeuriger veranderingen van de structurele of metabole eigenschappen van gewassen.

'Gene targeting'

Een uiterste vorm van moleculaire veredeling is 'gene targeting'. Dit is een gerichte verandering van een bestaand gen door homologe recombinatie. Bij deze techniek wordt gebruik gemaakt van het feit dat tussen stukken DNA met een grote mate van overeenkomst (homologie), recombinatie kan plaatsvinden. Daarbij wordt het bestaande DNA vervangen door het inkomende DNA. Op deze manier is het bijvoorbeeld mogelijk bestaande genen te vervangen door defecte genen, om daarmee effectief het oorspronkelijke gen uit te schakelen.

Omdat een groot deel van het klassieke veredelingsonderzoek er juist op gericht is eigenschappen kwijt te raken (zoals anti-nutritionele factoren), kan deze techniek belangrijke toepassingen hebben. Voor het maken van nicotine-vrije tabak kan in principe een veredelingsprogramma worden opgezet waarbij alle nakomelingen worden doorgemeten op hun nicotinegehalte. Uiteindelijk zullen rassen worden gevonden met een laag nicotinegehalte, maar het is dan onduidelijk waardoor de synthese is verminderd. Het is goed mogelijk dat ergens vroeg in de biosynthese een mutatie is opgetreden waardoor niet alleen nicotine, maar ook andere, voor de plant noodzakelijke, secundaire metabolieten zijn verminderd en de plant in het veld slecht tot ontwikkeling komt. Met 'gene targeting' en kennis van de biosyn-

theseweg van nicotine kan juist die stap worden beïnvloed die een maximaal effect op het nicotinegehalte zal hebben zonder bijwerkingen op nauw verwante verbindingen. Deze techniek is nog in ontwikkeling: het eerste definitieve bewijs voor 'gene targeting' in planten is door MOGEN en de Rijksuniversiteit te Leiden in de zomer van 1990 geleverd.

Homologe recombinatie biedt ook de mogelijkheid genen te wijzigen. Hierbij wordt het gen niet uitgeschakeld, maar zo veranderd dat het genproduct de plant andere eigenschappen geeft, zoals een beter temperatuuroptimum of een grotere substraat-specificiteit. Ook kunnen genen worden ingebracht op plaatsen in het genoom waar een hoge gen-expressie mogelijk is. Er zijn blijkbaar plaatsen die, om nog onbekende redenen, een belangrijk effect hebben op de mate van expressie. Door analyse kan de DNA-volgorde rond deze plaatsen worden bepaald. Deze basen worden dan meegenomen bij de transformatie in de plant. De expressiecassette, die normaal bestaat uit een promotor, een selectiemarker en de gewenste eigenschap, wordt met die basen uitgebreid. Door homologe recombinatie wordt het gen van interesse dan specifiek geïntegreerd op die plaatsen waar een hoge expressie gewaarborgd is. Hierdoor kan bijvoorbeeld de productie 'in planta' van bepaalde grondstoffen worden verhoogd.

Wetenschap

Een niet te onderschatten toepassing van alle genoemde mogelijkheden voor moleculaire veredeling ligt in de wetenschap zelf. De beantwoording van fysiologisch moeilijke vraagstukken, zoals de werking van hormonen, de ontwikkeling van bloei, de perceptie van de zwaartekracht, de celwandsynthese, de wisselwerkingen tussen plant en ziekteverwekker enz., zal met deze techniek een grote sprong voorwaarts maken.



5. Producten uit planten: vezels

5.1 ALGEMEEN

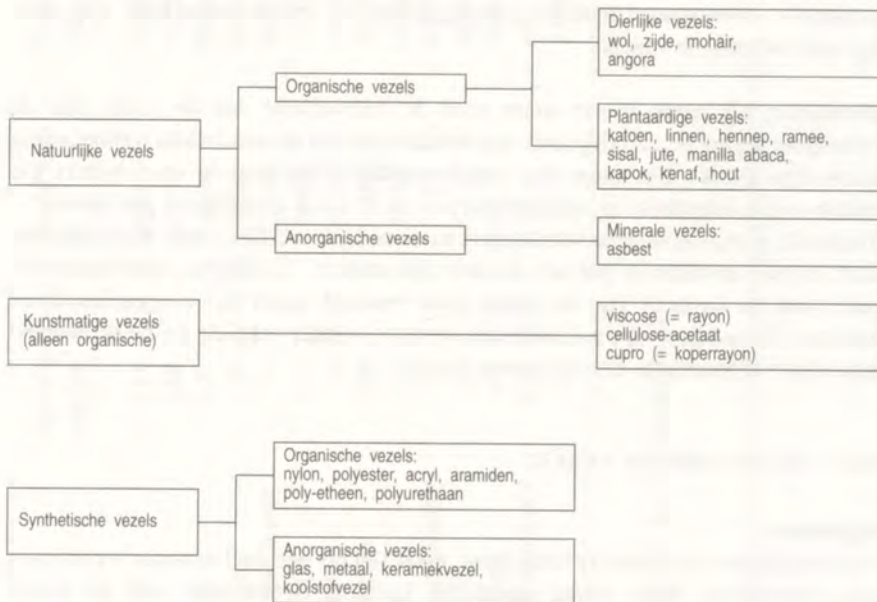
drs. W.G.J. Brouwer

5.1.1 VEZELS

Definitie

Een definitie van het begrip 'vezel' zou kunnen zijn: 'een vezel heeft een diameter die aanzienlijk kleiner is dan de lengte'. In elk geval zijn de bepalende kenmerken van vezels de lengte, de diameter en de variaties in beide. De chemische structuur is alleen interessant als deze consequenties heeft voor de fysische structuur.

Vezels kunnen natuurlijk, kunstmatig of synthetisch zijn. Een overzicht hiervan staat in afb. 5.1.



Afb. 5.1 Vezels

Natuurlijke vezels

Natuurlijke vezels zijn vezels die als zodanig in de natuur voorkomen of via fysische processen uit de natuur kunnen worden verkregen. Het zijn plantaardige, dierlijke en minerale vezels. Plantaardige vezels zijn het onderwerp van 5.1.2.

Er is slechts één groep minerale vezels en dat zijn asbestvezels.

Kunstmatige vezels

Kunstmatige vezels, zoals rayon, worden gemaakt uit een organische grondstof, cellulose, afkomstig van hout of van delen van de katoenplant. Er zijn diverse processen om tot kunstmatige vezels te komen. De meeste daarvan veroorzaken sterke vervuiling van het milieu.

Synthetische vezels

Organische synthetische vezels worden langs chemische weg uit aardolie gemaakt. Anorganische synthetische vezels zijn er in vele soorten: glas, metaal, keramiek. Ook koolstofvezels worden tot deze groep gerekend.

Fysische eigenschappen van vezels

De definitie van een vezel aan het begin van deze paragraaf is niet volledig, omdat er ook zogenaamde continue of filamentvezels bestaan. Deze filamentvezels zijn in principe oneindig lang. Alle synthetische vezels zijn filamentvezels. De enige natuurlijke filamentvezel is zijde.

Bij alle andere vezels kan de verhouding tussen de diameter en de lengte zo'n 1 : 200 tot wel 1 : 3000 zijn.

In tabel 5.1 is een aantal eigenschappen gegeven van enkele natuurlijke, kunstmatige en synthetische vezels.

Verlenging bij breuk is een maat voor de rekbaarheid van de vezel. Als de verlenging gering is, zoals bij staal, dan betekent dat dat de vezel onder trekbelasting nauwelijks uitrekt. Het hangt dan van de sterkte af hoe snel de vezel breekt. De sterkte wordt uitgedrukt in centinewton per tex (1 tex = 1 milligram per meter). Binnen de groep organische vezels zijn katoen en zijde redelijk sterk. Wol is minder sterk, nylon, aramide en polyacrylonitril zijn sterker. Textielglas, aluminiumsilicaat, staal en koolstof zijn als enige goed bestand tegen micro-organismen en insecten. Bovendien zijn ze zwaarder, sterker, minder rekbaar en beter bestand tegen hoge temperatuur dan de andere vezels.

5.1.2 PLANTAARDIGE VEZELS

Algemeen

Uit alle planten zijn vezels te verkrijgen, maar slechts een deel daarvan is commercieel interessant. Hout, zowel naald- als loofhout, wordt ook voor de vezels gebruikt. Vezels uit planten voor textiele toepassing zijn onder andere jute, linnen, katoen, hennep en ramee. Voor andere toepassingen, zoals touw, papier en dergelijke worden kapok, sisal, kokos en riet gebruikt.

Alleen vlas, hennep en riet kunnen in Nederland groeien.

Bron: [49]

	Soortelijke massa gram/cm ³	Rek bij breuk %	Sterkte cN/tex	Maximale temperatuur °C	Resistentie tegen:			alkali
					micro-organismen	insecten	zuur	
natuurlijk								
katoen	1,52	6-15	25-50	120	-	*	-	*
wol	1,32	25-30	10-20	120	-	-	*	*
zijde	1,25	10-30	25-50	120	*	*	*	*
viscose	1,52	10-30	16-30	120	-	-	-	*
cellulose-acetaat	1,31	20-45	10-15	120	*	-	*	-
nylon 66	1,14	30-60	35-40	120	*	+	*	*
aramide	1,38	15-30	44-53	190	*	+	*	*
poly-etheen	0,95	10-45	30-70	80	-	*	+	+
acryl	1,18	25-40	35-58	140	*	+	*	*
polyvinylalcohol	1,28	13-26	20-55	110	*	*	+	+
koolstof	1,86	0,5-2	95-280	300	+	+	+	+
textielglas	2,52	2-5	70-120	400	+	+	+	*
aluminiumsilicaat	2,66	-	65	1300	+	+	+	-
staal	7,9	1-2	22-29	900	+	+	+	+

+ goed resistent

* matig resistent, afhankelijk van de omstandigheden

- niet resistent

Tabel 5.1 Eigenschappen van enkele natuurlijke, kunstmatige en synthetische vezels

Andere vezelgewassen, zoals katoen, ramee, kapok, sisal en manilla abaca, groeien alleen in warme streken.

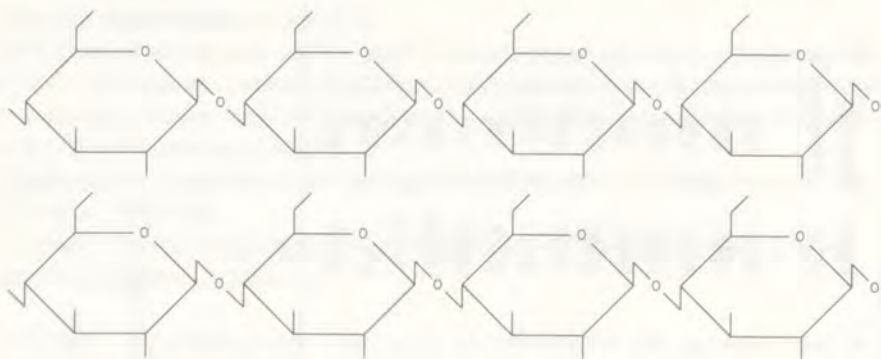
Kenmerk van plantaardige vezels is dat de boom of de plant moet worden bewerkt voordat de vezel beschikbaar is. Dit heet het ontsluiten van de vezels. Ruwweg komt ontsluiting neer op het vrijmaken van cellulose.

Samenstelling van planten

Hout en verhoutte delen van planten bestaan voornamelijk uit cellulose, hemicellulose en lignine. Die stoffen zijn door hun aard en door de manier waarop ze geordend zijn, verantwoordelijk voor de stevigheid van boom en plant.

Cellulose

Eenjarige planten bestaan voor ongeveer een derde van hun massa uit cellulose. In meerjarige planten kan dat de helft zijn [50]. Cellulose is een polymeer dat chemisch nauwkeurig te beschrijven is. De structuur is afgebeeld in afb. 5.2.



Afb. 5.2 De structuur van cellulose

Cellulose is een koolhydraat, opgebouwd uit een suikereenheid (een C6-ring) met een zogenaamde β -1,4-binding. Het lijkt op zetmeel, dat met α -1,4-bindingen is opgebouwd. Het 1,4 geeft aan dat de koolstofgroep op positie één van de ene suikerring, gebonden is aan de koolstofgroep op positie vier van de volgende suikerring. Het soort binding is β , in tegenstelling tot de zetmeelbinding, die α is. Door dat verschil in binding is zetmeel wél in water oplosbaar en gemakkelijk chemisch te veranderen en cellulose niet. Cellulose mag ook niet goed in water oplosbaar of chemisch veranderbaar zijn, omdat het als constructiemateriaal van boom en plant dient. De β -1,4-binding maakt lineaire moleculen mogelijk, die samengepakt kunnen worden in zogenaamde microfibrillen. Microfibrillen kunnen worden samengepakt tot fibrillen en die kunnen geordend zijn tot vezels [51]. Katoenvezel bestaat bijna helemaal uit cellulose, andere plantaardige vezels en houtvezels bestaan voor een groot deel uit cellulose.

Cellulose kan als uitgangspunt dienen voor chemische bewerkingen. Producten als carboxymethylcellulose (een verdikker, onder andere toegepast in tandpasta) en nitrocellulose (meubellak) kunnen uit cellulose worden verkregen.

Hemicellulose

Hemicellulose is qua chemische structuur minder eenduidig dan cellulose. Het bestaat uit minstens acht verschillende suikereenheden (C5- en C6-ringen) die op verschillende manieren verbonden zijn. In de plant is hemicellulose nauw verbonden met cellulose. Hemicellulose is redelijk in water oplosbaar, vooral in een basisch milieu.

Lignine

Lignine is een ingewikkelde verbinding die uit veel verschillende delen bestaat en in een driedimensionaal, vertakt polymeer geordend is. Er is nog steeds niet goed beschreven wat lignine precies is. In de cel heeft het vooral een beschermende functie tegen fysische en chemische invloeden. Het ontsluiten van hout- en plantevezels dient vooral om lignine te verwijderen. Dit is niet eenvoudig. Het vereist krachtige middelen, die de ontsluitingsprocessen vervuילend maken.

Ontsluiten

Een wezenlijk probleem bij alle vormen van ontsluiting is dat er voor lignine en hemicellulose geen rendabele toepassingen zijn. In sommige gevallen verbrandt men de lignine om er energie uit te halen. Willen ontsluitingsprocessen rendabel zijn, dan moeten er toepassingen voor lignine of hemicellulose of beide worden gevonden.

In dit hoofdstuk gaat het niet om de chemische mogelijkheden van hout- en plantevezels, dus van cellulose, hemicellulose of lignine, maar om de vezel als zodanig die commerciële mogelijkheden biedt.

Het ontsluiten van plantevezels

Bij planten is het ontsluiten van de vezels niet altijd zo moeizaam als bij hout. Men onderscheidt blad-, bast- en zaadvezels.

Bladvezels zijn onder andere sisal en manilla abaca. In het algemeen zijn het harde, stugge vezels, ongeschikt voor textiel. Men gebruikt deze vezels veel voor touw. De vezels zijn vrij gemakkelijk uit het blad te verkrijgen.

Bastvezels zijn in het algemeen zacht en vaak bruikbaar voor textiel. Voorbeelden zijn jute, linnen (uit vlas), kenaf, ramee en hennep. Een moeilijkheid bij bastvezels is dat – net als bij hout – ontsluitingsprocessen nodig zijn om de vezel te verkrijgen. Zo moet vlas worden gerooit om aan de linnenvezel te komen. Bij het traditionele roten laat men het vlas op het land liggen tot het genoeg gerot is om door hekelen de vezel vrij te maken. Dit is een nogal kritisch proces, waarbij het vlas niet te lang, niet te kort en niet te vochtig op het veld moet liggen. Modernere technieken, die echter nog niet industrieel worden toegepast, zijn het zogenaamde groenspinnen (groen vlas hekelen, zwingelen en spinnen) en het enzymatisch roten (in een reactor in plaats van op het veld) [52]. Deze processen zouden de bewerking van vlas van het ambachtelijke naar het industriële proces kunnen brengen.

Zaadvezels zijn bijvoorbeeld kapok en de belangrijkste natuurlijke textielvezel: katoen. Bij katoen bevinden de vezels zich aan de buitenkant van het katoenzaad. De vezel is betrekkelijk eenvoudig te verkrijgen, ook al omdat de zaadharen geen lignine bevatten. Het gaat vooral om het losmaken van de vezel van het zaad. Er zijn verder geen grove oplosmiddelen nodig om de structuur open te breken.

Fysische eigenschappen

Voor veel toepassingen zijn de vezellengten en -diameters van vezels essentieel. In tabel 5.2 worden deze lengten en diameters gegeven.

	Lengte (mm)		Diameter (μ)	
	minimum	maximum	gemiddeld	gemiddeld
katoen	10	50	25	19
vlas	8	69	32	19
hennep	5	55	25	25
ramee	60	250	120	40
sisal	0,8	7,5	3	21
jute	0,75	6	2,5	18
manilla abaca	2	12	6	24
kapok	15	30	19	18
kenaf	2	11	3,3	23
naaldhout	2,7	4,6	3,7	38
loofhout	0,7	1,6	1,2	30

Tabel 5.2 Vezellengten en -diameters

Bron: [50]

Loof- en naaldhout hebben kortere en dikkere vezels dan planten. Ten opzichte van katoen zijn andere plantevezels sterker, maar minder elastisch [50].

5.1.3 TOEPASSING VAN PLANTAARDIGE VEZELS

Huidige toepassingen

Vezels vinden hun de grootste toepassingsgebieden in textiel en papier. Voor papier gebruikt men uitsluitend plantaardige vezels, vooral houtvezels. In de textielindustrie echter gebruikt men, behalve plantaardige vezels, ook dierlijke, synthetische en kunstmatige vezels. Plantaardige vezels maken ongeveer de helft van het gebruik uit. Houtvezels worden in textiel niet gebruikt. Textielvezels moeten kunnen worden gesponnen. Dit vereist een minimale lengte van zo'n 5 mm. Papiervezels hoeven dat niet, maar kunnen toch niet al te kort zijn, omdat de weerstand tegen scheuren wordt bepaald door de lengte en de verdeling van de vezels. In 5.2 wordt uitgebreider aandacht gegeven aan de textielindustrie.

Touw is een volgend toepassingsgebied voor vezels. Naarmate de sterkte van het touw groter en de rek bij belasting minder moeten zijn, gebruikt men meer synthetische en metalen vezels. Verpakkingsmaterialen, zoals jutezakken, kunnen plantaardige vezels bevatten. Het gebruik van plantevezels in die branche neemt af, vooral door de concurrentie van kunststoffen.

Vezels worden bovendien veel in bouwmaterialen toegepast. Hardboard, zachtboard, gipsplaat, dakbedekking, isolatiematerialen, cement, enzovoort bevatten vezels. Het soort vezels wisselt sterk per toepassing. Hout- en plantevezels, asbest en andere anorganische vezels worden veel voor die toepassingen gebruikt (zie 5.3).

Nieuwe toepassingen

Traditioneel worden plantaardige vezels geassocieerd met papier en textiel. Daarnaast zijn nieuwe markten voor plantaardige vezels mogelijk. Veelbelovend is de markt voor plaatmaterialen (zie 5.3). Een ander gebied van toepassing is dat van asbestvervangers.

Geotextiel wordt toegepast als steun- en afdichtmateriaal bij waterbekkens, dammen en sluizen. In de Deltawerken is geotextiel toegepast. Hiervoor worden vrijwel uitsluitend synthetische vezels gebruikt. In 5.3 wordt een heroverweging gegeven van de mogelijkheden voor plantaardige vezels in geotextiel.

Ook in met vezels versterkte kunststoffen moeten mogelijkheden voor plantaardige vezels aanwezig zijn, vanwege hun lage soortelijke massa en hun grote versterkende vermogen. Ontwikkelingen op dit gebied worden geremd door de onbekendheid van constructeurs met plantaardige vezels en hun mogelijkheden en door hun geringe beschikbaarheid, zeker als zij aan bepaalde specificaties moeten voldoen. Ook de slechte marketing en de gebrekkige communicatie van de potentiële vezelleveranciers spelen een rol. Misschien werkt ook het oubollige vorige-eeuw-imago van plantaardige vezels mee. Dit is, gezien de mogelijkheden, niet terecht.

Asbest

Asbest is de naam voor een verzameling natuurlijke vezels, samengesteld uit evenwijdige ketens van SiO_4 -tetraëders. Deze ordening in ketens is de basis voor het feit dat uit asbest vezels ontstaan.

Asbest is de veroorzaker van een longziekte, asbestosis. Bovendien schijnt asbest specifieke vormen van longkanker te veroorzaken. Daarom wordt in vele landen het gebruik van asbest beperkt.

Asbest heeft ook veel goede eigenschappen en wordt daarom veel toegepast. Al tweeduizend jaar geleden maakte men textiel van asbest. Asbest heeft een grote weerstand tegen hitte [53] en tegen de inwerking van chemische stoffen. Het is elektrisch isolerend en heeft een lage warmtegeleiding. Het is goedkoop en ruim beschikbaar. Bovendien is asbest flexibel, niet-elastisch, goed te bevochtigen door water en organische stoffen en in het algemeen goed mengbaar met andere stoffen. Asbest heeft een groot versterkend vermogen.

Toepassingsgebieden van asbest liggen onder andere in warmte-isolerende en brandwerende materialen, in asbestcement en in frictiematerialen zoals remschijven en remvoeringen. Asbest wordt gebruikt in de vorm van textiel, papier, touw en vilt. Deze materialen worden toegepast waar de warmte-, elektriciteits- en brand-isolerende eigenschappen van asbest nodig zijn.

Plantaardige vezels als asbestvervangers

Bij het onderzoeken en beproeven van asbestvervangers denkt men aan veel verschillende vezels. In tabel 5.3 wordt een aantal eigenschappen van vervangers met asbest vergeleken.

	Prijs	Beschikbaarheid	Hitte-resistentie	Versterkende eigenschappen	Chemische resistentie
asbest	-	++	++	++	++
steenwol	-	++	++	+	++
cellulosepulp	-	++	-	+	-
plantaardige vezel	-	+	-	+	-
polypropeenvezel	+	++	-		++
polyvinylalcohol	+	-	+	++	++
staalvezel	+	-	++	++	+
glasvezel	++	+	+	++	++
aramide	+++	-	+	++	+
koolstofvezel	+++	-	+	++	++

Tabel 5.3 Eigenschappen van asbest en mogelijke vervangers

Bron: [53]

Uit de tabel blijkt dat geen enkele vervanger dezelfde ruime beschikbaarheid tegen lage prijs, dezelfde hitte- en chemische resistentie en dezelfde versterkende eigenschappen heeft als asbest. Dit betekent dat het kiezen van een vervanger sterk afhangt van de toepassing en dat deze keuze een compromis is tussen de gewenste eigenschappen en de kosten.

Voor toepassingen in cement, bouwmaterialen en frictiematerialen worden de mogelijkheden van plantaardige vezels als asbestvervangers serieus onderzocht. Daarbij wordt vooral aan de vlasvezel gedacht.

Pluspunten van plantaardige vezels zijn de lage prijs, de ruime beschikbaarheid en de goede eigenschappen als versterker in composieten, bouwmaterialen en cement. Uit de lage chemische- en hiteresistentie blijkt dat plantaardige vezels moeten worden ingezet waar deze eigenschappen niet van belang zijn.

Veelal zal het nodig zijn de plantaardige vezel te mengen met andere materialen voor grotere sterkte of betere chemische resistentie.

Voor de toepassing van plantaardige vezels in cement is het nodig de vezels te modificeren. In cement heerst een basisch milieu en bovendien kunnen bacteriën het cement aantasten. Door coating met een metaalverbinding zijn plantaardige vezels geschikt te maken voor cement.

Bij de toepassing in trommelremvoeringen worden plantaardige vezels veelal met metaalvezels gemengd voor een hogere weerstand tegen hitte.

5.2 VEZELS IN TEXTIEL

drs. W.G.J. Brouwer

5.2.1 TEXTIELINDUSTRIE

Textiel

De grondstoffen voor de textielindustrie zijn vezels; de eindprodukten zijn weefsels, banden of garens.

De textielindustrie levert toe aan de volgende sectoren:

- de kledingindustrie (50%) [54];
- de woningtextiel- en de tapijtindustrie (30%);
- de verwerkers van technische weefsels (20%).

De industrie voor kleding en woningtextiel is internationaal, met een concentratie op Europa. De textielindustrie voor industriële vezels is wereldwijd.

Vezels

In de textielindustrie gebruikt men drie soorten vezels [55]:

- natuurlijke vezels, zoals katoen, linnen, wol en zijde;
- kunstmatige vezels, vooral rayon en acetaat;
- synthetische vezels, vooral acryl (= polyacrylonitril), polyester en nylon.

In tabel 5.4 is een aantal eigenschappen gegeven van vezels die voor het gebruik in textiel van belang zijn.

	Vocht- opname	Sterkte	Sterkte nat ¹⁾	Maximum wastemp. °C	Elektrostatisch	Kreuk
wol	++	±	-	30	+	--
katoen	+	+	+	95	-	+
linnen	+	++	+	95	-	++
acetaat	-	±	--	40	+	+
viscose	±	±	--	60	-	+
polyester	-	++	0	60	+	-
nylon	-	++	-	60	+	-
acryl	-	+	-	40	+	-

++ zeer groot + groot ± matig - klein -- zeer klein

1) afname (-) of toename (+) in natte toestand

Bron: [54]

Tabel 5.4 Eigenschappen van natuurlijke, kunstmatige en synthetische vezels voor gebruik in textiel

Een sterk punt van plantaardige vezels ten opzichte van andere vezels is dat zij sterk zijn en in natte toestand zelfs sterker worden. Voor scheepstouw bijvoorbeeld is dit een uitstekende eigenschap. Bovendien kunnen plantaardige vezels veel vocht opnemen en zijn zij wasbaar bij hoge temperatuur. Plantaardige vezels houden geen elektrostatische lading vast.

Synthetische vezels hebben als voordeel boven natuurlijke dat zij sterk zijn en niet kreuken. Daar staat tegenover dat synthetische vezels elektrostatische lading vasthouden en geen vocht opnemen. Vooral voor ondergoed en nachtkleding gebruikt men daarom liever geen synthetische vezels.

Men probeert de nadelen van vezelsoorten op te heffen of te verminderen door mengsels van vezels te gebruiken. Vooral de combinatie van katoen met polyester of met nylon komt veel voor. De verhoudingen van katoen ten opzichte van de andere vezel variëren van 30 : 70 tot 70 : 30. Het resultaat is dan een weefsel dat weinig kreukt en goed vocht opneemt.

Voor het gebruik van vezels in kledingtextiel spelen factoren mee die niet in cijfers zijn uit te drukken. Hoe een stof aanvoelt, hoe deze valt bij het dragen, of de stof zich vormt naar het lijf, danwel als een plank om het lijf hangt, hoe comfortabel de stof is bij het dragen, dit alles speelt mee.

De prijs van textielvezels is sterk afhankelijk van de kwaliteit, het land van herkomst, de voorbehandelingen, het seizoen, de totale wereldproductie, het vervoer, het land van aankomst en het land van gebruik. In tabel 5.5 staat per vezelsoort een indicatie van de prijs. Alle prijzen zijn van midden 1989.

	Opmerkingen	Prijs US\$/kg
wol	Australische wol	8,67
katoen	Amerikaanse katoen	1,24
linnen	ongehékeld	1,45
acetaat		
viscose		8,8
polyester		7,05
nylon		4,30
acryl	ongesponnen	1,60

Tabel 5.5 Prijzen van textielvezels (1989)

Bron: [56, 57]

De prijzen zeggen niet zoveel, behalve dat wol vrij duur is. Linnen lijkt niet zo duur, maar de vezel moet eerst nog worden gehékeld, dan moet er een spinlont van worden gemaakt en het moet nog worden gesponnen. De acrylvezels hoeven alleen nog maar te worden gesponnen en zijn dan klaar voor gebruik.

De wereldproductie van textiele en industriële vezels is gegeven in tabel 5.6.

	Productie (miljoen ton)
katoen	17,3
wol	0,2
polyester	6,5
polyamide	3,3
acryl	2,5
andere synthetica	0,8
kunstmatige vezels	3,1
totaal	34,6

Bron: [58]

Tabel 5.6 De wereldproductie van vezels (1985)

Vergroting van de productiecapaciteit van synthetische vezels is geen probleem: fabriek bouwen, grondstoffen kopen, en de productie kan beginnen. Bij natuurlijke vezels, zoals katoen en wol, is dat moeilijker. Er is onder andere meer tijd en extra land voor nodig. De drempel voor opvoering van de productie is dus hoger dan bij synthetica.

5.2.2 PROCESSEN IN DE TEXTIELINDUSTRIE

De processen die in de textielindustrie een rol spelen, zijn spinnen, weven, verven, bedrukken en veredelen. Deze processen kunnen plaatsvinden in geheel of gedeeltelijk geïntegreerde bedrijven of in afzonderlijke, gespecialiseerde bedrijven. In afb. 5.3 staan de processen en hun onderlinge samenhang aangegeven.

Spinnen

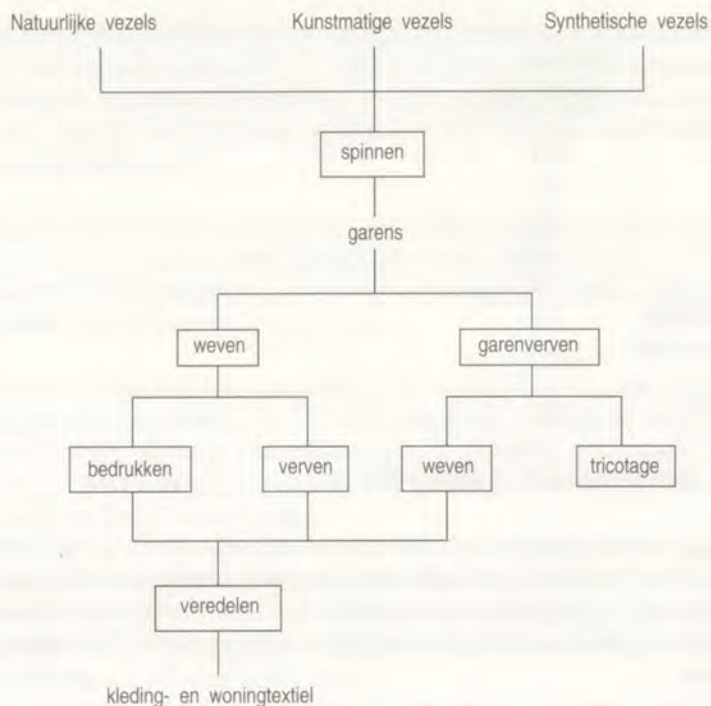
Spinnen is de eerste stap in het productieproces. Het is het samenvoegen van vezels tot een draad. Het is daarvoor nodig dat de vezels in en om elkaar worden gedraaid. Spinnen is een machinaal proces. Spinbedrijven kunnen moeilijk omschakelen van de ene vezelsoort op de andere. Dit kost tijd, aanpassingen, andere machines, enz. Dat is niet bevorderlijk voor de snelle introductie van een nieuwe vezelsoort.

Weven

Met de gesponnen draad worden door breien (tricotage) of weven grote en kleine lappen textiel gemaakt. Net als de spinnerijen, zijn de weverijen gespecialiseerd in soorten vezel.

Verven

Verven van textiel is het verven van partijen garens of weefsels in verfbaden. Dit proces verloopt bij verhoogde temperatuur. Een of meer kleurstoffen worden volgens een specifiek recept opgelost. De kleurstoffen in de textielindustrie zijn in water oplosbaar, in tegenstelling tot pigmenten.



Afb. 5.3 Processen in de textielindustrie

Bedrukken

Wereldwijd wordt 53% van het textiel bedrukt. Het bedrukken is beperkt tot weefsels [59] en breisels. Kenmerkend voor een bedrukt motief is zijn veelkleurigheid. Het bedrukken kan continu verlopen. Via een aantal motiefrollen (maximaal twintig) worden de motieven en de kleuren aangebracht. Elke rol met haar eigen kleurpasta. Deze pasta's bevatten onder andere de kleuropigmenten, het verdikkingsmiddel en het bindmiddel. Het uiteindelijke motief wordt daarna bij verhoogde temperatuur (maximaal 150 °C) in een oven gefixeerd.

Het verdikkingsmiddel dient om het uitlopen van het motief te voorkomen. Verdikken kan op twee manieren, namelijk met polymere verbindingen op basis van zetmeel en cellulose of synthetische stoffen, danwel met emulsies van water en olie of schuim. De olie is benzine. Vooral hierdoor worden verdikkingsmiddelen met emulsies steeds minder gebruikt en schakelt men over op verdikking met vooral synthetische polymere verbindingen.

Veredelen

Veredelen heet ook wel finishen of appreteren. Het omvat een veelvoud aan processen [55, 56, 60, 61]. Enkele daarvan zijn ruwen, lustreren, polijsten, verzachten, rot- en motvrij maken, vuil- of waterafstotend en kreukherstellend maken. Men onderscheidt drie soorten finishprocessen:

- mechanische, zoals ruwen en polijsten;
- chemische, waarbij het appretmiddel op het doek achterblijft, zoals bij brandvrij, rot- en motvrij maken;

- chemische, waarbij het appretmiddel niet op het doek achterblijft, zoals bij afkoken, carboniseren en vollen.

Door de veredeling kan een stof, vooral voor de drager van kleding, geheel anders aanvoelen.

De spin-, weef-, verf- en drukmachines in de textielindustrie zijn niet voor alle vezels universeel bruikbaar. Zo zijn er afzonderlijke machines voor het spinnen van katoen, wol, vlas enz. Dit betekent dat een textielbedrijf slechts een beperkt aantal vezelsoorten kan gebruiken en dat uitbreiding of verandering van dit assortiment investeringen in machines vereist.

5.2.3 POSITIE VAN DE TEXTIELINDUSTRIE

Werkwijze

Er werken nu nog ongeveer 22.000 mensen in de Nederlandse textielindustrie [57]. Alle textielbedrijven hebben, na de grote neergang in de jaren zeventig, de overstap gemaakt van arbeids- naar kapitaalintensief. In het algemeen zijn de bedrijven vèrgaand gespecialiseerd naar grondstof, produkt, markt of een combinatie daarvan. Een voorbeeld is het bedrijf Vlisco, dat katoen op een specifieke manier bedrukt en in West-Afrika verkoopt.

Bij de meeste textielbedrijven is de produktie aangepast aan de wensen van de kleding-, woningtextiel-, tapijt- en andere industrieën. Deze klanten bepalen de specificaties, de kleuren en de vezelmaterialen.

Machines

Veel aandacht wordt besteed aan de vernieuwing van het machinepark. Het voornaamste doel daarbij is kostenbesparing door grotere produktiesnelheden en door vermindering van de benodigde arbeid. De initiatieven voor nieuwe ontwikkelingen liggen voor een groot deel bij de machinefabrikanten. De textiefabrikanten proberen de nieuwe machines zo snel mogelijk in huis te halen. Nederlandse bedrijven die machines voor de textielindustrie maken, zijn Stork (te Boxmeer) en Brugman (te Almelo). Stork maakt onder andere roldrukmachines. Brugman maakt verf- en voorbehandelingsmachines.

Moderne textielmachines hebben ook nadelen. Zij zijn gevoeliger voor onregelmatigheden in vezels, garens of weefsels. Om uitval zoveel mogelijk te beperken, moeten de grondstoffen homogener zijn.

Aannemers

Textielbedrijven kunnen een deel van de produktie uitbesteden bij aannemers. De aannemers op hun beurt kunnen een deel van de produktie (bijv. een bepaald finishproces) laten uitvoeren door onderaannemers in binnen- of buitenland. Vaak weet de opdrachtgever niet wat de aannemer met de order doet. Dit maakt de produktie in de textielindustrie moeilijk te doorgronden. De bedrijfskolom is lang en weinig geïntegreerd.

De positie van de Nederlandse textielindustrie is redelijk tot goed te noemen. Juist door specialisatie en kapitaalintensieve produktie kunnen de textielbedrijven hun omzetten en winsten laten groeien.

Nieuwe ontwikkelingen in de textielindustrie worden op diverse plaatsen geïnitieerd, namelijk bij:

- de machinebouwers, voor de procestechniek;
- de grondstofleveranciers, voor de grondstoffen;
- de textielindustrie zelf, voor het gebruik van de grondstoffen en de machines en voor de produktontwikkeling;
- de overheid, voor de wet- en regelgeving (vooral op milieugebied);
- de markt.

De grondstofleveranciers domineren bij het initiëren van nieuwe ontwikkelingen.

Productie

De productie van garens in de spinnerijen en het verbruik daarvan in de textielindustrie in 1988 staan in tabel 5.7. Opvallend is het grote verbruik van synthetische garens.

	Productie x 1.000 kg	Verbruik x 1.000 kg
katoenen garens	7.430	19.620
kunstmatige garens	1.910	2.190
synthetische garens	6.970	65.830
wollen garens	3.830	9.940
overige garens	—	8.610
totaal	20.140	106.190

Tabel 5.7 *Productie van garens in de spinnerijen en het verbruik daarvan in de Nederlandse textielindustrie (1988)*

Bron: [62]

Milieu

In de textielindustrie staan in het bijzonder de ververijen, drukkerijen en finishbedrijven onder druk van de milieuwetgeving. Ververijen en drukkerijen geven vooral waterverontreiniging, maar zij belasten het water relatief weinig [61, 63]. De bedrukkers veroorzaken ook luchtverontreiniging. De finishbedrijven vervuilen het meest. Vooral bij het rot- en motvrij maken worden giftige stoffen gebruikt, die gedeeltelijk op de stof achterblijven en voor de rest in het afvalwater terecht komen.

Alle textielbedrijven kopen hun textielchemicaliën bij grote chemische bedrijven [59]. De laboratoria van de textielbedrijven verrichten vooral kwaliteitscontroles op grondstoffen en eindprodukten. Vaak weten de textielbedrijven niet exact wat zij kopen (bijv. kleurstof AX293). De chemische en technische kennis van deze chemicaliën berust bij de grondstofleveranciers en niet bij de afnemers. Nieuwe ontwikkelingen vinden dan ook bij de grondstofleveranciers plaats.

5.2.4 KLEDING- EN WONINGTEXTIELINDUSTRIE

Kleding

De kledingindustrie maakt van lappen stof mode- en bedrijfskleding. Deze tak van industrie bestaat uit kledingbedrijven (deze ontwerpen en maken kleding) en loonconfectie-ateliers (illegale en legale [64]). Het aandeel van bedrijfskleding bedraagt slechts 10%, tegenover dat van 90% van modekleding en confectie. In de Nederlandse kledingindustrie werken ongeveer tienduizend mensen [57]. Men vermoedt dat daarnaast nog zo'n vijfduizend mensen in illegale confectie-ateliers werken.

De productie van kleding bestaat uit het ontwerpen van modellen, het selecteren en het snijden van stoffen, het in elkaar naaien van modellen, het strijken, persen en verpakken van kledingstukken. Voor het snijden van stof bestaan geautomatiseerde systemen. De rest van de kledingproductie is grotendeels handwerk. Een naaier of naaister moet de lap stof onder de naaimachine leggen, de naden stikken en de stof wegleggen. Er wordt wel geprobeerd dit deel van de productie te automatiseren, maar dat is moeilijk. Daarom is arbeid nog steeds de belangrijkste kostenfactor in de kledingindustrie.

Woningtextiel

Woningtextiel bestaat uit handdoeken, theedoeken, gordijnen, meubelstoffen, tafellakens, servetten en stoffen wand- en raambekleding. De afnemers van de woningtextielindustrie zijn projectontwikkelaars, winkeliers, en fabrikanten van meubels en raamdecoratie. Grote afnemers, zoals meubelfabrikanten of projectontwikkelaars, kunnen eisen stellen aan de produkten. De detaillisten kopen soorten en kwaliteiten woningtextiel die zij denken te kunnen afzetten.

Confectie-industrie

De confectie-industrie is een bedrijfstak die zwaar onder druk staat en wel door het volgende [65, 57, 62]:

- er is een overaanbod van kleding op de Nederlandse markt;
- de afzet van kleding stagneert;
- de concurrentie uit het buitenland is groot (lagere prijzen);
- de consument wordt moeilijker voorspelbaar en volgt de mode minder slaafs.

De Nederlandse kledingbedrijven die confectiekleding (geen bedrijfskleding) produceren, hebben het naaiproces dan ook voor een deel overgeplaatst naar eigen ateliers in niet te ver gelegen lage-lonenlanden, zoals Griekenland, Portugal en Tunesië. Daarnaast laten zij een deel van het naaiwerk uitvoeren door loonconfectie-ateliers in het Oostblok. Dit heet passieve loonveredeling [65]. Patronen maken, snijden, persen en verpakken gebeurt in Nederland. Desondanks is de productie van Nederlandse confectie relatief duur. Dit betekent dat Nederlandse confectiebedrijven met hun kleding in het dure segment van de markt opereren, al dan niet met hun eigen merken.

Uit overwegingen van concurrentie houden veel bedrijven cijfers van omzet en verkoop geheim.

Mode

De mode speelt een belangrijke rol in de kledingindustrie. Dit geldt bovendien – zij het iets minder – voor de woningtextiel.

Verwachtingen over ontwikkelingen in de mode worden besproken in het Internationaal Modeoverleg en daarna door de nationale modecoördinatoren doorgegeven aan de bedrijven. Ongeveer twee jaar voor het betreffende seizoen worden in het Internationaal Modeoverleg de kleuren bepaald, zodat de garenerverijers de gelegenheid hebben de garens op tijd voor de wevers in de juiste kleuren te verven. Een half jaar daarna worden de motieven en stoffen gekozen: ruitjes of bloemetjes, soepele of stugge stoffen. Daarmee gaan de wevers aan de slag. Een jaar tevoren worden de vormen en lijnen in de kleding bepaald. De ontwerpers en de confectiebedrijven gaan met die gegevens proefcollecties maken. Een half jaar tevoren bestelt de detailhandel de collecties op basis van de vastgestelde kleuren en vormen.

Om het bedrijfsrisico zo veel mogelijk te beperken, houden de textiel- en de kledingindustrie zich zoveel mogelijk aan het modebeeld uit het Internationaal Modeoverleg. Dit maakt de mode tot een zichzelf bevestigend fenomeen. Bovendien probeert men het risico te beperken door zo laat mogelijk te bestellen. Desondanks blijft het risico groot, want uiteindelijk bepaalt de consument wat mode is [62]. De smaak van de consument wordt door het toenemende individualisme steeds moeilijker te voorspellen. Er is dus veel onzekerheid in de kledingindustrie.

Kenmerkend voor de confectie-industrie is dat de wil tot samenwerking en openheid wordt beleden, maar dat in essentie elk bedrijf alles geheim wil houden. Dat komt omdat een bedrijf zich op een moeilijke markt alleen maar kan profileren met net iets andere motieven, kleuren en ontwerpen dan de concurrenten. Voor confectiebedrijven is het belangrijk de hele collectie klaar te hebben voor de concurrenten deze zien. Welke modellen snel verkopen, wordt streng geheimgehouden om te verhinderen dat de concurrenten deze meteen namaken.

In het algemeen kiest een consument die kleding koopt niet voor een bepaald vezelmateriaal. Men selecteert een kledingstuk op de kleur, het model en hoe het aanvoelt. Veel klanten kennen bijvoorbeeld het verschil niet tussen linnen en linnen 'look' (katoen/polyester na speciale finishbehandeling).

Kledingverkoop

De voornaamste afnemer van de kledingindustrie is de detailhandel. Marktleider in confectie in Nederland is C & A. Dit bedrijf is een gesloten familiebedrijf. Het publiceert geen jaarverslagen. De omzet, het aantal verkochte kledingstukken en het aantal personeelsleden behoren tot de geheimen van het bedrijf. In grootte volgt daarna Peek & Cloppenburg.

Kenmerkend voor de handel in kleding zijn de vele toetreders en uittreeders.

Het afgelopen jaar werd 75% van de kleding in de Nederlandse kledingwinkels geïmporteerd [62].

Grote bedrijven bestellen grote partijen kledingstukken in het Verre Oosten. Het gaat dan vooral om massa-artikelen. Productie in het Verre Oosten is voor grote orders goedkoper. Nadelen zijn de lange levertijden (drie tot zes maanden) en

daarmee de inflexibele produktie. De weinige bijzondere stukken uit een collectie laat men dichter bij huis maken. De levertijden zijn dan korter, soms zelfs minder dan een week en het is dan mogelijk flexibel op de markt in te spelen.

5.2.5 PLANTAARDIGE GRONDSTOFFEN

In de textiel- en kledingindustrie liggen mogelijkheden voor plantaardige grondstoffen in:

- vezels;
- verdikkingsmiddelen voor bedrukpasta's;
- andere textielchemicaliën.

Vezels

Waarom bepaalde vezels het goed doen in de textielwereld, is slechts gedeeltelijk te voorspellen. Een deel is onvoorspelbaar als gevolg van de mode. Een voorbeeld is rayon, dat vooral als voeringstof wordt gebruikt. Die toepassing is onafhankelijk van de mode. Extra rayon wordt al jaren verkocht voor modieuze kleding, waarbij de glans en de goede bedrukbaarheid belangrijker zijn dan de duurzaamheid of de prijs. Rayon is duurder dan synthetica. Hoelang het modedeel goed blijft verkopen, is niet duidelijk.

De mode bepaalt in sterke mate welke textielvezels in de confectie zullen worden gebruikt. Bestaat het modebeeld uit veelkleurige bedrukte stoffen, dan worden goed bedrukbare stoffen zoals van katoen en rayon veel gebruikt. Bestaat het modebeeld uit donkere, zware stoffen, dan wordt wol veel gebruikt. Jammer genoeg is de mode in wezen op langere termijn dan twee jaar onvoorspelbaar.

Katoen

Katoen is nog steeds de meest gebruikte vezel voor kleding en woningtextiel. Veel gebruikt worden mengvezels, bijvoorbeeld 65% polyester met 35% katoen. Katoen verloor veel terrein bij de opkomst van de kunstmatige en synthetische vezels, maar blijft belangrijk. De groei is weliswaar minder dan die van synthetische en kunstmatige vezels, maar de kwaliteit is onovertroffen, vooral in mengingen en veredelingsprocessen.

Belangrijke redenen voor het gebruik van katoen in kleding zijn het draagcomfort en het vochtopnemend vermogen.

Linnen

Linnen wordt relatief weinig gebruikt. Linnen en ook ramee gelden in de textielindustrie als 'mooie vezels', vergeleken met katoen.

De verwerking van vlas tot linnen is relatief duur [58, 66]. Er is een groot aantal tijdrovende bewerkingen nodig voordat de vezels te spinnen zijn.

Een knelpunt is het roten van vlas, dat is het verwijderen van de laagjes pectine die de vlasvezels omhullen. In Duitsland worden proeven gedaan met chemisch roten [67]. Er zijn ook experimentele systemen om vlas sneller te ontsluiten (bijv. het groenvlasvezelsysteem), maar die zijn niet doorgedrongen tot de bouwers van textielmachines. Om de verwerking van vlas tot linnen goedkoper en efficiënter te maken, is vooral technisch onderzoek nodig. Dit onderzoek gebeurt weinig.

Een tweede knelpunt is de positie van de tussenhandel, de intermediair tussen de vlasverbouwer en de vlasverwerker. In Nederland is een dergelijke intermediair er niet. De tussenhandel bevindt zich in België. Dit betekent dat er ook geen rechtstreeks contact is tussen verbouwer en verwerker. De tussenhandel stelt bovendien de prijs vast en bepaalt wie de verwerker wordt. Een uitgebreid overzicht van de vlasindustrie is te vinden in Onderzoeksverslag 66 van het Landbouw Economisch Instituut [52].

Een derde probleem is, dat de vraag naar linnenvezel niet goed te voorspellen is. Textielabrikanten die voor de confectie-industrie produceren, gebruiken materialen die over twee jaar in de mode zijn. Verder dan twee jaar kan men ook niet kijken. Nu, in 1991, zijn linnen en linnen 'look' in de mode. Linnen wordt dus relatief veel geproduceerd.

Een vierde factor die het gebrek aan regelmatige vraag naar linnen of ramee in de hand werkt, is het ontbreken van een stimulerende organisatie. Een spinner die graag linnen wil gebruiken, moet zelf zoeken naar linnen van de juiste kwaliteit en de fabrikant van spinmachines benaderen voor advies over het gebruik van linnen. Hoe moet worden omgegaan met de eigenschappen van linnen, moet de spinner zelf zien uit te vinden. Bij synthetische vezels is het juist de fabrikant die de spinner advies geeft over gebruik en mogelijkheden van de vezel.

Ook de specialisaties in de gebruikte grondstof en in machines voor bepaalde vezels kunnen het gebruik van linnen belemmeren.

Het gebruik van linnen zou kunnen toenemen door de vezel te mengen met goedkopere synthetische vezels. Daarmee zouden de nadelen van de hoge prijs en de kreukbaarheid kunnen worden vermeden.

Bedrijfskleding

In tegenstelling tot de markt voor modekleding, vertoont de markt voor bedrijfskleding een redelijke groei en stijgende prijzen [62, 57]. Textielabrikanten die stoffen voor bedrijfskleding produceren, passen hun produktie aan aan de eisen van hun afnemers [68]. Deze eisen worden steeds hoger: betere brandwerendheid, stofvrij materiaal enz. De textielindustrie probeert aan deze eisen te voldoen door meer synthetische vezels te gebruiken, door aanpassing van de weefmethode of door het gebruik van speciale vezels. Dit zijn vaak katoenen vezels die een specifieke finishbehandeling hebben ondergaan, of hoogwaardige synthetische vezels (bijv. aramide) of mengen van katoenen en synthetische vezels.

Woningtextiel

Bedtextiel is in Nederland voornamelijk katoen. Dit is cultureel bepaald. In het Verenigd Koninkrijk bijvoorbeeld worden voor bedtextiel voornamelijk synthetische vezels gebruikt. Dat zulk materiaal niet hoeft te worden gestreken, telt daar zwaar. In Nederland is het vochtopnemend vermogen het belangrijkste.

Gordijn- en interieurstoffen worden van allerlei soorten vezels gemaakt, afhankelijk van de prijs, de status van een materiaal, de bedrukbaarheid, de wijze van hangen enz. Zo moeten velours gordijnen van wol en redelijk duur zijn. Ook de mode speelt mee. In 1991 moeten moderne meubelstoffen bedrukt zijn met allerlei motieven in warme kleuren.

Overige toepassingen van textiel

Textielfabrikanten die voor andere sectoren produceren, moeten – binnen hun produktiemogelijkheden – bij de keuze van hun grondstof rekening houden met de eisen die de afnemers aan de weefsels en de daarvan gemaakte produkten stellen. Het is niet te voorspellen wat die eisen over tien jaar zullen zijn.

Voor sommige sectoren zijn onderdelen van het eisenpakket wel bekend. Bedrukte stoffen die in de jachtbouw worden gebruikt, moeten mot- en rotvrij zijn. Dit kan worden bereikt met bepaalde finishprocessen of door het gebruik van synthetische vezels. De leverancier van de weefsels maakt de keuze.

Verdikkingsmiddelen

Verdikkingsmiddelen op basis van polymere verbindingen zijn in opkomst omdat er bij deze verbindingen minder milieubezwaren zijn dan bij emulsies [59]. Polymere verdikkingsmiddelen kunnen uit natuurlijke en synthetische (petrochemische) grondstoffen worden gemaakt. De tendens gaat naar synthetische verdikkingsmiddelen, omdat de chemische industrie daar onderzoek naar doet. Die chemische bedrijven gebruiken als argumenten tegen natuurlijke verdikkingsmiddelen dat zij duurder zijn, minder mogelijkheden bieden tot manipulatie van de verdikkings-eigenschappen en dat kleureffecten op de stof moeilijker zijn te maken. Dat de chemische industrie geen belang heeft bij het gebruik van plantaardige grondstoffen kan een rol spelen bij het onderzoek naar synthetische verdikkingsmiddelen.

Andere textielchemicaliën

Het veredelen van textiel vereist veel chemicaliën [55, 56, 60, 61]. Behalve bleek- en wasmiddelen, worden onder andere verdikkingsmiddelen, motwerende middelen, pigmenten en kleurstoffen gebruikt. De textielindustrie koopt al deze chemicaliën van chemische bedrijven. Deze chemische bedrijven geven aan hoe de chemicaliën het beste kunnen worden gebruikt. Zij verrichten ook het onderzoek naar nieuwe chemicaliën voor de textielindustrie. Als het gebruik van bepaalde stoffen uit milieu-overwegingen wordt verboden, komen de chemische bedrijven met alternatieven. Sommige chemische bedrijven hechten veel belang aan de textielindustrie. Zo heeft een bedrijf als BASF een afdeling textielchemie in Nederland [59]. In tegenstelling tot vroeger, worden nu alleen synthetische kleurstoffen gebruikt. De kansen voor terugkeer van natuurlijke kleurstoffen zijn waarschijnlijk nul. Dat komt omdat er grote hoeveelheden nodig zijn van een constante kwaliteit en omdat de kleurechtheid van natuurlijke kleurstoffen matig is.

Mogelijk kunnen andere chemicaliën in de textielindustrie door natuurlijke stoffen worden vervangen. Het onderzoek daarnaar wordt niet uitgevoerd door textielbedrijven, maar door de grondstofleveranciers.

5.2.6 CONCLUSIES

- De textielindustrie is vooral een afnemerindustrie: de afnemer bepaalt aan welke eisen het produkt moet voldoen. De textielindustrie bepaalt dan zelf welk produkt aan deze eisen voldoet. De bedrijfskolom van de textiel is lang en weinig geïntegreerd. Als een produkt eenmaal aan de eisen voldoet, is de behoefte tot experimenteren met onbekende grondstoffen of produktiemethoden niet groot.

- Textielchemicaliën worden gemaakt door chemische bedrijven. Nieuwe ontwikkelingen in textielchemicaliën worden door deze bedrijven geïnitieerd en uitgevoerd.
- Het gebruik van linnen is beperkt. Het gebruik in de kledingindustrie is door de invloed van de mode niet te voorspellen. Het gebruik in de overige textielindustrie is afhankelijk van de vraag naar linnen. Door het ontbreken van stimulerende activiteiten is het onduidelijk hoe deze vraag zich zal ontwikkelen.
- De ervaring wijst uit dat bij de introductie van nieuwe vezelsoorten het niet voldoende is de aandacht van marketing op de spinners te richten. De hele bedrijfskolom moet worden bewerkt, van spinner, wever, verver, veredeler en confectie tot en met de detaillist.
- Katoen blijft belangrijk. De groei van het gebruik is weliswaar minder dan die van kunstmatige en synthetische vezels, maar de kwaliteit is onovertroffen, vooral in mengingen en veredelingsprocessen.
- De nadelen van vezelsoorten kunnen worden opgeheven of verminderd door mengen van garens. Vooral de combinatie van katoen met polyester of nylon komt veel voor. Ook linnen zou kunnen worden gemengd met goedkopere synthetische vezels. Daarmee zouden de nadelen van de hoge prijs en de kreukbaarheid van linnen kunnen worden vermeden en de voordelen van linnen kunnen worden behouden.

5.3 VEZELS IN BOUWMATERIALEN EN GEOTEXTIELLEN

dr.ir. T.J.H.M. Hutten

In bouwmaterialen is vroeger veel gebruik gemaakt van plantaardige vezels. Een deel van deze toepassingen is definitief verloren gegaan, maar er zijn voldoende redenen het gebruik van plantaardige vezels opnieuw te bezien. Een probleem hierbij is dat er weinig onderzoek naar het gebruik van plantaardige vezels is verricht omdat men dacht dat met synthetische vezels alles mogelijk was. Deze laatste gedachte was niet zo vreemd, omdat aan het gebruik van grondstoffen uit de landbouw een aantal hinderlijke bezwaren kleven, zoals beschikbaarheid, houdbaarheid, prijsvorming en kwaliteit. Omdat de meeste plantaardige vezels slecht zijn gekarakteriseerd, is het vrijwel onmogelijk aan te geven of zij aan de gestelde eisen voldoen.

5.3.1 BOUWMATERIALEN

Vroeger werden plantaardige materialen gebruikt zoals de natuur die leverde. Later werden deze materialen grotendeels vervangen door andere, zoals steen, dakpannen, beton en ijzer. Hout wordt nog veel gebruikt voor specifieke toepassingen, zoals ramen en kozijnen, dakspanten en betimmeringen. In deze toepassingen zijn plantaardige materialen nooit geheel verdrongen door synthetische. In de loop der tijd is wel de aard van het plantaardige materiaal aanzienlijk gewijzigd. Meubel-, spaan- en vezelplaat hebben hun intrede gedaan.

In grote lijnen kan de markt voor plantaardige grondstoffen in bouwmaterialen

worden verdeeld in die voor gezaagd hout, triplex, vezelplaat en spaanplaat. Ieder materiaal heeft zijn eigen toepassingsgebied, zij het met enige overlap met andere toepassingen. Recente ontwikkelingen zorgen er voor dat de relatie tussen prijs en 'performance' van diverse materialen verschuift, waardoor substitutie en verdere overlap optreden.

Enige kwantitatieve gegevens

Het gebruik van hout is sterk toegenomen. Hout wordt niet alleen als bouw materiaal gebruikt, maar ook voor de bereiding van papier. In ontwikkelingslanden is hout als brandstof vaak goedkoper en beter beschikbaar dan olie. De algemene verwachting is dan ook dat er een tekort aan hout zal ontstaan [69]. Daardoor zal de prijs stijgen en zal het gebruik van hout als bouw materiaal een steeds grotere concurrentie ondervinden van materialen die goedkoper zijn en in eigenschappen hout benaderen of zelfs overtreffen.

De grootste importeurs van hout en houtprodukten zijn de Europese Gemeenschap, de Verenigde Staten en Japan. De grootste exporteurs zijn Canada en Noord-Europa.

Het wereldgebruik van hout bedroeg in het begin van de jaren tachtig 1.500 miljoen m³ rondhoutequivalent. Daarvan werd 1,4% gebruikt in de EG. De eigen productie van de EG bedraagt slechts 5,1% van het jaarlijkse gebruik. Op grond van deze gegevens zou men kunnen stellen dat er ruimte is voor een Europese grondstof die hout in zijn huidige toepassingen als bouw materiaal zou kunnen vervangen. De prijs en de 'performance' moeten dan zo zijn, dat de nieuwe grondstof kan concurreren met hout, triplex, spaan- en vezelplaat.

Nederland produceert nog geen 10% van zijn houtprodukten zelf. Voor gezaagd hout ligt dat gunstiger. Alle resthout wordt gebruikt. Zolang er geen nieuwe Nederlandse grondstof komt, kan toename van het gebruik van hout alleen maar worden gedekt door meer import. Dit doet zich ook voor in andere houtverwerkende industrieën. De Nederlandse papierindustrie bijvoorbeeld importeert vrijwel alle houtpulp.

In de wereldmarkt voor houtprodukten heeft in de loop der tijd een verschuiving plaatsgevonden. Tot het midden van de jaren tachtig werden steeds minder rondhout, maar steeds meer houtprodukten geëxporteerd. De eerste verwerking vindt dus steeds meer in de brongebieden plaats. De laatste jaren neemt het aandeel van rondhout in de wereldhandel niet meer af. De gemiddelde wereldproductie van finer, triplex, spaan- en vezelplaat bedroeg van 1985 tot en met 1988 achtereenvolgens 5, 47, 48 en 17 miljoen m³ per jaar.

Houtprodukten

Om een beeld te krijgen van de mogelijkheden voor vezelgewassen en hout, worden de toepassingen en de karakteristieken van gezaagd hout, triplex, spaanplaat, vezelplaat en Medium Density Fiberboard (MDF) beschreven. Ook wordt aangegeven waar nieuwe produkten worden ontwikkeld. Spaanplaat, vezelplaat en MDF bieden mogelijkheden voor plantaardige vezels.

Gezaagd hout

Gezaagd hout (planken en balken) wordt als bouw materiaal gebruikt in toepassingen die grote duurzaamheid en sterkte vragen. Voor de productie van gezaagd hout wordt steeds meer gebruik gemaakt van dun rondhout. Dat is goedkoper en beter beschikbaar dan dik rondhout. De restanten worden gebruikt in spaanplaat en vezelplaat, voor de bereiding van papierpulp en als brandstof. De vraag naar dun rondhout zal naar verwachting stijgen, omdat de papierindustrie hiervan gebruik zal blijven maken [70].

Triplex

Triplex is plaatmateriaal dat uit drie of meer met elkaar verlijmden bladen hout bestaat. De draad van de bladen loopt in verschillende richtingen. Triplex is licht en sterk. Het is maatvast en heeft een grote schokweerstand. De binnenbladen kunnen van goedkope en de buitenbladen van mooie en dure houtsoorten worden gemaakt. Dit hangt niet alleen samen met het gewenste uiterlijk, maar ook met andere gewenste eigenschappen, zoals duurzaamheid. Triplex kan ook met kunststofplaat worden gefineerd. Als lijm worden natuurlijke materialen (beenderlijm en plantaardige lijm) of kunstharzen (ureum-, melamine-, fenol- en resorcine formaldehydelijmen) gebruikt. De duurzaamheid van triplex is onder andere afhankelijk van de gebruikte lijm.

Om de duurzaamheid te vergroten, wordt triplex behandeld met olie of met zouten. Door een behandeling van het uitwendige oppervlak met epoxyhars kan de watervastheid worden vergroot. Door zulke en andere behandelingen kunnen triplexen ontstaan van verschillende fysische en biologische duurzaamheid: sommige soorten kunnen jaren tegen micro-organismen en water, andere slechts kort.

In de laatste jaren zijn er weinig nieuwe ontwikkelingen in triplex geweest. Omdat het relatief duur is en de prijs stijgt, ondervindt triplex steeds meer concurrentie van de goedkopere spaanplaat.

Spaanplaat

Spaanplaat bestaat uit kleine deeltjes hout of andere ligno-cellulose bevattende deeltjes, die met een bindmiddel tot plaat worden geperst. Als grondstof worden afvalproducten van andere processen gebruikt, zoals houtafval en vlasscheven. Als bindmiddel worden formaldehydeharzen en dierlijke en plantaardige lijmen gebruikt. Omdat spaanplaat goedkoop moet zijn, wordt meestal een goedkoop bindmiddel (ureumformaldehyde) gebruikt. Toevoeging van melamine vergroot de weerstand tegen vocht. Vaak wordt nog een schimmelwerend en brandvertragend middel toegevoegd. Spaanplaat is relatief zwaar en buigt gemakkelijk door. Daarom wordt het vooral binnenshuis gebruikt voor wandbekleding en geluidsisolatie, als constructieplaat en in meubels, deuren en wandpanelen. Na een behandeling voor grotere duurzaamheid, kan spaanplaat als bekisting voor beton worden gebruikt. Ook wordt spaanplaat vaak gefineerd met kunststof of hout.

Uit recent onderzoek blijkt dat het gebruik van vlasscheven in spaanplaat het voordeel biedt van een lagere soortelijke massa [52]. Het Nederlandse bedrijf LINEX dat zich hiermee bezighoudt, is verouderd. Desondanks kan deze onderne-

ming haar produkt goed afzetten (30.000 ton/jaar). De middelen om tot een moderner produktieproces te komen, ontbreken echter.

Onderzocht zou moeten worden of vlas van mindere kwaliteit goedkoper zou kunnen worden geogst en dan als grondstof voor spaanplaat zou kunnen worden gebruikt. Uit recent onderzoek in het IFP-project (Industrial Flax Products) bleek dat er goede mogelijkheden zijn voor het gebruik van vlasstro in lichtgewicht panelen.

Vezelplaat

Vezelplaat bestaat uit verlijmde houtvezels. Bekende produkten uit dit type plaat zijn hardboard en zachtboard. Voor de verlijming worden niet alleen de reeds genoemde bindmiddelen gebruikt, maar ook de bindmiddelen die vrijkomen bij de vervezeling van het hout. Vezelplaat is lichter en wordt gebruikt in geringere dikten dan spaanplaat.

De kwaliteit is afhankelijk van de gebruikte houtsoort. Uit kostenoverwegingen worden meestal gemengde partijen houtresten gebruikt. Ontsuikerde stengels van rietsuiker kunnen ook uitstekend worden gebruikt.

De indeling naar hard- en zachtboard wordt gemaakt naar de soortelijke massa en de afwerking met een deklaag. Hardboard wordt toegepast als bekleding van plafonds, wanden, deuren en schuifwanden, in de carrosseriebouw, enz. Voorzien van speciale lagen, is het bestand tegen vocht en kan het als bekisting voor beton worden gebruikt. Een interessant voordeel van hardboard is dat het in een mal kan worden voorgevormd en dat het slijtvast is. Daardoor is het uitstekend geschikt voor vormdelen, zoals instrumentenpanelen van auto's. Halfhardboard wordt onder andere voor schoolborden gebruikt. Zachtboard is goed geluidwerend en is onder andere geschikt voor wanden, deurvullingen en geluidwerende lagen.

De klassieke markt voor vezelplaten krimpt in, omdat voor een aantal toepassingen nieuwe materialen zijn ontwikkeld. Wil men agrarische grondstoffen gebruiken, dan zullen die moeten concurreren met houtresten van allerlei oorsprong. Het is de vraag of dat loont. Het is slechts zinvol als agrarische grondstoffen goedkoop zijn en een goed of beter produkt opleveren. Vooralsnog lijken er op de traditionele terreinen weinig perspectieven, met uitzondering van gebruik in vormdelen. In combinatie met bijvoorbeeld de lichte vezel van vlas kan een extra voordeel ontstaan, dat een eventueel hogere prijs rechtvaardigt. Verder onderzoek moet dat uitwijzen.

Medium Density Fiberboard (MDF)

In de jaren zestig werd Medium Density Fiberboard (MDF) ontwikkeld. Bij de produktie wordt gebruik gemaakt van houtvezel, synthetische harsen, hoge druk en temperatuur. MDF bevat veel minder vocht dan andere vezelplaten en heeft een andere structuur. In feite vormt MDF een nieuwe categorie vezelplaat. Pas aan het einde van de jaren zeventig werd het produkt een commercieel succes.

De kwaliteit van MDF benadert die van hout. Het materiaal laat zich uitstekend bewerken met normale gereedschappen, het kan in alle richtingen goed worden afgewerkt en het kan goed worden geschilderd. Het kan vocht- en brandwerend worden gemaakt.

MDF wordt steeds meer gebruikt in keukens, meubelen, bewegwijzering, bekisting,

kozijnen, wanden, vloeren, deuren en skeletbouw. Daarmee is MDF een concurrent van hout, triplex en de hoogste kwaliteit vezel- en spaanplaat. Deze laatste materialen kunnen echter alleen door MDF worden vervangen als de hogere kwaliteit tot een hogere prijs mag leiden. Ook kan MDF thermohardende kunststoffen vervangen. MDF is niet alleen maar een vervanger van alle plaatmaterialen, maar kan ook als aanvullend produkt worden gebruikt waar andere plaatmaterialen niet bruikbaar zijn of kwalitatief tekort schieten. MDF is een rechtstreekse concurrent van hout en bepaalde kunststoffen.

Het is nog niet duidelijk of agrarische vezels als grondstof voor dit snel groeiende produkt kunnen worden gebruikt. De mogelijkheden op de markt lijken een grondig onderzoek in deze richting te rechtvaardigen. Bij de Nederlandse produktie van MDF uit plantaardige vezels wordt tot nu toe vooral geëxperimenteerd met jute, maar ook vlas zou kunnen worden gebruikt. Korte vlasvezels zijn tegen zeer lage prijs en in grote hoeveelheden op de Nederlandse en de Europese markt te verkrijgen [52]. Een extra voordeel van vlas zou kunnen zijn dat de MDF-platen een veel lagere soortelijke massa hebben bij dezelfde sterkte. Dit zou een factor drie kunnen schelen. In Duitsland is voor de bouw een lichtgewicht plaat ontwikkeld uit vlas. Een marktaandeel van 1% zou een vraag oproepen naar 28.000 à 58.000 ton vlasvezel.

5.3.2 GEOTEXTIELEN

Functies van geotextielen

Geotextielen zijn materialen die op de een of andere wijze met grond in contact komen. Voorbeelden van toepassingen zijn waterkeringen, oeverbeschoeiingen, afdek materiaal voor gevoelige aanplant, dijklichamen, taluds, bruggen en viaducten. Geotextielen scheiden componenten, moeten selectief doorlatend zijn, grond verstevigen en structuur geven. In veel toepassingen zijn duurzaamheid en verwerkbaarheid belangrijke voorwaarden. Geotextielen moeten vele decennia mee kunnen.

Synthetische geotextielen

Vroeger werden plantaardige materialen gebruikt, zoals riet en wilgetwijgen. Bij de huidige stand van de techniek blijken plantaardige vezels moeilijk aan de functionele eisen te kunnen voldoen. Er kwamen goed bruikbare synthetische materialen ter beschikking. Het bewerken van synthetische garens en nonwovens (niet geweven vezelstructuren) werd steeds gemakkelijker en goedkoper. Synthetische materialen zijn echter in bepaalde toepassingen niet per definitie goedkoper dan plantaardige. Tabel 5.8 laat dit zien met de kosten van produktie van nonwovens in de Verenigde Staten in 1986.

De kosten per vierkante meter verschillen aanzienlijk. Om de materialen aan dezelfde kwaliteitseisen te laten voldoen, moeten verschillende dikten van nonwovens van diverse oorsprong en kwaliteit worden gebruikt. De kosten per gewenste eigenschap kunnen daarom een totaal ander beeld opleveren van de verhouding tussen kosten en prestaties.

	Prijs US\$/m ²	Prijs US\$/kg
wet laid lange natuurlijke vezels	0,19	2,90
spunbonded, PET hoge dichtheid	0,63	3,14
spunbonded, PP lage dichtheid	0,06	3,13
melt blown PP	0,09	3,20
gecardeerd dry laid, genadeld PP	0,41	3,44
gecardeerd dry laid, thermisch PP	0,09	3,75
spunlaced houtpulp/PET	0,30	4,21
spunbonded PET, lage dichtheid	2,20	4,32
spunbonded/meltblown PP	2,68	5,30

Wet laid, spunbonded, melt blown en spunlaced zijn verschillende produktietechnieken. PET en PP zijn twee soorten kunststof.

Bron: [71]

Tabel 5.8 Produktiekosten van nonwovens in de Verenigde Staten (1986)

Met de komst van kunstvezels is de positie van plantaardige vezels sterk veranderd. In toepassingen waar eigenschappen als sterkte en duurzaamheid doorslaggevend of zelfs van levensbelang zijn, hebben plantaardige vezels plaats moeten maken voor synthetische.

Geotextielen moeten vaak meer functies tegelijk vervullen die onderling strijdig zijn. Dan worden materialen gecombineerd om een optimaal resultaat te krijgen. Als hoge eisen aan geotextielen worden gesteld, neemt men een hogere prijs voor lief. In Nederland is het gebruik van synthetische vezels en allerlei weefselstructuren vooral gestimuleerd door de Deltawerken. In duurzame toepassingen onder hoge belastingen zullen plantaardige vezels hun vroegere plaats dan ook niet snel heroveren.

Plantaardige vezels heroverwogen

De voordelen van synthetische vezels kunnen echter ook nadelen zijn. Wordt synthetisch materiaal in een tijdelijke toepassing gebruikt, dan ontstaat het probleem van de latere verwijdering of van zichtbare vervuiling. Ook geven synthetische materialen tijdens gebruik of bij afbraak vaak ongewenste stoffen af. Plantaardige vezels kunnen voordelig zijn als de levensduur kort moet zijn en er geen grote sterkte nodig is. Bij afbraak van plantaardige vezels blijven geen milieuvervuilende stoffen achter.

Vooraf in Duitsland en Zwitserland heeft het voordeel van afbreekbaarheid geleid tot het gebruik van plantaardige vezels – eventueel in combinatie met synthetische – voor oeverbeschermingen en taluds.

Met de huidige techniek is het mogelijk plantaardige vezels te gebruiken voor oeverbescherming, taluds, tijdelijke voorzieningen bij grondwerk, drainage-systemen en in de tuinbouw. Dit is in mindere mate het geval bij zinkstukken en geluidwerende wallen. De vraag is of plantaardige vezels daarvoor sterk genoeg zijn.

Bij oeverbescherming en taluds is het streven dat de taak van het geotextiel na

verloop van tijd wordt overgenomen door begroeiing. Bij tijdelijke voorzieningen, zoals grondversteving op bouwterreinen, is het gunstig dat er geen afval overblijft. In de tuinbouw wordt steeds meer geteeld op steenwol. Dat moet een dure reiniging ondergaan en het geeft afval. Ook daar lijkt ruimte voor toepassing van plantaardige vezels als substraat.

Nog veel onzekerheden

Er is nog geen inzicht in de omvang van deze marktsegmenten en het aandeel dat plantaardige vezels daarin zouden kunnen krijgen. Voor beschoeiingen, in taluds en in de tuinbouw zouden grote hoeveelheden geotextielen nodig kunnen zijn, maar het ontbreekt nog aan nauwkeurige eisen die aan de vezels en het uiteindelijke produkt moeten worden gesteld.

Het onderzoek is meestal gericht op nonwovens, omdat plantaardige vezels zich niet of slechts tegen hoge kosten laten verspinnen. Onbekend is of in de nonwovens gebruik kan worden gemaakt van stro in plaats van uitgerepareerde vezels. Het huidige onderzoek aan nonwovens is vooral gericht op houtvezels. Ook is er geringe ervaring met ramee (Zwitserland) en jute (een aantal landen). De geschiktheid van ramee doet vermoeden dat vlas eveneens een goede grondstof is. Deze mogelijkheid is in onderzoek.

Door het gebrek aan voldoende produkten en het ontbreken van daaraan te stellen eisen, kan nog weinig worden gezegd over de economische haalbaarheid van materialen op basis van plantaardige vezels. Milieu-overwegingen vormen een belangrijk argument voor deze toepassingen. In een aantal gevallen is de overheid of een waterschap de opdrachtgever. De overheid kan dan zelf een belangrijke invloed op de ontwikkelingen uitoefenen. Bij Rijkswaterstaat en andere overheidsorganen is een toenemende belangstelling voor de mogelijkheden van plantaardige materialen. Onzekerheid over techniek en produkt en de daarmee samenhangende kosten belemmeren het gebruik van plantaardige materialen.

5.3.3 CONCLUSIES

Plantaardige vezels worden in de bouw gebruikt in spaan- en vezelplaat. Kleine hoeveelheden plantaardige vezels worden gebruikt in geotextielen.

Door de opkomst van speciale spaanplaten is de markt voor spaanplaat opgeschoven naar die van triplex. Dit biedt goede perspectieven voor plantaardige vezels van andere afkomst dan hout. Er zijn nog onvoldoende gegevens over de eigenschappen van plantaardige vezels om te weten of zij economisch voordeel bieden. Een voordeel van vooral vlas is dat het zich laat verwerken tot platen met een lage soortelijke massa. Een zelfde ontwikkeling doet zich voor bij MDF-platen. Deze vezelplaten benaderen en overtreffen hout in veel belangrijke eigenschappen en kunnen een goede vervanging worden voor het steeds schaarser wordende volhout. De toepassing van plantaardige vezels in geotextielen zal ongetwijfeld nieuwe impulsen krijgen door de groeiende belangstelling voor natuur en milieu. Vooral op plaatsen waar afbreekbaarheid een voordeel is, zullen natuurlijke vezels een nieuwe kans krijgen. Een milieubewuste overheid kan een sterke stimulans zijn bij toepassingen van tijdelijke aard.



6. Produkten uit planten: oliën en vetten

drs. W.G.J. Brouwer

6.1 OLIËN EN VETTEN

met bijdrage van dr.ir. T.J.H.M. Hutten

6.1.1 ALGEMEEN

Gebruik van oliën en vetten

Oliën en vetten worden van oudsher in vele produkten toegepast. Zij maken ook een belangrijk deel uit van onze dagelijkse voeding. Deze toepassingen hebben grotendeels een gezamenlijke herkomst: zoogdieren, vissen, zaden en vruchten. De relatie tussen het gebruik van oliën en vetten in produkten en in de voedselvoorziening is hiermee niet afgelopen. Vet dat uit dieren wordt gewonnen, is vaak een bijproduct van de vleesproductie. Bij de verwerking van zaden en vruchten tot olie kunnen bijprodukten ontstaan, die onder andere worden gebruikt in veevoeder. De verwevenheid van de markt van oliën en vetten met de landbouw en de voedselvoorziening, maakt de bestudering van toepassingen en markten complex.

Ruim 80% van de oliën en vetten wordt voor voeding van mens en dier gebruikt. De rest wordt gebruikt voor andere toepassingen [72]. In tabel 6.1 is een overzicht gegeven van de wereldproductie en de toepassingsgebieden van oliën en vetten in het oogstjaar 1989/1990.

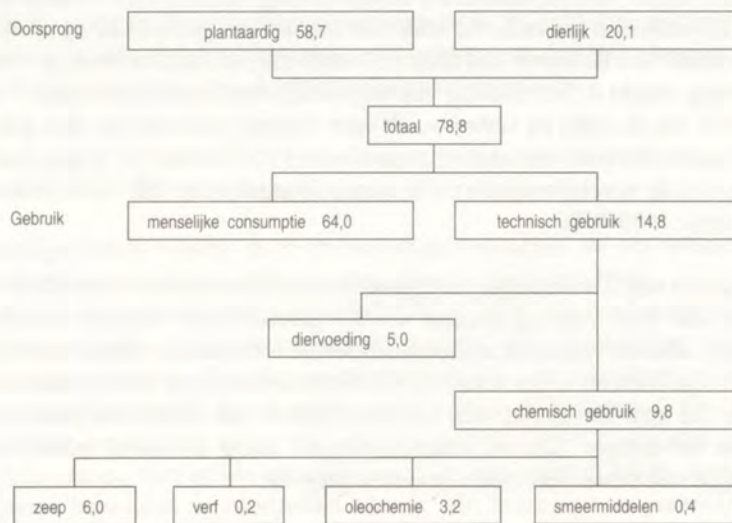
Van soja-olie wordt aanzienlijk meer geproduceerd dan van de andere oliën. Oliën en vetten die voor voeding kunnen worden gebruikt, zijn meestal duurder dan industriële oliën en vetten. De zeepindustrie en de oleochemie zijn de belangrijkste afnemers van oliën en vetten voor niet-voedingstoepassingen. De oleochemie is de industrie die zich bezighoudt met het ontwikkelen van industriële produkten op basis van niet-eetbare oliën en vetten. In afb. 6.1 wordt een beeld van de wereldconsumptie van natuurlijke oliën en vetten gegeven.

Een olie of een vet is een ester van glycerol met drie vetzuren (alkaanzuren). De eerste bewerking die in de oleochemie wordt verricht, is het splitsen van de olie of het vet in glycerol en vetzuren. Als een olie of vet wordt gekookt met water, splitst het op de wijze die in afb. 6.2 is weergegeven. De glycerol wordt gezuiverd en verkocht. De vetzuren worden op diverse manieren gewijzigd.

	Soort	Productie (in miljoen ton)
voeding	boter	6,11
	reuzel	5,39
	olijfolie	1,63
voeding en	soja-olie	15,50
industrie	katoenzaadolie	3,31
	aardnootolie	2,69
	zonnebloemolie	7,00
	raapzaadolie	7,03
	sesam-/maïsolie	1,71
	kokosolie	2,71
	palmpitolie	1,14
	palmolie	8,52
	visolie	1,41
	industrie	talg
lijnzaadolie		0,65
castorolie		0,33
totaal		71,86

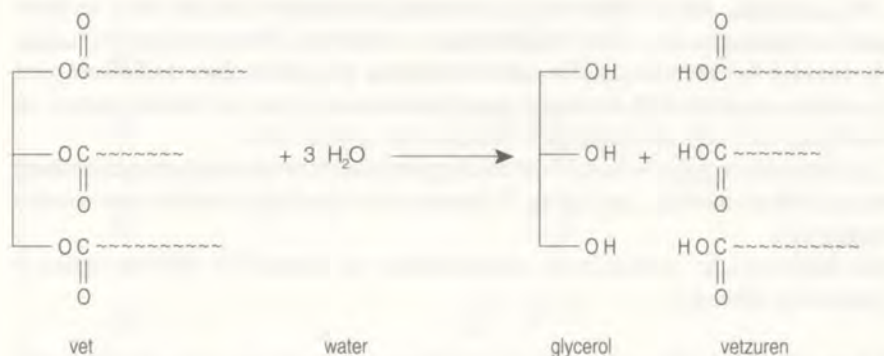
Tabel 6.1 Wereldproductie en toepassingsgebieden van oliën en vetten (1989/1990)

Bron:
[Unichema]



Afb. 6.1 Wereldconsumptie van natuurlijke oliën en vetten (1989/1990)

Bron:
[Unichema]



Afb. 6.2 Splitsing van olie of vet in glycerol en vetzuren

Glycerol

Glycerol wordt onder andere toegepast in de farmaceutische industrie, de tabaks-industrie, de cosmetica en de verf- en kunststoffenindustrie. Met wat parfum en andere toevoegingen is het in apotheek en drogisterij verkrijgbaar als glycerine. Momenteel is 80 à 90% van alle glycerol afkomstig uit natuurlijke oliën en vetten, de rest uit aardolie. Het is economisch gunstiger glycerol uit natuurlijke oliën en vetten te halen dan uit aardolie. Een van de redenen hiervoor is dat het maken van glycerol uit propyleen (de op een na kleinste bouwsteen die overblijft na het kraken van aardolie) minimaal drie reactiestappen vergt, terwijl glycerol uit natuurlijke oliën en vetten in één stap is te verkrijgen. Bovendien is glycerol uit natuurlijke oliën een bijproduct: men heeft de vetzuren nodig om er van alles mee te doen en krijgt daarbij ook glycerol in handen. Bij grote fluctuaties in de prijs van plantaardige oliën maakt soms het bijproduct glycerol de productie van vetzuren rendabel [73].

Vetzuren

Vrijwel alle plantaardige oliën zijn ingewikkelde mengsels, waarin twee tot vier vetzuren veel voorkomen. Een uitzondering is castorolie, waarin slechts één vetzuur dominant is. De enige constante factor in oliën is glycerol. De vetzuren verschillen in ketenlengte, de mate van verzadigdheid en de relatieve hoeveelheden van elk vetzuur. Daarom zijn de scheidingsprocessen belangrijk in de oleochemie. Zij kosten vrij veel energie, vandaar dat de oleochemie een energie-intensieve industrie is, die sterk afhankelijk is van de prijs van aardolie en aardgas [73].

De diverse samenstelling van oliën en vetten veroorzaakt ook een groot verschil in fysische eigenschappen, zoals oppervlakte-actief gedrag, optisch gedrag, oplosbaarheid, viscositeit en filmvormend vermogen. Van deze verschillen wordt in de voedingsmiddelenindustrie en de vetchemie gebruik gemaakt.

Vetzuren kennen een verkorte notatie. Zo wordt stearinezuur (het hoofdbestanddeel van kaarsvet) aangegeven met 18:0. Het eerste getal geeft het aantal koolstofatomen in het vetzuur aan en het getal achter de dubbele punt is een indicatie van de mate van verzadigdheid.

Verzadigd betekent dat het vetzuur uitsluitend enkele bindingen, dus alleen -CH₂-

CH₂-gedeelten, bevat. Meervoudig onverzadigd betekent dat ook twee of meer dubbele bindingen, dus -CH=CH-bindingen, voorkomen. Enkelvoudig onverzadigde vetzuren bevatten slechts één dubbele binding. Het getal achter de dubbele punt geeft het aantal dubbele bindingen aan. Stearinezuur is een verzadigd vetzuur en heeft dus geen dubbele bindingen, vandaar zijn notatie 18:0.

Uit chemisch oogpunt is de dubbele binding interessant omdat deze, in tegenstelling tot een enkele binding, reactief is. Er kunnen dus chemische reacties mee worden uitgevoerd.

Een beeld van de variatie in de samenstelling van natuurlijke oliën en vetten is gegeven in tabel 6.2.

Uit de tabel blijkt dat vetzuren met korte ketens (minder dan 14 koolstofatomen) en lange ketens (meer dan 20 koolstofatomen) weinig voorkomen. Plantaardige oliën hebben uitsluitend even aantallen koolstofatomen; in talg komen soms vetzuren met 17 koolstofatomen voor.

De belangrijkste en goedkoopste bron van C18-vetzuren is talg. Talg is een bijproduct van de slachterij. Daardoor is de prijs laag en is de aanvoer gegarandeerd. In de Westerse wereld is de groei van de vleesconsumptie en daarmee de groei in de hoeveelheid talg beperkt. Voor C18-vetzuren zijn vervangers genoeg, maar deze zijn meestal duurder dan talg.

Voor de oleochemische industrie is castorolie interessant, omdat daarin één vetzuur domineert.

Kokosnoot- en palmpitolie zijn de enige bronnen van vetzuren met korte ketenlengten. Vetzuren met lange ketens (C22) worden veelal uit raapzaad gewonnen. In de niet-eetbare variant van raapzaadolie kan 30 à 60% erucazuur (22:1) voorkomen. Deze olie is juist vanwege het hoge gehalte van erucazuur niet eetbaar.

Visolie bevat vijf- tot zesvoudig onverzadigde C20- en C22-vetzuren. Door de overbevissing en het dreigende uitsterven van bepaalde vissoorten is de aanvoer beperkt.

Verven en lakken

Een terrein waarop traditioneel veel oliën en vetten zijn afgezet, is dat van de alkydharsen voor lakken en vernissen. Alkydharsen fungeren in verven als bindmiddel. Verf op basis van lijnolie (lijnolie vormt 50% van de alkydhars) vergeelt, bladdert en is minder watervast dan verf op basis van bijvoorbeeld epoxyharsen. Andere oliën die in alkydhars worden gebruikt, zijn zonnebloem-, saffloer-, soja-, castor- en visolie. In West-Europa worden jaarlijks ongeveer 90.000 ton olie en eenzelfde hoeveelheid vetzuren voor dit doel gebruikt. De vetzuren komen grotendeels uit talg- (70 %), soja-, lijn- en kokosolie.

Bron: [72, 74]

	8:0	10:0	12:0	14:0	16:0	16:1	18:0	Vetzuur							
								18:1	18:2	18:3	20:0	20:1	22:0	22:1	24:0
kokosnoot	6,5	6,0	49,5	19,5	8,5		2,0	6,0	1,5						
palmpit	2,5	5,0	48,5	17,5	10,5		1,5	12,5	2,0						
palm				1,5	42,0		4,0	43,0	9,5						
castor					1,5		0,5	5,0	4,0	88,0					
soja					11,5		4,0	24,5	53,0	7,0					
katoenzaad				1,0	26,5		3,0	17,5	51,5						
olijf				0,5	11,5		2,0	75,0	9,5	0,5					
talk				4,0	30,0	3,0	21,0	38,0	3,0	1,0					
sardien				7,4	18,4	10,5	3,2	13,7	2,1	3,7		23,7		17,4	
haring				6,1	11,6	8,3	2,2	21,6	2,8	0,6		21,6		25,4	
raapzaad hoog erucazuur					2,4		1,4	16,2	17,1	8,0	1,0	9,5	1,0	42,9	0,5
raapzaad laag erucazuur				1,0	2,9		1,5	56,3	23,3	9,7	0,5	2,5	0,5	2,5	

Tabel 6.2 Vetturen in natuurlijke oliën en vetten (%)

Het aandeel van natuurlijke oliën op deze markt wordt minder omdat de samenstelling van verven verandert en er alternatieve producten op waterbasis worden ontwikkeld. In andere Westeuropese landen is de ontwikkeling van verven op waterbasis verder dan in Nederland. Dat komt omdat hoogglans- en zijdeglanslakken op de Nederlandse markt een aanzienlijk groter aandeel hebben (70% van de doe-het-zelf markt) en de verven op waterbasis nog niet voldoen aan de hoge eisen die er in ons land aan worden gesteld. Door kleine toevoegingen van allerlei (minder milieuvriendelijke) chemicaliën probeert men hierin verbetering te brengen. In hoeverre milieurestricties de toekomstige ontwikkeling van verven op waterbasis zullen remmen of stimuleren, kan moeilijk worden voorspeld.

Duidelijk is wel dat in het milieu-actieprogramma KWS-2000 het gebruik van koolwaterstoffen als oplosmiddel in hoogglans- en zijdeglanslakken aan banden wordt gelegd. Voor het op de markt houden van deze verven is het van groot belang dat er betere en goedkopere natuurlijke oliën beschikbaar komen. Daarmee zou het mogelijk worden het gehalte aan oplosmiddelen te verlagen en de eigenschappen van de verf te verbeteren.

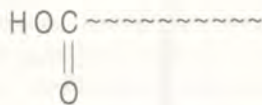
De keuze van de olie-mix (al of niet aangevuld met chemicaliën die de eigenschappen verbeteren) berust op een afweging van 'performance' en prijs. Goedkope bindmiddelen bevatten vaak soja, omdat dit een van de goedkoopste onverzadigde oliën is (f 1,00 per kg). Het beste zijn echter oliën die veel linolzuur (C18:2) bevatten, zoals saffloerolie (75% linolzuur). Deze olie is echter te duur (f 3,00 per kg) om een groot aandeel in de mix te verwerven. Een goedkoper alternatief, maar met een te laag linolzuurgehalte, is zonnebloemolie. Ook linoleenzuurvrije lijnolie zou een goede mogelijkheid bieden als het prijsniveau niet hoger wordt dan nu (f 2,00 per kg).

Verder is de verfindustrie geïnteresseerd in hydroxyvetzuren met een prijs niet boven de f 2,00 per kg. Hieraan kan de landbouw momenteel niet voldoen.

6.1.2 BEWERKINGEN

Reactiviteit

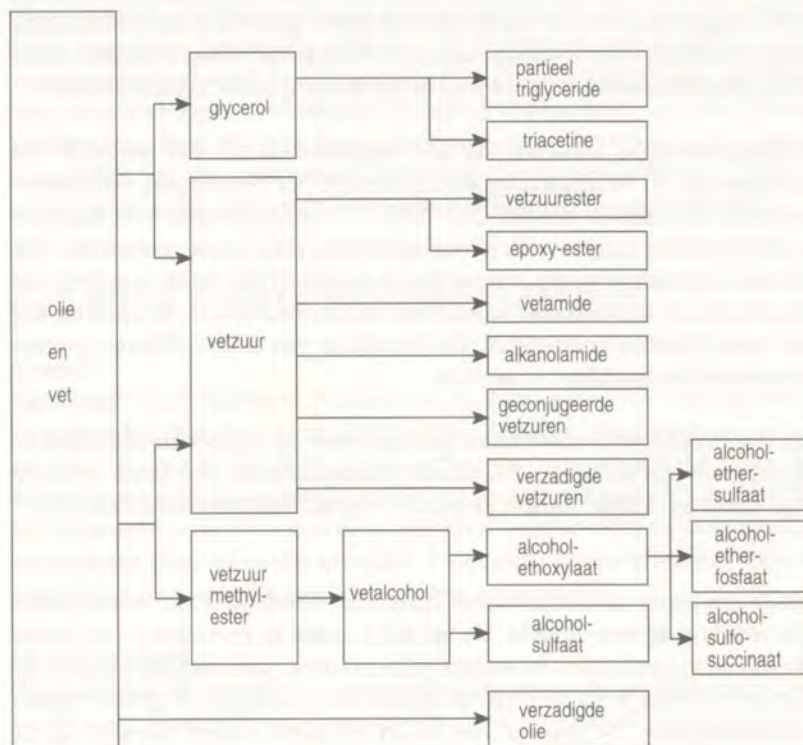
Een vetzuur is weer te geven als in afb. 6.3.



Afb. 6.3 Weergave van een vetzuur

Het HO-C-deel is de kop, de $\sim\sim$ -delen vormen de staart. Dit onderscheid is van belang omdat de kop gemakkelijk chemisch te wijzigen is en de staart nauwelijks. Van alle reacties aan vetzuren is 90% aan de kop en slechts 10% aan de staart [75]. Er is maar één reactie die veel met de staart wordt uitgevoerd, namelijk het wijzigen van de verzadigingsgraad (wel of geen dubbele bindingen).

Met de kop daarentegen worden vele reacties uitgevoerd, zoals wijziging in een alcohol of in een amine. Ook kan er vrij gemakkelijk een andere groep aan worden vastgeplakt. De mogelijkheden zijn legio. In afb. 6.4 is daarvan een overzicht gegeven.



Bron:
[Unichema]

Afb. 6.4 Mogelijke derivaten van oliën en vetten

Vetzuren en vetalcoholen vormen de belangrijkste producten [76]. Een aantal van deze verbindingen, zoals de alcoholethersulfaten en de alkylalcoholen wordt behandeld in 6.3.

6.1.3 BEDRIJFSKOLOM

De olieproducenten

Plantaardige oliën worden geproduceerd door bedrijven die oliezaden opkopen en de olie door persen of met oplosmiddelen uit de zaden halen. Er blijft dan een olie-arme, maar eiwitrijke koek over. Die wordt voornamelijk als veevoer verkocht.

Een rendabele olieproductie is afhankelijk van het oliegehalte in het zaad en de voederwaarde van het bijproduct. De voederwaarde wordt bepaald door de hoeveelheid en de samenstelling van het eiwit en door de smaak en de aanwezigheid van anti-nutriële factoren (ANF's) in het bijproduct. Sommige ANF's, zoals die uit soja, kunnen door verhitting onschadelijk worden gemaakt. Kan dat niet, dan is de

perskoek minder geschikt in veevoer voor één-magigen. Runderen hebben hier meestal veel minder problemen mee.

Olieproducenten hebben economisch gezien een ingewikkeld bestaan. Zij zijn afhankelijk van drie onafhankelijke markten, namelijk die van oliezaden, olie en veevoer. De bedrijven hebben de beide produkten, olie en oliekoek, nodig om rendabel te functioneren. Welke van de twee het meest oplevert, is sterk afhankelijk van seizoenen, wisselkoersverhouding, oogst enz. Men koopt alleen oliezaden in als men ook de zekerheid heeft dat de olie en de perskoek kunnen worden verkocht.

Uit bedrijfseconomische motieven zal een olieproducent zo min mogelijk van grondstof wisselen. De omschakeling kost tijd en leidt tot vermenging van olieresten van de oude olie met de nieuwe. Ook ANF's veroorzaken omschakelingsproblemen. Een wisseling hangt verder af van aanbod en prijs van de grondstof. Ook is kennis van de grondstof nodig, omdat iedere grondstof een eigen instelling van de machines behoeft. In Nederland wordt voor het merendeel soja verwerkt en nog maar zeer weinig lijnzaad en koolzaad. De introductie van nieuwe oliën en opschaling tot commerciële produkten is moeilijk.

Soms zijn olieproducenten achterwaarts geïntegreerd: zij produceren oliezaden en olie. Vrijwel nooit zijn bedrijven voorwaarts geïntegreerd. De olie wordt verkocht op de vrije markt en is onder andere grondstof voor de oleochemische industrie.

Handel

Van de totale produktie van oliehoudende zaden (ca. 700 miljoen ton) wordt slechts 23% verhandeld op de wereldmarkt. De handel in zaden en de verkoop van olie en perskoeken gaan via makelaars en worden beheerst door grote ondernemingen, die tevens verwerken. Een groot deel van de transacties speelt zich af op een beperkt aantal termijnmarkten. De prijzen van zaden en oliën worden bepaald op de spotmarkten. Vaak wordt het zaad verwerkt in landen met grote afzetmarkten voor eiwit. De Europese Gemeenschap en de Verenigde Staten zijn de grootste verwerkers van soja; Canada verwerkt vooral lijn- en koolzaad. Soja vormt het basisprodukt. Het wisselende aanbod, de sterk fluctuerende prijzen, de substitutiemogelijkheden en de wisselende prijsverhoudingen tussen de olie en de koek of het meel, maken de markt ondoorzichtig.

De oleochemie

Oleochemische bedrijven kopen de oliën en vetten op de vrije markt. Kenmerkend voor de oleochemische industrie is dat zij twee soorten produkten levert:

- Bulkprodukten, meestal vetzuren en vetalcoholen. Deze produkten worden op specificatie vervaardigd. Dit betekent dat de fysische eigenschappen en geur en kleur binnen bepaalde marges moeten vallen. Het produkt wordt zonder technische kennis geleverd.
- Maatprodukten ('specialties'), vooral esters, alsmede vetzuren en vetalcoholen met korte ketenlengte. Deze verbindingen worden voor specifieke toepassingen geleverd, met een recept voor het gebruik. Bovendien zijn niet de specificaties, maar is de 'performance' van belang. Voorbeelden zijn grondstoffen voor cosmetica en oppervlakte-actieve stoffen.

De omvang van de oleochemische productie in West-Europa is na de oorlog sterk gegroeid. Opvallend is dat het aandeel van vetalcoholen en vetaminen sterk is gestegen. De productie daarvan is hoofdzakelijk in handen van zeven grote ondernemingen, namelijk Henkel, Unilever-Unichema, Procter & Gamble, Akzo Chemie, Emery, Schering en Kao.

Oleochemische bedrijven zijn niet achterwaarts, maar vaak, in tegenstelling tot de olieproducenten, voorwaarts geïntegreerd. Zij maken, behalve grondstoffen, ook consumentenprodukten, vooral cosmetica en was- en schoonmaakmiddelen. Voor deze produkten zijn oleochemische bedrijven concurrenten van hun afnemers van grondstoffen. Men probeert deze concurrentie te verzwakken door de oleochemie te scheiden van de consumentenprodukten (Unichema/Unilever) of door de research in verschillende onderzoek-eenheden onder te brengen (Henkel).

6.1.4 POSITIE VAN NATUURLIJKE OLIËN EN VETTEN

Aandeel

Natuurlijke oliën en vetten vormen niet de enige grondstof voor de oleochemie. Ook uit petrochemische grondstoffen, zoals ethyleen, ethyleen-oxide en -olefines kunnen vetzuren en afgeleide produkten worden gesynthetiseerd. Voor veel produkten kunnen beide soorten grondstoffen worden gebruikt. Wasverzachters, opervlakte-actieve stoffen en verven en lakken worden voor een aanzienlijk deel uit plantaardige oliën en vetten gemaakt. Technische kunststoffen en lijmen worden vrijwel niet uit plantaardige oliën en vetten gemaakt [72].

De concurrentie

De oleochemische industrie is aanzienlijk kleiner dan de petrochemische, namelijk 1 : 40 qua productie van grondstoffen voor de chemische industrie [77]. De jaarlijkse productie in de oleochemie bedraagt slechts ruim 4 miljoen ton chemicaliën [78].

Petrochemische vetzuren

Vetzuurderivaten vormen een bijproduct van de productie van brandstof en basischemicaliën. Slechts 2% van de aardolie die in de chemische industrie wordt gebruikt, is bestemd voor de vetchemie. Het kraken van nafta uitsluitend voor de vetzuurchemie, zou economisch niet rendabel zijn.

Ook een aantal natuurlijke grondstoffen is bijproduct van andere processen, zoals de vleesproductie en de winning van eiwit.

In tabel 6.3 zijn de mogelijkheden weergegeven oliën en vetten, vetzuren en vetzuurderivaten rendabel met petrochemische processen te produceren.

Deze mogelijkheden zijn uiteraard sterk afhankelijk van de prijs van aardolie en de prijs van natuurlijke oliën en vetten.

Vooraf onverzadigde vetzuren en vetaminen worden uit natuurlijke oliën en vetten geproduceerd. De beste perspectieven voor agrarische grondstoffen liggen dan ook in deze hoek. Voor alle vetzuurderivaten bestaan petrochemische bereidingsprocessen, maar de processen met natuurlijke oliën en vetten zijn rendabeler. Aan vetzuren met 12 en 14 koolstofatomen bestaat een tekort en daarom zijn soms petrochemische

	Rendabel via petrochemie?
oliën en vetten	nee
vetzuur, verzadigd	ja (vooral C12/C14)
idem, onverzadigd	nee
idem, vertakt	ja
vetalcohol	ja
vetamine	nee

Tabel 6.3 Mogelijkheden vetzuurderivaten rendabel met petrochemische processen te produceren

Bron: [79]

processen rendabel. Vetzuren en vetzuurderivaten met 18 koolstofatomen worden door de lage prijs van talg niet met synthetische grondstoffen gemaakt. Voor de bereiding van vetalcoholen, die veel als oppervlakte-actieve stof worden gebruikt, heeft men een aantal petrochemische processen ontwikkeld (zie 6.3.4).

Gewassen

Behalve aan de commercieel veel gebruikte gewassen, wordt ook veel aandacht besteed aan de mogelijkheden van andere oliegewassen.

De oleochemie wil voor plantaardige oliën de hoeveelheid handelingen of bewerkingen om tot redelijk zuivere derivaten te komen, zo klein mogelijk maken. Enkele wensen zijn:

- Hogere concentraties van één vetzuur in plantaardige oliën.
- Plantaardige oliën bevatten te vaak veel C16- en C18- vetzuren. Er zijn vrijwel geen bronnen voor zeer lange (meer dan 20) of korte (korter dan 14) ketens. Uitzonderingen zijn kokosnoot- en palmpitolie, die wél redelijke hoeveelheden vetzuren met korte ketens hebben. Men vindt deze twee oliën als basis voor korte ketens wat mager en zou er meer willen hebben.
- Plantaardige en vooral dierlijke oliën hebben veel verzadigde vetzuren. Dit is uit chemisch oogpunt ongunstig en daarom zou men graag onverzadigde bindingen willen hebben.
- Bij reacties aan de vetzuurstaart kunnen, behalve de dubbele bindingen, chemische groepen worden gebruikt die al in de vetzuurstaart aanwezig zijn. Voorbeelden zijn een epoxidebinding (dezelfde als in ethyleenoxide) die in lesquerella-olie aanwezig is en hydroxyvetzuren.

Toekomst

Men verwacht dat met nieuwe gewassen en biotechnieken aan deze wensen kan worden voldaan.

Een aantal gewassen biedt mogelijkheden door een gunstiger samenstelling. Vele groepen in binnen- en buitenland doen onderzoek naar het 'temmen' van wilde nieuwe oliegewassen. Voorbeelden van dergelijke gewassen zijn crambe (bron van erucazuur 22:1), cuphea (bron van vetzuren met een korte ketenlengte), zonnebloem (bron van oleïnezuur 18:1), lesquerella (bron van lesquereloïnezuur 20:1) en jojoba-olie (eigenlijk een was met specifieke eigenschappen). Deze gewassen zijn nog niet geschikt voor de landbouw. Dat vergt tijd (vijf à tien jaar?).

Bij het onderzoek naar nieuwe oliegewassen zijn de olieproducenten meestal niet betrokken. Voor hen wordt het pas interessant als er een markt voor die oliën is. Die markt moet worden ontwikkeld door onderzoek en de juiste prijs.

De landbouw heeft belang bij het telen van een gewas voor een industrie die de produkten daarvan afneemt.

De afnemers van bulkprodukten van de oleochemie hebben er veelal geen belang bij: zij kopen op prijs en niet op 'performance'. De afnemers van speciale produkten van de oleochemie kopen wel op 'performance', maar verwachten dat de oleochemie het onderzoek hiernaar doet.

De oleochemie is dus richtinggevend in het onderzoek naar nieuwe oliehoudende gewassen.

Pluspunten van natuurlijke grondstoffen zijn de chemische veelzijdigheid en de hernieuwbaarheid van natuurlijke oliën en vetten. Als het lukt andere plantaardige oliën met minder dan 16 of met meer dan 18 koolstofatomen, of met exotische zijgroepen tot ontwikkeling te brengen, wordt de veelzijdigheid uitgebreid.

Minpunten zijn vooral de prijs van natuurlijke oliën en vetten en hun derivaten en de geringe grootte van de oleochemie ten opzichte van de petrochemie.

Op sommige gebieden verliest de oleochemie terrein, bijvoorbeeld bij verven en lakken en rubber. In oppervlakte-actieve stoffen en smeermiddelen daarentegen, wint zij terrein. Zicht op groei in nieuwe branches voor de oleochemie is er niet [79].

Desondanks is de positie van de oleochemie goed en het lijkt erop dat die in de toekomst goed zal blijven.

6.2 OLIËN EN VETTEN IN COSMETICA

6.2.1 WAT IS COSMETICA?

Iedereen gebruikt cosmetica. Zeep, shampoo, tandpasta, zonnebrandmiddelen, deodorant, lippenstift en crème behoren alle tot de cosmetica [80, 89].

Funcities

In de cosmetica zijn drie groepen te onderscheiden, namelijk reinigende, verzorgende en decoratieve cosmetica.

Tot de reinigende categorie behoren zeep, shampoo, lotion en tandpasta. Tot de decoratieve categorie behoren kleurcosmetica, zoals oogschaduw, kleurspoelingen en lippenstift. De verzorgende categorie is een wat schimmig tussengebied [89].

Wat de functie van deze produkten precies is, wordt vooral bepaald door de perceptie van de gebruiker of gebruikster. Cosmeticaprodukten hebben voor de consument een emotionele lading. Als de consument een potje dagcrème koopt, koopt hij of zij geen verzameling chemicaliën, maar verjongende en voedende stoffen, die plooien en rimpels in de huid laten verdwijnen.

Verkoop

Cosmeticaproducten worden vooral via supermarkten en drogisterijen aan de consument verkocht. Van elke gulden aan verkochte cosmetica werd in 1990 ruwweg de helft in drogisterijen en de andere helft in supermarkten besteed [90]. Andere verkoopkanalen, die buiten deze statistieken vallen, zijn de directe verkoop (bijv. 'de Avon-consulente') en de verkoop in kapsalons.

Per hoofd van de bevolking wordt in Nederland ca. f 140 per jaar uitgegeven. Volgens fabrikanten van cosmeticaproducten is Nederland wat dat betreft sterk achtergebleven bij de omliggende landen. Daar wordt op jaarbasis per hoofd van de bevolking ca. f 250 à f 300 aan cosmetica uitgegeven.

De groeicijfers in Nederland zijn echter indrukwekkend. Volgens de Nederlandse Cosmetica Vereniging bedroeg de toename in de verkoop van cosmetica in 1985, 1986, 1987 en 1988 achtereenvolgens 6,2%, 12,2%, 10,0% en 9,3%. Sommige soorten cosmetica groeien al een aantal jaren met meer dan 10% (zie tabel 6.4).

	Omzet (miljoen gulden)	Groei 1989 sinds 1988 (%)	Groei sinds 1984 (%)
haarverzorging	270,0	+ 9,8	+ 9,5
parfums, reuk- en toiletwater	105,0	+ 8,2	+ 3,2
mondverzorging	115,0	+ 9,5	+ 7,5
babyverzorging	34,0	+ 3,0	+ 3,8
huid- en gelaatsverzorging	187,0	+ 8,1	+ 8,9
decoratieve cosmetica	105,0	0,0	+ 5,7
badprodukten en deodorants	183,0	+13,0	+11,2
herencosmetica	95,0	+33,8	+17,3
luxe toilet- en badzeep	32,0	+ 3,2	+ 1,3
overige, o.a. zonnecosmetica	31,0	+10,7	+ 6,4
totaal	1.157,0	+10,1	+ 8,3

Tabel 6.4 Omzet en groei in het gebruik van cosmetica in Nederland (1989)

Bron: [90]

De verkoopwaarde van cosmetica wereldwijd ligt tussen de 70 en 80 miljard dollar per jaar. Het grootste aandeel hebben de Verenigde Staten met 25 miljard dollar. Japan en de Europese Gemeenschap nemen 15, resp. 20 miljard dollar voor hun rekening. De resterende 10 miljard dollar wordt in de rest van de wereld verkocht.

Verbindingen

Een cosmetisch chemicus die een nieuw cosmeticaproduct wil formuleren, kan kiezen uit ongeveer achtduizend mogelijke verbindingen [83, 91]. Alleen uit de oliën en de vetten die in cosmetica worden gebruikt, zijn al vijfhonderd verschillende verbindingen mogelijk. Emulgatoren komen in duizend variëteiten voor. Dit maakt de keuze voor de cosmetisch chemicus moeilijk.

De Warenwet kent voor stoffen die in cosmetica kunnen worden gebruikt, negatieflijsten ('alles mag, behalve...') [92]. Uitgezonderd zijn conserveringsmiddelen, kleurstoffen en zonnebrandmiddelen. Voor deze stoffen bestaan positieflijsten ('niets mag, behalve...'). Het gebruik van grondstoffen hangt af van het soort cosmetica. Voor zogenaamde 'stay on'-produkten, zoals crèmes en zonnebrandmiddelen, zijn de eisen aan grondstoffen strenger dan voor zogenaamde 'rinse off'-produkten, zoals shampoo's en crèmespoelingen.

De fabrikanten hebben geen plicht tot declaratie van de gebruikte grondstoffen.

Veiligheid

De veiligheid van grondstoffen en produkten heeft twee aspecten, namelijk de veiligheid voor de mens en de veiligheid voor het milieu.

Aandacht voor de veiligheid van cosmetica voor de mens bestaat reeds lang. Vervelende bijwerkingen van cosmetica zijn vooral irritaties en allergieën [83, 93]. In cosmetica kunnen onder andere geurstoffen en conserveringsmiddelen daarvoor verantwoordelijk zijn. Omdat er vele verschillende reacties op cosmetica zijn, is het niet zonder meer duidelijk of het een probleem van één gebruiker is of dat het te maken heeft met de grondstoffen.

De veiligheid voor het milieu speelt pas kort een belangrijke rol. Men verwacht dat vooral voor 'rinse off'-produkten eisen over toxiciteit en afbreekbaarheid zullen worden opgesteld.

Samenstelling van cosmetica

Een cosmeticaproduct, zoals een crème of een zeep, bestaat in grote trekken uit water, lipiden, oppervlakte-actieve stoffen, geurstof, kleurstof, conserveermiddel en additieven [81, 89].

Lipiden

In cosmetica wordt veel gebruik gemaakt van lipiden (vetstoffen), zoals oliën en vetten en wassen, van minerale, dierlijke en plantaardige oorsprong. Vooral de prijs bepaalt welke soort olie of vet wordt gebruikt [81, 89, 94]. De oliën en vetten, zoals palmolie, kokosolie, soja-olie en castorolie, zijn behandeld in 6.1. Wassen zijn esters van vetzuren en andere alcoholen dan glycerol, bijvoorbeeld bijenwas, carnaubawas en jojoba-olie. Deze laatste wordt olie genoemd omdat deze was bij kamertemperatuur vloeibaar is [94].

Oppervlakte-actieve stoffen

Cosmeticaprodukten zijn in het algemeen emulsies van olie en water [89]. Uitzonderingen zijn shampoo's, die vooral bestaan uit water en een oppervlakte-actieve stof, en lippenstiften, die vetmengsels zijn.

Een emulsie wordt gemaakt door olie, water en een oppervlakte-actieve stof (emulgator) samen te voegen. In de cosmetica-industrie horen emulgatoren uitsluitend bij emulsies van olie en water. Alle andere oppervlakte-actieve stoffen, zoals in shampoo's, heten gewoon oppervlakte-actieve stoffen. In 6.3 wordt uitgebreider ingegaan op aard en functie van oppervlakte-actieve stoffen, inclusief emulgatoren.

Oppervlakte-actieve stoffen hebben vele functies in cosmetica [81, 89], onder andere als :

- emulgator voor de bereiding van emulsies, bijvoorbeeld crèmes;
- 'wetting agent' voor een goed contact tussen een oplossing en een substraat, bijvoorbeeld in haarkleurmiddelen;
- detergentium voor de verwijdering van vuil, bijvoorbeeld in shampoo's.

Geurstof

Een geurstof of parfum dient om het cosmeticaproduct lekker te laten ruiken. De geur van het product bepaalt voor de klant of het bij haar of hem past. Vrijwel elk cosmeticaproduct bevat een of meer geurstoffen. De hoeveelheden variëren van 0,005% ('geparfumeerd') tot 20% ('parfum').

Er zijn drie soorten geurstoffen [94, 95]:

- natuurlijke geurstoffen, afkomstig van plant of dier; deze vormen in het algemeen een complex mengsel van vele verbindingen en zijn extreem duur (kamille-olie: 4.150 DM per kg, of sandelhoutolie: 830 DM per kg);
- natuur-identieke geurstoffen zijn synthetische produkten voorzien van de belangrijkste geurelementen van een natuurlijke geurstof;
- synthetische geurstoffen zijn vaak toevallig ontdekte verbindingen met een specifieke reuk.

Welke geurstoffen uiteindelijk worden gebruikt, hangt af van de prijs, de beschikbaarheid en de marketing van het eindproduct.

Kleurstof

Kleurstoffen zijn in vele cosmeticaproducten aanwezig, maar zijn vooral belangrijk bij decoratieve cosmetica [96]. Crèmes, bijvoorbeeld, hebben soms een huidkleur.

Conserveringsmiddel

In vele cosmeticaproducten komen conserveringsmiddelen voor [97]. Een cosmeticaproduct kan in kwaliteit verminderen door de inwerking van licht, zuurstof, temperatuur en micro-organismen. Conserveringsmiddelen worden gebruikt tegen micro-organismen. Deze organismen kunnen tijdens de fabricage, het verpakken en het vervoer van het cosmeticaproduct ontstaan, maar vooral tijdens het gebruik. Micro-organismen hebben voor hun groei en vermenigvuldiging de juiste voeding nodig, maar vooral water. Daarom worden alleen die produkten geconserveerd die een redelijke hoeveelheid water bevatten. Meestal niet geconserveerd worden parfums (bevatten te veel alcohol), permanentvloeistoffen (zijn te alkalisch) en nagellakken (bevatten te weinig water). Wel geconserveerd worden shampoo's, tandpasta's, badschuimen, contactlensvloeistoffen en crèmes.

Additieven

De additieven in cosmetica vormen een groot, schimmig gebied. Vrijwel alles kan voor een speciale werking of een mooie reclameslagzin worden gebruikt. Voorbeelden zijn: menselijk placenta-extract, abrikozezaadjes, tannineverbindingen en liposomen.

Extracten van planten worden eveneens als additieven gebruikt. Kenmerkend voor deze groep additieven is dat zij zo goedkoop mogelijk moeten zijn, gemiddeld niet meer dan 10 DM per kg [95].

In tabel 6.5 zijn voorbeelden gegeven van de samenstelling van een crème, een lippenstift en een shampoo.

	Crème volume %	Lippenstift volume %	Shampoo volume %
water	60		85
lipide	31	92,8	
oppervlakte-actieve stof	3		10,3
conserveringsmiddel	0,5		0,2
parfum	0,2	0,1	0,5
kleurstof		7	<0,1
glansstof			1
glycerol	3		
speciale toevoeging ¹⁾		2,3	
verdikker			1
'conditioner'			2
anti-oxidantia		<0,1	

1) bijvoorbeeld placenta-extract en liposomen

Bron: [86]

Tabel 6.5 Ingrediënten van crème, lippenstift en shampoo

Uit de tabel blijkt dat water en lipiden de grootste volumina uitmaken.

6.2.2 DE BEDRIJFSTAK

De bedrijfstak voor cosmetica bestaat in grote trekken uit grondstofleveranciers en producenten.

Grondstofleveranciers

Grondstofleveranciers, zoals Akzo en Henkel, leveren vaak grondstoffen voor cosmetica met advies voor receptuur. Zij verstrekken gegevens over dermatologische, toxische en milieutechnische eigenschappen van grondstoffen. Wil een bedrijf nieuwe grondstoffen op de markt brengen, dan moet het de kosten van registratie in de EG dragen.

Producenten

Cosmeticabedrijven gebruiken deze grondstoffen om cosmeticaproducten van eigen merk of voor anderen ('private labels') samen te stellen. Internationaal wordt de top vijf gevormd door Unilever, L'Oréal, Beiersdorf, Procter & Gamble en Wella (stand 1 juni 1990) [Bron: Willhenko].

De Nederlandse cosmetica-industrie is relatief zwak: het zijn voornamelijk kleine, onafhankelijke bedrijven met rond de tien medewerkers. Voorbeelden van twee

grotere bedrijven zijn Koninklijke Sanders (met o.a. Van Gils parfum voor mannen) en Andrélon met 350, resp. 185 medewerkers.

Het onderzoek- en ontwikkelingswerk van Nederlandse cosmeticaproducten is vooral gericht op de receptuur van cosmetica. De ingrediënten worden ingekocht. De cosmetica-industrie is sinds een paar jaar bezig met de overstap van een ambachtelijke en kunstzinnige, naar een meer technisch georiënteerde industrie. Vroeger waren de samenstellers van parfums artiesten die op hun gevoel afgingen, tegenwoordig zijn het chemici. Om geen negatieve gevoelens bij de consument te wekken, geeft de producent echter bij voorkeur een niet-chemische kijk op zijn produkten. Hij spreekt dan ook niet over grondstoffen, maar over ingrediënten.

De consument

Daar de cosmeticaproducten met hun produkten dicht bij de kopers staan, zijn marketing, presentatie en uiterlijk van het cosmeticaproduct essentieel. In cosmetica spelen mode en seizoen mee. Dit betekent dat het uiterlijk van het cosmeticaproduct regelmatig moet worden veranderd. Dit kan blijven bij een nieuwe kleur verpakking, maar het kan ook leiden tot een volledig nieuw produkt. Bij de presentatie van nieuwe cosmetica worden deels dezelfde kanalen gebruikt als bij kleding, namelijk de damesbladen.

Voor de cosmeticaproduct is het belangrijk welke perceptie de klant heeft over het merk, het produkt, de werking en de ingrediënten. Om deze perceptie zo gunstig mogelijk te maken, besteden de fabrikanten veel geld aan de marketing van hun produkten.

In dit geheel is het eigenlijk niet zo belangrijk of bepaalde grondstoffen in de gebruikte hoeveelheid schadelijk kunnen zijn of niet, maar of de klant denkt dat zij schadelijk zijn. De consument denkt dat produkten uit de natuur, zoals jojoba-olie en rozeblaadjes, veilig zijn. Voor producenten is dat tegenwoordig een reden natuurlijke grondstoffen aan hun produkt toe te voegen en dan vooral die stoffen aan te prijzen.

In Nederland is de verkoopprijs van cosmetica als volgt opgebouwd:

- grondstof: 6 à 10%;
- produktontwikkeling en marketing: 60 à 70%;
- verpakking, winst: 20 à 34%.

Het gebruik van grondstoffen neemt jaarlijks met ongeveer 2,5% toe.

Trends

In de cosmeticabranche zijn de volgende trends te onderscheiden [91, 94, 98]:

- De grondstoffen voor cosmetica moeten aan steeds hogere eisen voldoen. Zij moeten zo zuiver mogelijk zijn, zonder bijprodukten. De dermatologische en toxische eigenschappen moeten onderzocht zijn op veiligheid voor mens en milieu. De kwaliteit moet constant zijn. De grondstof moet wereldwijd toegelaten zijn. Het zijn vooral de leveranciers van de grondstoffen, die aan deze eisen moeten voldoen. De producenten merken door deze eisen dat zij sommige grondstoffen moeten vervangen en nieuwe recepturen moeten maken.
- Afbreekbaarheid is een van de eisen die zeker aan grondstoffen zullen worden

gesteld. Van veel grondstoffen voor cosmetica zijn afbreekbaarheid en toxiciteit in het milieu niet bekend. Voor de stoffen waarvan deze eigenschappen wel bekend zijn en onvoldoende zijn gebleken, kent men vaak nog geen alternatieven. Naar afbreekbare grondstoffen (vooral oppervlakte-actieve stoffen), wordt veel onderzoek verricht.

- In de cosmeticabranche is een concentratie gaande. Grote bedrijven kopen kleinere op. Het aantal producenten van cosmetica neemt af. Zeker in Nederland, kan men zich afvragen of er voor een onafhankelijke bedrijfstak nog ruimte is. Omdat de drempel voor nieuwe cosmeticabedrijven laag is, is er een stroom tegen de concentratie in op gang gekomen van nieuwe bedrijfjes, die 'in de garage' beginnen.
- De aandacht van de cosmeticaproductent voor het milieu neemt toe. Twee factoren spelen daarbij een rol. De belangrijkste is: 'denken mijn klanten dat mijn produkt veilig en goed is?'. Veel verpakkingen van cosmetica zijn tegenwoordig dan ook versierd met afbeeldingen van kruiden en andere planten. Dit beantwoordt aan de perceptie van de consument dat groen en natuurlijk gelijk staan met veilig en betrouwbaar. De tweede factor is: 'doet mijn produkt geen schade aan het milieu?'.
- De grens tussen farmacie en cosmetica is aan het vervagen. In de EG zijn claims als 'verjongt', 'geeft gerimpelde huid een nieuw uiterlijk', 'verbetert de structuur van de huid', toegestaan. In de Verenigde Staten is dat niet het geval; de Food and Drugs Administration beschouwt cosmetica die zo wordt aangeduid als geneesmiddelen en eist dezelfde toelatingsprocedure als voor nieuwe medicijnen. Sommige fabrikanten gaan zo ver dat zij deze procedure inderdaad voor bepaalde cosmeticaproducten laten uitvoeren. Naar verwachting zal ook de cosmetica-industrie in de EG echt moeten waarmaken wat zij beweert.

6.2.3 MOGELIJKHEDEN VOOR PLANTAARDIGE GRONDSTOFFEN

In cosmetica worden vele stoffen van plantaardige oorsprong gebruikt. Dat gebeurt om tweeërlei reden, namelijk om hun functie in het produkt, zoals oliën en parfums, en als marketinginstrument, zoals bepaalde kruiden.

Voor de marketing is het begrip 'natuurlijk' van groot belang. De cosmeticaproducten spreken in bijna religieuze termen over de ideeën die consumenten over 'natuurlijke' cosmetica hebben [99, 100, 98].

In tabel 6.6 worden de mogelijkheden voor synthetische en natuur-identieke grondstoffen aangegeven. Deze tabel geeft tevens een beeld van de vele soorten natuurlijke grondstoffen in cosmetica met hun indeling naar functionele of marketing kwaliteit.

De enige natuurstoffen die niet zijn na te maken en een functie in cosmeticaproducten hebben, zijn parfümoliën. Alle andere stoffen zijn na te maken of hebben geen echte functie. Dit betekent dat de prijs, de kwaliteit en de beschikbaarheid van de natuurlijke grondstoffen bepalend zullen zijn voor hun concurrentiepositie.

Natuurprodukt	Synthetisch produkt mogelijk?	Groep
plantenextracten	-	marketing
vitaminen	+	marketing ¹⁾
eiwitten	-	marketing
wassen	++	functie
oliën en vetten	+++	functie ²⁾
polymere verdikkingsmiddelen	++	functie
emulgatoren	++	functie
kleurstoffen	+++	functie
andere additieven	+	marketing ³⁾
parfumoliën	+	functie
conserveringsmiddelen	+++	functie

- niet + soms ++ veelvuldig +++ altijd

1) uitgezonderd vitamine E (tocoferol), dat als anti-oxidant kan werken

2) uitgezonderd exotische oliën die speciaal voor marketingdoeleinden worden toegepast

3) soms voor een specifieke functie

Tabel 6.6 *Mogelijkheden voor synthetische en natuur-identieke cosmeticagrondstoffen*

Bron: [98]

Lipiden en oppervlakte-actieve stoffen in cosmetica worden veelal synthetisch bereid, maar er zijn plantaardige mogelijkheden.

Cosmeticaproducten bestaan voor een groot deel uit vetstoffen. Die kunnen dierlijk, mineraal of plantaardig zijn. De consument denkt dat 'natuurlijk' goed is en heeft daarom een voorkeur voor plantaardige oliën, maar voor het gebruik daarvan zal de prijs bepalend zijn.

De groep oppervlakte-actieve stoffen biedt eveneens perspectieven voor bereiding uit plantaardige grondstoffen. De eis van afbreekbaarheid wordt steeds belangrijker. Leveranciers van deze stoffen zijn dus op zoek naar alternatieven, zoals suikeralkylverbindingen. Deze verbindingen zijn goed in water oplosbaar en naar verwachting goed afbreekbaar (zie 7.2).

6.3 *OPPERVLAKTE-ACTIEVE STOFFEN*

6.3.1 *WERKING EN TOEPASSING VAN OPPERVLAKTE-ACTIEVE STOFFEN*

Werking

Oppervlakte-actieve stoffen zijn stoffen die invloed uitoefenen op grensvlakken. Dit kan een grensvlak zijn tussen twee niet-mengbare vloeistoffen, zoals water en olie, maar ook een grensvlak tussen een vloeistof en een vaste stof, een vaste stof en een gas, een vloeistof en een gas of twee vaste stoffen [101].

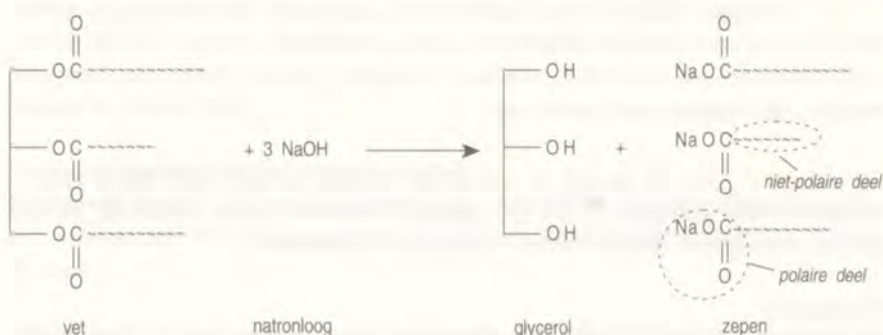
Er zijn vele duizenden oppervlakte-actieve stoffen in de handel. Zo'n zevenhonderd

daarvan zijn enkelvoudige stoffen [102]. Industrieel toegepaste oppervlakte-actieve stoffen zijn vrijwel altijd complexe mengsels.

Kenmerkend voor oppervlakte-actieve stoffen is de aanwezigheid van een hydrofoob (waterhatend) en een hydrofiel (waterminnend) deel in één verbinding. Hydrofobe delen bestaan in het algemeen uit koolstof- en waterstofketens zonder zuurstof. De vetzuurketen van een natuurlijke olie of een natuurlijk vet is een voorbeeld van het hydrofobe deel van een verbinding. In het algemeen worden oppervlakte-actieve stoffen samengesteld uit ketens met 12 tot 14 koolstofatomen [103]. Het zure deel van het vetzuur is hydrofiel. Dit wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van zuurstofatomen.

Zeep

De oudste industrieel vervaardigde en nog steeds meest toegepaste oppervlakte-actieve stof is zeep. De commercieel grootste toepassing is in was- en schoonmaakmiddelen. In de chemie is het begrip 'zeep' smaller dan in de huishouding. Zepen zijn natrium- of kaliumzouten van natuurlijke vetzuren. De fabricage van zeep (zie afb. 6.5) is analoog aan de splitsing van vet in glycerol en vetzuren (zie 6.1).



Afb. 6.5 Fabricage van zeep

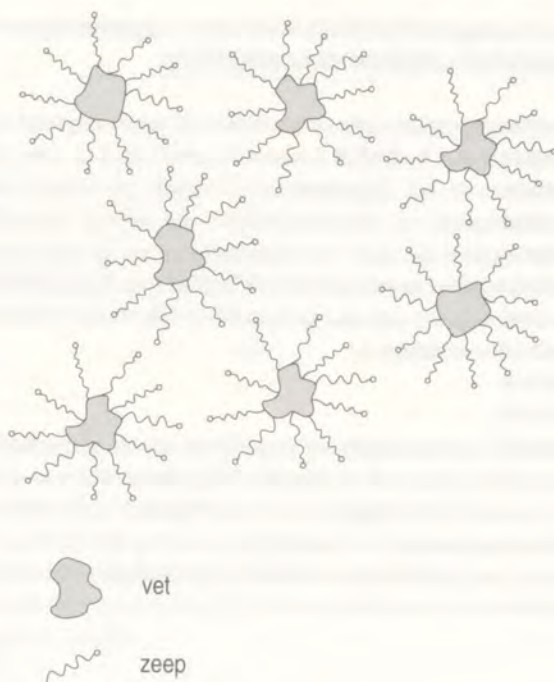
Zeep bevat een hydrofoob (niet-polair) deel waarbij olie zich goed voelt en een hydrofiel (polair) deel waarbij water zich goed voelt.

Als zeep en vet water worden gemengd, komen water en het hydrofiele deel van zeep bij elkaar. Het hydrofobe deel probeert zich tegen het water te beschermen en hecht zich aan het vet. Dit is schematisch weergegeven in afb. 6.6.

Voorals vet vuil wordt losgeweekt en omkapseld met zeepdeeltjes.

In het spraakgebruik is er geen scherp onderscheid tussen een oppervlakte-actieve stof met een detergerende werking en een was- of schoonmaakmiddel. Een was- of schoonmaakmiddel bevat, behalve de oppervlakte-actieve stoffen, een aantal toevoegingen om de werking te verbeteren (zie ook 6.3.4).

Zeep heeft als nadeel dat bij gebruik in hard water onoplosbare zouten worden gevormd. Deze zouten verminderen de effectiviteit van de zeep en slaan neer op



Afb. 6.6 Het omkapselen van vet door zeep

het wasgoed. Om dit nadeel te vermijden, kunnen andere oppervlakte-actieve stoffen worden gebruikt. In het spraakgebruik worden zepen 'natuurlijk' en alle andere oppervlakte-actieve stoffen 'synthetisch' genoemd.

Toepassing

De belangrijkste toepassing van oppervlakte-actieve stoffen is op het grensvlak tussen vaste stof en vloeistof. De vaste stof kan metaal, textiel, papier, kunststof, meel, huid of haar zijn. De vloeistof kan olie zijn, maar is meestal water.

De werking op grensvlakken maakt echter nog meer functionele toepassingen van oppervlakte-actieve stoffen mogelijk, namelijk als [101, 102, 104]:

- emulgator, om mengsels mogelijk te maken van water en vet of olie;
- natmaker, om hydrofobe oppervlakken met water te bedekken;
- schuimmiddel en -remmer;
- verzachter van oppervlakken;
- dispergeermiddel, om vaste stof fijn te verdelen in een andere.

6.3.2 MARKT EN BEDRIJFSKOLOM

Markten

Er zijn vele eindmarkten waarin oppervlakte-actieve stoffen worden gebruikt. Een niet uitputtende opsomming levert de volgende toepassingen [101, 102, 103]:

- als was- en schoonmaakmiddel;
- in cosmeticaproducten;

- in bouwmaterialen, onder andere in cement als mengmiddel en anti-vries;
 - in smeermiddelen, om het te smeren oppervlak goed te bevochtigen;
 - in de textielindustrie, als 'finish'-middel en als hulpstof bij spinnen en weven;
 - bij de oppervlaktebehandelingen van papier;
 - in de landbouw, voor het maken van een goed te verspuiten oplossing van gewasbeschermingsmiddelen;
 - in lijmen, om een goede uitvloeiing van de lijm te bevorderen;
 - in voedingsmiddelen, vooral als emulgator;
 - in farmaceutica, als dispersiemiddel in tabletten en als emulgator in zalf;
 - bij de oliewinning, als boorvloeistof; bij de tertiaire oliewinning, als verdringingsmiddel;
 - het waterwerend maken van oppervlakken;
 - in de metaalindustrie, als snijvloeistof;
- Er zijn weinig markten waar geen stoffen met oppervlakte-actieve werking worden toegepast.

De twee grootste toepassingsgebieden zijn te vinden in consumentenprodukten, namelijk was- en schoonmaakmiddelen en cosmetica. In 1987 werd in was- en schoonmaakmiddelen 34% en in cosmetica 17% van alle oppervlakte-actieve stoffen toegepast [105]. De resterende 49% werd in de industrie gebruikt. Omdat de helft van alle oppervlakte-actieve stoffen in slechts twee markten wordt toegepast, zijn de fabrikanten geneigd de aandacht vooral op die consumentenprodukten te richten [106].

De bedrijfskolom voor industrieel gebruik

Hier wordt de bedrijfskolom behandeld van oppervlakte-actieve stoffen voor afnemers anders dan de fabrikanten van wasmiddelen. Deze laatste komen in 6.3.3 aan de orde.

Oppervlakte-actieve stoffen voor industriële toepassingen worden meestal als onderdeel van een formulering verkocht en door de afnemer verwerkt in een eindprodukt of gebruikt als hulpstof bij de fabricage [102]. De bedrijfskolom is te verdelen in drie lagen (zie afb. 6.7).

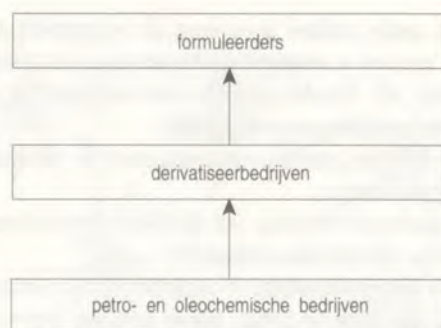
De onderste laag bestaat uit veelal grote petro- en oleochemische bedrijven die oppervlakte-actieve stoffen maken. Het zijn bedrijven als Henkel, ICI, Shell en Exxon.

De middelste laag bestaat uit bedrijven die oppervlakte-actieve stoffen chemisch bewerken en aanpassen (derivatiseren).

De bovenste laag bestaat uit formuleerders. Dit zijn bedrijven die kant en klare produkten maken voor veelal industriële afnemers. Deze laag bestaat uit vele kleine bedrijven, die gespecialiseerde produkten leveren.

Hoeveelheden

Wereldwijd werd in 1988 circa 15 miljoen ton oppervlakte-actieve stoffen geproduceerd [105]. Daarvan was 8,3 miljoen ton zeep; voor het overige waren het synthetische stoffen.



Afb. 6.7 De bedrijfskolom van oppervlakte-actieve stoffen exclusief consumentenprodukten

Bron: [102]

In de Verenigde Staten, Japan en Europa worden vooral synthetische oppervlakte-actieve stoffen toegepast. Alleen voor toiletzeep en sommige wasmiddelen wordt zeep toegepast. In de ontwikkelingslanden is zeep vrijwel de enig verkrijgbare oppervlakte-actieve stof. Het grootste deel van alle geproduceerde zeep wordt daar gebruikt.

In tabel 6.7 is een overzicht gegeven van het verbruik van synthetische oppervlakte-actieve stoffen (dus zonder zeep), met de groeiprognozen voor 1990, 1995 en 2000.

	Verbruik van synthetische oppervlakte-actieve stoffen (miljoen ton)			
	1988	1990	1995	2000
Noord-Amerika	2,4	2,5	2,7	3,0
West-Europa	1,7	1,8	1,9	2,0
Azië	1,3	1,5	2,1	2,7
andere gebieden	1,4	1,6	1,9	2,2
	6,8	7,4	8,6	9,9

Tabel 6.7 Verbruik van synthetische oppervlakte-actieve stoffen in 1988, met prognosen voor 1990, 1995 en 2000

Bron: [107]

Uit deze tabel blijkt dat vooral in Azië (Taiwan, Singapore, Indonesië) een flinke groei wordt verwacht.

Het gebruik van zeep neemt af ten opzichte van synthetische oppervlakte-actieve stoffen. In absoluut zin stijgt het gebruik van alle oppervlakte-actieve stoffen. De laatste jaren bedroeg de groei in West-Europa en de Verenigde Staten ongeveer 2% per jaar [108].

Iets meer dan de helft van alle oppervlakte-actieve stoffen die in de EG, de Verenigde Staten en Japan worden geproduceerd, wordt gemaakt uit aardolie [109]. Ongeveer 35% wordt uit plantaardige oliën en vetten [110] en de rest uit dierlijke

oliën en vetten en houtderivaten gemaakt. Oppervlakte-actieve stoffen uit hout (lignosulfonaten) zijn meestal bijprodukten van de ontsluiting van hout.

Vier categorieën oppervlakte-actieve stoffen

In het algemeen worden oppervlakte-actieve stoffen onderscheiden naar vier categorieën, afhankelijk van het ionisatiegedrag in water, namelijk anionisch, non-ionisch, kationisch en amfoteer.

Anionisch

Anionische oppervlakte-actieve stoffen zijn in oplossing negatief geladen. Als tegenion is natrium of een ander positief geladen ion in de oplossing aanwezig. Het belangrijkste voorbeeld is zeep. Zeep omvat 55% van alle oppervlakte-actieve stoffen [102]. Deze anionische stoffen zijn goed oplosbaar en hebben goede schuim- en schoonmaakeigenschappen. Zij worden vooral in shampoo's, toiletzeppen, badmiddelen en was- en schoonmaakmiddelen gebruikt.

Nonionisch

Nonionische oppervlakte-actieve stoffen blijven in oplossing ongeladen. Voorbeelden zijn onder andere vetalcoholethoxylaten en alkylfenoethoxylaten. Deze verbindingen worden veel als emulgator gebruikt en als oplosmiddel in kleurmiddelen en parfums. Het gebruik is sterk in opkomst, vooral in was- en schoonmaakmiddelen. Van alle oppervlakte-actieve stoffen is 30% nonionisch.

Kationisch

Kationische oppervlakte-actieve stoffen zijn in oplossing positief geladen. Voorbeelden zijn alkylpyridinezouten, met chloor- of broomionen als tegenion. Het zijn in het algemeen minder goede schuimvormers en schoonmakers dan anionische stoffen, maar zij binden goed met negatief geladen materiaal, zoals haar. Zij worden veel gebruikt in haarconditioners, maar niet in wasmiddelen. Zij hebben namelijk de neiging vuil vast te houden. Wel worden zij vaak toegepast in wasverzachters, maar die worden daarom pas na het wasproces toegevoegd. Veel kationische oppervlakte-actieve stoffen hebben een biologische werking en worden daarom als conserveermiddel toegepast. Van alle oppervlakte-actieve stoffen is zo'n 10% kationisch.

Amfoteer

Amfotere oppervlakte-actieve stoffen heten zo omdat het van de zuurgraad van de oplossing afhangt of zij anionisch of kationisch zijn. Deze stoffen worden vanwege hun hoge prijs vooral voor specialistische doelen gebruikt en weinig in consumentenartikelen toegepast, behalve in babyshampoo's. Slechts 1% van alle oppervlakte-actieve stoffen is amfoteer.

Kationische en amfotere oppervlakte-actieve stoffen maken samen slechts 11% van alle oppervlakte-actieve stoffen uit, maar naar waarde is dat 25 à 30% [102].

Oppervlakte-actieve stoffen worden vaak gemengd om optimale eigenschappen te verkrijgen. Anionische en kationische oppervlakte-actieve stoffen kunnen vrijwel niet samen worden gebruikt. Nonionische en amfotere kunnen wel met anionische

of kationische oppervlakte-actieve stoffen worden gemengd. Het meest komt de combinatie anionisch met nonionisch voor. Deze combinatie wordt veel in wasmiddelen gebruikt.

De toekomstperspectieven van de diverse soorten oppervlakte-actieve stoffen in de diverse markten zijn verschillend.

6.3.3 WASMIDDELEN

De belangrijkste toepassing (60 à 65%) van oppervlakte-actieve stoffen wordt gevormd door wasmiddelen en meer specifiek consumentenwasmiddelen [108].

Samenstelling

Wasmiddelen zijn te verdelen in algemene wasmiddelen (die van 40 °C tot 95 °C moeten werken) en speciale wasmiddelen (zoals inweek- en bleekmiddelen). De eerste groep is met 84% het grootst [109]. Deze wasmiddelen zijn verkrijgbaar als normaal poeder, als vloeistof en als geconcentreerd poeder.

Normaal waspoeder

Een normaal waspoeder is gemiddeld samengesteld uit:

- een aantal oppervlakte-actieve stoffen, die het vuil losweken en het in suspensie houden; vaak zijn het synthetische oppervlakte-actieve stoffen met zeep; zij vormen maximaal 25% van het volume van wasmiddelen [111];
- een sequestreermiddel, dat bedoeld is om kalk in het water af te vangen en om het neerslaan van het vuil op het textiel te verhinderen; circa 35% van het volume van een wasmiddel bestaat uit sequestreermiddelen (zie 7.3);
- een vulmiddel, dat bedoeld is om het wasmiddel meer volume te geven (tot zo'n 20%);
- velerlei toevoegingen (tot zo'n 17% van het volume), zoals:
 - een bleekmiddel, om de stof te bleken, waardoor deze schoner lijkt;
 - een kleurstof (een 'optisch bleekmiddel' of een fluorescerende kleurstof);
 - een parfum (was hoort schoon en fris te ruiken);
 - een of meer enzymen, bedoeld om bepaald vuil af te breken en eventueel de was te verzachten;
 - eventueel andere additieven, zoals bleekmiddel-activatoren of schuimstabilisatoren.

Uit deze lijst blijkt dat het samenstellen van een wasmiddel een compromis is tussen de werking van verschillende stoffen, de manier van wassen en het uiteindelijke wasresultaat.

Vloeibaar wasmiddel

Een vloeibaar wasmiddel heeft water als belangrijkste component. Het bevat geen vulmiddel, minder sequestreermiddel en meer oppervlakte-actieve stoffen dan een poeder en in het algemeen geen bleekmiddel.

Vloeibare wasmiddelen zijn alleen effectief onder 60 °C [112]. Daardoor kunnen enzymen (die normaal tot 50 °C bruikbaar zijn) goed worden gebruikt. Omdat nonionische oppervlakte-actieve stoffen bij deze temperaturen in het algemeen

effectiever zijn dan anionische, worden de gebruikelijke lineaire alkylbenzeensulfonaten (LAS) [108, 111] steeds meer vervangen door nonionische stoffen.

Het marktaandeel van vloeibare wasmiddelen is per land sterk verschillend: Europa 9% (Groot-Brittannië 25%), Japan 8% en de Verenigde Staten 40% in 1987 [109].

Geconcentreerde waspoeders

Een geconcentreerd waspoeder bevat geen vulmiddel, maar meer oppervlakte-actieve stoffen en minder sequestreermiddel dan een normaal waspoeder.

Geconcentreerde waspoeders zijn in West-Europa twee maal zo geconcentreerd als normale. In Japan zijn zij vier maal zo geconcentreerd.

Fosfaatvrije poeders

Het meest gebruikte sequestreermiddel is een fosfaat. Voordelen van fosfaten in wasmiddelen zijn de lage prijs, de biologische veiligheid en de uitstekende sequestreerwerking. Een wezenlijk nadeel van fosfaten is dat zij met de gebruikelijke waterzuivering niet kunnen worden afgebroken, in het oppervlaktewater terecht komen en daar bijdragen tot eutrofiëring. In diverse landen verbiedt de wet het gebruik, of zijn convenanten met de wasmiddelfabrikanten gesloten over een zo gering mogelijk gebruik van fosfaten. Fosfaatvrije poeders worden steeds meer samengesteld met vetalcoholethoxylaten. Deze stoffen zijn namelijk minder gevoelig voor hard water dan lineaire alkylbenzeensulfonaten en vereisen daardoor minder sequestreermiddelen [102].

Daarnaast is men op zoek naar vervangende sequestreermiddelen (zie hoofdstuk 7).

Wasgedrag

De samenstelling van wasmiddelen wordt sterk bepaald door het wasgedrag van de consument. Daarbij spelen vragen een rol als: bij welke temperatuur wast men gewoonlijk, hoe is de dichtheid van wasmachines, is men gewend veel handwasjes te doen, hoe is de arbeidsparticipatie van vrouwen enz. [109]. Het wasgedrag van consumenten wisselt per continent en land. Wasmachines in Japan en de Verenigde Staten hebben geen verwarming; men wast daar met koud water. Door trends in het wasgedrag en door de behoefte van de fabrikanten aan nieuwe producten, zijn de variaties in samenstelling van wasmiddelen flink toegenomen. Vrijwel alle fabrikanten hebben hun wasmiddelen fosfaatvrij gemaakt, sommige laten bovendien sulfaat weg. Vanwege mogelijke allergische reacties op parfum, is een aantal wasmiddelen verkrijgbaar met en zonder parfum. De consument kan kiezen voor een vloeibaar of een vast, voor een gewoon of een geconcentreerd wasmiddel.

Deze variaties hebben consequenties voor de samenstelling van de wasmiddelen en voor de gebruikte oppervlakte-actieve stoffen.

In het algemeen is een toename te zien in het gebruik van nonionische oppervlakte-actieve stoffen en daarmee een toename in het gebruik van vetalcoholen (zie 6.3.4).

De bedrijfskolom voor wasmiddelen

De bedrijfskolom van de wasmiddelenindustrie bestaat uit twee groepen, die gedeeltelijk geïntegreerd zijn: de leveranciers van ingrediënten voor wasmiddelen en de fabrikanten van wasmiddelen.

De ingrediënten van wasmiddelen worden veelal door grote chemische bedrijven

uit aardolie gemaakt: Dow Chemical, Shell, Exxon en Hoechst. Shell heeft daarin het grootste aandeel [108].

De fabrikanten van wasmiddelen zijn te verdelen in drie groepen:

- de multinationale Unilever, Henkel en Procter & Gamble, met een sterke positie in vele landen;
- grote bedrijven met een sterke positie in één of een paar landen; tot deze groep behoren Kao in Japan en Colgate-Palmolive in de Verenigde Staten;
- kleine, lokaal opererende bedrijven, die vaak innovatief zijn; in Nederland bijvoorbeeld De Klok (Klok C5) en Tricel (eerste fosfaatvrije wasmiddel).

Kenmerkend voor de wasmiddelenindustrie is de grote onderlinge concurrentie. Geen middel om het eigen produkt te onderscheiden van dat van de concurrent wordt ongebruikt gelaten. Aan elk detail in de formulering, de verpakking en de reclame voor wasmiddelen wordt aandacht besteed. De neiging snel en vaak met nieuwe produkten te komen, wordt steeds groter.

Door het toenemend milieubesef bij consumenten en wetgevende instanties worden fabrikanten bovendien gedwongen hun produkten kritisch te bekijken. Een resultaat hiervan is bijvoorbeeld het fosfaatvrije wasmiddel.

Een ander kenmerk van de wasmiddelenindustrie is dat de produkten rechtstreeks naar de detailhandel gaan en dan bij de consumenten terecht komen. Reclame is in deze industrie dan ook zeer belangrijk. Fabrikanten van wasmiddelen behoren tot de grootste besteders in de reclame.

De markt

De markt voor wasmiddelen is groot. In Europa ging het in 1988/1989 om 3,5 miljoen en in de Verenigde Staten om 2,6 miljoen ton [108]. Wereldwijd werd 17,5 miljoen ton wasmiddelen verkocht [113].

In Europa, de Verenigde Staten en Japan is de groei relatief laag: 2 à 3% per jaar [108].

Ontwikkelingslanden en opkomende landen zoals Singapore, Taiwan enz. zijn interessant voor de fabrikanten van wasmiddelen. De toenemende welvaart gaat gepaard met een toenemend gebruik van wasmiddelen.

Het aantrekkelijke van de markt voor wasmiddelen is dat consumenten altijd zullen wassen, onafhankelijk van de stand van de economie.

6.3.4 MEEST GEBRUIKTE VERBINDINGEN

Meest gebruikte oppervlakte-actieve stoffen

De oppervlakte-actieve stoffen die in de grootste hoeveelheden worden gebruikt, zijn zeep, lineaire alkylbenzeensulfonaten, vetalcoholsulfaten, vetalcoholesulfaten, vetalcoholesulfaten en alkylfenoethoxylaten.

Zeep is een anionische oppervlakte-actieve stof die uit natuurlijke oliën en vetten wordt gemaakt.

Lineaire alkylbenzeensulfonaten (LAS), vetalcoholsulfaten en vetalcoholesulfaten

faten zijn anionische oppervlakte-actieve stoffen. Lineaire alkylbenzeensulfonaten worden uit aardolie gemaakt, de andere kunnen uit aardolie en uit natuurlijke oliën worden gemaakt.

Vetalcohol- en alkylfenoethoxylaten zijn gekenmerkt door een staart van ethyleenoxiden. Omdat ethyleenoxide uit aardolie wordt gemaakt, volgt de prijs van ethoxylaten die van aardolie. Ethyleenoxide is hydrofiel en daarom: hoe meer ethyleenoxiden in de staart, des te hydrofieler is de verbinding.

Vetalcohol- en alkylfenoethoxylaten zijn nonionische oppervlakte-actieve stoffen. Alkylfenoethoxylaten worden uit aardolie gemaakt. Hun toepassing staat onder druk omdat bij de biologische afbraak stoffen ontstaan die giftig zijn voor vissen [103].

Al deze verbindingen hebben grote mogelijkheden tot manipulatie van de eigenschappen door wijziging van de chemische samenstelling.

De prijs van LAS bedraagt circa US\$ 0,94 per kilo en die van vetalcoholderivaten circa US\$ 1,30 per kilo [108].

Vetalcoholen

Vetalcoholen zijn interessant omdat zij in opkomst zijn als gevolg van ontwikkelingen in de wasmiddelenindustrie. Wensen zoals lagere wastemperatuur, fosfaatvrije en vloeibare wasmiddelen stimuleren het gebruik van nonionische oppervlakte-actieve stoffen, in het bijzonder de vetalcoholen [109].

Vetalcohol is een verzamelnaam voor alcoholen met een staart van 10 tot 18 koolstofatomen. Deze staart kan uit aardolie en uit natuurlijke oliën en vetten worden gemaakt.

Vetalcoholen kunnen op vier manieren worden bereid:

- Bereiding uit natuurlijke oliën en vetten. Belangrijke grondstoffen zijn kokosolie (C12- en C14-ketens) en talg (C16- en C18-ketens) [114]. Grote producenten van natuurlijke vetalcoholen zijn Henkel en Procter & Gamble [115].
- Bereiding uit aardolie volgens het Ziegler-proces. De kleinste eenheid waarin aardolie is af te breken, is ethyleen. Door ethyleen te polymeriseren tot het gewenste aantal koolstofatomen (bijvoorbeeld 14), kunnen vetalcoholen worden gemaakt. Deze vetalcoholen hebben, net als natuurlijke vetalcoholen, vetzuren met even ketens (6, 8, 10, 12 en 14 koolstofatomen). Producent van Ziegler-vetalcoholen is onder andere Cordea in Duitsland.
- Bereiding uit aardolie volgens het OXO-proces. Olefine, een afbraakproduct van aardolie, heeft een keten van koolstofatomen met een dubbele binding. Door een reactie met syngas (CH_4 met CO_2) kunnen vetalcoholen worden gemaakt. Deze hebben even en oneven aantallen koolstofatomen. Vooral Shell is met een variant van dit proces een grote producent van OXO-vetalcoholen.
- Bereiding door oxidatie van paraffine. Paraffine is een van de fracties bij de destillatie van aardolie. Dit proces wordt alleen in Japan en in de Sovjet-Unie toegepast.

Deze vier bereidingswijzen concurreren met elkaar op eigenschappen en prijs.

In afb. 6.8 is een overzicht gegeven van de meest gebruikte vetalcoholen.

25 % alcoholethoxysulfaten	3 % stikstofvetalcoholen (aminen en dergelijke)	22 % andere vetalcoholen
30 % alcoholethoxylaten	20 % alcoholsulfaten	

Afb. 6.8 De produktie van diverse vetalcoholen (1988)

Bron: [107]

Daaruit blijkt dat ongeveer 55% van de vetalcoholen geëthoxylerd is. In de afgelopen paar jaar is er weinig ethyleen geproduceerd en daardoor zijn de prijzen van ethyleenoxide flink gestegen. Vanwege die hoge prijs zou men kunnen teruggrijpen naar lineaire alkylbenzeensulfonaten.

In tabel 6.8 is een overzicht gegeven van de productiecapaciteit van vetalcoholen, het gebruik in 1988 en het verwachte toekomstige gebruik.

	Miljoen ton			
	1988	1990	1995	2000
natuurlijke vetalcoholen	525	615	808	855
synthetische vetalcoholen	788	815	855	855
totale capaciteit	1.313	1.430	1.663	1.710
totale consumptie	925	1.000	1.220	1.465
bezettingsgraad (%)	70	70	73	86

Tabel 6.8 Productiecapaciteit en huidig en toekomstig gebruik van vetalcoholen

Bron: [107]

Momenteel is er een overcapaciteit [115], maar de vraag naar vetalcoholen in wasmiddelen zal toenemen [109, 102, 115, 111]. Men verwacht een groei van 4% per jaar [105].

Ondanks de overcapaciteit zijn er plannen de capaciteit van natuurlijke vetalcoholen uit te breiden [113].

In het algemeen wordt ook in andere sectoren dan wasmiddelen een groei in het gebruik van natuurlijke vetalcoholen verwacht [115], vooral uit prijsoverwegingen.

Conclusies

De consument wil gemakkelijk en snel kunnen wassen met een fosfaatvrij wasmiddel. Dit leidt tot een toenemend gebruik van oppervlakte-actieve stoffen, vooral van nonionische, en daarmee tot een toename van het gebruik van vetalcoholethoxylaten. Dit betekent een toename van het gebruik van natuurlijke vetalcoholen.

Gezien de omvangrijke markten voor oppervlakte-actieve stoffen, de groei mogelijkheden vooral in industriële toepassingen en de sterke positie van natuurlijke oliën en vetten, kan worden verwacht dat natuurlijke oliën en vetten zich zullen handhaven of verbeteren.

6.4 ESTERS IN SYNTHETISCHE SMEERMIDDELEN

6.4.1 SMEERMIDDELEN

Alle bewegende delen in motoren en machines behoeven smering voor een goede, zuinige werking en een lange levensduur. Smeermiddelen die voor dit doel worden toegepast, bestaan uit een olie of een vet als basis en additieven die de olie of het vet de juiste eigenschappen voor specifieke gebruiksdoelen moeten geven. Additieven kunnen 0,5 à 25% van het smeermiddel uitmaken [110]. Additieven worden bijvoorbeeld toegevoegd tegen corrosie, tegen oxidatie of om de uitvloeiing te bevorderen.

Een smeermiddel heeft diverse taken:

- bescherming van bewegende delen tegen slijtage;
- vermindering van de wrijvingsweerstand;
- koeling;
- afsluiting van lucht, water en andere ongewenste stoffen.

Commerciële smeermiddelen worden door de oliemaatschappijen samengesteld [116]. Zij verrichten daarvoor veel op toepassing gericht onderzoek. Juist omdat voor elk gebruiksdoel een eigen smeermiddel nodig is, is het samenstellen van smeermiddelen niet eenvoudig.

In tabel 6.9 zijn de deelmarkten gegeven van smeermiddelen in West-Europa in 1989.

	miljoen ton
verbrandingsmotoren	2,5
industrie	2,5
vliegtuigen	0,03
overige	0,2
totaal	5,23

Bron: [117]

Tabel 6.9 Deelmarkten van smeermiddelen in West-Europa (1989)

Eigenschappen

Smeermiddelen voor bijvoorbeeld automotoren moeten goed werken bij temperaturen van $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (gedurende een strenge winter) en $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (de bedrijfstemperatuur van een gemiddelde automotor). De goede werking van een smeermiddel bij uiteenlopende temperaturen wordt bepaald door vijf fysische eigenschappen, namelijk [110]:

- De viscositeit (de mate van vloeibaarheid); de viscositeit verandert met de temperatuur: hoe hoger de temperatuur, hoe lager de viscositeit en hoe gemakkelijker het smeermiddel vloeit;
- De viscositeitsindex (de mate waarin de viscositeit met de temperatuur verandert); meestal is een zo gering mogelijke verandering van de viscositeit met de temperatuur gewenst.
- De vluchtigheid (hoe snel het smeermiddel verdampt); in het algemeen is een lage vluchtigheid gewenst om de smering zo lang mogelijk te behouden;
- Het vlammpunt (de laagste temperatuur waarbij het smeermiddel nog brandbare damp afgeeft); de keuze hangt af van de hoogste bedrijfstemperatuur;
- Het gietpunt (de laagste temperatuur waarbij het smeermiddel nog vloeit), vooral van belang bij lage temperaturen.

Smeermiddelen mogen niet corrosief zijn en lak, verf of rubber niet aantasten. Ook mogen smeermiddelen niet door lucht, water of andere invloeden worden aangetast. Zij mogen niet oxideren en moeten bestand zijn tegen hydrolyse.

6.4.2 ESTEROLIËN

Synthetische smeermiddelen

De oliën die de basis van smeermiddelen vormen, kunnen uit aardolie of uit andere grondstoffen afkomstig zijn. In de smeermiddelenbranche hanteert men de begrippen synthetisch en niet-synthetisch op een andere manier dan in vrijwel elke andere branche. Niet-synthetische smeermiddelen worden langs niet-chemische weg uit aardolie gemaakt. Synthetische smeermiddelen worden langs chemische weg uit aardolie of uit natuurlijke grondstoffen bereid.

Synthetische smeermiddelen zijn in de minderheid: 99% van alle smeermiddelen wordt langs niet-chemische weg uit aardolie gemaakt [118].

Er zijn drie hoofdklassen van synthetische smeermiddelen, namelijk esteroliën, olefine oligomeren en andere smeermiddelen, zoals fosfaatesters en siliconenolie. Esteroliën kunnen uit natuurlijke oliën en vetten worden gemaakt en zijn daarom hier van belang. Van de synthetische smeermiddelen worden esteroliën het meest gebruikt.

Esteroliën

Het kenmerk van esteroliën is dat zij een of meer esterbindingen bezitten. Een ester is een verbinding van alcohol en zuur. In esteroliën is de ester een verbinding van alcoholen en vetzuren.

Esteroliën voor smeermiddelen kunnen worden ingedeeld naar het aantal esterbindingen, namelijk [119]: mono-esters, di-esters, polyolesters en complexesters.

De drievoudige alcoholen (polyolen) waaruit polyolesters worden bereid, worden in het algemeen uit aardolie gemaakt; de vetzuren zijn meestal afkomstig van natuurlijke oliën en vetten. Om een effectief smeermiddel te maken, is het niet nodig uitsluitend natuurlijke vetzuren te gebruiken, ook synthetische zouden kunnen voldoen. In 6.1 is al gebleken dat synthetische vetzuren weinig worden gebruikt. Als rechte ketens nodig zijn, kiest men vrijwel altijd voor natuurlijke vetzuren. Die zijn namelijk goedkoper en hebben de juiste structuur. Voor esteroliën worden vooral vetzuren met ketens van 8 en 10 koolstofatomen gebruikt [120]. Voor vliegtuigmotoren gebruikt men smeermiddelen met ketens van 5 à 10 koolstofatomen. Vertakte vetzuren, die een lagere viscositeit dan vergelijkbare rechte vetzuren hebben, worden uit aardolie gemaakt.

De prijs van synthetische smeermiddelen

In tabel 6.10 is een indicatie gegeven van de prijs van synthetische ten opzichte van niet-synthetische smeermiddelen.

Synthetische smeermiddelen	Index (niet-synthetische smeermiddelen = 1)
<i>Esters van vetzuren:</i>	
polyolesters	4,7
dibasische zurenesters en andere esters	3,2
Olefine oligomeren	3,3
<i>Andere smeermiddelen:</i>	
polyalkyleenglycolen	3,5
fosfaatesters	6
siliconen	15 en hoger

Bron: [110]

Tabel 6.10 *Prijs van synthetische vergeleken met die van niet-synthetische smeermiddelen (1985)*

Nog steeds zijn synthetische smeermiddelen uit esteroliën drie à vier keer zo duur als niet-synthetische smeermiddelen [116]. Hier zijn enkele redenen voor, namelijk:

- De prijs van de grondstoffen is hoger omdat die meer bewerkingen nodig hebben voordat zij bruikbaar zijn.
- De processen in de oleochemie zijn ten opzichte van die in de petrochemie economisch minder gunstig: er wordt niet met continue processen gewerkt, maar met batchprocessen van hooguit 20 ton.
- De ontwikkelingskosten zijn nog niet terugverdiend.

Fysische eigenschappen van esteroliën

Een wezenlijk verschil tussen niet-synthetische en synthetische smeermiddelen is dat de eerste uit mengsels van vele stoffen bestaan. Fysische eigenschappen, zoals het stolpunt en de vluchtigheid zijn dan niet scherp bepaald [110].

Synthetische smeermiddelen kunnen echter zuivere stoffen zijn of mengsels van op elkaar lijkende stoffen. De fysische eigenschappen zijn in het algemeen wel scherp te bepalen.

In tabel 6.11 is een overzicht gegeven van de gemiddelde waarden van enkele fysische eigenschappen van smeermiddelen uit aardolie, di-esters en polyolesters.

	Aardolie	Di-ester	Polyolester
viscositeit bij 99 °C (in centiStokes)	4,0	3,6	4,1
viscositeit bij 38 °C (in Seybolt Universal Seconds)	100	80	90
vlampunt (in °C)	199	224	249
vloeipunt (in °C)	-15	-68	-65
maximale gebruikstemperatuur (in °C)	120-150	175-205	230-260

Tabel 6.11 Fysische eigenschappen van smeermiddelen

Bron: [110]

De viscositeiten van deze smeermiddelen ontlopen elkaar niet veel. Maar de prestaties van de esters zijn bij hoge en bij lage temperatuur door het hoge vlampunt en het lage vloeipunt duidelijk beter. Bovendien zijn esteroliën vijf keer beter biologisch afbreekbaar [116, 121]. Omdat esteroliën meer polair zijn dan smeermiddelen uit aardolie, hechten esteroliën beter op oppervlakken en smeren dus beter.

Smeermiddelen op basis van plantaardige oliën moeten concurreren met smeermiddelen op andere bases. In tabel 6.12 is een overzicht gegeven van de eigenschappen van diverse bases voor smeermiddelen.

Sterke punten van esteroliën, zoals di-esters en polyolesters, zijn het grote vloeibereik, het goede viscositeitsgedrag, de geringe vluchtigheid en de goede smeereigenschappen.

Daar staat tegenover dat esteroliën lak of verf kunnen aantasten, redelijk gemakkelijk kunnen hydrolyseren, matig beschermen tegen roest en slecht bestand zijn tegen vuur. Omdat esteroliën aanzienlijk duurder zijn dan niet-synthetische smeermiddelen, zullen zij uitsluitend worden ingezet voor toepassingen waar de betere prestaties van belang zijn.

6.4.3 TOEPASSINGEN

Smeermiddelen voor auto's

Van het totale gebruik van smeermiddelen is het gebruik in auto's het grootst.

Motorolie

Elke soort motor heeft bij een bepaalde buitentemperatuur een olie nodig met een bepaalde viscositeit. Een motorolie zoals 10W-30 is een 'multigrade' olie. Zo'n olie doorloopt een bereik van viscositeit en is daardoor geschikt voor gebruik bij

Bron: [122]

Eigenschap	Aardolie	Olefine oligomeer	Dialkylbenzeen	Di-ester	Polyolester	Polyglycol	Fosfaateter	Siliconen-olie
vloei bereik	±	+	+	++	++	+	±	+++
VI-gedrag	±	+	±	+++	++	+	-	+++
lage temperatuurgedrag	-	+	+	+	+	+	±	+
oxidatie-stabiliteit	±	++	±	++	±	-	+	++
(met remmers)								
mengbaar met	+++	+++	+++	++	±	-	±	-
aardoliebases								
vluchtigheid	±	+	+	+++	+++	+	+	+
gedrag met lak en verf	+++	+++	+++	+	±	±	-	±
hydrolyse-stabiliteit	+++	+++	+++	±	±	+	±	+
roestremming	+++	+++	+++	±	±	+	±	+
(met remmer)								
oplosbaarheid van	+++	+	+++	++	++	±	+	-
additieven								
smeereigenschappen	+	+	+	++	++	+	+++	±
resistentie tegen vuur	-	-	-	±	±	±	+++	±
+++ uitstekend	++ zeer goed	+ goed	± matig	- slecht				

Tabel 6.12 Eigenschappen van diverse bases voor smeermiddelen

wisselende temperaturen. In het Nederlandse klimaat is een 10W-40 of 10W-50 vrijwel altijd geschikt. In zeer strenge winters is een 5W-30 of 5W-20 nodig.

Een motorolie 10W-40 op synthetische basis heeft vergeleken met dezelfde soort motorolie op basis van aardolie de volgende eigenschappen [122]:

- duurder (Mobil 1 is 2 à 3 keer zo duur);
- minder olieconsumptie;
- gemakkelijker koude start;
- aanzienlijk beter gedrag bij hoge temperatuur, met daardoor een schonere motor (minder roetvorming) en schonere inlaatkleppen;
- minder slijtage;
- langere perioden tussen olieomwisseling;
- hetzelfde brandstofverbruik.

Voor andere kwaliteiten olie dan 10W-40, valt de vergelijking anders uit. Het punt waarop het gunstig wordt de betere, maar duurere synthetische motorolie te gebruiken, hangt af van het rijgedrag, de weersomstandigheden en de totale kosten/baten-analyse van de auto. Bij dure auto's kunnen synthetische motoroliën worden aanbevolen. Mercedes bijvoorbeeld beveelt voor bepaalde autotypen een motorolie aan die voor 15% op synthetische basis en voor 85% op basis van aardolie is samengesteld. Deze olie en de motor waarvoor die bedoeld is, zijn samen ontwikkeld.

Versnellingsbakolie

Vele fabrikanten van esteroliën hopen dat autofabrikanten in de versnellingsbak esteroliën gaan toepassen. Deze olie hoeft in personenauto's in beginsel niet te worden ververst; in vrachtauto's slechts om de 100.000 kilometer. Het verbruik van gewone versnellingsbakolie is zeer groot.

Een versnellingsbak is blootgesteld aan een grote variatie van temperatuur. Daarom moet de viscositeit van de olie over een groot traject stabiel zijn. Slechts weinig oliën kunnen daaraan goed voldoen. Dit is een uitdaging voor fabrikanten van synthetische smeermiddelen.

Vliegtuigmotoren

Voor vliegtuigmotoren zijn de prestaties van esteroliën zó belangrijk dat men bereid is de hogere prijs te betalen. In moderne turbijnstraalmotoren voeren smeermiddelen uit esteroliën de markt aan. Deze straalmotoren hebben een hogere snelheid en een hogere bedrijfstemperatuur dan de voorgaande generatie. Bovendien wordt op grotere hoogte gevlogen. Daar is de lucht ijler en verdampen de smeermiddelen sneller. Esteroliën blijken zeer geschikt voor deze nieuwe generatie motoren. Per motor is 30 liter smeermiddel nodig [123].

Het ontwerpen van een geschikt smeermiddel hoort bij het ontwerpen van een vliegtuigmotor. Het is maatwerk. De samenstelling van de olie wordt door de motorfabrikant voorgeschreven. De oliëfabrikanten moeten aantonen dat hun olie voor een bepaalde motor geschikt is.

De afzet van esteroliën voor vliegtuigmotoren groeit met 1 à 10% (in andere marktsegmenten ligt de groei boven de 10%) [110].

De metaalindustrie

In de metaalindustrie wordt bij verspanen en snijden koelvloeistof gebruikt. Die bestaat uit een mengsel van water en oppervlakte-actieve stoffen. Omdat koelvloeistof het milieu kan verontreinigen, zal naar verwachting de eis van afbreekbaarheid worden gesteld [121]. Dit biedt kansen voor esteroliën uit plantaardige oliën.

Buitenboordmotoren en kettingzagen

Buitenboordmotoren zijn meestal tweetaktmotoren, waarin het smeermiddel samen met de brandstof wordt verbrand. De verbrande olie komt dus in de uitlaatgassen terecht. Sommige soorten olie veroorzaken bovendien koolafzetting in de uitlaat. De verhouding brandstof : smeermiddel bedraagt nu 100 : 1 [122]. Ondanks deze gunstige verhouding is het verbruik aan olie hoog. Daarom moeten alle buitenboordmotoren in het Bodensee (op de grens tussen Zwitserland en Duitsland) zijn voorzien van biologisch afbreekbare smeerolie [121].

Ook kettingzagen hebben tweetaktmotoren. De olie die daarin wordt gebruikt, moet in Zwitserland en Oostenrijk afbreekbaar zijn.

Eisenpakket

De algemene trend is dat in vrijwel alle toepassingen de eisen die aan smeermiddelen worden gesteld, hoger worden. Machines moeten sneller en langer lopen voor een hogere produktie en betere produktiviteit; auto's en vrachtwagens moeten minder in de garage komen voor olieversen.

In de toekomst zal van alle in de buitenlucht gebruikte motoren en machines worden geëist dat het smeermiddel biologisch afbreekbaar is.

Het stellen van deze hogere eisen heeft de volgende consequenties:

- Huidige bases voor smeermiddelen kunnen niet zonder meer aan de eisen voldoen. Dit betekent dat meer gebruik zal worden gemaakt van mengsels van verschillende bases [120].
- Hogere werkteemperatuur en de eis van betere biologische afbreekbaarheid bieden meer kansen voor esteroliën en dus meer kansen voor plantaardige oliën [110, 121].



7. Producten uit planten: koolhydraten

7.1 ALGEMEEN

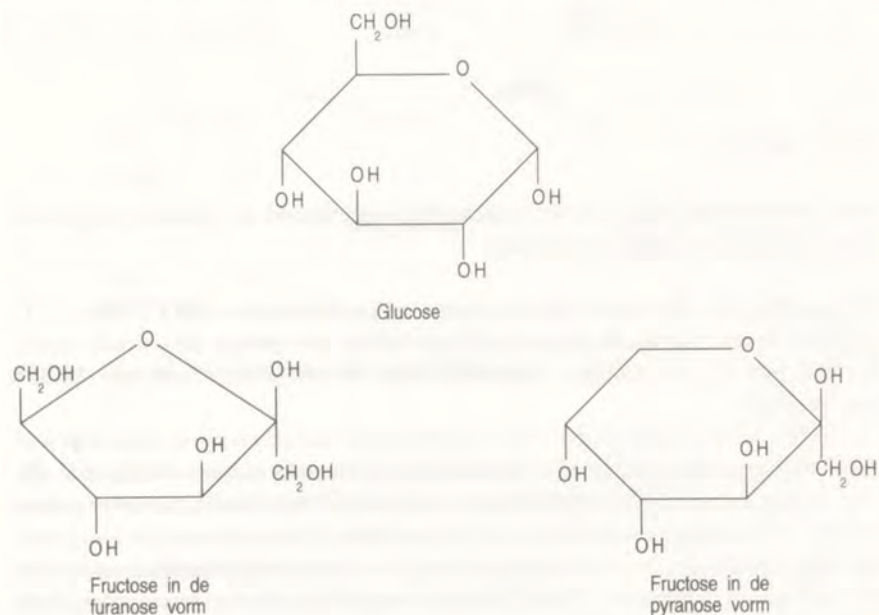
drs. W.G.J. Brouwer

Structuur

Planten bestaan voor een belangrijk deel uit koolhydraten. Deze worden al heel lang in de vorm van zetmeel en suiker door de mens toegepast.

Koolhydraat is de verzamelnaam voor een groep verbindingen met als algemene formule $C_nH_{2n}O_n$. Deze verbindingen kunnen worden vergeleken met kralenkettingen van diverse lengten. De kralen zijn niet identiek. In zijn eenvoudigste vorm heet een kraal een monosaccharide. Dit bevat vijf of zes koolstofatomen. Andere groepen, zoals aminogroepen, kunnen met monosacchariden verbonden zijn.

Monosacchariden kunnen een ringstructuur hebben. Het meest komen vijfringen (furanosen) en zesringen (pyranosen) voor. Het glucose in afb. 7.1 is een pyranose; fructose is afgebeeld in de furanose- en in de pyranosevorm. Van elk monosaccharide bestaan in principe vier ringvormen en één open, niet-cyclische structuur.

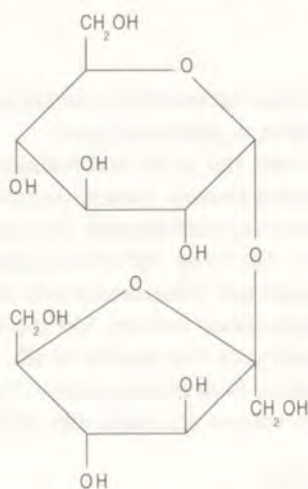


Bron: [124]

Afb. 7.1 Glucose en fructose

Monosacchariden kunnen met twee, drie, tien tot duizenden aan elkaar tot een ketting worden verbonden. Die kettingen heten dan, naar het aantal basiseenheden, disacchariden, oligosacchariden en polysacchariden. De verbinding tussen twee basiseenheden wordt glycosidebinding genoemd. Door hydrolyse (omzetting met water) kunnen deze bindingen worden verbroken zodat koolhydraten in hun basiseenheden (monosacchariden) worden gesplitst. Een monosaccharide is niet te hydrolyseren [125].

Oligosacchariden hebben twee tot acht basiseenheden. Een belangrijke groep hiervan zijn de disacchariden. Sucrose (biet- of rietsuiker) is een voorbeeld van een disaccharide (zie afb. 7.2). Het bestaat uit glucose en fructose in een β -1,4-binding. Door die binding is suiker goed in water oplosbaar.



Sucrose

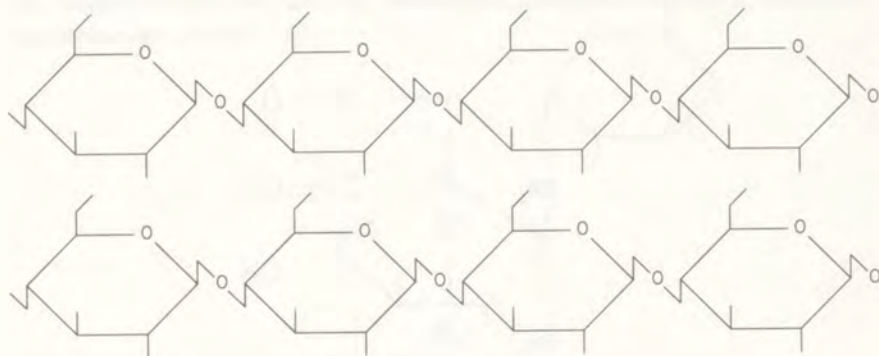
Afb. 7.2 Sucrose

Bron: [124]

Ook lactose (melksuiker) is een disaccharide (opgebouwd uit galacton en glucon). Het wordt industrieel uit melk bereid.

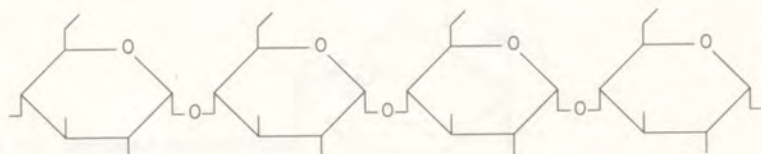
Polysacchariden zijn polymeren van zeer veel basiseenheden (80 à 3.000) [125]. Cellulose is een voorbeeld van een polysaccharide. Het bestaat uit glucose-eenheden die met β -1,4-bindingen verbonden zijn. In afb. 7.3 is cellulose verkort weergegeven.

Zetmeel is een mengsel van een vertakt en een onvertakt polysaccharide (zie afb. 7.4). Het onvertakte polysaccharide heet amylose. Het bestaat uit glucose-eenheden die met α -1,4-bindingen verbonden zijn. Het vertakte polysaccharide heet amylopectine. Dat bestaat uit glucose-eenheden die op twee manieren gebonden kunnen zijn. De hoofdketen wordt met 1,4-bindingen gevormd. De zijketens beginnen met een 1,6-binding en zijn 24 tot 30 eenheden lang.

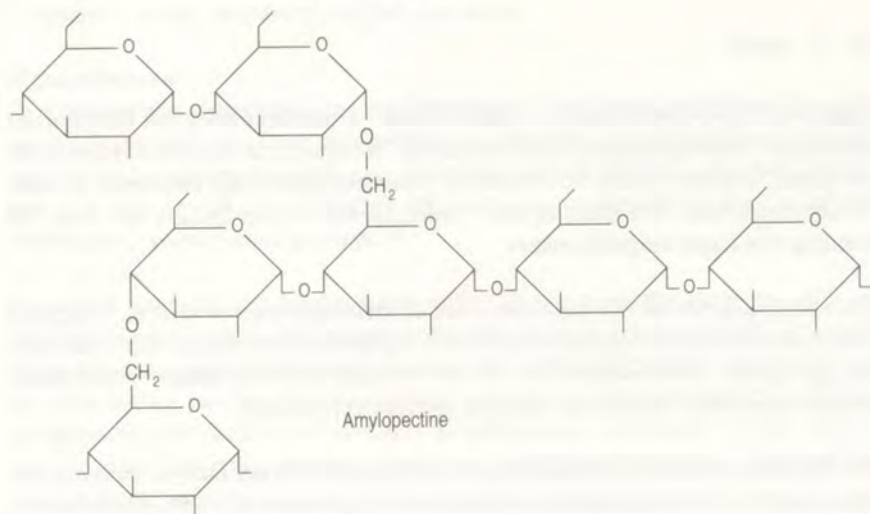


Bron: [124]

Afb. 7.3 Cellulose



Amylose



Amylopectine

Bron: [124]

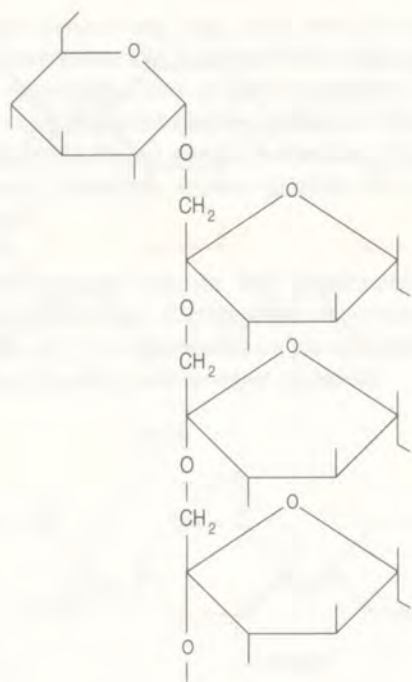
Afb. 7.4 Zetmeel, mengsel van amylose en amylopectine

Een bijzonder polysaccharide met een bescheiden molecuulgewicht is inuline (zie afb. 7.5). Het bestaat uit één glucose-eenheid en 8 tot 30 fructose-eenheden. Inuline komt in grote hoeveelheden voor in de aardpeer (topinamboer).

Functies van koolhydraten

In de natuur hebben koolhydraten een aantal functies.

Zo ontleent hout zijn stevigheid aan de aard en de opbouw van de koolhydraten cellulose en hemicellulose in de houtcellen (zie hoofdstuk 5). De hardheid van de



Afb. 7.5 Inuline

Bron: [126]

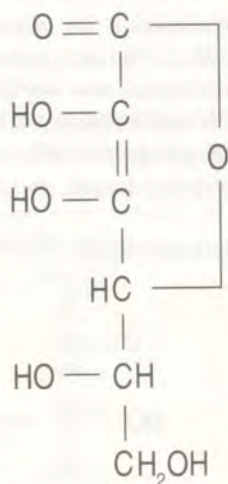
schaal van bijvoorbeeld krab of kreeft wordt veroorzaakt door het koolhydraat chitine, een stikstof bevattend polysaccharide. Kenmerkend voor koolhydraten die stevigheid verlenen, is hun β -1,4-binding. Daardoor zijn zij niet oplosbaar in water en niet verteerbaar voor mens en dier. Veelal hebben zij een lineaire structuur, die vorming van lagen mogelijk maakt.

Een andere functie van koolhydraten is dat zij dienen als reservevoedsel. In planten is het reservevoedsel opgeslagen in de vorm van zetmeel, in mens en dier in de vorm van glycogeen. Koolhydraten die als reservevoedsel dienen, moeten snel kunnen worden opgesplitst in kleinere, direct te gebruiken eenheden.

Koolhydraten kunnen ook functioneren als tussenstof in het metabolisme. In alle organismen wordt het ingenomen voedsel eerst afgebroken of omgezet in basiseenheden en die worden vervolgens getransporteerd en omgezet in de gewenste stoffen. Deze basiseenheden zijn koolhydraten of van koolhydraten afgeleide verbindingen.

Tot slot hebben koolhydraten allerlei biologische functies, die pas de laatste jaren goed bekend zijn geworden [125]. Nucleotiden (de bouwstenen van DNA) bevatten, net als een aantal antibiotica, een koolhydraatdeel. Verder zijn er glycoproteïnen (stoffen met koolhydraat- en eiwitfragmenten), die onder andere een belangrijke rol spelen in het verschil tussen bloedgroepen [125]. Er bestaan ook glycolipiden (stoffen met koolhydraat- en vetfragmenten), die veel bij celmembranen aanwezig zijn.

Een bekend koolhydraat met een belangrijke biologische functie is vitamine C (ascorbinezuur, zie afb. 7.6).



Bron: [124]

Afb. 7.6 Vitamine C (ascorbinezuur)

Vitamine C wordt industrieel uit glucose bereid.

Eigenschappen

Een belangrijke eigenschap van koolhydraten is dat zij op veel plaatsen in het molecuul reactief zijn. Deze eigenschap kan voordelig zijn, omdat daardoor veel verschillende reacties mogelijk zijn. De aanwezigheid van veel reactieve groepen kan ook een nadeel zijn, namelijk wanneer een verbinding specifiek aan een koolhydraat moet worden gekoppeld.

Een ander kenmerk van koolhydraten is dat zij ongeveer evenveel zuurstof- als koolstofatomen hebben. Dit in tegenstelling tot oliën en vetten, aardolie, steenkool en aardgas, die aanzienlijk minder zuurstof dan koolstof bevatten. Daardoor levert de verbranding van koolhydraten minder energie per koolstofatoom op dan de verbranding van aardolie of aardgas. Koolhydraten verbranden, is dus niet zo gunstig. Men kan beter de sterke kant van koolhydraten benutten, namelijk hun chemische structuur.

Door het hoge gehalte aan zuurstof zijn koolhydraten hydrofiel en daarom vaak goed in water oplosbaar (uitgezonderd de constructiesacchariden).

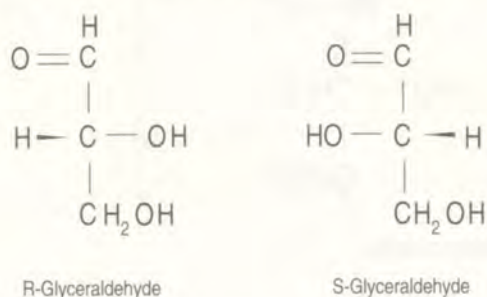
Door de grote reactiviteit en het hoge zuurstofgehalte kunnen bacteriën vaak goed met koolhydraten overweg. Daarvan wordt gebruik gemaakt in fermentatieprocessen waarin alleen koolhydraten als grondstof worden gebruikt. Ook is de biologische afbreekbaarheid in principe beter dan die van vergelijkbare stoffen, zoals vetten.

Omdat koolhydraten in vrijwel alle organismen voorkomen, zijn zij in het algemeen veilig voor mens en dier. Koolhydraten zijn dus milieu-vriendelijke stoffen.

Koolhydraten zijn hernieuwbare grondstoffen: planten blijven groeien. Dit in tegenstelling tot aardolie en aardgas, waarvan de voorraden eindig zijn.

Een eigenschap met vooral chemische betekenis is dat vrijwel alle koolhydraten een of meer chirale koolstofatomen bevatten. Van een molecuule met een chiraal koolstofatoom bestaan twee versies (enantiomeren, ook wel spiegelbeeld-isomeren genoemd), te vergelijken met een linker- en een rechterhand. Een chiraal koolstofatoom is gebonden aan vier verschillende groepen. In afb. 7.7 is glycerinaldehyde weergegeven. Dat is het eenvoudigste monosaccharide, met drie koolstofatomen, waarvan het middelste chiraal is.

Het ene isomeer heet R-, het andere S-glycerinaldehyde.



Afb. 7.7 De spiegelbeeld-isomeren van glycerinaldehyde

Bron: [124]

Monosacchariden met zes koolstofatomen, zoals glucose, bezitten vier chirale koolstofatomen. Achter de formule $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ gaan zestien verschillende stereo-isomeren schuil, waaronder R- en S-glucose, die elkaars spiegelbeeld zijn.

In de natuur bestaat een voorkeur voor één van de twee spiegelbeeld-isomeren. Aminozuren bijvoorbeeld komen alleen in de S-vorm voor. Ook koolhydraten komen bij voorkeur in een bepaalde vorm voor. Vitamine C is S-ascorbinezuur; glucose en fructose komen vooral in de R-vorm voor.

Het belang van chiraliteit is drievoudig. In de eerste plaats zijn de fysische eigenschappen van twee stereo-isomeren niet identiek. Zo zijn de oplosbaarheid en het smeltpunt van R-glucose en R-mannose verschillend. In de tweede plaats: omdat koolhydraten bij voorkeur in één van de isomere vormen voorkomen, wordt bij de winning van koolhydraten dus ook slechts één van de isomeren verkregen. In de derde plaats is er ook verschil in biologische werking tussen twee isomeren. Synthetische gewasbeschermings- en geneesmiddelen bestaan meestal uit mengsels van isomeren, waarvan slechts één isomeer de actieve stof is. De andere is overtoellig. Steeds vaker worden middelen gemaakt met alleen de actieve vorm. Dit is een voordeel van het gebruik van natuurlijke stoffen.

Samenvattend zijn koolhydraten:

- in grote hoeveelheden op aarde aanwezig;
- reactief;
- hydrofiel en vaak goed in water oplosbaar;
- meestal milieuvriendelijk (goede biologische afbreekbaarheid, veilig voor mens en dier);

- veelzijdig;
- hernieuwbaar;
- in het algemeen in het bezit van twee chirale koolstofatomen per monosaccharide-eenheid.

Industriële koolhydraten

De industrieel gewonnen koolhydraten zijn zetmeel, suiker en cellulose. In tabel 7.1 is een overzicht gegeven van de productie van deze koolhydraten.

	Productie (miljoen ton)	
	Wereld	EG-12
zetmeel	24	5,8
suiker	110	14,0
cellulose	126	6,4
totaal	260	26,2

Bron: [127]

Tabel 7.1 Productie van zetmeel, suiker en cellulose (1987/1988)

Zetmeel

Zetmeel wordt gewonnen uit onder andere tarwe, maïs, aardappelen en tapioca. Wereldwijd is maïs de belangrijkste bron van zetmeel. In Nederland is dit de aardappel, al wordt hier ook vrij veel maïs- en tarwetzetmeel geproduceerd. Avebé is de Nederlandse producent van aardappelzetmeel.

Zetmeel komt in grote hoeveelheden in maïs, aardappelen, tarwe en tapioca voor, gemiddeld 70 à 80% van de droge stof [128]. Omdat de aardappel voor 78% uit water bestaat, bedraagt het gehalte aan zetmeel slechts 18% van het totale (natte) gewicht. Maïs bevat slechts 16% vocht. Dit is een van de redenen waarom aardappelzetmeel duurder is dan maïszetmeel. Een andere oorzaak is dat de groei en de oogst van de aardappel aan een kort seizoen gebonden zijn.

Chemisch gezien, zijn de soorten zetmeel niet geheel identiek. De verhouding tussen amylose en amylopectine varieert. Ook is de vertaktingsgraad van het amylopectine niet gelijk. Bovendien wisselt het fosfaatgehalte.

Zetmeel dient in planten als voedselvoorraad. Het ligt opgeslagen in korrels (granules). De grootte van de korrels is afhankelijk van de plantesoort. Deze korrelstructuur zorgt er voor dat de winning van zetmeel redelijk eenvoudig is. Het komt neer op malen, mengen met water en afscheiden van water. Er zijn geen sterke chemicaliën bij nodig, zoals bij de winning van cellulose. De stroom afvalwater, die onder andere eiwitten bevat, is de laatste jaren sterk verminderd. Er worden pogingen gedaan producten uit dit afvalwater te winnen.

Ruwweg de helft van alle geproduceerde zetmeel wordt als voeding gebruikt [127]. De rest wordt gebruikt in papier, textiel, lijmen en boorvloeistoffen en als additieven voor voeding (bijv. als verdikkingsmiddel). Derivaten van zetmeel worden in vele toepassingen gebruikt. Voorbeelden hiervan zijn de maltodextrinen (afbraakpro-

dukten van zetmeel met 8 tot 25 glucose-eenheden) en glucosestropen (afbraakproducten van zetmeel bestaande uit mengsels van glucose, maltose en disacchariden). Vaak wijzigt men het zetmeel zelf, waardoor allerlei stoffen met bijzondere eigenschappen ontstaan. Zo wordt chemisch of biochemisch geoxideerd zetmeel toegepast in papier, textiel, kleefstoffen en voedingsmiddelen [126]. Verder kan men het polymeer afbreken tot nieuwe vormen. Een voorbeeld is het enzymatisch omzetten van zetmeel in cyclodextrinen (ringstructuren van 6 tot 8 glucose-eenheden). Zie hiervoor 7.4.

Suiker

Suiker kan onder andere uit suikerriet en suikerbieten worden gewonnen. CSM en Suikerunie houden zich bezig met de winning uit suikerbiet. De winning van suiker is relatief eenvoudig. Na maling wordt de suiker opgelost, gescheiden van de onoplosbare delen (de pulp) en ingedikt. Bij een bepaalde concentratie kristalliseert de suiker, die daarna verder wordt gezuiverd. De stroop die overblijft, heet melasse. Melasse wordt – met het afval van de planten – vooral gebruikt voor veevoer, maar ook als grondstof voor fermentatieprocessen.

Ook suiker zelf is grondstof voor fermentatie. Daarnaast wijzigt men de hydroxylgroepen van suiker of koppelt er zuren aan om sucrose-esters te maken. Slechts een klein deel van de geproduceerde suiker wordt voor een ander doel dan menselijke voeding gebruikt [127].

Cellulose

Cellulose is kort behandeld in hoofdstuk 5. Het merendeel van de gewonnen cellulose wordt voor andere toepassingen dan voeding gebruikt [127]. Hemicellulose en lignine zijn afvalproducten bij de winning van cellulose. Men probeert toepassingen voor deze producten te vinden.

Cellulose wordt gebruikt in papier en textiel. Derivaten van cellulose worden onder andere gebruikt in lijmen, verven en lakken, cosmetica, was- en schoonmaakmiddelen en bouwmaterialen en als middel ter beïnvloeding van viscositeit. Cellulose wordt niet gebruikt als grondstof voor fermentatie, omdat de β -1,4-binding voor de meeste bacteriën niet goed verteerbaar is.

Andere koolhydraten

Sommige koolhydraten moeten hun plek nog veroveren. De hoeveelheid koolhydraat die in de plant wordt opgeslagen, speelt daarbij een belangrijke rol. Er zijn niet zoveel andere koolhydraten dan zetmeel, suiker en cellulose die in flinke hoeveelheden worden opgeslagen.

Een voorbeeld is inuline in aardpeer, chicorei en dahlia. Dit polymeer bestaat uit een glucose-eenheid met veel fructose-eenheden. Het is te gebruiken als grondstof voor fructose en derivaten daarvan, zoals furfural en hydroxymethylfurfural. Inuline komt met veel verschillende molecuulgewichten in de aardpeer voor en is gevoelig voor hydrolyse. Suikerunie heeft een proces waarmee, afhankelijk van de plant, suiker of inuline kan worden gewonnen.

Een andere, zeer grote bron van koolhydraten is zeewier. Zeewier bevat grote hoeveelheden koolhydraten. Deze worden meestal gebruikt als verdikkingsmiddelen in voeding. Het verzamelen van zeewier is vrij duur. Het winnen van kool-

hydraten, zoals natriumalginaat en alginezuur, uit zeewier is relatief eenvoudig. Toch zijn deze polymeren meestal duur.

Nog een belangrijke bron van koolhydraten zijn resten van citrusvruchten en appels, waaruit pectinen worden gewonnen. Pectinen zijn polysacchariden die gemakkelijk te winnen zijn uit vruchten en groente. Industrieel worden pectinen gewonnen uit citroenen en appels. De jaarlijkse productie bedraagt naar schatting 20.000 ton (1986). Pectinen hebben een uitstekende gelerende werking, waardoor ze veel in puddingen en toetjes worden toegepast.

De laatste plantaardige bron van koolhydraten zijn de natuurlijke gommen en harsen. Dit zijn polymeren van koolhydraten, die vooral als voedingsadditief en in textiel en papier worden toegepast.

Derivaten

De meeste toepassingen van redelijk zuivere chemicaliën gemaakt uit koolhydraten beginnen met de winning van zetmeel, suiker of cellulose uit planten. Deze winning is technisch redelijk eenvoudig (zetmeel en suiker) of een gevestigd proces (cellulose) en er zijn industrieën die hun activiteiten daarop baseren. Belangrijk is daarbij dat de Europese Gemeenschap de industrieën voor zetmeel en suiker wil laten voortbestaan en daar een prijsverordening voor heeft ingesteld. Er bestaan enkele honderden produkten op basis van koolhydraten [127]. Voorbeelden zijn mannitol, sorbitol, furfural en sucrose-esters.

Onderzoek en ontwikkeling

Koolhydraten zijn veelzijdig; zij komen voor in kleine tot zeer grote moleculen. Bindingen met vele andere organische stoffen zijn mogelijk. Steeds meer probeert men de sterke eigenschappen van koolhydraten te gebruiken. Omdat koolhydraten zo veelzijdig zijn, is specialisatie nodig. Daarom vinden onderzoek en ontwikkeling op deelgebieden plaats en kan versnippering van kennis ontstaan. Men probeert dat tegen te gaan met het Industrieel Onderzoek Programma Koolhydraten. De exacte rol van koolhydraten in het lichaam, de productieprocessen, de ontsluitingstechnieken en de biosynthese van koolhydraten zijn slechts gedeeltelijk goed bekend en begrepen.

Het zijn meestal de producenten van koolhydraten die aan ontwikkeling van produkt en markt doen. Een goede samenwerking tussen die producenten en de gebruikers van derivaten van koolhydraten is nodig.

Conclusies

Koolhydraten zijn veelzijdig, chemisch op veel manieren te wijzigen, in principe veilig voor het milieu, hernieuwbaar en in overvloed aanwezig. Gevestigde industrieën produceren flinke hoeveelheden zetmeel, suiker en cellulose, die als basis dienen voor een scala van industriële grondstoffen. Behalve als grondstof voor fermentatie, worden koolhydraten gebruikt als basischemicaliën voor veel bedrijfstakken. In het algemeen zijn deze duurder dan produkten uit aardolie.

Nieuwe produkten uit gevestigde koolhydraten kunnen een plek in de markt vinden als zij betere eigenschappen hebben dan hun concurrenten.

Nieuwe koolhydraten als inuline zullen hun plek als grondstof moeten veroveren.

Dit vereist veel onderzoek en ontwikkeling, maar ook de komst van een industrie die zich met nieuwe koolhydraten en de producten daaruit bezig houdt.

7.2 KOOLHYDRATEN IN OPPERVLAKTE-ACTIEVE STOFFEN

drs. W.G.J. Brouwer

Oppervlakte-actieve stoffen

In hoofdstuk 6 zijn oppervlakte-actieve stoffen reeds aan de orde gekomen. Kenmerkend voor deze stoffen is de aanwezigheid van een hydrofiel (waterminnend) en een hydrofoob (waterhatend) deel.

Het hydrofobe deel bevat vrijwel geen zuurstofatomen; het bestaat vooral uit lange koolstofketens. Daarvoor worden vaak de koolstofketens uit natuurlijke vetten en oliën gebruikt.

Het hydrofiële deel bevat meestal veel zuurstofatomen. In het algemeen gebruikt men daarvoor sulfaten of sulfonaten.

Aan industrieel bruikbare oppervlakte-actieve stoffen worden de volgende eisen gesteld [109]:

- uitstekende oppervlaktewerking;
- goed mengbaar met andere oppervlakte-actieve stoffen, met anorganische materialen en met andere toevoegingen die in de praktijk worden gebruikt;
- goed biologisch afbreekbaar, zonder toxische afbraakproducten;
- niet giftig voor mens en dier (in de Verenigde Staten is dat de status Generally Regarded As Safe);
- gemakkelijk te verwerken;
- redelijke prijs.

Vooraf de biologische afbraak in niet-toxische verbindingen wordt een steeds belangrijker eis.

Koolhydraten

Koolhydraten zijn door hun chemische structuur (namelijk nagenoeg evenveel zuurstof- als koolstofatomen), bij uitstek geschikt als hydrofiel deel van oppervlakte-actieve stoffen. Koolhydraten zijn goed in water oplosbaar, in het algemeen goed biologisch afbreekbaar en komen in veel varianten voor.

In vele branches wordt onderzoek naar oppervlakte-actieve stoffen met koolhydraten gedaan [129]. Kennelijk zien diverse bedrijven daar voordelen in.

Een gemeenschappelijk probleem in deze onderzoeken is het ontbreken van een goed chemisch proces om de oppervlakte-actieve stof industrieel te maken. Het vinden van een dergelijk proces is niet eenvoudig, omdat koolhydraten chemisch gezien op veel punten reactief zijn en er meestal een mengsel van producten ontstaat. Bovendien moeten twee verschillende stoffen (hydrofiel en hydrofoob) reproduceerbaar met elkaar worden gekoppeld.

In de literatuur zijn vele voorbeelden bekend van onderzoeken naar oppervlakte-actieve stoffen op koolhydraatbasis [129]. Een beperkt aantal daarvan is of wordt opgewerkt tot een commercieel proces. Voorbeelden zijn suikerethoxylaten (onder-

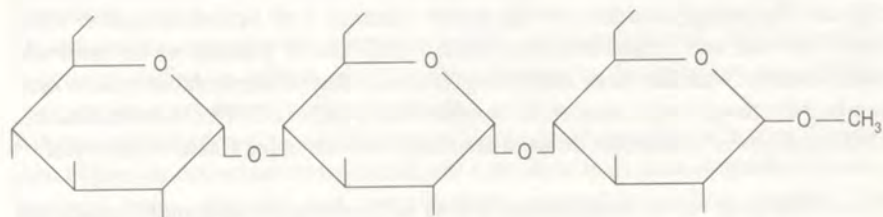
zoek van ICI) en suikeresters (onderzoek van onder andere Tate & Lyle en Suikerunie).

Het verst gevorderd is de productie van alkylpolyglycosiden.

Alkylpolyglycosiden

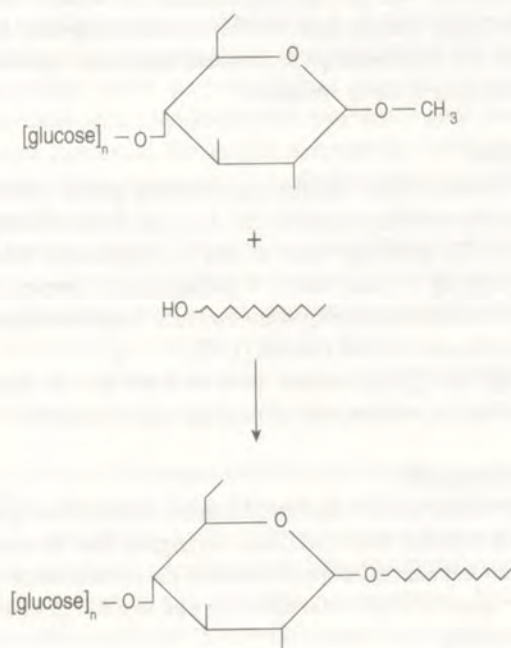
Alkylpolyglycosiden bestaan uit één of meer glucose-eenheden, gekoppeld aan een vetalcohol. Voor de productie van deze stoffen bestaat een commercieel proces.

Het bedrijf Horizon U.S.A. (een dochter van Henkel) produceert methylglycosiden als bijproduct uit het zetmeel dat bij de papierfabricage wordt gebruikt [130]. Het zijn verbindingen tussen methanol en een aantal glucose-eenheden (zie afb. 7.8).



Afb. 7.8 Methylglycoside

Dit bijproduct is chemisch gezien interessant omdat een extra groep doelgericht aan de glucose-eenheid wordt gekoppeld. Om hiervan alkylpolyglycosiden te maken, hoeft de methanol slechts te worden vervangen door een natuurlijk of synthetisch vetalcohol (zie afb. 7.9).



Afb. 7.9 Reactie tussen methylglycoside en vetalcohol

Het resultaat van deze reactie is een serie nonionische oppervlakte-actieve stoffen, naar believen samen te stellen met één tot vijf glucosemoleculen en een vetketen met een lengte van 8 à 22 koolstofatomen.

De belangrijkste groep nonionische oppervlakte-actieve stoffen waarmee deze alkylpolyglycosiden concurreren, zijn de vetalcoholethoxylaten (zie 6.3). Chemisch gezien zijn er overeenkomsten: beide bestaan uit een vetalcohol met één of meer andere groepen die het hydrofiele deel verzorgen.

Oplosbaarheid

Omdat de glucose-eenheden in alkylpolyglycosiden relatief veel zuurstof bevatten, zijn de alkylpolyglycosiden redelijk polair. Daarom is de oplosbaarheid in water beter dan die van vetalcoholethoxylaten [130]. Dit is gunstig in bijvoorbeeld wasmiddelen, waaraan meer alkylpolyglycosiden dan vetalcoholethoxylaten kunnen worden toegevoegd, zonder dat de oppervlakte-actieve stoffen uitkristalliseren. Uitkristalliseren vermindert de werkzaamheid van een oppervlakte-actieve stof.

Door verhoging van de temperatuur of door het toevoegen van zouten kunnen van vetalcoholethoxylaten zich een of meer ethoxylaatgroepen afsplitsen [129]. Daardoor wordt de achterblijvende verbinding minder hydrofiel en slechter oplosbaar in water.

Alkylpolyglycosiden zijn veel minder gevoelig voor zouten of temperatuur. Zij zijn daarom beter inzetbaar dan vetalcoholethoxylaten en kunnen samen met grote hoeveelheden sequestreermiddelen worden gebruikt.

Door de grote oplosbaarheid van alkylpolyglycosiden in water, vermindert de viscositeit van de oplossingen waarin deze stoffen worden toegepast [130]. Daardoor kan bij de productie van wasmiddelen de concentratie van de oplossing worden verhoogd en het sproeidrogen worden versneld.

Chemische eigenschappen

Door hun chemische structuur zijn alkylpolyglycosiden goede schuimvormers. Voor was- en schoonmaakmiddelen betekent dit dat geen schuimvormer hoeft te worden toegevoegd. Met 0,5 gram per liter is alkylpolyglycoside (met 12 en 14 koolstofatomen) in staat bij 20 °C meer dan 330 ml schuim te vormen. In dezelfde concentratie en onder dezelfde omstandigheden kan een vetalcoholethoxylaat met dezelfde ketenlengte slechts tot 130 ml komen [131].

Alkylpolyglycosiden zijn niet giftig, milder voor de huid dan de meeste andere oppervlakte-actieve stoffen en worden snel biologisch afgebroken [129, 131, 130].

Beïnvloeding van eigenschappen

Net als bij andere oppervlakte-actieve stoffen, kunnen de fysische eigenschappen van alkylpolyglycosiden worden beïnvloed door wijziging van de chemische samenstelling. Dit kan door het aantal koolstofketens in de vetzuurketen te veranderen, maar ook door wijzigingen in het suikerdeel. Er kan worden gekozen voor één tot vijf suikers per verbinding.

In het algemeen geven langere vetzuurketens, net als minder suikers, een slechtere oplosbaarheid.

Prijs en capaciteit

De introductie van alkylpolyglycosiden op de markt (onder de merknaam 'Plantaren APG') is net begonnen. In Frankrijk is een fosfaatvrij wasmiddel onder de naam Le Chat geïntroduceerd dat onder andere alkylpolyglycosiden bevat [132].

De prijs is te hoog voor toepassing op grote schaal [109]. In wasmiddelen mag de prijs van oppervlakte-actieve stoffen maximaal US\$ 2 per kg bedragen [130]. Men verwacht dat bij uitbreiding van de capaciteit de prijs zal dalen. De capaciteit is nu 1.250 ton per jaar [108]. De produktie zou in 1992 uitgebreid moeten zijn tot 25.000 ton per jaar. Misschien hebben tegen die tijd andere bedrijven de voorsprong enigszins ingelopen en een eigen proces ontwikkeld.

Conclusie

Uit natuurlijke grondstoffen, namelijk oliën en vetten en zetmeel, zijn oppervlakte-actieve stoffen te maken. Deze stoffen kunnen in de toekomst een redelijk marktaandeel met een redelijke prijs halen.

Alkylpolyglycosiden zijn redelijk eenvoudig uit een bijproduct te maken. Bovendien blijken de oplosbaarheid, de mildheid voor de huid en de biologische afbreekbaarheid beter dan die van vergelijkbare oppervlakte-actieve stoffen. De 'performance' is beter. Als de prijs daalt, zal de markt groeien.

7.3 KOOLHYDRATEN IN SEQUESTREERMIDDELEN

prof.dr.ir. A.P.G. Kieboom

Sequestreermiddelen

De werking van fosfaat in wasmiddelen is in belangrijke mate gebaseerd op de goede sequestrerende eigenschappen. Het in het leidingwater voorkomende calcium en magnesium wordt door het fosfaat gebonden. Neerslag van calcium- en magnesiumzouten op het wasgoed wordt daardoor voorkomen. Verder zorgt fosfaat voor de vereiste zuurgraad. Bovendien helpt het de vuildeeltjes te dispergeren, zodat zij beter door de oppervlakte-actieve stoffen van het wasmiddel in suspensie kunnen worden gebracht (zie 6.3).

Een nadeel van het gebruik van fosfaat is dat het met de huidige waterzuiveringsinstallaties niet wordt verwijderd en dat het in het oppervlaktewater eutrofiëring veroorzaakt. Weglaten van fosfaat (natriumtripolyfosfaat) uit wasmiddelen draagt bij aan de vermindering van deze eutrofiëring.

Een vervanger van fosfaat zal qua mens- en milieuveiligheid aan zeer strenge eisen moeten voldoen.

Een afname van het fosfaatgehalte in wasmiddelen is reeds gerealiseerd door de toevoeging van zeolieten. Deze kristallijne aluminaatsilicaten zijn qua veiligheid te vergelijken met zand en aarde en zijn in staat calcium en magnesium te binden. Op die manier kunnen zij een van de belangrijke functies van fosfaat vervullen. In tegenstelling tot fosfaat zijn zeolieten onoplosbaar. Daarom is een oplosbaar sequestreermiddel nodig dat calcium en magnesium van het vuile wasgoed naar de zeoliet transporteert. Fosfaat in lage concentratie kan deze functie vervullen. Op deze wijze kan het fosfaatprobleem van wasmiddelen tot ongeveer de helft worden

teruggebracht. Voor de andere helft zal moeten worden gezocht naar fosfaatvrije, oplosbare sequestreermiddelen.

Oplosbare organische sequestreermiddelen in combinatie met zeolieten zijn de enige mogelijkheid om tot goed werkende fosfaatvrije formuleringen van wasmiddelen te komen. Zij moeten echter aan een aantal restricties voldoen:

- Het middel mag geen stikstof bevatten. Stikstof kan namelijk bijdragen aan de eutrofiëring van oppervlaktewater en heeft het risico dat zware metalen uit slib in oplossing worden gebracht.
- Het mag bij de biologische afbraak niet veel zuurstof aan het oppervlaktewater onttrekken (lage Biological Oxygen Demand, BOD).
- Het middel moet volkomen veilig zijn voor mens en milieu (biocompatibel en biologisch afbreekbaar).

Koolhydraten en hun oxidatieproducten

Koolhydraten of oxidatieproducten daarvan zouden aan deze zware eisen kunnen voldoen. Het zijn hoog-geoxideerde stoffen met daardoor een lage BOD. Zij bevatten meestal geen stikstof en komen overvloedig in de natuur voor.

Geoxideerd zetmeel en cellulose

Geoxideerd zetmeel en cellulose hebben een sequestrerende werking vergelijkbaar met die van fosfaat. De mate en de snelheid van biologische afbraak zijn echter nog punt van discussie. Gunstig is wel dat de alkalische stabiliteit tijdens het wasproces prima is en dat de stabiliteit in een licht zuur medium (zoals in het afvalwater) gering is. Verder is het evenwicht tussen sequestrerend vermogen en biologische afbreekbaarheid wellicht goed in te stellen door een juiste keuze van de graad van polymerisatie en oxidatie. In dit verband kan nog worden opgemerkt dat geoxideerde polyfructosen (inuline, levan) interessant zijn door de verwachte grotere afbraaksnelheid in licht zuur afvalwater.

Commercialisatie

Commercialisatie van geoxideerde koolhydraten als sequestreermiddel vereist een schone oxidatietechniek (liefst met lucht of waterstofperoxide en een katalysator). Deze is helaas nog niet beschikbaar. Bleekloog, al dan niet in combinatie met waterstofperoxide, is op dit moment de enige economisch haalbare oxidatiemethode.

Waarschuwing

De wasmachine is te beschouwen als een bioreactor vol enzymen en biologisch afbreekbare sequestrerende en oppervlakte-actieve stoffen. Als deze stoffen onvoldoende op elkaar zijn afgestemd, ontstaat het risico dat de biosubstraten al tijdens het wasproces door de diverse biokatalysatoren worden afgebroken voordat zij hun werk hebben kunnen doen. Er zal dus een stringente afstemming van de diverse ingrediënten moeten plaatsvinden, wil het wasmiddel zichzelf niet tijdens de was 'om zeep helpen'.

7.4 CYCLODEXTRINEN

drs. H. Hokse

Sinds de ontdekking van cyclodextrinen (ongeveer honderd jaar geleden), zijn zij lange tijd als laboratoriumcuriositeit beschouwd.

De problemen bij de bereiding en de zuivering en de toen veronderstelde toxiciteit hebben er toe geleid dat de ontwikkelingen ook niet verder dan het laboratorium kwamen. Van 1970 af echter, is er veel kennis over cyclodextrinen opgedaan [133, 134].

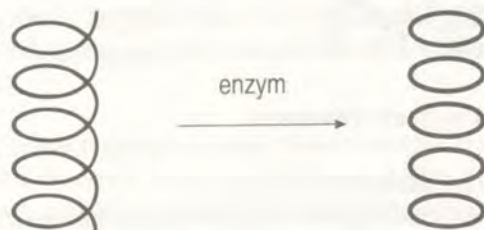
Cyclodextrinen zijn torus-vormige ringen, bestaande uit zes, zeven of acht glucose-eenheden. Het zijn een soort kokers, die aan de buitenkant hydrofiel (waterminnend) en aan de binnenkant lipofiel (vetminnend of hydrofoob) zijn. Door hun specifieke structuur zijn zij in staat lipofiele (vetachtige) moleculen in te sluiten: het gastmolecule wordt als het ware opgenomen in de lipofiele koker. De aldus ontstane insluitverbindingen worden complexen genoemd. Het optreden van complexvorming hangt af van de grootte, de vorm en de chemische eigenschappen van de gastmoleculen [135].

Vorming uit zetmeel

Cyclodextrinen zijn geen chemische constructies. Het zijn producten die door diverse vrij in de natuur levende micro-organismen met speciale enzymen worden gemaakt uit zetmeel.

De huidige bereiding van cyclodextrine in laboratoria is afgeleid van dat natuurlijke microbiologische proces.

Cyclodextrinen worden gevormd uit zetmeel. Dit in vele plantesoorten voorkomende polymere koolhydraat bestaat in het algemeen uit twee polymeren, amylose en amylopectine (zie 7.1). De vorming van cyclodextrine uit zetmeel is afgebeeld in afb. 7.10.



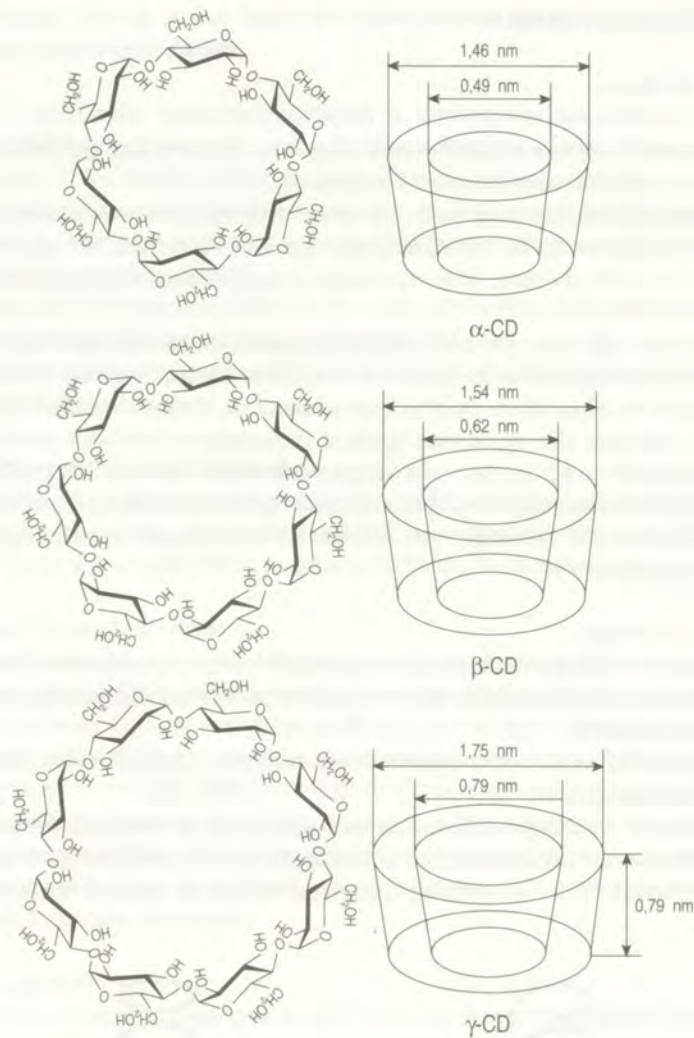
Bron: [135]

Afb. 7.10 Vorming van cyclodextrine uit zetmeel

De zetmeelketen is getekend in de vorm van een spiraal. Dit is de structuur waarin amyloseketens in waterige oplossing veel voorkomen.

De afsplitsing van een stukje van de amyloseketen en de vorming van een ring daaruit zijn op deze wijze schematisch weer te geven.

De enzymatische afsplitsing is echter niet specifiek. Het afgesplitste stuk kan bestaan uit 6, 7, 8 of meer glucose-eenheden, respectievelijk α -, β -, γ -cyclodextrine, enz. De eerste drie zijn verreweg de belangrijkste en bekendste. In afb. 7.11 is de structuur van deze cyclodextrinen afgebeeld.



Afb. 7.11 Structuur van α -, β - en γ -cyclodextrine

Beperkingen van de enzymatische bereiding

Afhankelijk van de microbiologische herkomst van het enzym en de reactieomstandigheden kan de vorming van één van de drie typen worden gestimuleerd. De andere twee zijn echter steeds in kleine concentraties in het reactiemengsel aanwezig.

De enzymatische vorming van cyclodextrinen is alleen mogelijk met lineaire zetmeelketens. De reactie houdt op bij het bereiken van een zijketen in de amylopectinestructuur. Zetmeel kan daardoor slechts gedeeltelijk in cyclodextrine worden omgezet. Het rendement van de reactie is dus laag.

Bij het bereiken van een bepaalde concentratie remmen de gevormde cyclodextrinen de voortgang van de reactie af. Volledige remming wordt al bereikt bij een concentratie van β -cyclodextrine van circa 40 mg/ml.

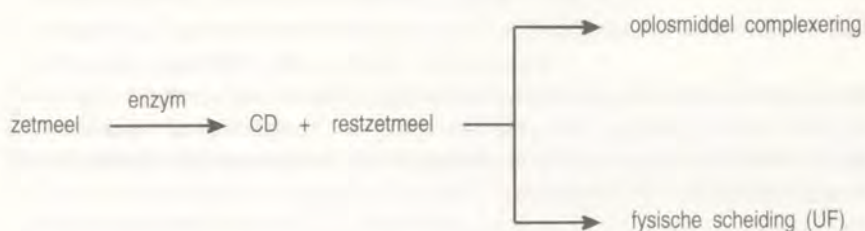
Zetmeeloplossingen zijn door hun viscositeit slechts bij hoge temperaturen te hanteren en te verwerken. Voor toepassing in de zetmeelindustrie dient een enzym temperatuurstabiel te zijn. Veel van de tot nu toe bereide enzymen bezitten die eigenschap in onvoldoende mate.

Deze problemen samen, maken de produktie van cyclodextrine tot een nogal ingewikkeld proces. Bij een normale structuur en samenstelling van zetmeel kan maximaal 50 à 60% van het zetmeel in cyclodextrinen worden omgezet. Dit percentage is echter alleen haalbaar bij lage zetmeelconcentraties, dus onder voor technisch gebruik irreële omstandigheden.

Stimulering van de vorming van cyclodextrine

De reactie kan worden gestimuleerd door het gevormde cyclodextrine continu uit het reactiemengsel te verwijderen.

In afb. 7.12 zijn daarvoor twee mogelijkheden geschetst [133].



Bron: [133]

Afb. 7.12 Stimulering van de vorming van cyclodextrine door complexering of ultrafiltratie

In het ene proces wordt gebruik gemaakt van de complexeringseigenschappen van cyclodextrine. Men voegt een organisch oplosmiddel toe dat specifiek met één type cyclodextrine slecht oplosbare complexen vormt. Daardoor slaat dat type cyclodextrine neer en kan het worden afgescheiden. Bij de winning van β -cyclodextrine wordt daarvoor gebruik gemaakt van toluen of trichloorethyleen. Om zuiver cyclodextrine te verkrijgen, moet het organische oplosmiddel na de afscheiding worden verwijderd.

In het tweede proces wordt gebruik gemaakt van het verschil in moleculaire grootte tussen cyclodextrine enerzijds en enzym en zetmeel anderzijds. Door ultrafiltratie wordt cyclodextrine verwijderd. Uit het ultrafiltraat kan, na concentratie, β -cyclodextrine worden gekristalliseerd. Zetmeel en enzym worden in de reactor teruggevoerd.

Dit proces is vanwege het milieu en de huidige opvattingen over schone chemische techniek te prefereren.

Dergelijke processen kunnen in principe voor de produktie van alle drie typen cyclodextrinen worden toegepast. Winning en kristallisatie van β -cyclodextrine is echter het gemakkelijkst vanwege de geringe oplosbaarheid van deze stof in koud water. Zuiverheden van minstens 99% zijn op industriële schaal goed haalbaar gebleken.

Eigenschappen

Tabel 7.2 toont een aantal eigenschappen van de drie cyclodextrinen, onder andere de afmetingen. Daaruit is af te leiden dat de opening in de ringstructuur dezelfde afmeting heeft als die van bijvoorbeeld aromatische moleculaire structuren. Die passen dus in de ring.

	Alfa	Beta	Gamma
aantal glucose-eenheden	6	7	8
moleculengewicht	972	1135	1297
oplosbaarheid in water	14,5	1,85	23,2
bij 25 °C g/100 ml			
diameter caviteit 10^{-10} m	4,7-5,3	6,0-6,5	7,5-8,3
buitendiameter 10^{-10} m	14,6	15,4	17,5

Tabel 7.2 Kenmerken van cyclodextrinen

De hydrofobe kenmerken en de binnenafmetingen van de ring vormen de basis voor de bijzondere eigenschap van cyclodextrinen, het complexerend vermogen. De mate van complexering van een gastmolecule is verder natuurlijk afhankelijk van vorm en grootte van dat molecule.

Uit tabel 7.2 blijkt verder dat het β -cyclodextrine als enige een tweede relevante eigenschap bezit, namelijk een relatief geringe oplosbaarheid in water. Omdat de stof daardoor in vergelijking met zijn analoga gemakkelijk door kristallisatie te zuiveren is, is het meeste onderzoek aan cyclodextrinen uitgevoerd met de β -vorm. De geringe oplosbaarheid van deze stof en van zijn complexen veroorzaakt bij diverse toepassingen echter complicaties.

De derde bijzondere eigenschap van cyclodextrinen is hun fysiologisch en metabool gedrag. De stoffen zijn niet afbreekbaar door de zetmeelafbrekende enzymen in speeksel en pancreas van mens en dier en tonen dus kenmerken van een langzaam verteerbaar koolhydraat.

Complexering en toepassingen

De complexering van cyclodextrinen met andere verbindingen speelt zich af op moleculair niveau. Een molecule cyclodextrine complexeert met moleculen van een andere verbinding, meestal in de verhouding 1 : 1. Complexering vindt plaats in waterig milieu, maar complexeringsmiddel en complexant behoeven daarbij niet volledig in oplossing te zijn. Complexering in suspensies blijkt vaak uitstekend te werken [134].

De fysische en chemische eigenschappen van een complex zijn niet zonder meer de som van de eigenschappen van de componenten. Het complex wordt bijvoorbeeld chemisch stabiel, minder vluchtig, beter in water oplosbaar of in een andere fysische fase overgevoerd. Uit spectroscopisch onderzoek blijkt dat de spectra van

een complex veelal niet gelijk zijn aan de som van de spectra van de componenten [133, 134].

De combinatie van complexering en wijziging in eigenschappen heeft men vertaald naar toepassingsmogelijkheden op allerlei terreinen [136]. Voorbeelden zijn voeding, farmacie, cosmetica, agrochemie, katalyse, scheidingsprocessen, analyse en biosynthese. De literatuur over cyclodextrine geeft vele voorbeelden van deze toepassingen [133, 134]. Enkele daarvan zijn:

- stabilisering van labiele verbindingen tegen chemische invloeden, oxidatie of straling;
- vermindering van vluchtigheid;
- onderdrukking van ongewenste geur of smaak;
- verbetering van de hanteerbaarheid door verandering van vloeibaar in vast;
- verhoging van oplosbaarheid in water;
- menging van in principe niet mengbare verbindingen;
- verbetering van beschikbaarheid in biologische systemen;
- verbetering van rendement bij biotechnische processen;
- scheiding en analyse van mengsels van isomeren.

Derivaten van cyclodextrine

Met cyclodextrinen zijn alle uit de zetmeelwereld bekende reacties met de C₂-, C₃- en C₆-hydroxylfuncties van de glucose-eenheden uitvoerbaar. Vele derivaten zijn in de literatuur beschreven [137]. De meeste daarvan hebben alleen wetenschappelijke betekenis en zullen waarschijnlijk nooit industrieel worden toegepast. Een bijzondere richting is het onderzoek naar de katalytische werking van derivaten van cyclodextrine. Men tracht met de cyclodextrine-ring en aangehechte groepen het actieve centrum van een enzym na te bootsen.

Het maken van derivaten is, behalve door wetenschappelijke belangstelling, ook gestimuleerd door hun praktische toepasbaarheid. De beperkingen van cyclodextrinecomplexen zijn vooral de beperkte oplosbaarheid en de aantasting van rode bloedlichaampjes bij intraveneuze toediening (hemolyse). Deze beperkingen leiden tot het zoeken naar derivaten van cyclodextrinen die deze eigenschappen in mindere mate bezitten. Voorbeelden van zulke derivaten zijn cyclodextrine-ethers (zoals alkyl- en hydroxy-alkylcyclodextrinen) en esters (zoals gecarboxymethyleerde produkten) [134, 137].

Een andere benadering met een praktische achtergrond is het polymeriseren van cyclodextrine, al dan niet samen met andere verbindingen. Daardoor ontstaan hydrofiele, maar in water niet oplosbare polymeren, die de complexerende eigenschappen van cyclodextrine bezitten [134, 138].

Gaat het bij de esters en de ethers om verandering van de fysische en chemische eigenschappen van het cyclodextrine als zodanig, bij het polymeriseren gaat het vooral om een effectiever gebruik van cyclodextrine bij chromatografische en technische scheidingsprocessen, bijvoorbeeld bij de afscheiding van bitterstoffen uit citrusvruchtesap.

Het veranderen van de eigenschappen van cyclodextrinen door derivatisering is van groot belang gebleken voor niet-orale medische toepassingen. Niet alleen werd de

oplosbaarheid van cyclodextrinen en hun complexen sterk verbeterd, waardoor zij niet meer kristalliseren, maar ook werd in een aantal gevallen een sterke vermindering van de hemolyse waargenomen.

Waar intraveneuze toepassing van vooral β -cyclodextrine geheel onmogelijk was, boden de derivaten nieuwe mogelijkheden. Verschillende derivaten van cyclodextrine zijn voor dit doel beproefd. Slechts één derivaat is tot nu toe een succes. Vergeleken met andere derivaten en zuiver cyclodextrine is de hemolytische werking daarvan minimaal. Dat derivaat is hydroxypropyl- β -cyclodextrine (HPBCD). Het is goed in water oplosbaar en niet kristalliseerbaar, en derhalve het enige nu bekende derivaat van cyclodextrine voor niet-orale medische toepassingen. Een sterk punt is dat door de complexering van farmaca met HPBCD de oplosbaarheid sterk verbetert [137, 139].

Verwacht mag worden dat medische producten met HPBCD in de komende jaren in diverse toepassingsgebieden op de markt zullen komen.

Stand van zaken

Ondanks de grote hoeveelheid onderzochte potentiële toepassingen, is het aantal werkelijke toepassingen van cyclodextrinen beperkt. Tabel 7.3 geeft een overzicht.

Voeding:

onderdrukking van ongewenste geur bij visproducten	Japan
instant-thee	Japan
notenpoeder	Japan
verwijdering van cholesterol	Europa

Farmacie:

knoflookpil	Duitsland
prostaglandinetabletten	Japan
producten met hydroxypropyl- β -cyclodextrine	Europa
piroxicam (onderdrukking van neveneffecten)	Europa

Tabel 7.3 Industriële toepassingen van cyclodextrinen

De redenen daarvoor zijn: prijs, 'performance' en acceptatie door de Warenwet.

Prijs en 'performance'

Cyclodextrinen zijn nu nog te duur voor vrijwel alle toepassingen in technische of agrarische sectoren en voor vele toepassingen in de voedingsmiddelenindustrie.

Bij een 1 : 1 complexering op moleculair niveau is ongeveer tien keer zoveel aan cyclodextrine nodig als aan complexant. Cyclodextrinen zijn dus niet alleen duur, er moet ook veel van worden gebruikt.

Bovendien zijn er voor veel potentiële toepassingen van cyclodextrine andere mogelijkheden en producten. Dat mogen dan geen fijnzinnige mogelijkheden zijn, gebaseerd op moleculaire complexering, maar als zij werken, telt de verhouding tussen prijs en 'performance' en niet het bijzondere. In de farmaceutische industrie is overigens de prijs van een produkt minder belangrijk dan zijn goede eigenschappen.

Voor eventuele technische en agrarische toepassingen is geen hoge graad van zuiverheid vereist. Daar kan de naar verwachting afnemende kostprijs van cyclodextrinen stimulerend werken. Het is merkwaardig dat aan dit punt nog weinig aandacht is geschonken.

Acceptatie door de Warenwet

Cyclodextrinen zijn weliswaar al honderd jaar bekend, maar voor de voedingsmiddelenindustrie en de farmaceutische industrie zijn het nieuwe produkten. Zij staan niet beschreven in een farmacopee, komen niet voor in de horizontale en verticale voedingswarenwetgeving en worden daarom niet toegepast in farmacie of voeding. Van een nieuw produkt moet worden aangetoond dat het gebruik voordelen biedt, dat de metabole, fysiologische en toxicologische eigenschappen bekend zijn en dat het gebruik in voedingsmiddelen en farmaca veilig is [140]. In het geval van cyclodextrinen vindt de bereiding plaats met een nieuw enzymatisch productieproces en daarvoor gelden aanvullende wettelijke richtlijnen en eisen.

Momenteel heeft bijna ieder land zijn eigen Warenwet. In EG-verband wordt echter hard gewerkt aan een algemene regeling voor voedingsmiddelen, waaronder ook de zetmeelprodukten vallen. Zo kan in één keer de toelating van een nieuw produkt voor de gehele EG worden geregeld.

Veel landen volgen echter de norm van de Amerikaanse Food and Drugs Administration voor toelating van cyclodextrine. Die organisatie is benaderd voor toelating van β -cyclodextrine, maar dat heeft nog niet tot acceptatie geleid. Desondanks tonen grote industrieën in Japan, Amerika, West-Europa en Hongarije belangstelling.

Fysiologie en gedrag in het lichaam

Normale zetmeelachtige koolhydraten, zoals maltodextrinen en glucosestropen, worden door enzymen in speeksel en pancreas van mens en dier afgebroken tot glucose en in die vorm via het bloed aan het lichaam afgegeven.

Voor cyclodextrinen geldt dat niet. Menselijke en dierlijke enzymen kunnen de cyclische structuur niet aantasten. Cyclodextrinen en hun complexen worden door maag en dunne darm tot in de dikke darm gevoerd. Pas daar worden zij door enzymen van de darmflora gesplitst en via glucose omgezet in vetzuren [141].

Een deel daarvan komt alsnog in het bloed terecht, een ander deel wordt gebruikt door de darmflora. Cyclodextrinen gedragen zich als langzaam verteerbaar koolhydraat.

Recent Nederlands onderzoek heeft uitgewezen dat het gebruik van 25 gram β -cyclodextrine in normale dagelijkse voeding geen problemen geeft. Dat biedt, gelet op de eerder genoemde toepassingsgebieden, ruime mogelijkheden [142]. Cyclodextrinen hebben bij normaal oraal gebruik geen toxische eigenschappen. Zij worden als ringstructuur niet uit het spijsverteringssysteem opgenomen in de bloedbaan.

Toekomst

Japan is tot nu toe het enige land waar cyclodextrine op redelijke schaal (1.000 ton per jaar) in voeding en farmacie wordt toegepast. Kijkende naar andere, nu bekende produkten van Japanse oorsprong zou men de conclusie kunnen trekken dat het een

kwestie van tijd is voor Amerika en Europa cyclodextrine in voeding en farmacie toepassen.

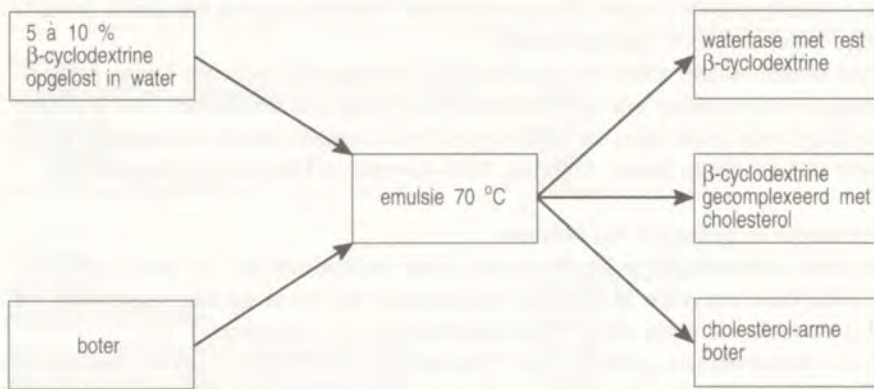
Zo eenvoudig ligt het echter niet. Japan benadert enzymatische en fermentatieve productieprocessen relatief gemakkelijk en kent een groot aantal traditionele fermentatief geproduceerde producten in zijn voedingspakket.

In West-Europa en zeker in Amerika zal de toelating van cyclodextrinen in levensmiddelen en farmacie alleen mogelijk zijn op grond van een gedegen produktrapport, maar zover is men nog niet. Dit remt bij de betrokken industrieën de drang tot investering. Het wachten is op een doorbraak van deze vicieuze cirkel.

De toelating zal echter kunnen worden gestimuleerd, als een producent van cyclodextrine gaat samenwerken met een actieve voedingsmiddelenindustrie. Zo'n voorbeeld is er nu in de verwijdering van cholesterol uit zuivelproducten.

Reductie van cholesterol

Het is mogelijk cholesterol uit boter en andere zuivelproducten te verwijderen door complexering met β -cyclodextrine en afscheiding van het kristallijne complex (zie afb. 7.13).



Afb. 7.13 Afscheiding van cholesterol uit boter

In dit proces wordt boter in vloeibare vorm (70 °C) in contact gebracht met een waterige oplossing van β -cyclodextrine. Cholesterol gaat over naar de waterfase, complexeert en kristalliseert. Na scheiding van boter, water en complexkristallen wordt een boter verkregen waarin het cholesterolgehalte met meer dan 70% is verlaagd. Het β -cyclodextrine wordt hier dus niet gebruikt als ingrediënt of additief voor voeding, maar als technisch middel voor kwaliteitsverbetering.

Deze techniek heeft inmiddels haar waarde bewezen. Het proces met cyclodextrine werkt zeer specifiek op cholesterol en is beter dan andere extractieprocessen (die ook nog aroma- en smaakstoffen verwijderen).

Bij het cyclodextrine-proces blijft in het eindproduct een kleine hoeveelheid β -cyclodextrine achter. Deze hoeveelheid is gering, maar veel hoger dan de extreem lage toelatingseis. Die eis geldt overigens niet specifiek voor β -cyclodextrine, maar voor onbekende, potentieel giftige stoffen. Die eis is dus voor cyclodextrine niet terecht.

Waarschijnlijk zal er een actie op gang komen om de voordelen van de verwijdering van cholesterol breed uit te meten tegenover de vermeende nadelen van een geringe hoeveelheid β -cyclodextrine.

Een Frans bedrijf (Entremont) en een Belgisch bedrijf (Corman) verwachten reeds in 1991 met hun producten op de markt te komen.

Verdere ontwikkelingen

Tot nu toe moet ieder die belangstelling heeft voor cyclodextrine zijn eigen enzym ontwikkelen en produceren. Dat maakt de productie niet goedkoper.

Nu is echter een van de grootste enzymproducenten ter wereld, de Deense firma NOVO, bezig een enzym te ontwikkelen voor de productie van cyclodextrine op commerciële schaal. Betere en goedkopere enzymen, betere procesvoering en dus goedkoper cyclodextrine, bredere toelating en een brede belangstelling van de gebruikers zijn nu nog niet voorhanden, maar zullen de ontwikkeling en de verbreding van de markt voor cyclodextrine bepalen. Het zijn bovendien factoren die vroeger niet in beschouwing konden worden genomen.

Er zijn overigens geen bijzondere redenen waarom ook γ -cyclodextrine, dat ook goede mogelijkheden tot complexering biedt, in de toekomst niet eveneens tot ontwikkeling zal komen.

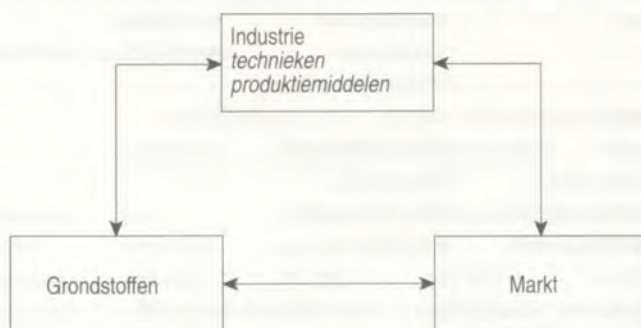


8. Verwachtingen voor de toekomst

prof.ir. J.A. Roels

8.1 INLEIDING

Deze publikatie biedt een analyse van de mogelijke toepassing van plantaardige grondstoffen in de industrie, in het bijzonder in de chemische industrie.



Afb. 8.1 De industrie als brug tussen grondstoffen en produkten

Afb. 8.1 is een schematische weergave van de rol van industriële activiteiten als brug tussen grondstoffen en marktprodukten. Deze rol vloeit voort uit het feit dat produkten en hun 'performance' vrijwel nooit in de juiste hoeveelheid tegen een acceptabele prijs op aarde voorkomen of in primaire productieprocessen worden gevormd. De industrie vervult een brugfunctie door het ontwikkelen en in fabrieken gebruiken van een breed scala technische vaardigheden. Bij verschuivingen in de structuur van de industriële activiteiten zijn drie groepen factoren te onderscheiden:

- verandering in de aantrekkelijkheid van de beschikbare grondstoffen;
- veranderingen in de techniek van de industriële verwerking;
- veranderingen in de vraag uit de markt.

In afb. 8.1 is met pijlen aangegeven dat deze veranderingen elkaar kunnen versterken en verzwakken. Veranderingen in de vraag uit de markt kunnen aanleiding geven tot nieuwe technische doorbraken in de industrie. Nieuwe technische mogelijkheden kunnen leiden tot een nieuwe evaluatie van de aantrekkelijkheid van de ter beschikking staande bronnen van grondstoffen.

Als een nieuwe grondstof de vorige in één van haar toepassingen heeft verdrongen, kan dit een verdere verbreiding van die nieuwe grondstof in de industrie bevorderen. De ontwikkelingen in de hoekpunten van de innovatiedriehoek in afb. 8.1 zijn dan ook zeker niet autonoom. Zij ondersteunen een evolutie waarin de concurrentie-

kracht van nieuwe en gevestigde combinaties van grondstoffen, techniek en markt voortdurend aan de veranderende omstandigheden wordt getoetst. Deze evolutie kan inhouden dat een beperkte primaire innovatie de basis vormt voor een uitwaaiëring naar meer sectoren.

In tabel 8.1 zijn criteria opgesomd die bruikbaar zijn bij het toetsen van grondstoffen, technieken en markten en daarmee bij het opsporen van die delen van de industrie waar kansen liggen voor plantaardige grondstoffen.

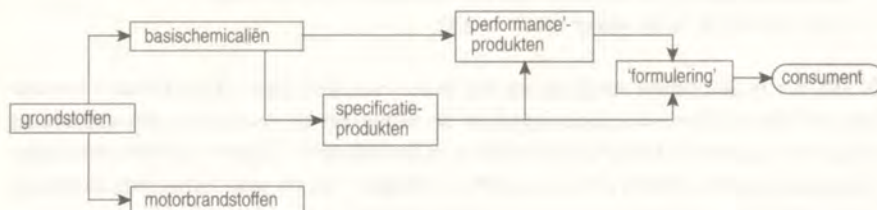
Grondstoffen	Technologieën	Markten
<ul style="list-style-type: none"> • Beschikbaarheid • Continuïteit van de politiek/strategische factoren • Breedte van de toepasbaarheid • Prijs • Logistiek • Performance en verwerkbaarheid • Problematiek van afval • Verwerkingsinfrastructuur • Maatschappelijke acceptatie 	<ul style="list-style-type: none"> • Beschikbaarheid • Rijpheid (ruimte voor verdere ontwikkeling) • Breedte van de toepasbaarheid • 'Performance' • Afvalproblematiek en risico's • Kosteneffectiviteit • Regelgeving • Maatschappelijke acceptatie 	<ul style="list-style-type: none"> • Veranderingen in de vraag naar 'performance' • Prijselasticiteit • Acceptatie van bijproducten en bijwerkingen • Acceptatie van produktietechniek

Tabel 8.1 Criteria voor verschuivingen in de structuur van de industrie

In dit hoofdstuk zal eerst worden ingegaan op de structuur van de industrie en de basis van concurrentie in de diverse industriële sectoren. Deze worden dan, zij het globaal en summier, vergeleken met wat plantaardige grondstoffen en nieuwe technieken te bieden hebben. Hieruit worden dan conclusies getrokken over mogelijkheden en beperkingen van plantaardige grondstoffen.

8.2 STRUCTUUR VAN DE CHEMISCHE INDUSTRIE

Een schets van de structuur van de chemische industrie is gegeven in afb. 8.2.



Afb. 8.2 Structuur van de chemische industrie

De chemische industrie baseert haar activiteiten op ruim beschikbare, meest fossiele, grondstoffen. Deze grondstoffen worden omgezet in motorbrandstoffen (voor een zeer groot deel van het totale verbruik aan fossiele grondstoffen) en basischemicaliën (chemische bouwstenen die in grote hoeveelheden worden geproduceerd en gebruikt). In het vervolg van de bedrijfskolom speelt het onderscheid tussen specificatie-producten en 'performance'-producten een belangrijke rol.

Specificatie-producten worden voornamelijk verkocht op basis van hun chemische samenstelling. Zij bestaan uit bulkchemicaliën met een hoog produktievolume en een lage toegevoegde waarde en uit fijnchemicaliën met een veel lager produktievolume en een veel hogere toegevoegde waarde.

'*Performance*'-producten worden verkocht op basis van hun eigenschappen in de toepassing. In 'performance'-producten kan onderscheid worden gemaakt naar 'commodities' met een relatief hoog volume en een lage toegevoegde waarde en 'specialties' met een laag volume en hoge toegevoegde waarde.

In tabel 8.2 is een overzicht gegeven van de voornaamste kenmerken van deze sectoren.

	Specificatieproducten		Performanceproducten	
	Bulkchemie	Fijnchemie	'Commodities'	'Specialties'
productlevenscyclus	lang	gemiddeld	lang/gemiddeld	kort
aantal producten	honderden	duizenden		tienduizenden
produktvolumeton/yr	>10.000	<10.000	>10.000	<10.000
produkt prijzen Dfl/kg	<10	>20	<20	>20
produkt differentiatie	geen	beperkt	beperkt	zeer hoog
toegevoegde waarde	laag	hoog	laag/gemiddeld	hoog
kapitaalintensiteit	hoog	gemiddeld	hoog	gemiddeld/laag
R en D focus	proces- verbetering	proces- ontwikkeling	proces- verbetering produkt- verbetering	applicatie produkt- ontwikkeling
<i>Sleutelsuccesfactoren</i>				
produktiekosten	xxx	xx	xxx	x
technische service	-	x	x	xxx
relatie met afnemers	-	xxx	x	xxx

Tabel 8.2 Karakterisering van de chemische industrie

In de *bulkchemie* ligt de basis van de concurrentie in de prijs per eenheid product (produktiekosten). Daarom moeten onderzoek en ontwikkeling zijn gericht op toepassing en perfectionering van goedkope produktietechniek. De onderneming moet toegang hebben tot betrouwbare bronnen van goedkope grondstoffen. Wellicht is het nog beter zelf over deze grondstoffbronnen te beschikken (achterwaartse integratie). De organisatie van de productie dient kosteneffectief te zijn. Gezien de hoge kapitaalintensiteit zijn er vaak belangrijke schaalvoordelen te behalen. Een kosteneffectieve distributie is noodzaak. De financiële kracht van de ondernemin-

gen in de bulkchemie is ook een belangrijke factor. Marketing en technische dienstverlening zijn van ondergeschikt belang, evenals de relatie met de afnemer. Het effect van de schaalgrootte en de verbreding van de afzetmogelijkheden wordt versterkt als de bulkchemie is geïntegreerd met de zoveel grotere energie-industrie. De diverse bulkchemicaliën en de energiedragers kunnen daarom strategisch niet onafhankelijk van elkaar worden gezien. Dat belemmert de vervanging van één of een beperkt aantal afzonderlijke producten in deze sector.

Voor de *fijnchemie* wordt de chemische specificatie van het produkt gedefinieerd door de afnemer. Deze kent de verdere verwerking en de toepassing van dat produkt in veel groter detail dan de producent. Daarom zijn in de fijnchemie het contact met de klant en het imago van het bedrijf van groot belang. De belangrijkste aspecten waarop de producent wordt beoordeeld, zijn betrouwbare levering en kwaliteit. Ook wordt gekeken of de producent beschikt over technische ontwikkeling, technische service en marketing, waarmee hij flexibel aan de vragen en de wensen van de klant kan voldoen. De kritieke vaardigheden bij de fijnchemie liggen dus in de relatie met de klant.

De succesvolle fijnchemische ondernemingen beschikken bovendien vaak over één of meer technische sterkten (bijv. specialisatie in een moeilijke of risicovolle chemische synthese) of over een strategische grondstofpositie.

De bedrijven zijn vaak relatief klein (omzet US\$ 100 à 200 miljoen). De industrie is nogal gefragmenteerd.

Bij de producent van 'performance'-chemicaliën en dan in het bijzonder bij de producent van 'specialties', ligt de basis van de concurrentie in de technische service en de verhouding tussen prijs en 'performance'. Voor de onderneming ligt dus de nadruk op haar relatie met de klant. De prijs van het produkt is minder belangrijk. De onderneming moet beschikken over goede marketing, effectieve distributiekkanalen en een goede technische service.

De onderneming moet ook beschikken over uitstekende kennis van de toepassing bij de afnemer en over goede en directe relaties met de klant. Een voortdurende produktinnovatie moet leiden tot producten met een superieure 'performance'.

Uit het voorgaande zal duidelijk zijn dat van bulkchemie naar produktie van 'specialties' de vaardigheden die doorslaggevend zijn voor een effectieve concurrentie, verschuiven naar geheel andere onderdelen van het bedrijf. Het accent in kritische vaardigheden verschuift van de relatie tussen grondstoffen en produktie-techniek naar de relatie tussen markt en produkttechniek. Dat dit geen triviale en eenvoudige zaak is, blijkt uit de moeite die het bedrijven in de bulkchemie kost om over te gaan op de produktie van 'specialties'.

8.3 PLANTAARDIGE GRONDSTOFFEN EN HUN VERWERKINGSTECHNIEK

In tabel 8.3 zijn de mogelijkheden voor vergroting van het gebruik van plantaardige grondstoffen in de industrie nog eens samengevat en van een aantal kanttekeningen

voorzien. De tabel spreekt goeddeels voor zichzelf en herhaalt zaken die in andere hoofdstukken uitvoeriger zijn behandeld.

Opties	Produkten	Knelpunten
gebruik van de gehele plant	energiedragers; veevoer	<ul style="list-style-type: none"> • ontsluiting van cellulosehoudende gewassen • prijs van de landbouwgrondstof
gebruik van vrijwel de gehele plant	methanol, ethanol	<ul style="list-style-type: none"> • ontsluiting van de cellulosefractie • prijs van de landbouwgrondstof • techniek van de integrale verwerking
gebruik van specifieke producten	fijnchemicaliën, 'performance' producten	<ul style="list-style-type: none"> • techniek van de integrale verwerking • chemische of fysische modificatie • nuttig gebruik van bijproducten
speciale teelt of productie met plantecellen of micro-organismen	fijnchemicaliën, 'performance' producten	<ul style="list-style-type: none"> • genetische modificatie van planten • nuttig gebruik van bijproducten • economie

Tabel 8.3 Mogelijkheden en knelpunten van plantaardige grondstoffen in de industrie

Men zou, speculatief, de volgende conclusie kunnen trekken.

De resterende technische problemen (ontsluiting van cellulose, genetische modificatie van plantecellen, integrale verwerking, benutting van bijproducten), zijn geen doorslaggevende belemmering voor verdere ontwikkelingen. Wat ontbreekt, is de drijvende kracht voor innovatie (zoals doorslaggevende voordelen in economie en 'performance' en de herkenning daarvan door de chemische industrie).

In de volgende paragrafen wordt hierop nader ingegaan.

8.4 MOGELIJKHEDEN EN BEPERKINGEN VAN PLANTAARDIGE GRONDSTOFFEN

Aard van de substitutie

Bij het analyseren van de mogelijkheden van agrarische grondstoffen in de chemische industrie kan onderscheid worden gemaakt tussen directe en indirecte substitutie.

Directe substitutie wil zeggen dat een produkt met dezelfde chemische identiteit wordt gemaakt uit een plantaardige grondstof. Het nieuwe bestaat slechts uit een andere combinatie van grondstoffen en techniek. Uit tabel 8.1 kan worden afgeleid wanneer er een ontwikkeling in grondstoffenbasis of verwerkingstechniek is, die zo'n substitutieproces bevordert. Vaak zal de substitutie uiteindelijk op basis van prijs moeten plaatsvinden. Voorbeelden van directe substitutie zijn vetalcoholen

(uit aardolie of uit plantaardige oliën en vetten) en glycerol. Overigens kan ook de interactie tussen de produktiekosten en de problemen rond afval en milieu reden zijn voor directe substitutie.

Overigens mag substitutie niet op basis van geïsoleerde produktiesopties worden bekeken. Het gebruiken van een combinatie van grondstoffen en techniek voor meer produkten kan doorslaggevend schaalvoordelen bieden.

Indirecte substitutie wil zeggen dat een produkt in zijn toepassing wordt vervangen door een produkt met vergelijkbare of superieure 'performance' uit plantaardige grondstof. Voorbeelden zijn te vinden in de concurrentie tussen natuurlijke en synthetische polymeren.

Directe en indirecte substitutie hebben zo hun eigen voor- en nadelen. Deze zijn samengevat in tabel 8.4.

	Voordelen	Nadelen
Directe substitutie	<ul style="list-style-type: none"> • Markt voor het produkt bestaat • Distributiekanaal bestaan • Infrastructuur voor verdere verwerking bestaat • Applicatietechniek bestaat 	<ul style="list-style-type: none"> • Concurrentie op prijs met gevestigde produkten • Productie-infrastructuur voor het oude produkt bestaat • Productietechniek voor oude produkt is vaak meer gerijpt • Toegankelijkheid van de bestaande infrastructuur voor verwerking en distributie is vaak beperkt
Indirecte substitutie	<ul style="list-style-type: none"> • Vaak produkten met relatief hoge toegevoegde waarde • Concurrentie op 'performance' is mogelijk • Aansluiting bij nieuwe trends in de markt • Unieke eigenschappen van nieuwe grondstoffen worden beter uitgebuit 	<ul style="list-style-type: none"> • Marktkennis en technische service zijn belangrijk • Markt moet worden ontwikkeld • Techniek en infrastructuur voor verdere verwerking moet worden opgebouwd • Soms zijn nieuwe distributiekanaal nodig

Tabel 8.4 Voor- en nadelen van directe en indirecte substitutie

Kansen voor plantaardige grondstoffen

Nu wordt nader ingegaan op de mogelijkheden en de beperkingen van plantaardige grondstoffen in de chemische industrie. Geanalyseerd worden de sterkte en de zwakte van plantaardige grondstoffen in relatie tot kritische succesfactoren en de daaruit voortvloeiende mogelijkheden en beperkingen. Ook wordt ingegaan op een aantal aspecten van toekomstig potentieel. De analyse vindt plaats op vier niveaus

in de waardeketen van de industrie, namelijk op de niveaus van brandstoffen, bulkchemicaliën, fijnchemicaliën en 'performance'-produkten.

In tabel 8.5 zijn de resultaten van deze analyse samengevat.

De aspecten die in tabel 8.5 zijn opgenomen, zijn afgeleid van de tabellen 8.1 en 8.2. De mogelijkheden en beperkingen van plantaardige grondstoffen leiden tot de score + als het aspect goede mogelijkheden voor plantaardige grondstoffen biedt, tot de score - als er aanzienlijke problemen worden voorzien, en tot de score 0 als er geen doorslaggevende voor- of nadelen zijn.

	Motorbrand- brandstoffen	Bulkchemie	Fijnchemie	Performance produkten
Beschikbaarheid	-/+ ¹⁾	0	+	+
Continuïteit	-/+ ¹⁾	0	+	+
Beschikbaarheid prijs	-/0 ¹⁾	-/+ ¹⁾	0	0
Verwerkbaarheid	0/- ¹⁾	0/- ¹⁾	0	0
techniek	0/- ¹⁾	0/- ¹⁾	0	0
R en D infrastructuur - processen	-	-	-	-
Afval bij de verwerking	0	0	0	0
Productperformance	0/+	0	+	+
Natuurlijk produkt	nvt	nvt	nvt	+
Applicatiekennis van het gezond produkt	nvt	nvt	nvt	+
Beschikbaarheid	nvt	nvt	0	-
R en D infrastructuur produkten	nvt	nvt	nvt	-
Technische service	nvt	nvt	-	-
Infrastructuur marktkracht	-	-	-	-
Distributie-infrastructuur	-	-	0	-
Relatie met afnemer performance ²⁾ in de markt	-	-	-	-
'Objectieve' eigenschappen	nvt	nvt	nvt	+
Natuurlijk	nvt	nvt	nvt	+
Gezond	nvt	nvt	nvt	+
Schoon	nvt	+	+	+
Prijs produkt	-	0	-	-

1) agrarische produkten resp. cellulosehoudende gewassen

2) het betreft hier niet altijd reële voordelen, maar soms de perceptie uit de markt

Tabel 8.5 Mogelijkheden en beperkingen van plantaardige grondstoffen

De analyse leidt tot de volgende conclusies.

Voor de productie van *motorbrandstoffen* zijn de mogelijkheden zeer beperkt. Conventionele agrarische produkten zijn te duur en onvoldoende beschikbaar. Technische problemen zijn er niet; de 'performance' van de plantaardige energie-

dragers kan zelfs voor bepaalde aspecten, (klopvastheid bij ethanol) een voordeel opleveren. Een lichtpunt wordt gevormd door de ruime beschikbaarheid en de veel lagere prijs van cellulosehoudende gewassen. Helaas is de techniek van de integrale verwerking van cellulosehoudende biomassa onvoldoende rijp. De infrastructuur van onderzoek en ontwikkeling voor een dergelijk proces bestaat eigenlijk alleen in de gevestigde grootschalige petrochemische sector en blijkbaar zijn de stimulan- sen, gezien de huidige positie van fossiele brandstoffen, voorlopig nog niet groot genoeg.

Dit probleem geldt uiteraard niet bij directe verbranding van cellulosehoudende biomassa en deze optie is wellicht in een aantal gevallen aantrekkelijk.

Voor de agrarische sector zou dit overigens geen oplossing bieden. De agrarische 'groene Joule' is ook voor cellulosehoudende gewassen veel te duur en dit zal nog geruime tijd zo blijven.

Voor de *bulkchemie* geldt eigenlijk een zelfde redenering, alleen zijn hier de beperkingen door de prijs en de beschikbaarheid van toegankelijke agrarische grondstoffen minder zwaarwegend.

Als reële opties blijven dus de *fijnchemie* en de 'performance'-produkten over. Hier scoren plantaardige grondstoffen in een aantal gevallen hoog.

Het gaat dan om specifieke chemische structuren of vormen van 'performance' die plantaardige grondstoffen bij uitstek kunnen leveren, bijvoorbeeld:

- een specifieke chemische structuur (stereospecificiteit);
- specifieke sensorische eigenschappen;
- textuur, structuur;
- natuurlijke ingrediënten;
- milieutechnische voordelen bij productie en verwerking.

Deze aspecten zijn in tabel 8.5 met een + aangegeven.

Het gaat hierbij overigens vaak om een beperkt deel van de plant en in veel gevallen zal voor het afval een toepassing moeten worden gevonden. Voor de wat duurdere produkten zal deze toepassing de waarde van veevoer waarschijnlijk niet te boven hoeven te gaan. Voor goedkopere produkten zullen hoogwaardige toepassingen voor bijprodukten noodzakelijk zijn. De scores in tabel 8.5 onder prijs, verwerk- baarheid en techniek geven aan dat deze aspecten geen onoverkomelijke hinderpa- len vormen voor de penetratie van plantaardige grondstoffen in de chemische industrie.

De beschikbaarheid van plantaardige grondstoffen voor deze toepassing is afhan- kelijk van gerichte, vaak kleinschalige teelt van industriegewassen. De + bij beschikbaarheid en continuïteit van beschikbaarheid veronderstelt dat deze produk- tie inderdaad bestaat. Dat is het geval voor bijvoorbeeld zetmeelhoudende en olie- en vethoudende gewassen. Voor de fijnchemische industrie en de producent van 'performance'-chemicaliën ontstaan overigens wel strategische problemen als zij afhankelijk worden van specifiek voor deze industrie te telen gewassen, vooral wanneer deze gewassen niet een veel bredere toepassing hebben. In dat geval kan de afhankelijkheid er toe leiden dat men het mechanisme van de vrije markt te riskant vindt. De productie van de plantaardige grondstof zal dan moeten worden geïntegreerd met de industrie die deze grondstof gebruikt. De landbouw zou dan

voorwaarts in de bedrijfskolom integreren (zoals de landbouwcoöperatie bij een aantal industriële gewassen) of de industrie moet achterwaarts integreren (via eigen plantages of contractteelt).

In het eerste scenario doet de landbouw een stap voorwaarts in de bedrijfskolom, op weg naar hogere inkomsten. Nu is de landbouw vooral op 'commodities' gericht en haar sterkten zijn dezelfde als die in de zware chemie (produktietechniek, hoge doelmatigheid). Dit verklaart voor een belangrijk deel de negatieve scores in tabel 8.5 bij factoren die meer op de markt en op de applicatie zijn gericht. Deze negatieve scores worden gehaald bij de kennis over applicaties, het onderzoek en de ontwikkeling van het produkt, de technische service, de kracht op de markt, de infrastructuur van de distributie en de relatie met de afnemers.

In het tweede scenario maken de verwerkende industrieën de stap achterwaarts naar de produktie van plantaardige grondstoffen met eigen plantages of via contractteelt. De technische ontwikkelingen in de plantenveredeling brengen deze mogelijkheid dichterbij. Het initiatief zal uit de industrie moeten komen, maar het lijkt erop dat de noodzaak daartoe nog niet groot genoeg is.

Tot slot wordt in tabel 8.6 samengevat in hoeverre vaardigheden en mogelijkheden van de agrarische sector passen bij de produktie van fijnchemicaliën en 'performance'-chemicaliën.

	Fijnchemicaliën	'Performance' chemicaliën
levenscyclus van het produkt	0/-	-
produktvolume	-	--
produktdifferentiatie	0	-
toegevoegde waarde	+	+
kapitaalintensiteit	0	0
richting van R en D	0	-
technische service	0	-
relatie klant/leverancier	-	-

Tabel 8.6 Hoe passen vaardigheden en mogelijkheden van de agrarische sector bij de karakteristieken van fijnchemicaliën en 'performance'-chemicaliën?

Met de korte levenscyclus van industriële produkten heeft de agrarische sector weinig ervaring. Ditzelfde geldt voor het beperkte produktievolume van ieder produkt afzonderlijk. Ook is er in de landbouw weinig ervaring met produktdifferentiatie, het daarmee samenhangende onderzoek- en ontwikkelingswerk en de technische service. Vooral de 'performance'-produkten krijgen daardoor een negatieve score. De in de industrie belangrijke relatie tussen klant en leverancier vindt in de landbouw weinig overeenkomst. Eigenlijk leiden uitsluitend de hoge toegevoegde waarde en het daarmee samenhangende niveau van de marktprijzen tot een positieve overeenkomst met de mogelijkheden in de landbouw.

Alles bij elkaar lijkt de landbouw slecht toegerust om de stap voorwaarts te maken. Wellicht verkeert de tuinbouw in een gunstiger positie.

8.5 SAMENVATTING

Het voorgaande pretendeert geenszins een rigoreuze analyse te zijn van de mogelijkheden en beperkingen van agrarische productie voor de energie- en de chemische industrie. Samengevat zijn er de volgende knelpunten en problemen:

- Technische mogelijkheden zijn er vele, maar dit is geen garantie voor succes.
- De mogelijkheden in de energie-industrie en in de bulkchemie zijn uiterst beperkt; de kansen voor plantaardige grondstoffen moeten in eerste instantie worden gezocht in de fijnchemie en de 'performance'-chemicaliën.
- In de fijnchemie en in de 'performance'-chemicaliën bestaat een aantal knelpunten en problemen. De belangrijkste zijn wellicht:
 - Het volume per produkt is gering. Voor de grootschalige landbouw zijn er dus geen positieve verwachtingen; achterwaartse integratie leidt tot een selectief, relatief kleinschalig gebruik van landbouwprodukten;
 - De levenscyclus van de produkten is in het algemeen gemiddeld tot kort. Qua techniek en geaardheid is de landbouw hierop nauwelijks ingesteld. De ontwikkelingen in genetische modificatie kunnen hier tot doorbraken leiden;
 - De markten eisen een voor de landbouw wezensvreemde marktgerichte benadering. Hoe kunnen deze vaardigheden worden verkregen? Het alternatief is contractproductie in een sector met een overschot aan produktiecapaciteit;
 - De noodzaak plantaardige grondstoffen te ontwikkelen als een volwaardig alternatief is in de huidige chemische industrie niet groot genoeg. Dit leidt ertoe dat het onderzoek en de ontwikkeling niet de kritische massa en de doelgerichtheid bereiken, die nodig zijn om doorbraken af te dwingen.



9. De visie van de landbouw

prof.dr.ir. W.J. Beek en dr. T.J.H.M. Hutten

9.1 INLEIDING

Dit hoofdstuk is geschreven met de vraag of onze landbouwgrond behouden kan blijven als bron van inkomsten. De forse en aanhoudende stijging van de productiviteit van het land en van de arbeid daarop heeft voor Nederland nadelige effecten gehad. Deze bestaan uit:

- politiek bepaalde overproductie en overschotten;
- een uittocht van boeren en vooral boerinnen;
- de vage, mysterieuze belofte van een 'vierde gewas' dat industrieel zal worden afgezet.

Met dit laatste appelleert de landbouw met zijn korte termijnbehoefte aan de reeds enkele decennia levende gedachten over eindigheid van grondstoffen en beperkte capaciteit van kringlopen.

Wij zullen tenslotte moeten leven van wat de aarde voortdurend voortbrengt en niet langer van wat wij eruit opdiepen. Velen zijn het er mee eens dat stroomprocessen in de plaats moeten komen van fondsprocessen. De vraag is echter hoeveel tijd dit alles zal nemen. Vermoedelijk veel langer dan wij nu denken, omdat wij met onze gedachten over de toekomst de neiging hebben de marktfase over te slaan.

Substitutie

Ja, er is substitutie: stearine vervangt paraffine in kaarsen, die hun oude kwaliteit herkrijgen en hun maskerende modekleur verliezen. In wasmiddelen krijgt gewone zeep weer een kans tegenover petrochemische detergentia, hoewel waarschijnlijk ten koste van de reinheid van ons oppervlaktewater. Nee, substitutie gaat niet zomaar. Dit kan met twee voorbeelden worden toegelicht.

Vetalcoholen

Vetalcoholen op basis van aardolie of op basis van plantaardige stoffen ontlopen elkaar in kostprijs niet eens zo veel. Maar de gevestigde petrochemische route vraagt een vrij grote fabriek waarin een relatief goedkope grondstof wordt verwerkt. De oleochemische route daarentegen vergt een relatief kleine investering in produktiemiddelen, maar de plantaardige grondstof is nog steeds vrij duur. Concurrentie van dit alternatieve proces zal door de gevestigde producenten worden beantwoord met het prijsgeven van winst, om althans nog enig rendement op het geïnvesteerde kapitaal te maken. De nieuwkomer kan de markt moeilijk volgen. Wil substitutie slagen, dan moeten deelmarkten stapje voor stapje worden veroverd. De penetratie van het alternatieve proces voor vetalcoholen zal langzaam gaan.

Alcohol, water en benzine als brandstof

Een mengsel van alcohol, water en benzine lijkt een geschikte motorbrandstof om ruwe aardolie te besparen. Alcohol kan door fermentatie uit plantaardige grondstoffen worden bereid. Voor die fermentatie is water nodig en hoe meer water de alcohol mag bevatten, hoe gunstiger het proces energetisch en economisch is. Water bevordert ook de verdeling van het brandstofmengsel in de motorcilinder, geeft een gelijkmatiger verbranding en bevordert de klopvastheid. Daardoor kunnen antiklop-middelen, zoals loodverbindingen, achterwege blijven en kan het motorrendement toenemen.

Ondanks de meer dan twintig jaar ervaring met alcohol als additief voor benzine, kan alleen absolute alcohol worden gebruikt. Het gebruik van azeotrope alcohol (96%) vereist een tweede oplosmiddel dat het mengsel stabiel houdt. Hogere percentages water zijn vooralsnog niet mogelijk. Stabiele mengsels van alcohol, water en benzine zijn nog niet bekend, laat staan dat die stabiliteit behouden blijft in een temperatuurbereik van minus twintig graden Celsius (tank) tot vele honderden graden Celsius (motor).

Maar ook al zou dit driefasensysteem bevredigend te hanteren zijn, bijvoorbeeld door gebruik van stabilisatoren, en al zou de meerprijs voor het gebruik van alcohol en stabilisator worden goedge maakt door het gebruik van water, dan blijft nog de noodzaak dat motoren worden omgebouwd of aangepast. Bovendien zal het distributiesysteem moeten worden aangepast, zodat de nieuw afgestelde motoren brandstof vinden in een voldoende fijnmazig netwerk van verkooppunten. Dat vergt investeringen van de autobezitter en vooral van de distributeur van motorbrandstof. Bovendien zal de laatste liever geen water in plaats van benzine verkopen, omdat hij meer op handel in aardolie kan verdienen dan op handel in water. Omgekeerd zal de landbouw, ook in tijden van misoogsten, voldoende grondstoffen voor de produktie van alcohol moeten kunnen aanbieden.

Kortom, substitutie komt ook hier niet zomaar.

9.2 AGRIFICATIE

Het zoeken naar niches voor een industriële marketing van landbouwprodukten, kort aangeduid met 'agrificatie', heeft een aanzienlijke lijst van mogelijkheden voortgebracht [1 t/m 5]. Deze variëren van oliehoudende gewassen voor specialistische smeermiddelen voor watersport en bos- en landbouw, tot oude en nieuwe vezelgewassen voor de fabricage van papier, karton, textiel en versterkte composieten, of van nieuwe koolhydraatgewassen voor veevoer met een hoge voedingswaarde tot farmacologische en medicinale gewassen. In deze suggesties treedt ons vierde gewas aan als een leger van lilliput-mogelijkheden. Onze akkerbouw, gericht als deze is op bulkproduktie, heeft de organisatie noch het management om deze mogelijkheden kwalitatief goed te beproeven en het daarvoor nodige onderzoek naar toepassingen te verrichten.

Middelen

Indien ons landbouwbeleid kort samen te vatten zou zijn tot het volgende drieluik:

- laat waar mogelijk vraag en aanbod de produktie sturen;
- stem agrarische en industriële produkten meer op elkaar af;

- corrigeer eerst waar natuurlijke grenzen in zicht komen, dan heeft de tweede doelstelling meer nodig dan de relatief kleine bijdrage van 25 miljoen gulden die het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij nu voor vijf agrificatieprojecten uittrekt. Ter vergelijking, een landbouwcoöperatie als Cebeco trekt samen met haar partners al 40 miljoen uit voor de ontwikkeling van Nederlandse brouwerst voor de bierbrouwerij.

Ford en Firestone hebben tussen 1920 en 1930 privé meer fondsen vrijgemaakt voor wat toen de chemurgische beweging heette en nu agrificatie heet. Tuskagee, Virginia, maakte speciale rubbers uit guave en een instrumentenpaneel voor de T-ford uit tarwe.

Na 1930 overleefde de chemurgie in produkten en bedrijven als smeeroïlen van Quaker State, zoetstoffen van Corn Wet Millers en vooral als Procter & Gamble. Procter & Gamble weet de katoenplant vrijwel geheel te benutten. Katoen in textiel, veredeling van katoenzaad voor plantbescherming en teelt, katoenzaadolie in margarine en andere levensmiddelen en in zeep en wasmiddelen (dus ook in glycerine, dat samen met de kennis van textiel de springstofdivisie voortbracht). Daarnaast in binding van calcium (in het bijzonder voor de waterontharding), dat de basis legde voor een farmaceutische divisie. Deze wist de eigen kennis over katoentextiel en plantbescherming te integreren tot één medische toeleveringsactiviteit van 'disposables' (wegwerptextiel), bacteriostatica en drugs.

Over zulke voorbeelden van ondernemerschap spreken wij bij groene grondstoffen voor de industrie.

Argumenten

Degenen die zich inspinnen om onze landbouw te behouden, hebben goede argumenten verzameld vóór agrificatie. Een herwaardering van die argumenten is op zijn plaats. Zij hebben betrekking op:

- stereospecificiteit
- moleculaire structuur
- gesloten kringlopen.

Stereospecificiteit

Plantaardige grondstoffen kunnen bijzondere prestaties leveren door hun stereospecificiteit en textuur. Deze bijzondere grondstoffen komen vooral voor in specifieke delen van de plant. De meerwaarde van de te winnen stof moet zo hoog zijn dat de restwaarde van het overige plantemateriaal niet hoger hoeft te zijn dan de prijs van veevoeder, tenzij deze rest tot waarde kan worden gebracht.

In het eerste geval kan men denken aan geneesmiddelen en geur- en smaakstoffen. Een voorbeeld daarvan is de produktie van medicijn uit de koolzaadplant. Het reserve-eiwit van koolzaad heeft maar een beperkt aantal peptiden en dat is een voordeel bij het scheiden. Andere suggesties zijn de teelt van hazelnoten, kummel, karwij en kruiden (voor dranken en hygiëne-produkten) en de bereiding van gluconzuur en heptonzuren uit glucose en van vitamine D uit cholesterol.

Het tweede geval, dat de rest van de plant tot waarde kan worden gebracht, doet zich voor in de industrieën gebaseerd op aardappelzetmeel, biet- en rietsuikermelasse, katoencellulose en vetsplitsing.

Gewenste structuur vèrgaand aanwezig

Soms is de gewenste moleculaire structuur vèrgaand in de plantaardige stof aanwezig en bestaan er mogelijkheden voor produktie daarvan in levende planten of plantecellen. Ook hier is de specificiteit beperkt tot specifieke bestanddelen van de plant. De winning van de gewenste stof door bewerking van die specifieke delen is niet altijd rendabel.

Gesloten kringlopen

In natuurlijke kringlopen worden betrekkelijk ingewikkelde moleculen eerst afgebroken tot basischemicaliën. Dat is voor een aantal natuurlijke grondstoffen niet veel eenvoudiger dan voor kunstmatige of synthetische. Vergelijk bijvoorbeeld wol met rayon of cellulose en polyethyleen.

Het wordt pas anders als natuurlijke polymeren worden gebruikt als vervanging van stoffen die in produktie, gebruik en afbraak schadelijker zijn dan de natuurlijke stoffen. Er zijn echter nog maar weinig voorbeelden bekend. Stel dat PVC zou kunnen worden vervangen, dan wordt een nieuw probleem geschapen, omdat PVC een redelijk milieuvriendelijke toepassing is voor de grote hoeveelheden chloor die elders in de procesindustrie onvermijdelijk vrijkomen.

Conclusie

De conclusie is dat mogelijkheden voor agrificatie, zoals in de vorige hoofdstukken per plantecomponent besproken, niet alleen maar het juiste onderzoek in de juiste omvang vergen. Van even groot belang zijn kennis van de markt, analyse van de concurrentie, produktontwikkeling en -positionering, interne organisatie, logistiek en macht in de markt.

9.3 DE UITGANGSPOSITIE VOOR AGRIFICATIE

De positie van agrificatie is zeer bescheiden. Het landbouwbeleid is nog lang niet ingesteld op het industrieel gebruik van agrarische grondstoffen.

Het onderzoek in het agrarische bedrijfsleven zelf is beperkt. De onderzoek- en ontwikkelingsbudgetten zijn hier vrijwel nergens meer dan een procent van de omzet. Slechts drie grote landbouwcoöperaties (Suikerunie, AVEBE en CEBECO) en een aantal particuliere verwerkers van landbouwprodukten (Unichema, CSM) zijn rechtstreeks bij agrificatie betrokken.

De meeste agrificatie-activiteiten zijn geïnitieerd en worden verricht door de overheid en haar onderzoekinstellingen. In tegenstelling tot het petrochemische onderzoek, kent het agrificatie-onderzoek in ons land nauwelijks traditie. Bovendien zijn er weinig technieken die kunnen worden afgeleid van voor andere doeleinden ontwikkelde fysische en chemische technologie.

Is agrificatie wenselijk?

In landbouwkringen wordt te lichtvaardig gedacht over de toekomstige behoeften van de industrie. Men beseft niet dat de industrie niet afhankelijk wil zijn van landbouwpolitiek, nauwelijks geïnteresseerd is in de problemen van de landbouw en nog minder in het bijdragen aan de oplossing daarvan. Vele industrieën zijn zelfs

fervent tegenstander van maatschappelijk gekozen oplossingen voor de problemen van de landbouw.

De vraag is of het streven naar agrificatie nog zinvol en wenselijk is. Een industrie zoals Shell heeft hierop positief geantwoord, maar houdt zich ver van de Europese landbouwpolitiek en richt zich op houtproductie elders. Ook de Nederlandse papierindustrie is geïnteresseerd in verbetering van haar grondstofpositie, maar vindt dat de landbouw een riskante weg is ingeslagen. Voor oliën en vetten en voor vezels in composieten bestaat industriële belangstelling. Maar aan de huidige programma's voor onderzoek en ontwikkeling nemen slechts enkele niet-landbouwindustrieën deel.

Er zijn aanknopingspunten voor beide marktpartijen. Het meest gerede deel van het agrarische bedrijfsleven zou in overleg moeten treden met afnemende industrieën.

Agrificatie is een van de weinige mogelijkheden voor de landbouw om uit het dal te geraken. Alleen daarom al is van de landbouw uit gezien agrificatie zinvol en wenselijk.

Het grondgebonden karakter van de landbouw maakt ook de politiek belanghebbend. Bovendien dragen agrarische activiteiten bij tot het in stand houden van plattelandstructuren. Maar de overheid en haar onderzoekinstellingen kunnen niet optreden als zelfstandige marktpartij bij het tot waarde brengen van landbouwprodukten. In de huidige programma's wordt de agro-industrie node gemist.

Daarom is agrificatie alleen mogelijk als de kloof tussen de landbouw en de industrie wordt overbrugd. Hierover gaat de volgende paragraaf.

9.4 DE KLOOF TUSSEN LANDBOUW EN INDUSTRIE

'Performance'-chemicaliën

De specificaties van 'performance'-chemicaliën zoals die door de procesindustrie worden vervaardigd, zijn onduidelijk geformuleerd. Dat komt omdat de afnemers de technische ontwikkeling van die produkten overlaten aan hun leveranciers. Dit kan met de volgende voorbeelden worden aangetoond.

De grote afnemers van de coating- en verfindustrie, bijvoorbeeld de autoindustrie, hebben te kampen met de ongewenste emissie van koolwaterstoffen uit oplosmiddelen. Zij geven dit probleem door aan hun verfleverancier. Deze of diens eigen leverancier (de fabrikant van harsen bijvoorbeeld) ontwikkelt nieuwe produkten die dit probleem niet hebben.

De textielindustrie heeft behoefte aan meer toegevoegde waarde in de finish en het appret (bijv. brandvrij) en aan een natuurlijk verdikkingsmiddel dat de kleurstoffen niet doet uitlopen. Deze industrie richt zich daarin voornamelijk tot de fabrikanten van textielmachines. Die bepalen in feite de technische ontwikkeling.

De cosmetica-industrie, die uit is op beter onderbouwde beweringen over bio-activiteit en afbreekbaarheid, is geheel afhankelijk van de kennis van haar leveranciers van grondstoffen. Die zijn verplicht uitgebreide toxicologische proeven te doen en grondstoffen van hoge zuiverheid te leveren.

De technische ontwikkeling wordt dus aan het begin van de produktiekolom

geïnitieerd. Dit is een probleem voor de agrificatie. Verderop in de kolom zal namelijk geen ondernemer zich willen uitspreken voor ontwikkelingen die zijn vrijheid kunnen beperken. Zou hij zich voor zijn grondstoffen afhankelijk willen stellen van agrificatie, dan denkt hij te worden betrokken bij een landbouwpolitiek die tot participatie, afnamegarantie of warenwettelijke verplichtingen leidt. Eigenlijk zouden alleen de voedings-, gewasbeschermings- en wasmiddelenindustrie eigen initiatieven voor agrificatie kunnen ontwikkelen. Zij zijn namelijk wel rechtstreeks bij de ontwikkeling van hun producten betrokken.

De grondstoffenpositie van de industrie

Een ruimer aanbod van voldoende gespecificeerde grondstoffen zou welkom zijn in de industrie, maar er is geen aanleiding zich in een integratie stroomopwaarts te begeven of zich anderszins met de landbouw te verbinden. Zelfs de industrieën die wél landbouwproducten verwerken, tonen weinig interesse voor de technische ontwikkeling. Initiatieven en uitvoering van onderzoek worden aan de overheid overgelaten. De overheid en haar onderzoekinstellingen zijn echter onvoldoende in staat signalen uit de markt op te vangen en op grond daarvan commerciële producten te ontwikkelen. Dit blijkt onder andere uit de keuze van onderzoekprogramma's. Bovendien past de lange tijd die nodig is om agrificatieprogramma's tot een goed einde te brengen, slecht bij de korte termijndoelstelling van de politiek, namelijk het oplossen van acute problemen in de akkerbouw.

Onderzoek naar bijzondere oliën, vetten en vetzuren kan snel tot commercieel aantrekkelijke producten leiden, maar de teelt van de daarvoor nodige gewassen is nog niet commercieel verantwoord. Hennep moet zich als grondstof voor papier nog volledig bewijzen. Zelfs als daarvan morgen goed papier kan worden gemaakt, zal het zeker nog tien jaar duren voordat deze nieuwe, afwijkende grondstof voldoende door de industrie is geaccepteerd. Karwij is veelbelovend, maar het is nog de vraag in hoeverre het daaruit te produceren carvon een werkelijk alternatief is voor chemische kiemremmers en biociden. Het gebruik van vezels in bouwmaterialen zal in eerste instantie beperkt zijn tot toepassingen waar lichtgewicht panelen meer mogen kosten. Zo zijn er voor agrarische grondstoffen nog meer kleine niches in de markt. Misschien zouden die in de toekomst kunnen uitgroeien tot de omvang die de landbouw wenst.

Intermediaire industrie

Er ontbreken industrieën die het landbouwproduct niet slechts verwerken, maar ook de ontwikkeling tot industriële grondstof en de introductie daarvan in de markt verzorgen. Zulke bedrijven moeten in staat zijn gedurende het hele jaar te produceren op basis van specificaties die door hun klanten worden aangegeven.

Alleen voor de afzet van suikers en zetmelen bestaan zulke intermediaire bedrijven (o.a. Suikerunie, CSM, AVEBE en Wessanen). Voor andere koolhydraten en voor vezels, oliën en vetten ontbreekt de schakel tussen landbouw en industrie vrijwel geheel. Juist hier zal het agrarische bedrijfsleven naar de industrie moeten opschuiven.

'Agro-refinery'

De winning van oliën, vetten, vezels, eiwitten en specifieke componenten van

planten is veel gecompliceerder dan de winning van zetmeel en suiker uit aardappelen, resp. suikerbieten, omdat een veel kleiner deel van de plant wordt benut. Bovendien is het tot waarde brengen van bijprodukten commercieel van het grootste belang. In het verleden werd de valorisatie van bijprodukten sterk beïnvloed door het politieke karakter van vele landbouwmarkten. Recente ontwikkelingen doen echter vermoeden dat de markten voor produkten uit de landbouw steeds meer zullen worden bepaald door vraag en aanbod. In het landbouwbedrijf zullen dan teelt, oogst en integrale verwerking van de plant moeten worden gericht op het geheel van voedingsmiddelen, veevoeder en industriële markten. Deze materie is zo complex dat dit voor individuele boeren niet altijd mogelijk of wenselijk is. Dan zou een scheiding moeten plaatsvinden tussen activiteiten in het landbouwbedrijf en activiteiten in een verwerkend bedrijf.

Dat verwerkende bedrijf heeft veel gemeen met een olieraffinaderij en wordt daarom aangeduid met 'agro-refinery'. Een wezenlijk verschil met een olieraffinaderij is dat het voor een agro-refinery zeer belangrijk is alle componenten van de grondstof zonder verlies van de hoogmoleculaire structuur tot waarde te brengen.

In de produktie van basischemicaliën zal de petrochemie nog lange tijd onovertroffen blijven, maar de agro-refinery kan interessant zijn voor de produktie van 'specialties'. Kenmerken van 'specialties' zijn namelijk dat zij een specifieke gewenste eigenschap hebben, dat de hoeveelheid beperkt moet zijn en dat uitsluitend hoge kwaliteit mag worden geleverd. Vooral aan de laatste twee criteria kan de landbouw zelf niet voldoen en daarom zou de agro-refinery als schakel tussen landbouw en industrie waardevol kunnen zijn. Daarmee zou een afgewogen koppeling van teelt, oogst en verwerking tot 'specialties' kunnen worden bereikt. Kennis van markten, goede contacten met mogelijke afnemers, flexibiliteit, een breed spectrum aan produktspecificaties en een afgewogen logistiek vormen het hart van een agro-refinery. Essentieel voor een agro-refinery is de koppeling van het relatief kleinschalige aanbod van vele landbouwbedrijven aan de gecentraliseerde vraag van een beperkt aantal industrieën.

Mocht zo'n opzet slagen, dan is een belangrijk probleem in de landbouw nog niet opgelost. Zolang de teler van een gewas grondstofleverancier blijft, zal hij zich tevreden moeten stellen met de lage prijs die basisgrondstoffen nu eenmaal opbrengen.

Voor het veroveren van industriële markten zijn marktordering en andere vormen van overheidsingrijpen geen goed middel. De boeren zullen er zelf voor moeten zorgen dat zij profiteren van de toegevoegde waarde die de volgende fase oplevert. Hoe dit het beste kan geschieden, is een interessante vraag voor het agrarische bedrijfsleven. Dat zal niet alleen zijn inventiviteit, maar ook zijn financieel en organisatorisch vermogen moeten aanwenden om een goede partner voor de industrie te worden.

Conclusie

De keuze van Nederland voor vezelgewassen en de ontwikkeling van afbreekbare smeeroliën en waardevolle oxidatieprodukten van koolhydraten is geen slechte. De geringe inspanning die hiervoor wordt verricht, biedt echter weinig zekerheid dat Nederland zich daarmee een opening in de internationale mededinging verwerft.

Het agrarische bedrijfsleven zal moeten beseffen dat het veroveren van nieuwe markten niet moet worden overgelaten aan de overheid en haar onderzoekinstellingen. De kloof tussen landbouw en industrie kan alleen door het agrarische bedrijfsleven zelf worden overbrugd, vooral als het ondernemend inspeelt op het nu reeds zichtbare begin van een hogere waardering in de chemische industrie voor producten die van de landbouw zijn afgeleid.



10. Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

10.1 SAMENVATTING

Hoofdstuk 2

Hoofdstuk 2 opent met een overzicht van de voordelen die plantaardige grondstoffen qua 'performance' zouden kunnen bieden boven de traditionele.

Hoofdstuk 3

In hoofdstuk 3 worden de mogelijkheden behandeld van de productie van fijnchemicaliën met plantecellen. Tot voor kort was het onderzoek naar deze methode vooral empirisch van aard. Daarbij bleek dat de productie met plantecellen technisch mogelijk is, maar dat de opbrengst van de gewenste stoffen te laag is. De moleculair-biologische technieken om plantecellen genetisch te modificeren zijn beschikbaar, maar door gebrek aan kennis van de biosynthese van secundaire metabolieten is het niet mogelijk deze technieken toe te passen om de productie van de gewenste stoffen op te voeren. Onderzoek naar het secundaire metabolisme van de plant zal in de komende jaren de weg moeten openen naar nieuwe toepassingen.

Hoofdstuk 4

Moleculaire veredeling van planten biedt de volgende voordelen boven de traditionele veredeling door kruisen:

- de kruisingsbarrière tussen niet-verwante soorten kan worden doorbroken;
- de kwaliteiten van het bestaande ras blijven volledig bewaard;
- de vaak lange tijd die voor terugkruisingen nodig is, kan worden vermeden;
- de gewenste eigenschap is in het algemeen nauwkeurig gedefinieerd voordat het gen dat voor die eigenschap codeert, in het gewas wordt ingebouwd.

Hoewel nog nergens ter wereld een genetisch gemodificeerde plant de consument heeft bereikt, zal dit binnenkort mogelijk zijn.

Hoofdstuk 5

In dit hoofdstuk worden de mogelijkheden van plantaardige vezels in textiel en in bouwmaterialen en geotextielen behandeld.

Linnen is een vezel die door draagcomfort en sterkte geschikt is voor toepassing in textiel. Toch wordt linnen weinig gebruikt. De bedrijfskolom van de textielindustrie is lang en weinig geïntegreerd. Bij de introductie van nieuwe vezelsoorten moet de hele bedrijfskolom van spinner, wever, verver, veredeler, confectie tot detaillist worden bewerkt. De behoefte aan experimenten met onbekende grondstoffen of produktiemethoden is niet groot. Het gebruik van linnen in de kledingindustrie is

onvoorspelbaar als gevolg van de mode. Hoe de vraag naar linnen in de textielindustrie zich ontwikkelt zonder stimulerende activiteiten, is onduidelijk.

Plantaardige vezels worden als triplex, spaanplaat en vezelplaat gebruikt in de bouw.

Door de opkomst van 'medium density fibreboard' (MDF) is de markt voor spaanplaten opgeschoven naar die van triplex. Dit biedt goede perspectieven voor plantaardige vezels uit andere bronnen dan hout, al ontbreken er nog gegevens om te kunnen aangeven of deze vezels voordelen bieden. Een pluspunt voor vlas is dat het zich in MDF laat verwerken tot een plaat met een lagere soortelijke massa. Deze vezelplaten benaderen en overtreffen hout in vele belangrijke eigenschappen en kunnen een goede vervanging worden voor het steeds schaarser wordende hout.

De toepassing van plantaardige vezels in geotextielen kan nieuwe impulsen krijgen door de discussie rond natuur en milieu. Vooral in toepassingen waar afbreekbaarheid van geotextiel gewenst is, zullen plantaardige vezels een nieuwe kans krijgen.

Hoofdstuk 6

Hoofdstuk 6 begint met een overzicht van het gebruik van plantaardige oliën en vetten door de oleochemie. Daarna worden drie markten van oleochemische producten behandeld, namelijk cosmetica, oppervlakte-actieve stoffen voor wasmiddelen en esters voor smeermiddelen.

Natuurlijke oliën en vetten en hun derivaten hebben een sterke positie. Dit komt voornamelijk door de belangrijke plaats die de oleochemische industrie inneemt als intermediair tussen de producenten van grondstoffen en de markt. De oleochemie bezit de applicatiekennis over de eindproducten. Andere pluspunten van natuurlijke oliën en vetten zijn hun chemische veelzijdigheid en hun hernieuwbaarheid. Minpunten zijn vooral de prijs van deze oliën en vetten en hun derivaten en de geringe grootte van de oleochemie ten opzichte van de petrochemie.

In cosmetica worden veel stoffen van plantaardige oorsprong gebruikt. Lipiden (vetstoffen) en oppervlakte-actieve stoffen vormen een belangrijk bestanddeel van cosmeticaproducten. Gunstig voor het gebruik van plantaardige oliën is de hang van de consument naar natuurlijke producten. Prijs en kwaliteit van dergelijke oliën bepalen echter hun toepassing. Oppervlakte-actieve stoffen kunnen eveneens van plantaardige oorsprong zijn.

De consument wil gemakkelijk, snel en fosfaatvrij wassen. Dit bevordert het gebruik in wasmiddelen van nonionische oppervlakte-actieve stoffen, zoals vetalcoholethoxylaten. Dit betekent een toename van de toepassing van natuurlijke vetalcoholen. Gezien de grote markten voor oppervlakte-actieve stoffen, de groei-mogelijkheden vooral in industriële toepassingen en de sterke positie van natuurlijke oliën en vetten, wordt verwacht dat natuurlijke oliën en vetten zich handhaven of hun positie verbeteren.

Aan smeermiddelen worden steeds hogere eisen gesteld. Machines moeten sneller kunnen lopen en auto's moeten steeds langer zonder olieversen uit de garage kunnen blijven. Aan deze hogere eisen kunnen smeermiddelen op traditionele basis

steeds minder voldoen. Men zal steeds meer gaan werken met mengsels van verschillende bases. Daardoor ontstaan meer kansen voor esteroliën en dus voor plantaardige oliën.

Hoofdstuk 7

Hoofdstuk 7 biedt een overzicht van de mogelijkheden van koolhydraten. Drie potentiële markten worden beschreven, namelijk oppervlakte-actieve stoffen, sequestreermiddelen en cyclodextrinen.

Koolhydraten zijn veelzijdig, chemisch op veel manieren te wijzigen, in principe niet slecht voor het milieu, hernieuwbaar en in overvloed aanwezig. Gevestigde industrieën produceren grote hoeveelheden zetmeel, suiker en cellulose, die als basis dienen voor een brede reeks industriële grondstoffen in vele bedrijfstakken. In het algemeen zijn deze duurder dan grondstoffen op basis van aardolie.

Nieuwe producten uit koolhydraten kunnen een plek in de markt vinden als zij betere eigenschappen hebben dan hun concurrenten. Nieuwe koolhydraten (bijv. inuline) zullen hun plaats als grondstof moeten veroveren. Hiervoor is, behalve veel onderzoek en ontwikkeling, een industrie nodig die zich met nieuwe koolhydraten en de producten daaruit bezig houdt.

Oppervlakte-actieve stoffen uit koolhydraten kunnen op termijn een redelijke prijs en een redelijk marktaandeel behalen. Het verst gevorderd is de produktie van alkylpolyglycosiden. Hun oplosbaarheid, mildheid voor de huid en biologische afbreekbaarheid zijn beter dan die van vergelijkbare oppervlakte-actieve stoffen. De 'performance' van alkylpolyglycosiden is beter.

De bereiding van sequestreermiddelen uit koolhydraten vereist een schone oxidatietechniek (liefst met lucht of waterstofperoxide en een katalysator). Deze is helaas nog niet beschikbaar. Bleekloog, al dan niet in combinatie met waterstofperoxide, is op dit moment de enige oxidatiemethode die, gelet op de geringe toegevoegde waarde van deze producten, economisch haalbaar is.

Tot nu toe moet ieder die cyclodextrinen wil maken, zijn eigen enzym ontwikkelen en produceren. Dat maakt de produktie van cyclodextrine duur. Een van de grootste producenten van enzymen ter wereld, de Deense firma NOVO, ontwikkelt momenteel een enzym voor de produktie van cyclodextrine op commerciële schaal.

Betere en goedkopere enzymen en betere procesvoering zullen de produktie van cyclodextrine goedkoper maken. Een lagere prijs en bredere toelating kunnen de belangstelling bij mogelijke gebruikers vergroten.

β -cyclodextrine speelt de hoofdrol in de ontwikkelingen, maar ook γ -cyclodextrine zou in de toekomst tot ontwikkeling kunnen komen.

Hoofdstuk 8

In hoofdstuk 8 wordt een analyse gegeven van de structuur van de chemische industrie en de basis van de concurrentie in diverse chemische sectoren. De resultaten van deze analyse worden daarna in grote trekken vergeleken met wat plantaardige grondstoffen en nieuwe technieken te bieden hebben. Daaruit worden conclusies getrokken over de mogelijkheden en beperkingen van plantaardige grondstoffen. De mogelijkheden in de energie-industrie en de bulkchemie zijn

uiterst beperkt. De kansen voor plantaardige grondstoffen liggen vooral in de fijnchemie en de 'performance'-chemicaliën. Daar komen de specifieke chemische structuren of de 'performance' bij uitstek tot hun recht.

De landbouw is nog niet goed ingericht om aan de eisen van de industrie te voldoen: het volume per produkt is slechts gering; de levenscyclus van de produkten is betrekkelijk kort; levering aan de industrie vergt een markt-gerichte benadering.

Hoofdstuk 9

In hoofdstuk 9 wordt van de landbouw uit nagegaan of de Nederlandse landbouwgrond behouden kan blijven als bron van inkomsten voor de boer. Er zijn mogelijkheden voor industriële marketing van landbouwprodukten ('agrificatie'), variërend van oliehoudende gewassen voor specialistische smeermiddelen tot vezelgewassen voor de fabricage van papier, textiel en composieten, of van koolhydraatgewassen voor de bereiding van farmaceutische en medische produkten.

Agrificatie is een van de weinige mogelijkheden voor de landbouw om uit het dal te geraken. Een intermediair tussen landbouw en industrie is onontbeerlijk voor de technische ontwikkeling van gewas tot industriële grondstof. Zo'n intermediaire industrie kan bijvoorbeeld een 'agro-refinery' zijn. Het initiatief zal van de landbouw moeten uitgaan. De landbouw zal ook zelf de mogelijke nieuwe markten moeten gaan veroveren en dit niet mogen overlaten aan de overheid en haar onderzoekinstellingen.

10.2 CONCLUSIES

Planten bieden vele mogelijkheden

Planten bieden vele mogelijkheden voor industrieel gebruik. Enerzijds is er de veelzijdigheid van stoffen die door planten worden geproduceerd, anderzijds is er de veelsoortigheid van planten (van mossen tot orchideeën). Bovendien vormen planten een onuitputtelijke bron, vooropgesteld dat de winning van de gewenste stoffen op de juiste manier plaatsvindt met behoud van de plantesoorten.

Willen plantaardige grondstoffen voor industrieel gebruik in aanmerking komen, dan moeten zij een geschikte combinatie bieden van prijs en 'performance'. Aan deze voorwaarde kan slechts worden voldaan bij de produktie van 'specialties' en fijnchemicaliën met een relatief gering volume en een hoge toegevoegde waarde. Voor de produktie van bulkchemicaliën en motorbrandstof zijn plantaardige grondstoffen te duur en in onvoldoende mate beschikbaar.

Toch zijn een goede 'performance' en een goede prijs niet voldoende voor introductie van plantaardige grondstoffen in de industrie. Vier factoren zijn daaraan debet:

- De produktie van geschikte plantaardige stoffen in voldoende hoeveelheden is nog niet goed mogelijk door gebrek aan kennis op diverse gebieden.
- De landbouw is niet ingesteld op levering van geschikte grondstoffen voor industrieel gebruik.
- Er ontbreekt een intermediaire industrie die de produkten van de landbouw omvormt tot grondstoffen voor industrieel gebruik.
- De industrie staat afwijzend tegenover andere dan de gebruikelijke petrochemische grondstoffen.

Gebrek aan kennis van planten en hun produkten

Plantaardige grondstoffen kunnen worden gewonnen uit de plant zelf, uit plantecelcultures en uit genetisch gemodificeerde planten. Plantecelcultures en genetisch gemodificeerde planten bieden uitzicht op goede mogelijkheden.

De techniek van plantecelcultures is nog in ontwikkeling, maar zal in de niet al te verre toekomst de productie mogelijk maken van stoffen die niet of veel moeilijker op een andere wijze zouden kunnen worden geproduceerd.

De productie van stoffen met genetisch gemodificeerde planten bevindt zich in dezelfde situatie. De techniek van het genetisch modificeren is nog volop in ontwikkeling, maar biedt grote mogelijkheden.

Vele facetten van planten en hun ontwikkeling zijn echter onbekend en nog niet onderzocht. Dit geldt in het bijzonder voor het secundaire metabolisme van planten en plantecellen.

Er zijn vele mogelijkheden voor plantaardige vezels, oliën, vetten, koolhydraten en afgeleide stoffen. Ook al zouden die meer kosten dan gelijksoortige stoffen op andere basis, dan zouden de voordelen van een betere 'performance' die hogere prijs kunnen rechtvaardigen.

Er is echter te weinig kennis om voldoende interessante produkten uit deze plantaardige grondstoffen te ontwikkelen. Koolhydraten bijvoorbeeld zijn chemisch hoogwaardige en veelzijdige stoffen, maar desondanks weet men vaak niet wat met deze stoffen kan worden gedaan.

De landbouw is nog niet gereed

De Nederlandse landbouw is niet gericht op de productie van plantaardige grondstoffen voor de industrie. Als er al iets in die richting wordt gedaan, dan is dat bedoeld ter voorziening in de behoeften van de landbouw zelf. De overheid subsidieert programma's voor landbouwkundig onderzoek en ontwikkeling die gericht zijn op een reeks 'vierde gewassen'.

Zou de landbouw zich echter willen gaan richten op de hogere toegevoegde waarde van potentiële industriële grondstoffen, dan dient de teelt van gewassen die zulke grondstoffen kunnen leveren, te zijn afgestemd op de specificaties die de industrie vraagt. Die industrie zal uiteindelijk bepalen of zij bereid is die grondstoffen te gebruiken.

Een belangrijk element dat bij de landbouw ontbreekt, is de kennis van de toepassing van een grondstof in de verdere verwerking in de industrie. Dit gebrek aan kennis bij de grondstoffenproducent belemmert het vinden van nieuwe en het penetreren in bekende toepassingen.

Het ontbreken van een intermediaire industrie

De situatie wordt totaal anders met een intermediaire industrie. Zo'n industrie staat tussen de landbouw en de markt en heeft applicatiekennis van plantaardige grondstoffen en de daaruit te vervaardigen industriële produkten. Zij stimuleert de toepassing van plantaardige grondstof, vertaalt de eisen van de verwerkende industrie in specificaties voor de landbouw en omgekeerd. Het voorbeeld van zo'n intermediaire industrie is de oleochemische industrie. Deze staat los van de producenten van de plantaardige grondstoffen en los van de eindgebruikers en weet door haar kennis nieuwe toepassingen voor oleochemische produkten te vinden.

Het is overigens niet noodzakelijk dat de intermediaire industrie los staat van

grondstof of markt. Het is bijvoorbeeld goed denkbaar dat een organisatie uit de landbouw het gebruik van vlasvezels zou gaan stimuleren in textiel, bouwmaterialen of papier. Daarvoor is een gedegen kennis nodig van de bedrijfskolom van de eindprodukten en van de voorwaarden waaraan de plantaardige grondstof moet voldoen. Zo is de sterk wisselende kwaliteit van de huidige Nederlandse vlasvezel een duidelijke hindernis voor de produktie van linnen in de textielindustrie. Voor industrieel gebruik is het essentieel dat de kwaliteit van de grondstof binnen betrekkelijk nauwe grenzen constant is.

De industrie wacht af

De industrie zit niet te wachten op andere dan de gebruikelijke petrochemische grondstoffen. Die kan men het hele jaar door in voldoende hoeveelheid en tegen een redelijk lage prijs kopen. Bovendien speelt de menselijke weerstand tegen verandering een rol. Als de traditionele grondstof voldoet, maar een produkt op basis van plantaardige grondstof is beter, dan moet dat voordeel aanzienlijk zijn, wil men op de nieuwe grondstof overstappen. Een voorbeeld is het voordeel van het gebruik van hennep in fijnpapier. Als alle technische problemen overwonnen zijn, dan zal het nog geruime tijd duren voordat het proces goed is ingevoerd.

De industrie is in het algemeen niet geïnteresseerd in de herkomst van haar grondstof, zolang die maar aan haar specificaties voldoet. De industrie wil echter beslist niet betrokken worden bij de Nederlandse of enige andere landbouwpolitiek met risico's van prijsverordeningen en verplichte afname.

Wel interessant kan zijn dat plantaardige grondstoffen een extra optie bieden in de soort industriële produktietechniek. Als men bijvoorbeeld een specifieke stof als menselijk serumalbumine wil maken, dan kan die stof uit menselijk bloed worden gehaald, door gistcellen worden geproduceerd, of uit genetisch gemodificeerde aardappelen worden bereid.

Ook kan de concurrentie tussen grondstoffen interessante aspecten bieden. Uit plantaardige grondstoffen kunnen dezelfde stoffen worden bereid als uit traditionele grondstof. Een voorbeeld van deze directe substitutie doet zich voor bij de produktie van vetalcoholen: deze zijn zowel uit aardolie als uit natuurlijke oliën en vetten te maken. Een andere vorm van substitutie is mogelijk als een produkt uit plantaardige grondstof kan concurreren met een geheel ander produkt dat dezelfde werking heeft. Een voorbeeld van deze indirecte substitutie is te zien bij de produktie van synthetische smeermiddelen. Deze kunnen worden gemaakt op basis van esteroliën en op basis van fosfaatesters.

Een nieuwe factor die de industrie zou kunnen stimuleren bij het zoeken naar nieuwe en misschien plantaardige grondstoffen, wordt gevormd door de dreigende aantasting van het milieu. Overheid en consument gaan eisen stellen aan het gedrag van grondstoffen en de daaruit vervaardigde produkten in het natuurlijke milieu en het is te verwachten dat die eisen steeds strenger zullen worden. Over tien à vijftien jaar zal de industrie grondstoffen, processen en produkten moeten hebben gevonden die beter afbreekbaar, minder toxisch en minder milieubelastend zijn. Dit, te samen met de dan te verwachten hogere prijs van aardolie, biedt mogelijkheden voor plantaardige grondstoffen.

10.3 AANBEVELINGEN

Onderzoek en ontwikkeling

- Er moet meer wetenschappelijk onderzoek worden verricht naar het secundaire metabolisme van planten en plantecellen.
- De technieken van plantecelcultures en van het genetisch modificeren van planten dienen verder te worden ontwikkeld.
- Er is meer inspanning nodig voor de ontwikkeling van industrieel bruikbare stoffen uit het veelzijdige potentieel van planten.

Landbouw

- De landbouw moet zich meer op de markt richten en op termijn minder afhankelijk worden van subsidies van de overheid.
- De landbouw dient zich met zijn productie te richten op de eisen die de industrie aan grondstoffen stelt.
- Het voor de industrie bruikbaar maken van plantaardige grondstoffen vergt aanzienlijk meer inspanning in landbouwkundig onderzoek en ontwikkeling.
- Dit vergt ook een beter daarop afgestemde organisatie van de landbouw.
- De industrie moet nauw bij deze ontwikkelingen worden betrokken.

Intermediaire industrie

- Er dient een industrie te komen die de producten van de landbouw bruikbaar maakt voor de industriële gebruiker.
- Deze intermediaire industrie dient aan te geven hoe en met welke aanpassingen plantaardige grondstoffen door de industrie kunnen worden gebruikt.

Industrie

- De industrie zal meer oog moeten krijgen voor de mogelijkheden van andere dan haar gebruikelijke grondstoffen en die niet bij voorbaat afwijzen.
- De industrie moet meer onderzoek doen naar de specifieke voordelen die plantaardige grondstoffen in de nabije toekomst kunnen bieden.
- De industrie dient zich meer betrokken te voelen bij de inspanningen van de landbouw om bruikbare plantaardige grondstoffen te maken.
- De industrie zal rekening moeten houden met toenemende eisen ten aanzien van de milieuvriendelijkheid van grondstoffen, processen en producten.
- In de verdere toekomst moet de industrie rekening houden met een stijging van de prijs van minerale grondstoffen.



Literatuur

Referenties

- [1] *Proceedings International Carbohydrate Symposium*, Amsterdam, 1-7 juli 1984, Vonk Publishers, Zeist, 1984
- [2] ST. PIERRE, L.E., G.R. BROWN (eds.), *Future sources of organic raw materials IUPAC - Chemrawn*, Toronto, 10-13 juli 1978, Pergamon Press, 1979
- [3] *Industriële toepassingen van landbouwgrondstoffen*, NRLO 80 W 272, Den Haag, juni 1981
- [4] *Biotechnologie en de verwerking van landbouwprodukten*, NRLO 84-45, Den Haag, oktober 1984
- [5] *A review of potential industrial applications for agricultural products*, Chemical Systems International, Londen, januari 1987
- [6] *Actieprogramma agrificatie*, NRLO 90-7, Den Haag, maart 1990
- [7] *Toepassing van natuurlijke vezels in composietmaterialen*, NRLO 90-18, Den Haag, juni 1990
- [8] *Biomassa ten behoeve van energie: het gebruik van agrarische produkten als transportbrandstoffen (bio-ethanol en koolzaadolie)*, NRLO 90-20, Den Haag, juli 1990
- [9] *Zonne-energie en groene grondstoffen*, Stichting Maatschappij en Onderneming, no. 13, Den Haag, 1980
- [10] DONISCH, K.H., e.a. (eds.), *Improved utilization of lignocellulosic materials for animal feed*, OECD-COST Workshop, Braunschweig, oktober 1981, EEC, Brussel, 1981
- [11] HEICHEL, G.H., *Comparative of energy use in crop production*, Connecticut Experimental Station, 1974
- [12] FARNSWORTH, N.R., *The role of medicinal plants in drug development*, in: Krogsgaard-Larsen, P., e.a. (eds.), *Natural products in drug development*, Munksgaard, Copenhagen, 1984, pp. 1-28
- [13] WOERDENBAG, H.J., e.a., *Artemisia annua L.: source of novel antimalaria drugs*, in: *Pharmaceutisch Weekblad, Scientific Edition*, 12, 1990, pp. 169-181
- [14] WALLER, G.R., *Allelochemicals: role in agriculture and forestry*, ACS Symposium series 330, American Chemical Society, Washington, 1987
- [15] LEBARON, H.M., e.a., *Biotechnology in agricultural chemistry*, ACS Symposium Series 334, American Chemical Society, Washington, 1987
- [16] MILLER, J.R., T.A. MILLER, *Insect-plant interactions*, Springer Verlag, Berlijn, 1986
- [17] GREEN, M.B., P.A. HEDIN, *Natural resistance of plants to pests*, ACS Symposium Series 296, American Chemical Society, Washington, 1986

- [18] WINK, M., *Plant breeding: importance of plant secondary metabolites for protection against pathogens and herbivores*, Theoretical Applications of Genetics 75, 1988, pp. 225-233
- [19] HELLER, W., *Flavonoid biosynthesis: an overview*, in: Cody, V., e.a. (eds.), *Plant flavonoids in biology and medicine: biochemical, pharmacological, and structure-activity relationships*, New York, 1986, pp. 25-42
- [20] MOL, J.N.M., *Bloemkleur manipulatie*, in: *Natuur en Techniek* 58, 1990, pp. 540-551
- [21] KROL, A.R. VAN DER, *The flavonoid metabolic pathway in plants, modulation of flavonoid gene expression by antisense and sense technologies*, Proefschrift, Vrije Universiteit, Amsterdam, 1989
- [22] ZENK, M.H., *Enzymology of benzylisoquinoline alkaloid formation*, in: Phillipson, J.D., e.a. (eds.), *The chemistry and biology of isoquinoline alkaloids*, Springer Verlag, Berlijn, 1985, pp. 240-256
- [23] VERPOORTE, R., *Enzymen in de terpenoid-indool alkaloid biosynthese*, Pharmaceutisch Weekblad 121, 1986, pp. 248-259
- [24] KUTCHAN, T.M., e.a., *The cDNA clone for strictosidine synthase from Rauvolfia serpentina, DNA sequence determination and expression in Escherichia coli*, FEBS Letters 237, 1988, pp. 40-44
- [25] KUTCHAN, T.M., *Expression of enzymatically active cloned strictosidine synthase from the higher plant Rauvolfia serpentina in Escherichia coli*, FEBS Letters 257, 1989, pp. 127-130
- [26] LUCA, V. DE, e.a., *Molecular cloning and analysis of DNA encoding a plant tryptophan decarboxylase: comparison with animal dopa decarboxylases*, Proceedings National Academy of Science, 1989, pp. 2582-2586
- [27] GODDIJN, O.J.M., e.a., *BDL-project Plantecelbiotechnologie*, niet gepubliceerde resultaten, 1990
- [28] MEIJER, J.J., *Effects of hydrodynamic and chemical/osmotic stress on plant cells in a stirred bioreactor*, Proefschrift Technische Universiteit Delft, 1989
- [29] VAN GULIK, W.M., *Growth kinetics of plant cells in suspension culture*, Proefschrift Technische Universiteit Delft, 1990
- [30] WESTPHAL, K., *Large-scale production of new biologically active compounds in plant cell cultures*, in: Nijkamp, H.J.J., e.a. (eds.), *Progress in plant cellular and molecular biology*, Kluwer Academic Press, Dordrecht, 1990, pp. 601-608
- [31] TABATA, M., e.a., *Biotechnology in plant science*, Academic Press, San Diego, 1985, pp. 207-218
- [32] FUYITA, Y., *Industrial production of shikonin and berberine*, in: *Applications of plant cell and tissue culture*, Ciba Foundation Symposium 137, Wiley, 1988, pp. 228-238
- [33] VERPOORTE, R., e.a., *Plant cell cultures as a tool in the production of secondary metabolites*, in: Breimer, D.D., e.a. (eds.), *Topics in pharmaceutical sciences*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1987, pp. 263-281

- [34] WIJNSMA, R., e.a., *Anthraquinones as phytoalexins in cell and tissue culture of Cinchona species*, Plant Cell Reports 4, 1985, pp. 241-244
- [35] KURZ, W.G.W., e.a., *Biosynthesis of sanguinarine by elicitation of surface immobilized cells of Papaver somniferum L.*, in: Nijkamp, H.J.J., e.a. (eds.), Progress in plant cellular and molecular biology, Kluwer Academic Press, Dordrecht, 1990, pp. 682-688
- [36] MIURA, Y., *Preparation of vinblastine using Vinca rosea tissue culture in plant growth factor containing medium*, Japanese Patent J5 9088-096: 09.11.82-JP-197412 (21.05.84), 1984
- [37] HASHIMOTO, T., e.a., *Hyoscyamine 6B-hydroxylase*, Plant Physiology 81, 1986, pp. 619-625
- [38] HOEKSTRA, S.S., e.a., *Effect of auxin on cytodifferentiation and production of quinoline alkaloids in compact globular structures of Cinchona ledgeriana*, Plant Cell Reports 8, 1990, pp. 571-574
- [39] HAMILL, J.D., e.a., *New routes to plant secondary products*, Biotechnology 5, 1988, pp. 800-804
- [40] RUYTER, C.M., e.a., *Neue Naturstoffe aus pflanzlichen Zell- und Gewebekulturen*, GIT Fachzeitung Laboratorium 33, 1989, pp. 283-293
- [41] ULBRICH, B., e.a., *Aspects of screening plant cell cultures for new pharmacologically active compounds*, in: Pais, M.S.S., e.a. (eds.), Plant cell biotechnology, Nato Asi Series H, Vol. 18, Springer Verlag, Berlijn, 1988, pp. 461-474
- [42] HAMPP, N., e.a., *Homogeneous strictosidine synthase from cell suspension cultures of Rauvolfia serpentina*, Phytochemistry 27, 1988, pp. 3811-3815
- [43] PFITZNER, U., e.a., *Immobilization of strictosidine synthase from Catharanthus roseus cell cultures and preparative synthesis of strictosidine*, Planta Medica 46, 1982, pp. 10-14
- [44] HOGE, J.H.C., e.a., *BDL-project Planteceelbiotechnologie*, niet-gepubliceerde resultaten, 1990
- [45] ALFERMANN, A.W., e.a., in: Neumann, K.H., e.a. (eds.), *Primary and secondary metabolism in plant cell culture*, Springer Verlag, Berlijn, 1985, pp. 316-322
- [46] MULDER-KRIEGER, T.H., e.a., *Production of essential oil and flavours in plant cell and tissue culture, a review*, in: Plant Cell Tissue, Organical Cultures, Vol. 13, 1988, pp. 85-154
- [47] BERGER, R.G., *Aroma Stoffe-Synthese Ziele neuer Biotechnologien*, in: GIT Fachzeitung Laboratorium Supplement 4/88, 1988, pp. 42-49
- [48] MEYER, P., e.a., *A new Petunia flower colour generated by transformation of a mutant with a mais gene*, Nature 330, 1987, pp. 677-678
- [49] *Fibers*, in: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, VCH Publishers, New York, 1988
- [50] MCGOVERN, J.N., *Fibers, vegetable*, in: Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 10, 1980, pp. 182-198
- [51] RANCE, H.F., (ed.), *Handbook of paper science*, Vol. 1, Elsevier, 1980
- [52] RIENSEMA, C.J., e.a., *Vlas 2000, structuur en afzetperspectieven van de vlassector in Nederland*, Onderzoeksverslag 66, Landbouw-Economisch Instituut, Den Haag, 1990

- [53] STREIB, W.C., *Asbestos*, in: Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 1980
- [54] CRAEKER, G. DE, e.a., *Textieltechnologie*, Lantyn, Deurne, 1981
- [55] *Amro Bank*, Op weg naar 1992: Textiel- en kledingbranche, 1988
- [56] *Jaarverslagen van de FENECON*, 1984/1986, Gamma Holding N.V., 1988, Koninklijke Nijverdal-Ten Cate N.V., 1988, Textielgroep Twenthe N.V., 1988, Koninklijke Borsumij Wehry N.V., 1987, N.V. Koninklijke Bijenkorf Beheer, 1988/89, VTWS, 1988, Textielvereniging KRL, 1988
- [57] *Het chemische vezel-jaar 1988*, Akzo Vezels en polymeren divisie Enka bv, afdeling Public Relations, 1989
- [58] WARNAARS, J.A., *Intern bericht Akzo*, 1988, WANSINK A.J.M., *Intern bericht Akzo*, 1988
- [59] KRIKKE, H., e.a., *De derde wereld om de hoek*, in: Bijvoegsel Vrij Nederland nr. 13, 14 april 1989
- [60] *Studiedag Pigmenten in de textielindustrie*, Vereniging Nederlands Textielinstituut, 9 maart 1989
- [61] *Lunchbijeenkomst Trends en ontwikkelingen in de kledingindustrie*, Vereniging Nederlands Textielinstituut, 14 maart 1989
- [62] Linformatie, *Nieuwsbrief van het Linnenbureau*, 3e jaargang nr. 2 en 3, 4e jaargang nr. 1, april 1989; *diverse folders over vlaslinnen van het Linnenbureau*
- [63] NEENAN, M., *Textile fibres and related products from agricultural sources*, in: Schild, J.W. van der, (ed.), Proceedings EC-Workshop old and new industrial crops, 1983, IBVL, pp. 197-221
- [64] KOUKIOS, E.G., *Prospects for non-food land use in Europe*, FOP 86, 1985
- [65] Ten Cate Protect (Ten Cate Over-All Fabrics) brochures: *Weefsels voor beschermende kleding*, 1986, *Algemeen Textiel*, 1986, *Weefsels voor werk- en beroepskleding*, 1986
- [66] DUNPHY, J.F., *Fiber makers worldwide share an upbeat outlook*, in: Chemical Week, 3 augustus 1988
- [67] *Marktuntersuchung Faserlein*, Centrale Marketinggesellschaft der Deutschen Agrarwirtschaft, (Flachs), 1987
- [68] METHNER-OPEL, B., *Was handelt sich der Handel mit Chemiefasern ein?*, in: Textil-Mitteilungen, Enka AG, 22 Juni 1988, Akzo
- [69] MEIDEN, H.A. VAN DER, *De beschikbaarheid van hout*, Stichting Bos en Hout, Wageningen, 1986
- [70] KOOPMANS, G., *Hout, wat gebeurt ermee?*, 1989
- [71] STARR, J.R., *Specialty papers and non-wovens*, PIRA-Paper and Board Division Seminar, 1986
- [72] RÖBBELEN, G., e.a., *Oil crops of the world, their breeding and utilization*, McGraw-Hill, 1989
- [73] *AOCS Short course on industrial fatty acids*, in: Journal of the American Oil Chemists' Society, Vol. 56, 1979, pp. 715A-864A
- [74] *Fatty acid data book*, Unichema International, Gouda, 1987
- [75] BAUMANN, H., e.a., *Natürliche Fette und Öle - Nachwachsende Rohstoffe für die chemische Industrie*, in: Angewandte Chemie, Vol. 100, nr. 1, 1988, pp. 41-62

- [76] STEIN, W., *Fettchemische und petrochemische Rohstoffe, Gegensatz oder Ergänzung?*, in: *Fette, Seifen, Anstrichmittel*, Vol. 84, nr. 2, 1982, pp. 45-54
- [77] FALBE, J. (ed.), *Surfactants in consumer products*, Springer Verlag, Berlijn, 1986
- [78] *Proceedings of the World Conference on Oleochemicals*, 7 t/m 12 oktober 1990, Kuala Lumpur
- [79] ZOEBELEIN, H., *Fruchtbare Ansätze für Kooperation*, in: *Chemische Industrie*, Vol. 3, 1988, pp. 30-38
- [80] HOWARD, G.M., *Perfumes, cosmetics and soaps*, Vol. I t/m III, Chapman and Hall, London, 1959
- [81] HARRY, R.G., e.a., *Harry's cosmeticology*, Vol. 1, Leonard Hill, Aylesbury, 1973
- [82] UMBACH, W., e.a., *Kosmetik, Entwicklung, Herstellung und Anwendung kosmetischer Mittel*, Thieme, Zutphen, 1988
- [83] GROOT, A.C. DE, *Adverse reactions to cosmetics*, Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen, 1988
- [84] BRAND, E.E., *Cosmetica*, in: *Natuur en Techniek*, Vol 2, 1989
- [85] ANNEMA, J.A., *Schaduwkanten van cosmetica*, in: *Natuur en Milieu*, Vol 1, 1989, pp. 4-9
- [86] ANNEMA, J.A., *Mooi is anders*, Stichting Natuur en Milieu, 1988
- [87] SIMMONS, J.V., *The science of cosmetics*, in: *Science and the beauty business*, Vol. 1, MacMillan Education, London, 1989
- [88] REIJNDERS, L., e.a., *Mooi*, Van Gennep, Amsterdam, 1988
- [89] SCHOEN, A.M., *Cosmetica*, Dictaat d'Witte Leli, Instituut voor de opleiding van leraren (nu: Algemene Hogeschool Amsterdam), 1985
- [90] *Jaarverslagen 1988 en 1989*, Nederlandse Cosmetica Vereniging, Nieuwegein
- [91] LAYMAN, P.L., *Cosmetics*, in: *Chemical and Engineering News*, 4 april 1988
- [92] *Warenwet, Uitvoeringsvoorschriften (C I-15a) cosmeticabesluit*, 1986
- [93] EMMONS, W.E., e.a., *Immediate and delayed reactions to cosmetic ingredients*, in: *Contact Dermatitis*, Vol. 13, 1985, pp. 258-265
- [94] *Botanicals in cosmetics*, Documentary issue, *Cosmetics & Toiletries*, Vol. 98, juni 1983, pp. 25-114
- [95] *Folders over plantenextracten van Dragoco en Gattefossé*
- [96] BRAND, H.M., e.a., *Kleurstoffen - het oog wil ook wat*, in: *Natuur en Techniek*, Vol. 52, nr. 6, 1984, pp. 435-455
- [97] WEIJLAND, J.W., *Conserveermiddelen in cosmetica*, KNCV chemische feitelikheden, Den Haag, 1989
- [98] *Verslagen van symposia 'Natur-kosmetik, Erwartung und Wirklichkeit', 6-7 december 1983 en 'Wirkstoffe in der Kosmetik', 13-14 november 1984*, Concept Heidelberg, Vol. 5, nr. 5, 1984
- [99] FÜHRER, C., *Definition des Begriffes Naturstoff*, in: *Seifen-Öle-Fette-Wachse*, Vol. 115, nr. 9, 1989
- [100] ZIOLKOWSKY, B., *Naturkosmetik in der Diskussion*, in: *Seifen-Öle-Fette-Wachse*, Vol. 115, nr. 6, 1989

- [101] *Surfactants and detergents systems*, in: Kirk-Othmer's Encyclopedia of chemical technology, Vol. 22, Wiley, New York, pp. 332-433
- [102] MYERS, D., *Surfactant science and technology*, VCH Publishers, New York, 1988
- [103] WARD, C.J.C., *Versatility the key to designersurfactants*, in: Performance Chemicals, juli/augustus 1989
- [104] WOOLLATT, E., *The manufacture of soaps, other detergents and glycerine*, Ellis Horwood, Chichester, 1985
- [105] RICHTLER, H.J., e.a., *Green issues determine surfactant usage*, in: Performance Chemicals, juli/augustus, 1989
- [106] KARSA, D.R. (ed.), *Industrial applications of surfactants II*, in: Proceedings Symposium of the Royal Society of Chemistry, University of Salford, Special Publication nr. 77, Cambridge, 1990
- [107] *Sector activity raises the froth on surfactants*, in: Performance Chemicals, augustus/september 1990
- [108] *Soaps and detergents*, in: Chemical Week International, 31 januari 1990
- [109] BALDWIN, A.R. (ed.), *Proceedings second world conference on detergents*, American Oil Chemists' Society, Illinois, 1986
- [110] JOHNSON, R.W., e.a. (eds.), *Fatty acids in industry*, Marcel Dekker, New York, 1989
- [111] *Detergents '89*, in: Chemical Marketing Reporter, 30 januari 1989
- [112] *Soap & detergents*, in: Chemical Week, 18 januari 1989
- [113] *Outlook: competing forces in the industry*, in: Journal of the American Oil Chemists' Society (JAOCS), Vol. 66, nr. 8, 1989
- [114] STEBER, J., e.a., *Fatty alcohol sulfates*, in: Soap/Cosmetics/Chemical Specialties, november 1988
- [115] *Replacing soap*, in: Oils and Fats International, 1989
- [116] WESTERWOUTD, TH., *Gesmeerd vliegen met biologische oliën en vetten*, in: NRC Handelsblad, 23 april 1990
- [117] *Akkerbouw flirt met chemische industrie en nieuwe generatie plantaardige oliën op komst*, in: Nederlandse Chemische Industrie, nr. 8, 25 april 1990, pp. 14-15
- [118] *Plantaardige smeerolie in machines beter voor milieu*, in: Staatscourant, 27 oktober 1989
- [119] SCHMID, K.H., *Möglichkeiten der Fettchemie für die Schmiermittelindustrie*, in: Fett Wissenschaft Technologie, Vol. 89, nr. 6, 1987, pp. 237-248
- [120] HINZE, A.G., *Anwendungsmöglichkeiten von neuen Fett-rohstoffen in der Schmiermittel und Kunststoffindustrie*, 22 september 1989
- [121] EVENBLIJ, M., *Lichte revival van plantaardige olie*, in: Ingenieurskrant, nr. 14, juli 1990
- [122] KLAMANN, D., e.a., *Lubricants and related products*, Verlag Chemie, Weinheim, 1984
- [123] BROWN, S., *Tijgerkracht voor hoogvliegers*, in: Essobron, lente/zomer, 1990
- [124] DYSON, R.D., *Cell biology, a molecular approach*, Allyn & Bacon, Boston, 1978

- [125] KENNEDY, J.F. (ed.), *Carbohydrate chemistry*, Clarendon Press, Oxford, 1988
- [126] BOONSTRA, D., *Chemische oxidatie van koolhydraten*, in: *Koolhydraten in Nederland 1*, 1986
- [127] *Proceedings symposium towards a carbohydrate-based chemistry*, Commission of the European Communities, Amiens, 23-26 oktober 1989
- [128] VAN BEYNUM, G.M.A., e.a. (eds.), *Starch conversion technology*, Marcel Dekker, New York, 1985
- [129] STRAATHOF, A.J.J., *Alkylglycoside surfactants from starch and sucrose*, Dissertatie Technische Universiteit Delft, 1988
- [130] PUTNIK, CH.F., e.a., *Alkylpolyglycosiden*, Soap/Cosmetics/Chemical Specialities, juni 1986
- [131] *Alkylpolyglycoside*, Henkel APG, brochure
- [132] *Market demands more from surfactants*, in: *Manufacturing Chemist*, april 1989
- [133] ATWOOD, J.L., e.a., *Inclusion compounds*, Vol. 3, Academic Press, 1984
- [134] SZEJTLI, J., *Cyclodextrin technology*, Kluwer Academic Publishers, 1988
- [135] FRIJLINK, H.W., *Biopharmaceutical aspects of cyclodextrins*, Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen, 1990
- [136] *Moleculair encapsulation by cyclodextrins*, AVEBE-brochure
- [137] MÜLLERAND, B.W., e.a., *Journal of Pharmaceutical Sciences*, Vol. 75, nr. 6, juni 1986, p. 571
- [138] SHAW, P.E., e.a., *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, nr. 34, 1986, p. 837
- [139] *Europese patentaanvraag nr. 84115965.0*, Janssen Pharmaceutica N.V.
- [140] *Review of toxicological information on beta-cyclodextrin*, CIVO-TNO, 1985
- [141] ANTENUCCI, R.N., e.a., *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, nr. 32, 1984, p. 1316
- [142] *Tolerance of beta-cyclodextrin in man*, CIVO-TNO, 1990

Overige geraadpleegde literatuur

- *Acceptatie van MDF neemt toe*, in: *Hout*, nr. 9, 1988, p. 9
- APPLEWHITE, TH.H. (ed.), *World conference on biotechnology for the oils and fats industry*, American Oil Chemists' Society, Illinois, 1988
- *Asbest, de vervanging van het magische materiaal*, Delftse Universitaire Pers, 1985
- *Asbestos, alternatives, boards and panels in building*, in: *Building*, 16 september 1983, p. 108
- *Bailey's industrial oil and fat products*, Vol. I & II, Wiley and Sons, 1979
- BEECH, S.R., (ed.), *Asbestos replacement*, in: *Proceedings symposium UMIST*, 3 en 4 april 1984
- CASEY, J.P., (ed.), *Pulp and paper, chemistry and chemical technology*, Vol. 1, Wiley, 1980
- *Chemisch Magazine*, april 1984, pp. 205-255

- DAVIDSOHN, A.S., e.a., *Synthetic detergents*, Longman Scientific & Technical, New York, 1987
- EERKENS, C., *A holistic approach to evaluate the potential productivity of unconventional crops*, Centre for Agrobiological Research, Wageningen, juni 1985
- *Einige Aspekte der Substitution von Asbestzement*, Baustoffindustrie, nr. 1, 1983, p. 25
- FAASEN, N.J., *Milieutechnologie textielindustrie*, TNO-rapport, 1981
- *Flachsfaser könnte Einsatz von Asbest verringern*, in: BMFT-Journal, nr. 3, juni 1990, p. 7
- FLOOR, M., *Proefschrift Technische Universiteit Delft*, 1989, pp. 1-25
- GRIETHUYSEN, A.J. VAN, (ed.), *Nieuwe toepassingen van materialen*, Stichting Toekomstbeeld der Techniek, nr. 43, Samsom, 1986
- HASHIMOTO, H., *Proceedings of the fourth international symposium on cyclodextrin*, Kluwer Academic Publishers, 1988, pp. 533-543
- HEARLE J.W.S., e.a., *Fibre engineering as a technology for the future*, in: Proceedings symposium high performance fibres, textiles and composites, UMIST, 25-27 juni 1985
- HÖBAUS, P., T.J.H.M. HUTTEN, *Productie, verwerking en toepassing van lignocelulose gewassen*, Studierapport 18b, Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek, 1988
- HODGSON, A.A., (ed.), *Alternatives to asbestos, the pros and cons*, Critical Reports on Applied Chemistry, Vol. 26, Wiley & Sons, 1989
- *Interne notities naar aanleiding van interviews ten behoeve van vezelprojecten*, Landbouw-Economisch Instituut, Den Haag, 1989
- *Jaarverslag 1988*, Specialisatie cosmetica, Rijkskeuringsdienst van Waren, Enschede
- KARSA, D., *Opportunities surface in a mature industry*, in: Performance Chemicals, juli/augustus 1989
- KLINGENBERG, A., *Textielchemicaliën*, Stichting Natuur & Milieu, 1986
- KOSTER, R.A.C., e.a., *Onderzoek naar de mogelijkheden voor de afzet van natuurlijke vezels op de markten voor geotextielen*, Onderzoeksverslag, Landbouw-Economisch Instituut, Den Haag, 1991 (in druk)
- MICHAELS, L., e.a. (eds.), *Asbestos, properties, applications and hazards*, Vol. 1, Wiley-Interscience, Chichester, 1979
- NILSSON, L., *Reinforcement of concrete with sisal and other vegetable fibers*, Swedish Council for Building Research, D14, 1975
- *Old and new industrial crops, their processing and feasibility*, EC-workshop, IBVL, Wageningen, november 8-10, 1983
- OOSTEROM, M. VAN, *Bacteriën kunnen zich op straat vet eten*, in: Shell- Venster, maart/april 1990
- PORTER, M.E., *Competitive advantage*, The Free Press, New York, 1985
- *Prijsvraag Nieuwe Materialen 1990*, Stichting ioN; *Ten grave in vlas en aardappelmeel*, in: NRC, 31 mei 1990; *Doodskistprijs in nieuwe materialen*, Economische Zaken, 14 juni 1990
- ROBERTS, W.J., *Fibers, chemical*, in: Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 10, 1980, pp. 148-167
- SCRAGG, A.H., e.a., *6th European conference on mixing*, Pavia, 1988, pp. 457-461

-
- SMEETS, F.L.M., *Natuur en techniek*, 1990, pp. 2-15
 - SOEST, L.J.M. VAN, e.a., *Introductie-demonstratietuin; potentiële nieuwe gewassen 1987*, Centre for Genetic Resources, Wageningen, 1987
 - SPRINGBORN, G.D., *Emulgatoren*, in: *Chemische Industrie* 4, 1988
 - *Vegetable oils for innovation in chemical industries (VOICI)*, Project within EEC-ECLAIR-programme for Rand D, Brussel, 1989
 - VERPOORTE, R., e.a., *Biotechnology for alkaloid production, the alkaloids*, Academic Press, San Diego, in voorbereiding 1990
 - WILKE, K.D., *Emission und Umwelt, Existenzfragen der Europäischen Spanplattenindustrie*, in: *Holz-Zentralblatt*, nr. 45/46, 1987, pp. 641-642



Register

- agrificatie 9, 142-145, 146, 152
'agro-refinery' 146-147, 152
alkaloïd 11, 13, 20, 22, 24-33, 43
- basischemicaliën, zie chemicaliën
bedrijfskolom (produktiekolom) 57-58, 63, 77-79, 81, 85-86, 91-92,
95-96, 145-146, 149
- biologie,
moleculaire 29, 33, 37, 149
- biotechniek 18, 22-31, 33-35, 37
- biotechnologie (leer van de biotechniek) 22, 33-35
- bulkchemicaliën, zie chemicaliën
- calciumvanger, zie sequestreermiddel
- cellulose 12, 14, 43, 46, 48, 49, 56, 108-109, 114, 121
- celwandmateriaal 13-14
- chemicaliën,
bulk- (basis-) 78, 132-134, 136-138, 151
fijn- 132-134, 135, 136-139, 149, 151
'performance'- 78, 132-134, 136-139, 145-146, 147, 151
- cyclodextrine 114, 121-129, 151
- derivatiseren (chemisch wijzigen) 76-77, 91, 97, 125-126
- disaccharide, zie saccharide
- emulgator 84, 90, 91
- ester 72, 78, 101
- esterolie 101-106
- fijnchemicaliën, zie chemicaliën
- hemicellulose 14, 49, 110
- hydrofiel (polair, waterminnend) 89, 97, 112, 116-117, 121, 126
- hydrofoob (niet-polair, waterhatend, lipofiel) 89, 116-117, 121, 124
- industrie,
intermediaire 81, 146, 150, 152, 153-154, 155
- koolhydraat 12-13, 48, 107-129, 151

- lignine 14, 49
lipofiel, zie hydrofoob
metabolisme,
 primair 11, 38
 secundair 11, 19-33, 38, 43, 149, 155
modificeren,
 genetisch 9, 10, 16, 21, 23, 29, 31-36, 37-44, 149, 152-153, 155
monosaccharide, zie saccharide
- niet-polair, zie hydrofoob
- oleochemie 71-81, 150
oliën en vetten
 natuurlijke (esters van glycerol en vetzuren) 9, 11, 13, 71-76, 77-81,
 83-84, 88, 89, 93, 97-98, 100, 150
 plantaardige (esters van glycerol en vetzuren) 80, 88, 93, 102-104, 106, 150
oligosaccharide, zie saccharide
ontsluiten 13-14, 48, 49, 61
- 'performance' 9, 18, 131, 138, 149
'performance'-chemicaliën, zie chemicaliën
plantaardig 9
plantecellen 9, 10, 17, 23-31, 43, 149, 153, 155
polair, zie hydrofiel
polysaccharide, zie saccharide
produktiekolom, zie bedrijfskolom
- saccharide, 11
 di- 108
 mono- 107-108
 oligo- 108
 poly- 12
sequestreermiddel (calciumvanger) 94-95, 120-121, 151
smeermiddel,
 niet-synthetisch 100-102
 synthetisch 100-102
stereospecificiteit 30, 112-113, 143
stof,
 oppervlakte-actieve, 80, 83-84, 88-99, 116-119, 150, 151
 amfoteer 93-94
 anionisch 93, 94, 95, 97
 kationisch 93, 94
 nonionisch 93, 94, 95, 96, 97, 99, 117, 150
substitutie,
 direct 135-136, 141-142, 154
 indirect 135-136, 141-142, 154

transformeren 37-41
transgeen 38, 40, 41-42

veredeling,
 moleculaire 29, 37-44, 149

vetalcohol,
 natuurlijk 77, 78, 96, 97-99, 135, 141
 synthetisch 79-80, 96, 97-99, 135, 141

vetten en oliën, zie oliën en vetten

vetzuur (alkaanzuur) 9, 43, 72-74, 76, 78, 89, 97-98, 101

vezels,
 kunstmatige 45-46, 53-55, 58, 61, 64
 natuurlijke 45-46, 53-55
 plantaardige 9, 45-55, 58, 61-63, 64-70, 149-150
 synthetische 45-46, 53-55, 58, 61-62, 64, 68-69

waarde,
 toegevoegde 9, 133-134

waterminnend, zie hydrofiel

waterhatend, zie hydrofoob

wijzigen,
 chemisch, zie derivatiseren
 genetisch, zie genetisch modificeren

zetmeel 12-13, 42, 48, 56, 109, 113-114, 120-123



Organisatie van de studie

Voor het tot stand komen van deze publikatie heeft STT gebruik kunnen maken van de kennis en de ervaring van een groot aantal deskundigen. Zij hebben belangeloos een aanzienlijke hoeveelheid tijd en energie aan dit project gewijd. STT is deze deskundigen veel dank verschuldigd.

STUURGROEP

Richting en accenten van het project zijn bepaald met de hulp van een stuurgroep. Deze bestond uit:

- prof.dr.ir. W.J. Beek
technisch adviseur Unilever, Delft
- prof.dr.ir. H. van Bekkum
Technische Universiteit Delft
- drs. W.C. Bus
ex-Avebe, Haren
- dr. T.J.H.M. Hutten
Nationale Coöperatieve Raad voor Land- en Tuinbouw, Rijswijk
- ir. B. van Nederveen
Hoechst Holland, Amsterdam
- prof.ir. J.A. Roels
Gist-brocades, Delft
- ir. R.E. Selman
DSM, Heerlen

GESPREKSPARTNERS

Voor het verkrijgen van kennis en gegevens heeft de projectleider gesprekken gevoerd met een groot aantal deskundigen uit diverse branches.

Een aantal van deze gesprekken is essentieel geweest voor de voortgang van het project. De partners bij deze gesprekken waren:

Biotechnologie

- prof.dr. F.W.H.M. Merkus
ACF Holding, Maarssen
- prof.dr. R.A. Schilperoord
Rijksuniversiteit Leiden
- dr. A.W. Schram
Rijksuniversiteit Leiden

prof.dr.ir. C.T. Verrips
Unilever Research Laboratorium, Vlaardingen

Textiel

G.H. ter Beek
Spinnerij Nederland, Enschede
J. van Bodegraven, Dieren
Mevr. C. Jansen
Vereniging Nederlands Textielinstituut, Veenendaal
W. Jansen
Ten Cate Protect, Nijverdal
H. Mathijsen
Vlisco, Helmond
drs. L.J. Tap
FENECON, Amsterdam
J. Tjink
Lakutex, Goor
B. van Uden
Centraal Bureau KRL, Veenendaal
P.J.L. van der Wee
Confectiefabriek Ducon, Tilburg

Oliën en vetten en oppervlakte-actieve stoffen

dr. T.A.B.M. Bolsman
Koninklijke/Shell Laboratorium, Amsterdam
drs. A.G. Hinze
Unilever Research Laboratorium, Vlaardingen
J. Knaut
Henkel, Düsseldorf
A.A. de Vries
Will Henko, Badhoevedorp

Cosmetica

dr.ir. H.M. Brand
Unichema, Gouda
H. Hogeweg
Akzo Chemicals, Amersfoort
dr. J.J. Jansen
Will Henko, Badhoevedorp
drs. D. van der Ploeg
Andrélon, Bodegraven
G.J. Rundervoort
Keuringsdienst van Waren, Enschede
Mevr. A.M. Schoen
Algemene Hogeschool Amsterdam

AUTEURS

De volgende deskundigen leverden als auteur een bijdrage aan deze publikatie:

prof.dr.ir. W.J. Beek

technisch adviseur Unilever, Delft

drs. H. Hokse

Avebe, Foxhol

dr. T.J.H.M. Hutten

Nationale Coöperatieve Raad voor Land- en Tuinbouw, Rijswijk

prof.dr.ir. A.P.G. Kieboom

Gist-brocades, Delft

J. Pen

Mogen, Leiden

prof.ir. J.A. Roels

Gist-brocades, Delft

dr. P.C. Sijmons

Mogen, Leiden

prof.dr. R. Verpoorte

Rijksuniversiteit Leiden

PROJECTLEIDING

Het project stond onder leiding van mevrouw drs. W.G.J. Brouwer, projectleider bij de Stichting Toekomstbeeld der Techniek. Mevrouw R.M.P.G. Otten, projectsecretaresse bij STT, werkte mee aan de organisatie van project en symposium en aan de redactie van deze publikatie. De afbeeldingen in de publikatie zijn vervaardigd door ir. K.J.H. van Loon.



STT-publikaties

1. Toekomstbeeld der Techniek;
ir. J. Smit, 1968
2. Techniek en Toekomstbeeld, Telecommunicatie in telescopisch beeld;
prof.dr.ir. R.M.M. Oberman, 1968
3. Verkeersmiddelen;
prof.ir. J.L.A. Cuperus e.a., 1968
4. Hoe komt een beleidsvisie tot stand?;
ir. P.H. Bosboom, 1969
5. De overgangprocedures in het verkeer;
prof.ir. J.L.A. Cuperus e.a., 1969
6. De invloed van goedkope elektrische energie op de technische
ontwikkeling in Nederland;
dr. P.J. van Duin, 1971
7. Electrical energy needs and environmental problems, now and in the
future;
ir. J.H. Bakker e.a., 1971
8. Mens en milieu: prioriteiten en keuze;
ir. L. Schepers e.a., 1971
9. Het voeden van Nederland, nu en in de toekomst;
prof.dr.ir. M.J.L. Dols e.a., 1971
10. Barge Carriers: some technical, economic and legal aspects;
drs. W. Cordia e.a., 1972
11. Transmissiesystemen voor elektrische energie in Nederland;
prof.dr. J.J. Went e.a., 1972
12. Elektriciteit in onze toekomstige energievoorziening: mogelijkheden en
consequenties;
dr.ir. H. Hoog e.a., 1972
13. Communicatiestad 1985: elektronische communicatie met huis en bedrijf;
prof.dr.ir. J.L. Bordewijk e.a., 1973
14. Techniek en preventief gezondheidsonderzoek;
dr. M.J. Hartgerink e.a., 1973
15. Technologisch verkennen: methoden en mogelijkheden;
ir. A. van der Lee e.a., 1973
16. Mens en milieu: beheerste groei;
Stuurgroep en Werkgroepen voor Milieuzorg, 1973
17. Mens en milieu: zorg voor zuivere lucht;
Stuurgroep en Werkgroepen voor Milieuzorg, 1973
18. Mens en milieu: kringlopen van materie;
Stuurgroep en Werkgroepen voor Milieuzorg, 1973

19. Energy Conservation: ways and means;
edited by J.A. Over and A.C. Sjoerdsma, 1974
20. Voedsel voor allen, plaats en rol van de EEG;
prof.dr. J. Tinbergen e.a., 1976
21. Stedelijk verkeer en vervoer langs nieuwe banen?;
Redactie: ir. J. Overeem, 1976
22. Materialen voor onze samenleving;
Redactie: ir. J.A. Over, 1976
23. De industrie in Nederland: verkenning van knelpunten en mogelijkheden;
Redactie: ir. H.K. Boswijk en ir. R.G.F. de Groot, 1978
24. Toekomstbeeld der industrie;
prof.dr. P. de Wolff e.a., 1978
25. Arts en gegevensverwerking;
Redactie: ir. R.G.F. de Groot, 1979
26. Bos en hout voor onze toekomst;
Redactie: ir. T.K. de Haas, ir. J.H.F. van Apeldoorn en ir. A.C. Sjoerdsma,
1979
27. Steenkool voor onze toekomst;
Eindredactie: ir. A.C. Sjoerdsma, 1980
28. Distributie van consumentengoederen; informatie en communicatie in
perspectief;
Redactie: ir. R.G.F. de Groot, 1980 (ISBN 90 6275 052 4)
29. Wonen en techniek; ervaringen van gisteren, ideeën voor morgen;
Redactie: ir. J. Overeem en dr. G.H. Jansen, 1981 (ISBN 90 6275 053 2)
30. Biotechnology; a Dutch Perspective;
edited by J.H.F. van Apeldoorn, 1981 (ISBN 90 6275 051 6)
31. Micro-elektronica in beroep en bedrijf; balans en verwachting;
Samensteller: ir. H.K. Boswijk, 1981 (ISBN 90 6275 064 8)
Deelstudies:
31-1 Micro-elektronica: de rundveehouderij (ISBN 90 6275 066 4)
31-2 Micro-elektronica: de grafische industrie en uitgeverijen
(ISBN 90 6275 067 2)
31-3 Micro-elektronica, procesinnovatie in de sector elektro-metaal
(ISBN 90 6275 068 0)
31-4 Micro-elektronica: productinnovatie van consumentenproducten en
diensten voor gebruik in huis (ISBN 90 6275 069 9)
31-5 Micro-elektronica: het ontwerpproces (ISBN 90 6275 070 2)
31-6 Micro-elektronica: het bankwezen (ISBN 90 6275 071 0)
31-7 Micro-elektronica: het kantoor
31-8 Micro-elektronica: het reiswezen (ISBN 90 6275 073 7)
31-9 Micro-elektronica: de belastingdienst
32. Micro-elektronica voor onze toekomst; een kritische beschouwing;
Samenstellers: burggraaf E. Davignon e.a., 1982 (ISBN 90 6275 089 3)
33. Toekomstige verwarming van woningen en gebouwen;
Eindredactie: ir. A.C. Sjoerdsma, 1982 (ISBN 90 6275 094 X)
34. Flexibele automatisering in Nederland; ervaringen en opinies;
Redactie: ir. G. Laurentius, ir. H. Timmerman en ir. A.A.M. Vermeulen,
1982

35. Automatisering in de fabriek; vertrekpunten voor beleid
Redactie: ir. H. Timmerman, 1983 (ISBN 90 6275 112 1)
36. Informatietechniek in het kantoor; ervaringen in zeven organisaties;
Samensteller: drs. F.J.G. Fransen, 1983 (ISBN 90 6275 135 0)
37. Nederland en de rijkdommen van de zee: industrieel perspectief en het
nieuwe zeerecht;
Redactie: ir. J.F.P. Schönfeld en mr.dr.s. Ph.J. de Koning Gans, 1983
(ISBN 90 6275 111 3)
38. Man and Information Technology: towards friendlier systems;
edited by J.H.F. van Apeldoorn, 1983 (ISBN 90 6275 136 9)
39. De kwetsbaarheid van de stad; verstoringen in water, gas, elektriciteit en
telefonie;
Redactie: ir. G. Laurentius, 1984 (ISBN 90 6275 145 8)
40. Bedrijf, kennis en innovatie;
Redactie: ir. H. Timmerman, 1985 (ISBN 90 14 03820 8)
41. De toekomst van onze voedingsmiddelenindustrie;
Redactie: drs. J.C.M. Schogt en prof.dr.ir. W.J. Beek, 1985
(ISBN 90 14 03821 6)
42. Techniek voor ouderen;
Redactie: ir. M.H. Blom-Fuhri Snethlage, 1986 (ISBN 90 14 03822 4)
43. Nieuwe toepassingen van materialen;
Redactie: ir. A.J. van Griethuysen, 1986 (ISBN 90 14 03738 4)
44. Onderhoudsbewust ontwerpen nu en in de toekomst;
Redactie: ir. G. Laurentius, 1987 (ISBN 90 14 03716 3)
45. Kennissystemen in het onderwijs;
Redactie: ir. J.J.S.C. de Witte en drs. A.Y.L. Kwee, 1987
(ISBN 90 14 03717 1)
46. Kennissystemen en medische besluitvorming;
ir. J.J.S.C. de Witte en drs. A.Y.L. Kwee, 1987 (ISBN 90 14 03718 X)
47. Kennissystemen in de dienstensector;
Redactie: drs. A.Y.L. Kwee en ir. J.J.S.C. de Witte, 1987
(ISBN 90 14 03719 8)
48. Kennissystemen in de industrie;
ir. J.J.S.C. de Witte en drs. A.Y.L. Kwee, 1988 (ISBN 90 14 03758 9)
49. Grenzen aan techniek;
Redactie: ir. A.J. van Griethuysen, 1989 (ISBN 90 14 03880 1)
50. Opleiden voor de toekomst: onderdeel van bedrijfsbeleid;
ir. H.B. van Terwisga en drs E. van Sluijs, 1990 (ISBN 90 14 04506 9)

Overige uitgaven:

De innovatienota; een aanvulling;
H.K. Boswijk e.a., 1980

Het belang van STT (toespraak bij het 15-jarig bestaan van STT)
prof.ir. Th. Quené, 1983

Mariene ontwikkelingen in de Verenigde Staten, Japan, Frankrijk, West-Duitsland,
het Verenigd Koninkrijk en Nederland: organisatie, aandachtsgebieden en budgets;

Redactie: ir. J.F.P. Schönfeld en mr.drs. Ph.J. de Koning Gans, 1984
(uitgave van de Voorlichtingsdienst Wetenschapsbeleid, Ministerie van Onderwijs
en Wetenschappen;
distributie: Distributiecentrum Overheidspublikaties, 's-Gravenhage)

New applications of materials;
edited by A.J. van Griethuysen, 1988 (ISBN 0 9513623 0 5)

Alle publikaties waarbij het ISBN is vermeld, zijn verkrijgbaar via de boekhandel.
De overige publikaties zijn te bestellen bij STT, Postbus 30424, 2500 GK
's-Gravenhage, telefoon 070-3919856, gironummer 1609900.



Subsidieverleners STT

Deze studie kwam tot stand dank zij de financiële bijdragen van bedrijfsleven, overheid en Koninklijk Instituut van Ingenieurs.

Aalberts Industries
Advanced Semiconductor Materials International
AEG Nederland
Akzo
Alcatel Nederland
Algemene Bank Nederland
Amsterdam-Rotterdam Bank
Asea Brown Boveri
AT&T Network Systems Nederland
Bakkenist, Spits en Co
Berenschot Groep
BP Nederland
BSO/Buro voor Systeemontwikkeling
Campina Melkunie
Cap Gemini Pandata
Cebeco-Handelsraad
Comprimo
Control Data
CSM
DAF
Delft Instruments
DHV Beheer
Digital Nederland
Dow Benelux
DSM
Duphar
Du Pont de Nemours (Nederland)
Eerste Nederlandse Cement Industrie (ENCI)
Ericsson Telecommunicatie
Europe Combined Terminals
Gamma Holding
GE Plastics
Getronics
Gouda Vuurvast Holding
Grasso's Koninklijke Machinefabrieken
Hagemeyer
HCS Technology

Heineken Nederland
Hewlett-Packard Nederland
Hoechst Holland
W.A. Hoek's Machine- en Zuurstoffabriek
Holec
Hollandsche Beton Groep
Hoogovens Groep
IBM Nederland
ICI Holland
ICL Nederland
Indivers
Industriële Consulente Nederland
Internatio-Müller
KEMA
Koninklijke Ahold
Koninklijke Begemann Groep
Koninklijke Gist-brocades
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau HASKONING
Koninklijk Instituut van Ingenieurs
Koninklijke Maatschappij 'De Schelde'
Koninklijke Nederlandse Vliegtuigenfabriek Fokker
Koninklijke Nedlloyd Groep
Koninklijke PTT Nederland
Koninklijke Wessanen
F. van Lanschot Bankiers
Logica
McKinsey & Company
Ministerie van Economische Zaken
Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
Moret Ernst & Young
Multihouse
Nationale-Nederlanden
Nederlandsche Apparatenfabriek Nedap
Nederlandse Gasunie
Nederlandse Participatie Maatschappij
Nederlandse Spoorwegen
Nederlandse Unilever Bedrijven
NMB Postbank Groep
Norit
Océ-Nederland
Parengo
Philips' Gloeilampenfabrieken
Polynorm
Rabobank Nederland
Rank Xerox Manufacturing (Nederland)
de Rotterdamsche Droogdok Maatschappij
Sara Lee/DE

Sep
Shell Nederland
Siemens Nederland
Simac Techniek
SNI Nederland
Solvay Chemie
Stichting Energieonderzoek Centrum Nederland
TBI Holdings
Tebodin, Advies- en Constructiebureau
Tulip Computers International
Unisys Nederland
Vereenigde Glasfabrieken
Verenigde machinefabrieken Stork
VNU Verenigde Nederlandse Uitgeversbedrijven
Volmac Software Groep
Volvo Car



Het gebruik van grondstoffen uit planten is al heel oud. Vroeger werden vrijwel alle benodigde organische stoffen uit planten gemaakt. Met de opkomst van de petrochemische industrie is de positie van planten als industriële grondstof sterk verzwakt.

Een terugkeer naar de vroegere positie van planten is niet realistisch. Dit komt vooral door de ijzersterke positie van de petrochemie en de prijs en de beschikbaarheid van plantaardige grondstoffen.

Toch zijn er mogelijkheden voor specifieke grondstoffen uit planten, namelijk door hun prijs of hun 'performance'.

De Stichting Toekomstbeeld der Techniek wil met deze publikatie een beeld geven van de mogelijkheden om planten en van planten afgeleide producten te gebruiken als industriële grondstof. Uitgegaan wordt van de vraag welke voordelen de industrie zou kunnen hebben van de 'performance' van plantaardige grondstoffen. Bovendien wordt een beschouwing gegeven over de belemmerende en de bevorderende factoren – nu en in de toekomst – voor het industrieel gebruik van plantaardige grondstoffen.

Behalve aan grondstoffen uit planten, zoals vezels, oliën en vetten en koolhydraten, wordt aandacht besteed aan de mogelijkheden van industriële grondstoffen die met plantecellen en uit genetisch gedomificeerde planten worden bereid.