

viWTA
Dossier **4**

WITTE BIOTECHNOLOGIE STAND VAN ZAKEN

WITTE BIOTECHNOLOGIE STAND VAN ZAKEN

viWTA DOSSIER 4

VOORWOORD

De industriële of witte biotechnologie maakt gebruik van gisten, schimmels en bacteriën in de productie van chemische stoffen op industriële schaal. Deze meestal genetisch gewijzigde micro-organismen kunnen vitaminen en zoetmakers, biobrandstoffen, biodegradeerbare kunststoffen en enzymen produceren. Enzymen kunnen dan op hun beurt gebruikt worden in de productie van voedingswaren, textiel, waspoeders, papier en chemische stoffen.

Het viWTA gaf in maart 2006 aan het Laboratorium voor Industriële Microbiologie en Biokatalyse van de UGent de opdracht, om het domein van de industriële biotechnologie in Vlaanderen in kaart te brengen. Dit dossier maakt u wegwijs in de toepassingen en expertise in Vlaanderen.

De industriële biotechnologie gebruikt niet-fossiele grondstoffen zoals landbouwproducten en biomassa. In welke mate kan Vlaanderen evolueren naar een biogebaseerde samenleving? Welke kansen biedt de industriële biotechnologie voor een meer duurzame samenleving?

Het viWTA legde deze vragen voor aan dertig Vlaamse deskundigen uit universiteiten, hogescholen, onderzoeksinstituten, federaties, middenveld en industrie. Hieruit bleek dat biotechnologische processen vaak minder energie verbruiken en minder afval produceren dan klassieke, chemische productiemethoden, maar dat enkel een volledige levenscyclusanalyse per product kan aanwijzen of het biotechnologische proces duurzamer is. Een tweede conclusie luidt dat de industriële biotechnologie voor de energiesector een zeer groot groeipotentieel biedt. De stimulering van de productie van biobrandstoffen kan sterke verschuivingen teweegbrengen in de Vlaamse landbouwsector.

We wensen u veel leesplezier.

Robby Berloznik
Directeur viWTA

INHOUDSTAFEL

1 Wat is witte biotechnologie?	p 7
1.1. De kleuren van de biotechnologie	p 8
1.2. Fermentatie	p 8
1.3. Enzymatische processen of biokatalyse	p 9
1.4. Hernieuwbare grondstoffen en bioraffinaderijen	p 9
2 Witte biotechnologie in het dagelijkse leven	p 10
2.1. Waspoeders en textiel	p 11
2.2. Voedingsingrediënten en additieven	p 11
2.3. Vitaminen	p 12
2.4. Biokleurstoffen, geurstoffen en aroma's	p 12
2.5. Oplosmiddelen	p 12
2.6. Biologisch afbreekbare kunststoffen en bioplastics	p 12
2.7. Antibiotica en andere geneesmiddelen	p 13
2.8. Biobrandstoffen	p 13
2.8.1 Bio-ethanol	p 13
2.8.2 Biodiesel	p 14
3 De witte biotechnologie in Vlaanderen	p 15
3.1. Onderzoek en ontwikkeling	p 16
3.2. Industriële activiteiten in Vlaanderen	p 16
3.3. Overheidsinitiatieven	p 17
3.4. Witte biotechnologie in de wereld	p 17

4 Maatschappelijke aspecten	p 18
4.1 Hoe wit is de industriële biotechnologie?	p 19
4.2 Hoe veilig is het gebruik van de industriële biotechnologie?	p 20
4.3 Wat is de perceptie van de burger tegenover de industriële biotechnologie?	p 20
4.4 Wat zijn de toekomstverwachtingen?	p 21
4.5 Wat betekent de industriële biotechnologie voor de Vlaamse landbouwsector	p 21
4.6 Kan Vlaanderen een biogebaseerde economie uitbouwen?	p 22
4.7 Investerings in het onderzoek en de toepassingen van de industriële biotechnologie	p 23
5 Voor wie meer wil weten over de witte biotechnologie	p 24
6 Dankwoord	p 26
7 De bronnen van dit dossier	p 27
8 Colofon	p 31



1.1 De kleuren van de biotechnologie

Naast de groene en de rode biotechnologie, is nu de witte biotechnologie sterk in opmars. Groene biotechnologie is gericht op de genetische wijziging van planten. Het doel is om landbouwgewassen te ontwikkelen die resistent zijn tegen bepaalde ziekten of insecten, een grotere oogst opleveren of betere voedingseigenschappen bezitten. Biotechnologische toepassingen in de medische sector worden geklasseerd onder de noemer rode biotechnologie. Een voorbeeld hiervan is de productie van insuline voor diabetici.

Witte of industriële biotechnologie is het gebruik van (meestal genetisch gewijzigde) micro-organismen in de industriële productie van chemische stoffen, materialen en bio-energie. Bacteriën, gisten of schimmels kunnen bijvoorbeeld kleurstoffen, vitaminen, zoetstoffen, biobrandstoffen, biodegradeerbare kunststoffen en enzymen produceren.

Er is een zekere overlap tussen de drie domeinen van de biotechnologie. De witte biotechnologie start nu vooral van traditionele landbouwproducten, maar zou in de toekomst gebruik kunnen maken van genetisch gewijzigde landbouwgewassen als grondstof. Anderzijds levert de witte biotechnologie ook een bijdrage aan de rode biotechnologie, bijvoorbeeld bij de productie van antibiotica.

1.2 Fermentatie

Bij fermentatieprocessen worden micro-organismen ingezet in de productie van bruikbare stoffen op industriële schaal. Deze bacteriën, schimmels en gisten zijn geen ziekteverwekkers en worden reeds vele jaren zonder problemen gebruikt.

Het brouwen van bier is een gekend voorbeeld van een klassiek fermentatieproces. Gisten worden daarbij ingezet om stoffen te maken die het bier een betere smaak of een langere bewaring geven. In de vorige eeuw werden chemische stoffen zoals glycerol, citroenzuur, aceton en butanol reeds door fermentatie geproduceerd. Toch is het pas na de tweede wereldoorlog dat deze technologie sterk tot ontwikkeling is gekomen, door de vooruitgang in de productie van antibiotica. Ondertussen worden de fermentatietechnieken ingezet voor de aanmaak van bioplastics, biobrandstoffen, geurstoffen, vitaminen en geneesmiddelen.

Al deze nuttige bacteriën, gisten en schimmels komen in de natuur wijd verspreid voor. In industriële fermentoren of bio-reactoren worden de optimale omstandigheden (temperatuur, zuurtegraad, voedingsstoffen,...) gecreëerd voor hun groei en de vorming van interessante producten. Door bovendien het erfelijk materiaal (DNA) van deze micro-organismen te veranderen, kunnen ze stoffen produceren die ze van nature niet of slechts in kleine hoeveelheden aanmaken. Dankzij deze technieken om het genetisch materiaal van de micro-organismen vlot aan te passen, kan een heel scala aan producten op een snelle en efficiënte wijze op industriële schaal aangemaakt worden.

1.3 Enzymatische processen of biokatalyse

Enzymen zijn biokatalysatoren of natuurlijke versnellers van chemische reacties. Deze eiwitten komen voor in de cellen van levende organismen en worden nu ook toegepast bij de industriële productie van bijvoorbeeld voedingswaren, textiel, waspoeders en papier. Het grote voordeel is dat ze chemische reacties kunnen versnellen, onder normale druk en temperatuur. Dit vergt minder energie en chemische reagentia in vergelijking met klassieke chemische processen. Ze voeren de reacties bovendien zeer specifiek en doelgericht uit, zodat de afvalproductie sterk wordt beperkt.

Doorgaans worden de enzymen aangemaakt via fermentatie. Met de nieuwste technieken van de biotechnologie worden bovendien natuurlijke enzymen verbeterd en aangepast en kunnen zelfs volledig nieuwe enzymen op maat gemaakt worden.

1.4 Hernieuwbare grondstoffen en bioraffinaderijen

Het grootste deel van onze behoeften aan chemische stoffen en energie wordt vandaag gedekt door erts en fossiele grondstoffen, zoals petroleum, aardgas en steenkool. Deze grondstoffen zijn eindig en worden steeds duurder. Ook de sterke afhankelijkheid van de invoer ervan baart ons vandaag in toenemende mate zorgen.

De witte biotechnologie maakt meestal gebruik van hernieuwbare grondstoffen, zoals landbouwproducten of biomassa, in plaats van fossiele grondstoffen. Deze landbouwproducten zoals tarwe of maïs zijn wel jaarlijks beperkt in voorraad, maar niet eindig en worden bovendien steeds goedkoper als gevolg van de toenemende productie in de landbouw. Via diverse technologieën kunnen ze in bioraffinaderijen omgezet worden tot andere stoffen en bio-energie. In een bioraffinaderij worden uit één enkele grondstof als maïs vele verschillende producten zoals chemische stoffen, biobrandstoffen, bioplastics, vitaminen en voedingsingrediënten geproduceerd. Dit is vergelijkbaar met petrochemische raffinaderijen die uit petroleum, via petrochemische processen, ook een brede waaier aan producten maken. Bioraffinaderijen maken gebruik van zowel fysische, chemische als biotechnologische methoden. De industriële biotechnologie speelt hierin een sleutelrol, aangezien de gebruikte micro-organismen efficiënt groeien op hernieuwbare grondstoffen.

Verskillende industriële sectoren leveren hernieuwbare basisgrondstoffen voor de verwerking door de industriële biotechnologie. De suiker- en zetmeelsector produceert koolhydraten, zoals suiker, glucose, zetmeel en melasse, uit suikerbiet, suikerriet, tarwe, maïs, aardappelen, maniok en rijst. De olie- en vetverwerkende sector produceert uit oliehoudende zaden zoals koolzaad, zonnebloempitten, sojabonen, palmolie en uit dierlijke vetten tussenproducten, zoals vetten, vetzuren, vetalcoholen en glycerol. Ten slotte produceert de houtverwerkende sector uit hout voornamelijk cellulose, papier en lignines voor de papier- en pulpindustrie.

2 WITTE BIOTECHNOLOGIE

WITTE BIOTECHNOLOGIE IN HET DAGELIJKSE LEVEN



Witte biotechnologie wordt toegepast in diverse sectoren, waarvan de agro- en voedingsindustrie, de chemische en de farmaceutische industrie de belangrijkste zijn. Deze technologie heeft ook haar intrede gedaan in de textiel-, papier- en kartonindustrie en in de energiesector.

Een breed gamma aan producten wordt via de industriële biotechnologie aangemaakt. Deze vallen binnen de categorieën van chemicaliën, farmaceutische producten, voedingsadditieven en supplementen, kleurstoffen, vitamines, bioafbreekbare kunststoffen, solventen, biobrandstoffen, enz. Deze producten gaan van zeer goedkope bulkchemicaliën, zoals alcohol (wereldproductie van 38 miljoen ton per jaar aan minder dan 0,5 euro per kg) tot extreem dure fijnchemicaliën, zoals vitamine B12 (wereldproductie van 10 ton per jaar aan 25.000 euro per kg).

De industriële biotechnologie is al goed ingeburgerd bij de productie van voedingsmiddelen en fijnchemicaliën. Voor bulkchemicaliën zoals bioplastics en biobrandstoffen is de introductie van de industriële biotechnologie nog in volle ontwikkeling.

2.1 Waspoeders en textiel

Enzymen worden al geruime tijd gebruikt in wasmiddelen. Ze breken het vuil af tijdens het wassen, zorgen voor het behoud van de kleuren en gaan het pluizen van textiel tegen. Vandaag worden nieuwe enzymen toegepast die bij lage temperaturen en dus met minder energieverbruik voor een propere was zorgen. Ook in de productie van kledij en ander textiel worden enzymen intensief gebruikt. Een enzymatische behandeling maakt weefsels soepeler en zachter en geeft aan jeansbroeken bijzondere kleureffecten.

2.2 Voedingsingrediënten en additieven

Aminozuren zijn de bouwstenen van eiwitten en essentieel in onze voeding. Heel wat aminozuren worden op grote schaal geproduceerd via fermentatie of biokatalyse. De productie van de smaakversterker L-glutaminezuur bedraagt wereldwijd 1,5 miljoen ton per jaar. Andere voorbeelden zijn de aminozuren L-lysine, dat gebruikt wordt in de veevoeding en L-fenylalanine, dat tussenkomt bij de synthese van aspartaam, een zoetstof in vele light frisdranken.

Maar ook andere stoffen, zoals citroenzuur, worden via fermentatie uit suiker geproduceerd. Van dit frisdrankingrediënt bedraagt de productie meer dan 1 miljoen ton per jaar. Het voedingssupplement L-carnithine stimuleert de vetafbraak in het lichaam. Deze vitamineachtige, natuurlijke stof werd vroeger geproduceerd via chemische synthese, maar wordt nu gemaakt via een fermentatieproces uit hernieuwbare grondstoffen.

De voedingssector kent ook heel wat toepassingen van enzymen. Het enzym asparaginase bijvoorbeeld gaat de vorming van schadelijke stoffen tegen in gebakken en gebraden levensmiddelen, zoals frieten en chips.

2.3 Vitaminen

Sommige vitamines zijn chemisch zo complex dat ze enkel gemaakt kunnen worden via de biotechnologische productie. Een typisch voorbeeld hiervan is vitamine B12. Meer eenvoudige vitamines kunnen zowel via een chemische weg, een biotechnologische weg of een combinatie van beide geproduceerd worden. De klassieke chemische synthese van vitamine C omvat vijf chemische stappen. Het grootste deel van deze reacties werd reeds vervangen door een fermentatieproces. Er wordt onderzocht hoe in één enkele fermentatiestap glucose kan omgezet worden in vitamine C.

2.4 Biokleurstoffen, geurstoffen en aroma's

Biokleurstoffen worden steeds vaker geproduceerd met behulp van de industriële biotechnologie, tegen een kostprijs die vergelijkbaar is met de chemische productie. β -carotenen bijvoorbeeld worden gebruikt in visvoer om de zalm een mooie roze kleur te geven. De blauwe kleurstof fycocyanine en de oranje-rode kleurstof monascine worden toegevoegd aan de menselijke voeding.

Geurstoffen en aroma's kunnen eveneens geproduceerd worden via fermentatie of enzymatische technologie. Perzikaroma en boteraroma worden reeds op grote schaal geproduceerd via industriële fermentaties.

2.5 Oplosmiddelen

Solventen of oplosmiddelen worden heel vaak gebruikt in de chemische industrie. Met behulp van een solvent, kunnen stoffen in oplossing gebracht worden die moeilijk of niet in water oplosbaar zijn. Ethanol is goedkoop, zeer zuiver, biologisch afbreekbaar en kan via industriële biotechnologie geproduceerd worden. Een ander relatief nieuw oplosmiddel is ethyllactaat. Het is eveneens goedkoop en niet giftig en bezit andere solveleigenschappen dan ethanol. Ethyllactaat wordt gemaakt op basis van producten uit de suikerindustrie.

2.6 Biologisch afbreekbare kunststoffen en bioplastics

De witte biotechnologie dringt ook door in de wereld van de kunststoffen of plastics. Bioplastics worden gemaakt op basis van hernieuwbare grondstoffen en zijn vaak biologisch afbreekbaar. Ze kunnen dus na gebruik gewoon op de composthoop.

Industriële biotechnologie speelt meestal een rol in de aanmaak van de individuele bouwstenen van plastics. Deze monomeren worden dan via traditionele chemische technologie omgezet in de polymeren of plastics. Mitsubishi Rayon produceert de bouwsteen acrylamide met behulp van een bacterieel enzym. Daarmee wordt vervolgens de traditionele plastic polyacrylamide gemaakt. Sorona™ is een nieuw soort polyester voor de productie van elastische textielvezels. De bouwstenen worden door het bedrijf DuPont gemaakt door fermentatie van suikers uit maïs. Natureworks™ is een bioplastic dat wordt gemaakt door het bedrijf Cargill. Het is een volledig biologisch afbreekbaar plastic met eigenschappen, vergelijkbaar met die van conventionele plastics. Het wordt gebruikt in plastic verpakkingen en gebruiksvoorwerpen maar ook voor de productie van textielvezels. Het monomeer melkzuur wordt bekomen via fermentatie uit maïs. Vervolgens wordt dit melkzuur gepolymeriseerd tot het genoemde bioplastic.

2.7 Antibiotica en andere geneesmiddelen

Vaak is de chemische structuur van geneesmiddelen zo complex dat ze via de traditionele chemie enkel via omslachtige meerstapsprocessen kunnen worden aangemaakt. De kracht van de biotechnologie schuilt in de grote precisie waarmee micro-organismen en hun enzymen complexe reacties kunnen uitvoeren. Chirale moleculen bijvoorbeeld zijn twee lichtjes verschillende versies van hetzelfde product, waarvan slechts één versie gewenst is en de ander ongewenst of zelfs erg schadelijk. Via de klassieke chemische productiemethoden, kan het verschil tussen beide moleculen meestal niet gemaakt worden, maar enzymen kunnen wel specifiek de enige gewenste vorm van de molecule aanmaken. Dit is ook het geval voor antibiotica, met een wereldmarkt van ongeveer 20 miljard euro per jaar. Ze worden nagenoeg uitsluitend via fermentatieprocessen gemaakt, met behulp van speciaal geselecteerde micro-organismen.

Een ander voorbeeld betreft de synthese van Captopril™, een medicijn tegen hoge bloeddruk. De bouwstenen hiervan worden geproduceerd via fermentatie met gisten en bacteriën. Die worden vervolgens via de klassieke chemie aan elkaar gekoppeld. Deze combinatie van chemie en industriële biotechnologie levert een efficiënt syntheseproces op.

2.8 Biobrandstoffen

Biobrandstoffen zijn vloeibare brandstoffen die gemaakt worden uit hernieuwbare grondstoffen. Bio-ethanol, biodiesel en pure plantaardige olie vallen onder deze noemer. Op aansturen van Europese directieven worden deze biobrandstoffen binnenkort ook in België ingevoerd. Tegen 2010 moet 5,75 % van alle brandstoffen voor het wegtransport vervangen zijn door biobrandstoffen. Tegen 2025 wordt naar 25 % substitutie gestreefd. Bio-ethanol en biodiesel zullen in België worden toegevoegd aan respectievelijk de gewone benzine en diesel van het reguliere brandstofcircuit. Het gebruik van dergelijke mengsels vergt geen aanpassing aan de motor. Op termijn biedt de auto-industrie zelfs motoren die werken met brandstof met om het even welke mengverhouding. In de nabije toekomst zal de Belgische consument op een klein maar toenemend percentage biobrandstof rijden.

2.8.1 Bio-ethanol

Bio-ethanol (alcohol of ethylalcohol) wordt gemaakt via fermentatie van suikers, meestal met behulp van gist. Deze suikers kunnen afkomstig zijn van tal van grondstoffen zoals suikerbiet, suikerriet, tarwe en organisch afval. De grootste producenten op wereldvlak zijn Brazilië en de Verenigde Staten. In Europa wordt de meeste alcohol geproduceerd uit suikerbiet en tarwe. Onderzoek is echter volop aan de gang om alcohol te maken uit grondstoffen zoals stro, papier, zemelen of organisch afval. Dit vereist het gebruik van enzymen die de vezels uit de planten kunnen omzetten tot suikers. Vervolgens worden deze suikers dan via genetisch gemodificeerde micro-organismen tot ethanol omgezet.

Na de fermentatiestap wordt de alcohol bekomen via eenvoudige distillatie, wat resulteert in een zeer zuiver product. Deze alcohol moet dan nog een laatste stap ondergaan, om er alle resten water uit te verwijderen. Men spreekt dan van bio-ethanol die, meestal vermengd met normale benzine, als biobrandstof wordt gebruikt. Bio-ethanol kan ook chemisch omgezet worden tot ETBE (Ethyl Tertiary Butyl Ether), een octaanverhogend middel dat heel regelmatig aan benzine wordt toegevoegd. De nieuwste ontwikkelingen zijn brandstofcellen die met heel hoge efficiëntie ethanol rechtstreeks omzetten in elektriciteit.

2.8.2 Biodiesel

Biodiesel wordt geproduceerd uit plantaardige oliën en dierlijke vetten. De meeste biodiesel wordt in Europa via een eenvoudig chemisch proces uit koolzaadolie gemaakt. Onderzoek wordt momenteel verricht om een efficiënter en milieuvriendelijker biotechnologisch proces te ontwikkelen.

Biodiesel wordt bijgemengd bij de gewone dieselbrandstof. In Frankrijk is een 30% mengsel beschikbaar onder de naam diester. In Duitsland en Oostenrijk wordt zelfs pure biodiesel op grote schaal gebruikt.

3 WITTE BIOTECHNOLOGIE

DE WITTE BIOTECHNOLOGIE IN VLAANDEREN



3.1 Onderzoek en ontwikkeling

Alle Vlaamse universiteiten en verscheidene hogescholen zijn actief in uiteenlopende domeinen van de industriële biotechnologie. Ook verschillende Vlaamse onderzoeksinstituten hebben aandacht voor deze onderzoekstak. Het Vlaams Interuniversitair Instituut voor Biotechnologie (VIB) concentreert zich vooral op de rode en groene biotechnologie, maar levert via zijn infrastructuur en biotechnologische dienstverlening een bijdrage aan de ontwikkeling van de industriële biotechnologie in Vlaanderen. De Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO) richt zich onder meer op het onderzoek naar de haalbaarheid van de introductie van biobrandstoffen in Vlaanderen. Bedrijven en academici werken ook actief samen, zoals binnen Ghent Bio-Energy Valley, een publiek privaatsamenwerkingsverband dat zich richt op bio-energie.

3.2 Industriële activiteiten in Vlaanderen

Er zijn nog geen cijfers bekend van het gebruik van de industriële biotechnologie binnen de Vlaamse industrie. Het IWT financiert momenteel een éénjarige haalbaarheidsstudie om de impact, het belang en de omzet van de industriële biotechnologie in Vlaanderen exact te bepalen. Een vergelijkbaar onderzoek in opdracht van het Nederlands Ministerie van Economische Zaken toonde aan dat deze technologie in Nederland een jaarlijkse omzet oplevert van 23,6 miljard euro.

Industriële biotechnologie wordt gebruikt in verschillende sectoren, zoals de agro- en voedingsindustrie, de chemische en farmaceutische industrie, de textielsector en de bio-energiesector.

Voor de chemische industrie en de agro-industrie zijn in Vlaanderen sterk uitgebouwd. De chemische industrie is in België verantwoordelijk voor 14% van de export en voor 6,1% van de werkgelegenheid. Alhoewel de Vlaamse chemische sector nog relatief weinig gebruik maakt van de industriële biotechnologie heeft Fedichem-Vlaanderen de uitbouw van de industriële biotechnologie aangeduid als een sleuteltechnologie voor de toekomst van de Vlaamse chemie. De agro-industrie realiseert 4,5 % van het bruto nationaal product in België. Vlaanderen telt verschillende grote agro-industriële bedrijven die suiker, zetmeel en olie produceren als grondstoffen voor de industriële biotechnologie. Ook telt Vlaanderen een aantal fermentatiebedrijven waar citroenzuur, bakkergist en industriële enzymen geproduceerd worden.

De sector van de bio-energie is relatief nieuw maar ontwikkelt zich sterk in Vlaanderen. Zo worden er in de Gentse haven verschillende biobrandstoffabrieken gepland, onder meer Bioro, Oleon en Alco Biofuel, met een totaal investeringsvolume van 185 miljoen euro.

Naast de voorgaande grote bedrijven zijn er nog tal van kleinere bedrijven die eerder in de categorie van de gebruikers van biotechnologische producten kunnen ondergebracht worden. Hieronder vallen bijvoorbeeld de textielbedrijven die enzymen gebruiken tijdens het productieproces en voedingsbedrijven die voedingsingrediënten gebruiken die geproduceerd werden via industriële biotechnologie.

Diverse federaties verdedigen de belangen van de bedrijven die actief zijn in de sector van de witte biotechnologie. Het zijn onder meer Fedichem, EuropaBio, Bio.be en FlandersBio.

3.3 Overheidsinitiatieven

In 2004 werd in de publicatie "Industriële biotechnologie en duurzame chemie" van de Koninklijke Vlaamse Academie van België voor Wetenschappen en Kunsten, de overheid aanbevolen een stimuleringsbeleid te voeren inzake industriële biotechnologie. Dit leidde in 2005 tot de oprichting van het Belgisch Interdisciplinair Platform voor Industriële Biotechnologie (BIPB). Dit platform heeft via een aantal werkgroepen een strategie uitgewerkt voor de ontwikkeling van de industriële biotechnologie in België, op korte, middellange en lange termijn. Industriële biotechnologie en bio-energie werden begin 2006 ook behandeld binnen een specifieke werkgroep in het kader van de rondetafelgesprekken van zowel chemie als life sciences, geïnitieerd door Vlaams Minister van Wetenschap en Innovatie Fientje Moerman. De resultaten werden gepubliceerd in het witboek "Life Science Industrie Vlaanderen" en het witboek "Chemische Industrie Vlaanderen". In 2006 lanceerde de Vlaamse overheid ook het Milieu- en Energietechnologie Innovatieplatform (MIP) met vertegenwoordigers van de overheid, de industrie en de kennisinstellingen. Dit platform wil onder meer de activiteiten in het domein van de industriële biotechnologie in Vlaanderen beter op elkaar afstemmen.

3.4 Witte biotechnologie in de wereld

De belangrijkste internationale spelers binnen de industriële biotechnologie zijn de Verenigde Staten, Japan en Europa.

In de Verenigde Staten waren de onderzoeksprogramma's vooral gericht op energie, terwijl de aandacht nu meer verschuift naar de biogebaseerde producten, om tegen 2050 minder afhankelijk te zijn van de import van fossiele grondstoffen. Het Japanse onderzoeksbudget is ongeveer gelijk verdeeld over de rode, groene en witte biotechnologie.

Binnen de klijntlijnen van het zevende kaderprogramma, zal de Europese Unie grote aandacht hebben voor onderzoek en ontwikkeling van de industriële biotechnologie. Het Europees technologieplatform SUSCHEM heeft deze technologie geïdentificeerd als een van de drie pijlers voor de toekomst van de Europese chemie. Teneinde de Europese onderzoekskoördinatie te verbeteren, werd in 2005 ook het ERA-Net voor de industriële biotechnologie opgestart.

Binnen de Europese Unie, werd in Nederland het Nederlands Instituut voor de Industriële Biotechnologie opgericht, een virtueel centrum van verschillende universiteiten en bedrijven, met het zwaartepunt in Delft. Het Verenigd Koninkrijk heeft een gelijkaardig centrum in Manchester. Ook in Duitsland werden een specifiek onderzoeksprogramma en een technologieplatform voor de industriële biotechnologie opgestart.

4 WITTE BIOTECHNOLOGIE

MAATSCHAPPELIJKE ASPECTEN



Wat is de maatschappelijke impact van het gebruik van de industriële biotechnologie in Vlaanderen? Het viWTA legde deze vraag voor aan dertig Vlaamse experts uit universiteiten, hogescholen, onderzoeksinstituten, federaties, middenveld en industrie. De lijst van bevroegden vindt de lezer achteraan in dit dossier. Dit hoofdstuk geeft de voornaamste conclusies van de bevraging weer.

4.1 Hoe wit is de industriële biotechnologie?

De industriële biotechnologie wordt ook de witte biotechnologie genoemd. De term 'wit' wordt, vooral door de industrie, gebruikt als symbool voor het duurzame karakter van deze technologie. Heel wat studies, onder meer die in opdracht van de OESO, tonen namelijk aan dat biotechnologische productiemethoden minder milieubelastend zijn dan de klassieke chemische processen. De bevroegde deskundigen geven daarvoor verschillende redenen aan.

Ten eerste wordt er minder energie verbruikt en minder afval geproduceerd. De enzymen sturen de chemische reacties doelgericht en efficiënt naar het gewenste eindproduct. Daardoor kan het productieproces sneller en bij lagere temperatuur verlopen. Bovendien wordt de vorming van ongewenste nevenproducten vermeden. Bij de synthese van vitamine B2 bijvoorbeeld werd het chemische productieproces van acht stappen vervangen door een biotechnologisch fermentatieproces van één stap. Er werden minder chemische stoffen verbruikt en de afvalproductie daalde sterk. Een ander voorbeeld is de productie van het antibioticum cefalexine. Het bedrijf DSM ontwierp een fermentatieproces dat 65% minder energie verbruikt. De enzymatische productie gebeurt daarbij bovendien in water, in plaats van in milieuvriendelijke solventen.

Daarnaast starten biotechnologische productiemethoden vaak van hernieuwbare grondstoffen zoals koolzaadolie of suiker uit suikerbiet. Fossiele grondstoffen zijn momenteel de belangrijkste energiebronnen en grondstoffen van vele industriële processen. De voorraden aardolie zijn beperkt en de prijs van deze grondstof stijgt. Petroleum is duurder dan hernieuwbare grondstoffen zoals maïs of tarwe. Maar naast de kostenbesparing, betekent het gebruik van hernieuwbare grondstoffen vooral een vermindering in de uitstoot van broeikasgassen.

Toch is het gebruik van de industriële biotechnologie niet per definitie milieuvriendelijker dan de klassieke chemische productie. De bevroegde experts concluderen dat de effecten per product en context verschillen. Alleen een volledige levenscyclus kan aantonen of de industriële biotechnologie een milieuvoordeel oplevert. Volgens de studie "Industriële Biotechnologie. Duurzaamheid getoetst", in opdracht van het Nederlandse Ministerie van VROM is bijvoorbeeld de productie van sommige bioplastics zelfs minder milieuvriendelijk dan de conventionele productie van plastics. Bovendien is het vaak net de intelligente combinatie van de industriële biotechnologie en de klassieke chemie die het meest duurzame productieproces oplevert.

Een tweede aspect is de economische impact van de industriële biotechnologische productie. De experts halen aan dat het gebruik van hernieuwbare bronnen de economische afhankelijkheid van andere landen zou kunnen verminderen. Hernieuwbare grondstoffen kunnen namelijk meer verspreid over de wereld geteeld worden. De productie is ook minder in handen van een sterke machtsconcentratie bij de industrie, zoals bij petroleum.

20 Toch plaatsen de ondervraagden bij deze beloften een aantal kritische noten. Ze merken op dat het telen van hernieuwbare grondstoffen op een duurzame wijze moet gebeuren, en dus niet de oorzaak mag zijn van bijvoorbeeld ontbossing van de tropische regenwouden. Een certificeringmechanisme is aangewezen. De productie van hernieuwbare grondstoffen moet door de landbouw kritisch geëvalueerd worden, vooral met betrekking tot bodemverarming en bodemerosie, teneinde de duurzaamheid en hernieuwbaarheid van de biomassa te garanderen.

Alhoewel de industriële biotechnologie kan bijdragen tot een duurzamer productieproces, is dit argument meestal niet de drijvende kracht voor de introductie van een biotechnologisch proces. Kostprijs en efficiëntie zijn meestal de doorslaggevende argumenten in plaats van de ecologische redenen.

4.2 Hoe veilig is het gebruik van de industriële biotechnologie?

De industriële biotechnologie maakt gebruik van micro-organismen, zoals bacteriën en schimmels, die de gewenste stoffen produceren. Deze organismen zijn goed gekend en onschadelijk voor mens en dier. Omdat ze al vele jaren zonder veiligheidsproblemen worden gebruikt, behoren ze tot de klasse van "GRAS" micro-organismen (Generally Regarded As Safe).

Met behulp van DNA-technologie kan het erfelijke materiaal van deze micro-organismen aangepast worden. Deze genetisch gewijzigde micro-organismen kunnen dan stoffen produceren, die ze van nature niet of enkel in kleine hoeveelheden aanmaken. Het industriële productieproces gebeurt in de fermentor of bioreactor. Deze vaten waarin de micro-organismen gekweekt worden, zijn volledig van de buitenwereld afgesloten. Na gebruik worden de micro-organismen afgezonderd van het product en afgedood. Omdat de genetisch gewijzigde micro-organismen niet in het milieu terechtkomen, spreekt men van ingeperkt gebruik (zie ook www.biosafety.be).

Het product zelf wordt verder gezuiverd en het eindproduct bevat geen micro-organismen. De meeste producten die gemaakt worden via industriële biotechnologie hebben een niet-GGO status of zijn bedoeld voor specifiek of ingeperkt gebruik. Hierdoor vallen deze buiten het veld van het Cartagena Protocol over Bioveiligheid (Rio 1992). In België is deze wetgeving geïmplementeerd op gewestelijk niveau in het Besluit van de Vlaamse regering van 6 februari 2004 tot wijziging van het Besluit van 6 februari 1991 (VLAREM I) en het Besluit van 1 juni 1995 (VLAREM II).

4.3 Wat is de perceptie van de burger tegenover de industriële biotechnologie?

De Europese bevolking krijgt steeds meer vertrouwen in de biotechnologie. Dat blijkt uit recente resultaten van de Eurobarometer, een rondvraag bij 25.000 burgers in de 25 lidstaten van de Europese unie. Meer dan de helft van de ondervraagden gelooft dat de biotechnologie zijn levensstandaard kan verbeteren. Vooral de medische toepassingen krijgen veel vertrouwen, maar ook de witte biotechnologie kan op steun rekenen.

De houding van de Europese burger blijft daarentegen erg kritisch ten aanzien van de genetische modificatie van landbouwgewassen of de groene biotechnologie. De bevroegde experts vrezen dat deze kritische houding zal doorgetrokken worden

naar de industriële biotechnologie, indien de consument te weinig ingelicht wordt over de mogelijkheden en het gebruik van deze technologie.

In de toekomst kunnen bovendien genetisch gemodificeerde gewassen ontwikkeld worden, specifiek voor het gebruik als hernieuwbare grondstof voor de industriële biotechnologie. Het is de vraag of de huidige terughoudendheid van de Europese bevolking ook zal gelden voor genetisch gemodificeerde gewassen die niet voor voedingsdoeleinden worden gebruikt.

4.4 Wat zijn de toekomstverwachtingen?

De bevroegde deskundigen menen dat de industriële biotechnologie op korte termijn het grootste groeipotentieel biedt binnen de energiesector. Ook in de chemische sector verwachten ze een grote economische impact, onder meer door de verdere uitbouw van het gebruik van de industriële biotechnologie in goedkopere en eenvoudiger productieprocessen. Bij de fijnchemie is de hoge toegevoegde waarde van de producten een belangrijke factor. De bulkchemie is wat terughoudender omdat het om een relatief nieuwe en onbeproeft technologie gaat en omwille van de prijsdruk, de hoge investeringen en grootschaligheid van de vereiste productie-installaties. De grootschalige productie van biologisch afbreekbare producten, zoals bioplastics, biedt volgens verschillende bevroegden al op korte termijn veel mogelijkheden.

De experts verwachten dat de impact op de farmaceutische sector, de voeding- en textielsector beperkter zal zijn.

4.5 Wat betekent de industriële biotechnologie voor de Vlaamse landbouwsector?

De landbouwsector is de primaire producent van hernieuwbare grondstoffen die nodig zijn voor de productie van bijvoorbeeld biobrandstoffen en bioplastics. De bevroegde deskundigen verwachten dat de landbouwsector op die manier deels zal evolueren van een voedselproducent naar een producent van grondstoffen en energie voor de industrie. Dit kan belangrijke gevolgen hebben voor de Vlaamse landbouwsector.

De experts verwachten dat de landbouwtechnieken en de keuze van de geteelde gewassen meer gericht zullen worden op de vraag van de verwerkende biotechnologische industrie. Dit kan leiden tot de introductie van nieuwe gewassen en teeltmethodes binnen de Vlaamse landbouw. Een voorsmaakje hiervan is de recente introductie van koolzaad, een gewas dat tot voor kort nauwelijks werd geteeld in Vlaanderen. De nakende introductie van biodiesel in België heeft geleid tot een sterke belangstelling voor dit gewas, zodat in 2006 tien keer meer koolzaad geteeld wordt dan in 2005.

Vermits het Vlaamse landbouwareaal beperkt is, menen een aantal deskundigen dat de introductie van deze gewassen in competitie dreigt te treden met het telen van voedingsgewassen. Volgens hen moet de voedselproductie in Vlaanderen een prioriteit blijven en wordt er te snel overgegaan op de grootschalige productie van biobrandstoffen. Vooral gevestigde industriële gebruikers van landbouwgrondstoffen vrezen dat de subsidieregeling voor de productie van grondstoffen voor biobrandstoffen de teelt van traditionele gewassen zou kunnen verdringen.

22

Een andere groep deskundigen stelt dat er, zowel op Belgisch als op Europees niveau, grote landbouwoverschotten zijn, die de prijs van de voedingsgewassen omlaag duwen. Vooral sinds de toetreding van tien nieuwe lidstaten in 2004, staat de Europese landbouwsector sterk onder druk. Volgens hen is de gedeeltelijke overschakeling naar niet-voedingsgewassen aangewezen, om de overschotten te vermijden en de neerwaartse prijsdruk te verminderen. Deze ontwikkeling wordt sterk gesteund door de Europese Commissie die reeds een duidelijke strategie rond biobrandstoffen uitwerkte. Ook binnen het Belgische en Vlaamse beleid worden de productie en het gebruik van biobrandstoffen uit teeltgewassen aangemoedigd.

Volgens de bevroegde experts bestaat de uitdaging erin om de landbouwsector zo goed mogelijk te betrekken in de hele keten van grondstof tot product. Voor de productie van de grondstof is de landbouwer direct betrokken partij. Op een gemengd bedrijf met veeteelt bestaat eveneens de opportuniteit om de bijproducten van de teelt aan te wenden in de veevoeding, bijvoorbeeld de perskoek van koolzaad. Uit de bevraging blijkt een zekere bezorgdheid dat de landbouwer met betrekking tot de biobrandstofsector geen invloed op de markt zal hebben en lage prijzen voor zijn producten zal moeten accepteren. Het gebruik van landbouwkundige nevenstromen van de landbouw zoals stro, als grondstof voor de industriële biotechnologie, kan ook leiden tot logistieke verschuivingen binnen de landbouw.

4.6 Kan Vlaanderen een biogebaseerde economie uitbouwen?

Vandaag bevindt onze maatschappij zich aan het begin van de overgang van een fossielgebaseerde economie naar een biogebaseerde economie. In een biogebaseerde economie worden onze behoeften grotendeels gedekt door hernieuwbare grondstoffen, die in bioraffinaderijen worden omgezet tot chemische stoffen, materialen en energie. Naast de voordelen voor het milieu, kan deze evolutie een positieve bijdrage leveren aan de Vlaamse kenniseconomie door het creëren van werkgelegenheid voor hooggeschoold personeel.

Toch zijn er nog heel wat hinderpalen voor de uitbouw van een biogebaseerde economie. Het telen van grondstoffen voor de productie van energie en bulkchemicaliën is enkel mogelijk wanneer er voldoende schaalgrootte wordt bereikt, zowel in de landbouw als in de verwerkende sector. Vlaanderen is een dichtbevolkte regio met een beperkt landbouwareaal, zodat we onmogelijk zelf in de vraag naar hernieuwbare grondstoffen kunnen voorzien. De inherente kleinschaligheid en ruimtelijke versnippering van het Vlaamse landbouwareaal hoeven volgens andere bevroegden geen beperking te vormen. Zij argumenteren dat de sterkte van Vlaanderen ligt in de centrale ligging in Europa, vlotte verbindingen en infrastructuur geschikt voor de doorvoer van grondstoffen en producten. De hernieuwbare grondstoffen kan men invoeren uit de buurlanden, Oost-Europa, Amerika en misschien zelfs Afrika.

Een andere hindernis voor de uitbouw van een biogebaseerde economie is de hoge grondstofprijzen. Zo ligt de suikerprijs in de Europese Unie artificieel hoog. De energieprijzen zijn niet beduidend minder dan in andere delen van de wereld en de arbeidskosten zijn zeer hoog. Een respondent stelt daarom dat Vlaanderen zich beter richt op gedifferentieerde nicheproducten zoals fijnchemicaliën, waar de grondstofkosten minder doorslaggevend zijn.

4.7 Investerings in het onderzoek en de toepassingen van de industriële biotechnologie

23

Vlaanderen kan volgens de bevroegden enkel in de richting van een biogebaseerde economie evolueren als de overheid een stimulerend beleid uitstippelt en als er meer risicokapitaal wordt vrijgemaakt voor de industriële biotechnologie. Risicokapitaalinvesteerders geven aan dat zij bij voorkeur investeren in de hen best bekende domeinen, namelijk de rode en de groene biotechnologie.

Het BIPB platform roept in zijn aanbevelingen van maart 2006 op om meer aandacht te besteden aan de uitbouw van de industriële biotechnologie, door steun aan grensverleggend en multidisciplinair toegepast onderzoek en de opbouw van voldoende kritische massa in onderzoek en ontwikkeling. Meerdere experts uit de viWTA-bevraging sluiten hierbij aan door te stellen dat het Vlaamse onderzoeksveld vandaag hoofdzakelijk aandacht besteedt aan het onderzoek in de rode en de groene biotechnologie, en minder aan de witte biotechnologie. Een aantal respondenten is voorstander van de oprichting van een specifieke infrastructuur in de schoot van de bestaande expertisecentra. Anderen stellen voor om de ontwikkeling van de industriële biotechnologie te ondersteunen, via onderzoeksprogramma's en het samenbrengen van actoren. In het witboek Life Science Industrie Vlaanderen wordt aanbevolen het IWT-kanaal voor het strategisch basisonderzoek meer middelen te geven en het relatieve aandeel van de industriële biotechnologie te laten stijgen, door aan het selectiecriteria voor duurzame technologische ontwikkeling meer gewicht toe te kennen. Dit witboek pleit ook om te investeren in een Vlaamse pilootinstallatie voor industriële biotechnologie en bioraffinage.

VOOR WIE MEER WIL LEZEN OVER DE WITTE BIOTECHNOLOGIE

Rode, groene en witte biotechnologie: what's in a name? (2005).

Vandamme, E.J. en Soetaert, W. Het Ingenieursblad. 1-2: p. 22-23.

Bacteriën, gisten en schimmels voor duurzame chemie. (2005).

Soetaert, W. en Vandamme, E.J.. Het Ingenieursblad. 1-2:40-46.

Industriële Biotechnologie in Nederland: Economische betekenis en toekomstige ontwikkelingen.

Rapport van de Nederlandse Organisatie voor toegepast natuurwetenschappelijk onderzoek. (TNO).

Oktober 2004.

Industrial Biotechnology and Sustainable Chemistry. (2004).

A report from the Royal Belgian Academy Council of Applied Science, BACAS.

White Biotechnology: Gateway to a More Sustainable Future,

EuropaBio.

Industrial or White Biotechnology: A driver of sustainable growth In Europe.

EuropaBio and ESAB.

Looking ahead in Europe: White biotech by 2025. (2005).

Carrez, D. en Soetaert, W.. Industrial Biotechnology. p. 95-101

Industriële biotechnologie: sleutel tot duurzame chemie. (2003).

FEDICHEM. Jij en de chemie. 19:1-12.

The vision for 2025 and beyond: A European Technology Platform for Sustainable Chemistry.

European Technology Platform for Sustainable Chemistry (SUSCHEM).



DANKWOORD

Het viWTA en het Laboratorium voor Industriële Microbiologie en Biokatalyse (UGent) danken de volgende experts voor hun deelname aan de bevraging:

Bauweleers Hugo, DSM Nutricional Products/S.A.Citrique Belge N.V.
Bienfait Charles, Solvay nv
Carrez Dirk, EuropaBio
Claeys Bram, Bond Beter Leefmilieu vzw
Custers René, Vlaams Interuniversitair Instituut voor Biotechnologie
Declerck Johan, POM Oost Vlaanderen
Dedecker Luc, Sartorius
De Rijck Kim, De Standaard
Develter Dirk, Natuurpunt vzw
Dobbelaere Sofie, UGent en Gent Bio-Energy Valley
Fabry Luc, Flanders Investment and Trade Director, Business Development
Hedebouw Liselotte, Sociaaleconomische Raad van Vlaanderen
Hertogs Julie, GIMV Life Sciences, Investeringsmaatschappij voor Vlaanderen nv
Huyghe François, Boerenbond
Janssens Lieven, Kaneka Pharma Europe
Lamot Erwin, Flanders' FOOD
Speleers Lode, BIORO nv
Stoufs Claude en Lambrechts Marc, Capricorn Venture Partners nv
Thevelein Johan, KULeuven Faculteit wetenschappen - Departement biologie
Vande Weghe Sandra, Algemeen Boerensyndicaat
Van Eylen Frans, voormalig EU-expert commissie granen
Van Ginneken Luc, VITO Milieu en procestechnologie
Van Hove Lauris, BASF Antwerpen nv
Van Loo Albert, Genencor International BVBA en Bio.be
Van Loo Jan, Orafti
Verhaeghen Katarina, Vivactis nv
Verstraete Willy, UGent Vakgroep Biochemische en microbiële technologie
Wijnants Marc, Karel de Grote Hogeschool Antwerpen Campus Hoboken, Biochemie

DE BRONNEN VAN DIT DOSSIER

1. *Biotechnologie: nieuwe oplossingen voor nieuwe uitdagingen*. Jij en de biotechnologie, Fedichem, 2001: p. 1-12.
2. *Industriële biotechnologie: sleutel tot duurzame chemie*. Jij en de chemie, Fedichem, 2003. 19: p. 1-12.
3. Vandamme, E.J. en Soetaert W., *Rode, groene en witte biotechnologie: what's in a name?* Het Ingenieursblad, 2005. 1-2: p. 22-23.
4. *Industrial or White Biotechnology: A driver for sustainable growth in Europe*. Werkdocument van EuropaBio en ESAB.
5. *Royal Belgian Academy Council of Applied Science Rapport van de BACAS werkgroep Industrial Biotechnology and Sustainable Chemistry*. 2004.
6. *Innovating for a Better Future: Sustainable Chemistry Strategic Research Agenda*. European Technology Platform for Sustainable Chemistry (SUSCHEM). 2005.
7. Soetaert, W. en Vandamme, E.J., *Bacteriën, gisten en schimmels voor duurzame chemie*. Het Ingenieursblad (KVIV), 2005. 1-2: p. 40-46.
8. *Cursus Industriële Microbiologie en Biokatalyse*. Gedoceerd door Prof. Soetaert aan de Universiteit Gent.
9. *Enzymen in je lijf en in je leven. Een kijk op biotechnologie*. Vlaams Interuniversitair Instituut voor Biotechnologie (VIB).
10. Koppelaar, R., *World Oil Production & Peaking Outlook*. Peak Oil Netherlands Foundation.
11. *Rapport van de World Commission on Environment and Development. 'Brundtland-rapport': Our Common Future*, 1987.
12. *Bachmann, R. Industrial Biotechnology - new value creation opportunities*. Een studie door McKinsey & Co. 2002.
13. *White Biotechnology: Gateway to a More Sustainable Future*. EuropaBio.
14. *Industriële Biotechnologie, Duurzaamheid Getoetst*. Studie in opdracht van het Nederlands Ministerie van VROM. November 2004.

DE BRONNEN VAN DIT DOSSIER

15. *The Application of Biotechnology to Industrial Sustainability*. OECD 2001.
16. *Industrial (White) Biotechnology, An Effective Route to Increase EU Innovation and Sustainable Growth*.
Position document van DSM.
17. *Industrial or White Biotechnology: A driver for sustainable growth in Europe*. Brochure van ESAB en EuropaBio.
18. Herrera, S., *Industrial biotechnology - a chance at redemption*. Nature Biotechnology, 2004. 22(6): p. 671-675.
19. Bachmann, R., *Industrial Biotechnology - new value creation opportunities*. McKinsey & Co. 2002.
20. *A Pillar for the Dutch Knowledge Economy*, Dutch Ministry of Economic Affairs, Life Sciences, July 2003.
21. Lorenz, P. en Zinke, H., *White biotechnology: differences in US and EU approaches*.
Trends in Biotechnology, 2005. 23(12): p. 570-574.
22. *Energiegewassen in de Vlaamse landbouwsector*.
Een publicatie van het Steunpunt Duurzame Landbouw (STEDULA). Februari 2003.
23. Belgian Biosafety Server, www.biosafety.be
24. *Cartagena Protocol on Biosafety, Convention on Biological Diversity*, Rio Earth Summit 1992.
<http://www.biodiv.org/biosafety/protocol.asp>
25. *Handelingen van de Commissie voor Economie, Werk en Sociale Economie*. 8 december 2005.
26. *Conference on Renewable Energy for Europe - Research in Action*.
Openingsrede Fernandez Ruiz. Brussels. 21 november 2005.
27. *The vision for 2025 and beyond: A European Technology Platform for Sustainable Chemistry. SUSCHEM*
(European Technology Platform for Sustainable Chemistry).
28. Website van Bio-Based Sustainable Industrial Chemistry: www.b-basic.nl.
29. Website van het Kluiver Centre for Genomics of Industrial Fermentation: www.kluivercentre.nl.
30. Website van Faraday Partnership Biocatalysis for Manufacture: www.pro-bio-faraday.com.
31. Website van Bio-Wise: www.biowise.org.uk.
32. *Wörlitz Declaration, Moving away from Oil; Towards the post-fossil age*.
Resolutie aangenomen door Bündnis 90/iDe Grünen, op 14 januari 2005.
33. Website van het Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH www.tig.or.at, www.ffg.at.
34. Website van het Baltic 21 Institute for Sustainable Industry: www.baltic21institute.org.
35. *US Presidential executive order 13134: Developing and Promoting Bio based Products and Bio energy*.
36. *Climbing the helical staircase: A survey of biotechnology*. The Economist (London). 29 maart 2003, p3-18.
37. Website van bio-economy.net www.bio-economy.net
38. TNO-rapport (2004) *Industriële Biotechnologie in Nederland: Economische betekenis en toekomstige ontwikkelingen*.
39. *An EU strategy for biofuels* (2006). European Commission COM (2006) 34
40. *Bringing biofuels to the pump. An aggressive plan for ending America's oil dependence* (2005).
Nathanael Greene & Yerina Mugica. Natural Resources Defense Council.
41. Campbell & Laherrère, *The end of cheap oil*. Scientific American. Maart 1998.
42. Website van Ghent Bio-Energy Valley: www.gbev.org
43. De BIPIB aanbevelingen zijn beschikbaar op de volgende URL
http://www.belspo.be/belspo/home/actua/2006_03_30_BIPIB_nl.pdf
44. Website van Suschem: www.suschem.org.



WITTE BIOTECHNOLOGIE

Colofon

Bevraging en samenstelling dossier

Laboratorium voor Industriële Microbiologie en Biokatalyse (Limab) - Universiteit Gent

Promotoren: Prof. Wim Soetaert en Prof. Erick Vandamme

Uitvoerders: Dr. Wesley Carpentier en Dr. Dominique Delmeire

Projectmanagement

Els Van den Cruyce en Stef Steyaert (viWTA)

Taaladvies

Luk Vanrespaille

Lay-out

B.aD

Drukwerk

Drukkerij Michiels

Verantwoordelijke uitgever

Robby Berloznik, directeur viWTA

Vlaams Parlement

1011 Brussel

De heer Robert Voorhamme is voorzitter van de Raad van Bestuur van het viWTA.

Mevrouw Trees Merckx - Van Goey en de heer Jean-Jacques Cassiman zijn de ondervoorzitters.

De Raad van Bestuur van het viWTA bestaat uit:

mevrouw Patricia Ceysens

de heer Eloi Glorieux

mevrouw Kathleen Helsen

mevrouw Trees Merckx - Van Goey

de heer Jan Peumans

de heer Erik Tack

mevrouw Marleen Van den Eynde

de heer Robert Voorhamme

als Vlaamse Volksvertegenwoordigers;

de heer Paul Berckmans

de heer Jean-Jacques Cassiman

mevrouw Ilse Loots

de heer Freddy Mortier

de heer Nicolas Van Larebeke-Arschodt

de heer Harry Martens

mevrouw Irène Veretennicoff

de heer Stefan Gijssels

als vertegenwoordigers van de Vlaamse wetenschappelijke en technologische wereld.

Het Vlaams Instituut voor Wetenschappelijk en Technologisch Aspectenonderzoek

Het Vlaams Instituut voor Wetenschappelijk en Technologisch Aspectenonderzoek is een onafhankelijke en autonome instelling verbonden aan het Vlaams Parlement, die de maatschappelijke aspecten van wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen onderzoekt. Dit gebeurt op basis van studie, analyse en het structureren en stimuleren van het maatschappelijke debat. Het viWTA observeert wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen in binnen- en buitenland en verricht prospectief onderzoek over deze ontwikkelingen. Op basis van deze activiteiten informeert het viWTA doelgroepen en verleent het advies aan het Vlaams Parlement. Op die manier wil het viWTA bijdragen tot het verhogen van de kwaliteit van het maatschappelijk debat en tot een beter onderbouwd besluitvormingsproces.