

# Bioplastics



CHRISTIAAN BOLCK (REDACTIE)

Uitgegeven in de reeks "Groene Grondstoffen".

Eerdere uitgaven:

1. S. Vellema en B. de Klerk-Engels (2003) Technologie voor gezondheid en milieu; agenda voor duurzame en gezonde industriële toepassingen van organische nevenstromen en agro-grondstoffen in 2010.
2. C. Bolck, M. van Alst, K. Molenveld, G. Schennink en M. van der Zee (2003) Nieuwe composteerbare verpakkingsmaterialen voor voedseltoepassingen.
3. S. Vellema (samenstelling) (2003) Markten voor groene opties: ervaringen in verpakkingen, verven en isolatiematerialen.
4. H. Bos en B. van Rees (2004) Groene grondstoffen in productie, nieuwe ontwikkelingen in de markt.
5. H. Bos en M. van den Heuvel (2005) Technologische innovaties in de keten, groene grondstoffen in ontwikkeling

Meer informatie over het programma Groene Grondstoffen is te vinden op [www.groenegrondstoffen.nl](http://www.groenegrondstoffen.nl)

## **Inhoudsopgave**

<b>1. Inleiding .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Afvalverwijderingsroutes .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Wet- en regelgeving .....</b>	<b>12</b>
<b>4. Milieubelasting.....</b>	<b>15</b>
<b>5. Indeling beschikbare materialen.....</b>	<b>17</b>
<b>6. Plastics uit polymeren van natuurlijke oorsprong.....</b>	<b>19</b>
<b>7. Plastics uit monomeren van natuurlijke oorsprong.....</b>	<b>23</b>
<b>8. Plastics gemaakt door micro-organismen .....</b>	<b>25</b>
<b>9. Plastics op basis van aardolie.....</b>	<b>26</b>

## 1. Inleiding

De vraag naar bioplastics die geschikt zijn voor bulktoepassingen als voedselverpakkingen is de afgelopen jaren sterk gestegen. Dit komt doordat er een sterke interesse is voor alternatieven voor bulkpolymeren zoals polyethyleen (PE), polypropyleen (PP) en polyethyleentereftalaat (PET) wat te danken is aan een aantal vooraanstaande supermarktketens en producenten van A-merken die op zoek zijn naar een 'biologisch' verpakkingsmateriaal; een materiaal met de voordelen van plastics maar dat niet de negatieve associatie oproept van afvalbergen, zwerfvuil en milieuvervuiling.

Bioplastics worden als duurzaam gezien omdat ze zijn gemaakt op basis van agrogrondstoffen. Dat maakt dat de producten niet bijdragen aan de uitstoot van het broeikasgas CO<sub>2</sub>. Veel bioplastics zijn daarnaast biologisch afbreekbaar en kunnen daarom bijvoorbeeld als verpakkingsmateriaal samen met de voedselresten gecomposteerd worden.

De toegenomen vraag heeft echter ook een duidelijk economische achtergrond. De industrie is namelijk op zoek naar polymeren waarvan de prijs minder afhankelijk is van de - al maar stijgende - olieprijs. Omdat veel van de bulkproductie wegtrekt naar lage lonen landen als China en Polen zijn bedrijven daarbij op zoek naar plastics met een toegevoegde waarde die bedrijven een (technologische) voorsprong kunnen bieden op deze lage lonen landen.

Op het gebied van bioplastics heeft Nederland Europees gezien een zeer sterke positie. De business unit BioBased Products van Wageningen UR heeft daaraan bijgedragen door samen met haar klanten al meer dan een decennium te werken aan nieuwe bioplastics en producten die hiervan kunnen worden gemaakt. Het Ministerie van LNV speelt daarbij een belangrijke stimulerende rol en Wageningen UR op haar beurt ondersteunt LNV en andere ministeries bij het beantwoorden van beleidsvragen op dit onderwerp. Wageningen UR verleent daarnaast assistentie bij wet- en regelgeving. Zo heeft Wageningen UR vanuit Nederland bijgedragen aan de totstandkoming van de Europese norm voor composteerbare verpakkingsmaterialen (EN 13432). Tevens stimuleert Wageningen UR het leggen van contacten tussen en binnen het bedrijfsleven, de wetenschap en de overheid. Dit heeft onder meer geleid tot de oprichting van het innovatiecentrum biopolymeren samen met de federatie Nederlandse Rubber- en Kunststofindustrie (NRK), stond Wageningen UR aan de wieg van de Belangenvereniging Composteerbare Producten Nederland (BCPN) en organiseert Wageningen UR geregeld symposia en workshops over dit onderwerp.

Dit boekje is een geheel herziene versie van “Nieuwe composteerbare verpakkingsmaterialen voor voedseltoepassingen” uit 2003. Dit boekje heeft als doel een overzicht te schetsen over beschikbare biopolymeren die een alternatief zouden kunnen zijn voor bulkplastics als PP en PET. Het boekje is bedoeld voor een breed publiek.

Het boekje gaat in eerste instantie in op de afvalverwijderingsroutes en de milieubelasting van bioplastics. Daarna wordt ingegaan op wet- en regelgeving die speelt rondom bioplastics. Vervolgens wordt meer materiaaltechnisch aandacht besteed aan de verschillende soorten bioplastics die momenteel op de markt zijn. Per materiaal wordt ingegaan op specifieke aspecten wat betreft de herkomst, verwerking en beschikbaarheid. Tevens wordt ingegaan op



specifieke eigenschappen en huidige toepassingsgebieden. Hierbij wordt in het bijzonder aandacht besteed aan de eigenschappen als voedselverpakkingsmateriaal, omdat voedselverpakkingen op dit moment een belangrijk toepassingsgebied vormen van dit soort materialen.

## 2. Afvalverwijderingsroutes

Na gebruik kunnen bioplastics op verschillende manieren worden verwijderd. Er zijn de traditionele verwijderingsroutes zoals storten, materiaal- en productrecycling en energierugwinning. Daarnaast kunnen veel bioplastics ook op een biologische manier gerecycled worden door middel van composteren, vergisten of afbraak in de natuur.

### Storten

Bioplastic kan uiteraard gestort worden, maar dit is een weinig duurzame methode van afvalverwijdering omdat de grondstof niet hergebruikt wordt. Storten zou gezien kunnen worden als een manier om koolstof vast te leggen. Dit kan een positieve bijdrage leveren aan de CO<sub>2</sub>-balans waardoor het broeikaseffect wordt getemperd. Er kleven twee belangrijke nadelen aan storten. Het eerste nadeel is dat er voorzieningen getroffen dienen te worden om



het weglekken van gevaarlijke stoffen naar het grondwater en/of het ontsnappen van broeikasgassen of andere ongewenste gassen te voorkomen. Daarbij dient dit continu gemonitord te worden, ook als de stortplaats al gesloten is. Een ander nadeel van storten is dat het relatief veel ruimte inneemt.

### Materiaal- en productrecycling

Soms kan een product opnieuw worden gebruikt, of gerecycled worden zodat wordt bespaard op de grondstoffen voor nieuwe producten. Een principe dat goed functioneert bij bijvoorbeeld productieafval. Voor plastics die terecht komen in het huishoudelijk afval of bijvoorbeeld afkomstig zijn uit de land- en tuinbouw blijkt recycling lastig omdat kleine verontreinigingen de kwaliteit van het materiaal al danig doet afnemen. Daarom worden plastics die terecht komen in bijvoorbeeld huishoudelijk afval momenteel verbrand in afvalverbrandingsinstallaties.

Composteerbare verpakkingen kunnen daarnaast ook met de GFT-fractie van huishoudelijk afval gecomposteerd worden.

### **Energieterugwinning**

Bij verbranding kan een deel van de energie teruggewonnen worden. Het rendement van huidige generaties afvalverbrandingsinstallaties is echter laag (circa 20%). Mogelijk kan dit rendement verhoogd worden indien verpakkingsafval apart wordt ingezameld of na afloop gescheiden wordt en als brandstof in energiecentrales gebruikt kan worden. De technische obstakels hiervoor zijn echter nog niet volledig weggenomen.

### **Biologische recycling**

Bij biologische recycling wordt in Nederland snel gedacht aan het composteren van GFT-afval in industriële installaties. Daarbij wordt een deel van de koolstof omgezet in humusachtige verbindingen die vervolgens in de grond slechts langzaam afbreken (een soort CO<sub>2</sub>-opslag). Daarbij draagt het gebruik van compost in land- en tuinbouw bij aan een duurzamer landgebruik (door bijvoorbeeld een verbeterde bodemstructuur, hogere waterretentie of minder gebruik van kunstmest). Compost kan ook veen vervangen in potgrond waarmee op het gebruik van fossiele grondstoffen wordt bespaard. Daarnaast zijn composteerinstallaties minder kapitaalintensief en minder milieubelastend dan afvalverbrandingsinstallaties omdat bij het afvalverwerkingsproces minder toxische verbindingen worden gevormd.

Composteren van bioplastics kan ook bij de consument thuis op de composthoop of in



*Door biologische activiteit stijgt in het composteringsproces de temperatuur.*

een speciaal vat. Het composteerproces bij dit zogenaamde thuiscomposteren werkt idealiter op dezelfde manier als bij industriële installaties. Voordeel is dat er geen transport van het afval nodig is, wat een milieutechnisch maar ook economisch voordeel oplevert. Daarom wordt deze wijze van composteren onder andere in Frankrijk en België sterk gepropageerd. Nadeel is dat door onkundig gebruik en kleinschaligheid het composteringsproces lang niet altijd optimaal en volledig

verloopt. Hierdoor kunnen schadelijke (broeikas-) gassen ontstaan en producten niet of niet volledig afbreken.

Vergisting of biologische afbraak met eventueel biogasterugwinning is vergelijkbaar met compostering. Echter, hier vindt de biologische afbraak onder gedeeltelijke zuurstofloze condities plaats waardoor biogassen zoals methaan ontstaan. Deze gassen kunnen afgevangen worden en gebruikt worden om elektriciteit mee te maken, auto's op te laten rijden of eten op te koken.

Biologische afbraak in de natuur is de minst te controleren biologische recyclingmethode. In sommige gevallen kan echter biologische afbraak in de bodem uitkomst bieden. Zo is deze vorm van biologische afbraak erg interessant voor land- en tuinbouwtoepassingen, omdat de bioplastic producten na het functionele gebruik simpelweg ondergeploegd kunnen worden. Het bespaart de boer of tuinder verwijderings- en afvalkosten. Nadeel is dat de mate en snelheid van biologische afbraak sterk afhangt van de biologische activiteit in de bodem, het bodemtype, de hoeveelheid neerslag en de warmte.

### **Zwerfafval**

Vaak worden bioplastics ook voorgesteld als (deel)oplossing voor het zwerfafvalprobleem. Het is echter niet reëel om er vanuit te gaan dat bioplastic producten zo gemaakt kunnen worden dat ze altijd volledig zullen afbreken, omdat niet bekend is op welke plaats het bioplastic terecht komt. Het is dan ook enkel voor te stellen dat bioplastics een reële oplossing zijn voor zwerfvuil als er een "trigger"- of onstekingsmechanisme zou kunnen worden aangebracht die de biologische afbraak in gang zet. Deze ontwikkeling bevindt zich alleen nog op de tekentafel.



### **3. Wet- en regelgeving**

#### **Europese wetgeving op verpakkingsafval**

In het kader van de toenemende afvalproblematiek heeft de Europese Unie bepaald dat lidstaten moeten zorgen voor minder verpakkingsafval en meer recycling (hergebruik). De doelen zijn vastgelegd in de Europese Richtlijn voor verpakkingen en verpakkingsafval. Lidstaten hebben de Europese richtlijn in wetten uitgewerkt en opgelegd.

Veel lidstaten werken met een systeem waarbij door de producent een heffing over de verpakking betaald moet worden waarmee de afvalverwerking betaald kan worden. Daarnaast is het idee dat de heffing zorgt voor een vermindering van de totale hoeveelheid afval. In Nederland is het meest bekende systeem het Duitse Duale Systeem (DSD) waarbij voor elke grondstof een ander tarief wordt gevraagd.

In Nederland kennen we dit systeem op dit moment nog enkel voor bijvoorbeeld wit en bruingoed, waar de consument bij aankoop van een artikel een verwijderingsbijdrage moet betalen. Voor verpakkingen kenden we tot nu toe enkel een zogenaamd convenant; een afspraak tussen bedrijfsleven en overheid waar doelstellingen werden afgesproken voor de reductie en recycling van verpakkingsafval.

Omdat de doelstellingen onvoldoende zijn gehaald dan wel zijn aangescherpt is het een en ander aan het veranderen. Dit gaat waarschijnlijk betekenen dat de Europese overheid de partij die het product op de markt brengt verantwoordelijk houdt. Specifiek voor Nederland betekent dit verder dat ook Nederland waarschijnlijk overstapt naar een soort heffing of verwijderingsbijdrage voor verpakkingen.

#### **Stimulering biomaterialen**

Kunststof verpakkingsafval dat afkomstig is van huishoudens, is doorgaans te vuil en te divers van samenstelling om eenvoudig te kunnen recycleren. Het composteren van huishoudelijk verpakkingsafval zou als alternatieve hergebruikvorm (nuttige toepassing) kunnen helpen om de doelen te kunnen halen. Daartoe is het noodzakelijk dat composteerbare verpakkingen samen met het GFT-afval ingezameld en vervolgens gecomposteerd mogen worden.

Lang niet alle Europese landen beschikken echter over een zo goed systeem van GFT-inzameling en verwerking als in Nederland. Toch wordt in verschillende andere lidstaten het gebruik van biomaterialen gestimuleerd. Dit gebeurt onder andere door vrijstelling van accijnzen (biobrandstoffen) en heffingen voor verpakkingsafval (verpakkingsmaterialen

gebaseerd op hernieuwbare grondstoffen en/of composteerbare verpakkingen). De reden hiervoor is het milieuvoordeel (broeikas effect) maar ook speelt de onafhankelijkheid van het Midden Oosten (herkomst ruwe aardolie) en steun voor de landbouw mee in deze beleidskeuze.

In Nederland bepaalt het GFT-besluit welk afval als GFT-afval mag worden bestempeld om te worden verwerkt tot compost. Deze wet bevat als bijlage een lijst met producten die, hoewel strikt genomen geen groente-, fruit- of tuinafval zijn, toch via de GFT-container ingezameld mogen worden. Voorbeelden zijn theezakjes, koffiefilters, en kattenbakvulling met Milieukeur. Door de vereniging van afvalverwerkers worden vanaf 2005 echter ook voedselverpakkingen voorzien van het kiemplantlogo geaccepteerd. Dit zijn verpakkingen die zijn gecertificeerd volgens de Europese norm voor composteerbaarheid van verpakkingsafval EN 13432. Het Ministerie van VROM, verantwoordelijk voor het Nederlandse afvalbeleid, overweegt thans hoe dit systeem in wetgeving moet worden opgenomen.

### **Europese norm voor composteerbaarheid van verpakkingsafval**

Een materiaal is volledig biologisch afbreekbaar als het in een composteerproces kan worden afgebroken en daarbij wordt omgezet tot compost. Het afbraakproces kan zuiver biologisch door micro-organismen worden bewerkstelligd, maar fysische of chemische processen (door bijvoorbeeld de hogere temperatuur, mechanische afschuiving, zuurgraad, ultraviolette straling, zuurstof etc.) kunnen ook een rol spelen. In feite mag een composteerbaar materiaal geen negatieve effecten hebben op het composteerproces, noch op de kwaliteit van de



*Door middel van onderzoek wordt de biologische afbreekbaarheid van (nieuwe) materialen onderzocht.*

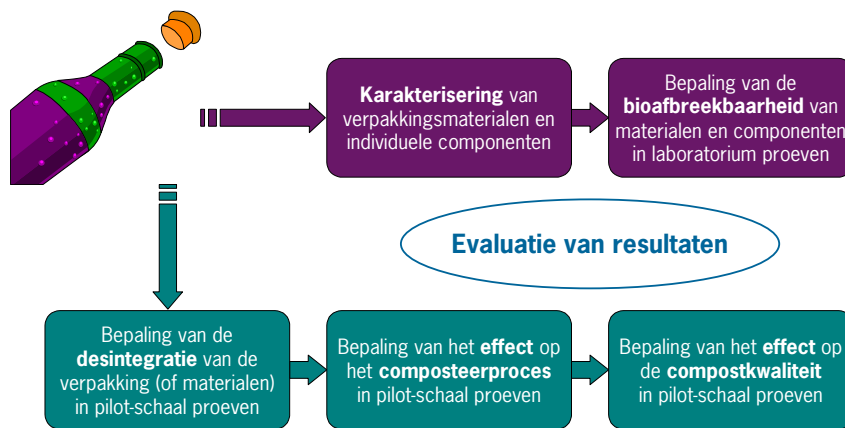
uiteindelijk verkregen compost. Dat betekent dat afbraakproducten niet (eco)toxisch mogen zijn en in de natuurlijke koolstofkringloop moeten worden opgenomen (dat wil zeggen niet accumuleren).

Om te bepalen of een materiaal of product hieraan voldoet, zijn door de International Standards Organization (ISO), en op Europees niveau door CEN, een reeks

standaardtestmethoden en -normen opgesteld. De belangrijkste hiervan is EN 13432 (en de gelijkwaardige ISO 17088), zie ook figuur 1.

Deze norm gaat uit van het principe dat voor een composteerbaar product moet worden aangetoond dat:

- Alle onderdelen en materialen van het product inherent biologisch afbreekbaar zijn;
- Het totale product voldoende uiteenvalt gedurende het composteerproces;
- Het product geen nadelig effect heeft op het composteerproces;
- De kwaliteit van de compost niet nadelig wordt beïnvloed.



*Figuur 1: Schematisch weergave van het testschema volgens EN 13432*

### Kiemplantlogo

De term composteerbaar is niet wettelijk beschermd. Omdat composteerbare producten er net zo uitzien als niet-composteerbare varianten, is er voor composteerbaarheid een identificatie- en certificeerprogramma opgezet. Bij de ontwikkeling van dit programma zijn

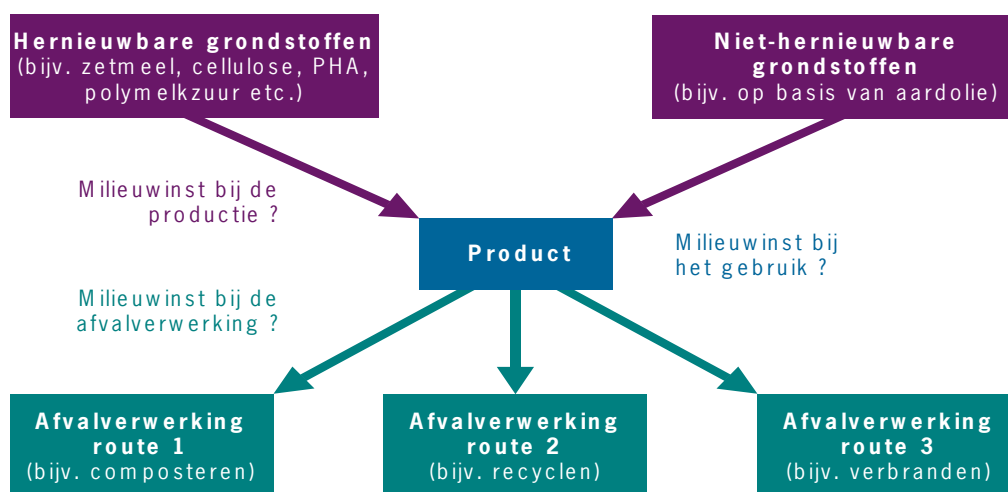


composteerbaar

naast materiaalproducenten ook experts op het gebied van afvalverwijdering en compostkwaliteit betrokken waardoor er een breed draagvlak is voor het gehanteerde systeem. In Nederland worden volgens EN 13432 gecertificeerde composteerbare producten - net als in sommige andere Europese landen - voorzien van het hiernaast afgebeeld kiemplantlogo.

## 4. Milieubelasting

De milieubelasting van bioplastics kan in drie fases van de levenscyclus vergeleken worden; (1) bij de vervaardiging van producten van bioplastics, (2) bij het functionele gebruik en (3) bij de afvalverwijderingsroute.



In het kader van het Europese project Packtech en voor Unilever Research heeft Wageningen UR op basis van het bovenstaande model studies uitgevoerd naar de ecologische voetafdruk van voedselverpakkingsmaterialen. Uit deze studies zijn de volgende algemene conclusies te trekken:

### Productie

Doorslaggevend voor de totale ecologische voetafdruk blijkt te zijn in hoeverre het bioplastic product gemaakt is op basis van agrogrondstoffen. Deze redenering geldt overigens ook voor andere biopolymeren als papier en karton. Levenscyclusanalyses (LCA's) laten zien dat er door het gebruik van hernieuwbare grondstoffen aanzienlijke besparingen op de energieconsumptie en (netto) CO<sub>2</sub>-emissies worden gehaald ten opzichte van de productie van polymeren uit fossiele brandstoffen zoals olie. Het vervangen van conventionele plastics door bioplastics draagt hiermee dus bij aan het terugdringen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot - één van de speerpunten van het Nederlandse milieubeleid.

**Gebruik**

Of bioplastics bij het functionele gebruik milieuwinst oplevert ten opzichte van conventionele plastics is generiek niet aan te geven omdat het zal afhangen van de toepassing en het gebruikte materiaal. De verschillen zullen echter marginaal zijn omdat de functionele eisen aan een verpakking leidend zullen zijn voor het gebruik van een materiaal.

**Afvalverwerking**

In het vorige hoofdstuk is een uitgebreide beschrijving gegeven van de verschillende afvalverwerkingroutes en zijn deze routes onderling vergeleken. Als naar de totale milieubelasting wordt gekeken blijkt echter dat voor bioplastics niet de verwachting is dat er significante verschillen zijn wat betreft milieubelasting wanneer een bioplastic wordt verbrand of wordt gecomposteerd. De manier waarop de afvalverwerking is ingericht bepaalt uiteindelijk in grote mate of een van deze of andere routes (bijvoorbeeld vergisten of recyclen) de meest milieuvriendelijke optie is. Ook als bioplastics worden vergeleken met conventionele synthetische plastics wat betreft verbrandingswaarde (verbranden) of recycleerbaarheid, zijn er geen significante verschillen.

## 5. Indeling beschikbare materialen

Bioplastics verschillen onderling sterk van elkaar. Zelfs binnen een specifiek materiaal is het mogelijk om verschillende varianten te produceren die zeer verschillende eigenschappen hebben. De materialen kunnen worden gerangschikt in de volgende vier categorieën:

### **Plastics uit polymeren van natuurlijke oorsprong**

Plastics uit polymeren van natuurlijke oorsprong zijn polymeren die direct worden geëxtraheerd en gewonnen uit biomassa zoals bijvoorbeeld hout, maïs, tarwe, rijst en aardappels. Voorbeelden hiervan zijn zetmeel en cellulose.

### **Plastics uit monomeren van natuurlijke oorsprong**

Plastics kunnen worden opgebouwd uit monomeren van natuurlijke oorsprong. Vaak wordt voor de productie gebruik gemaakt van klassieke chemische synthese. De monomeren daarentegen worden vaak op een biotechnologische wijze verkregen uit agrogrondstoffen. Hierbij worden naast chemische en fysische omzettingen ook enzymatische en microbiologische omzettingprocessen gebruikt. Voorbeelden zijn de polyesters Poly Lactic Acid (PLA) op basis van melkzuur en PolyTrimethyleen Tereftalaat (PTT) op basis van 1,3-propaandiol (PDO).

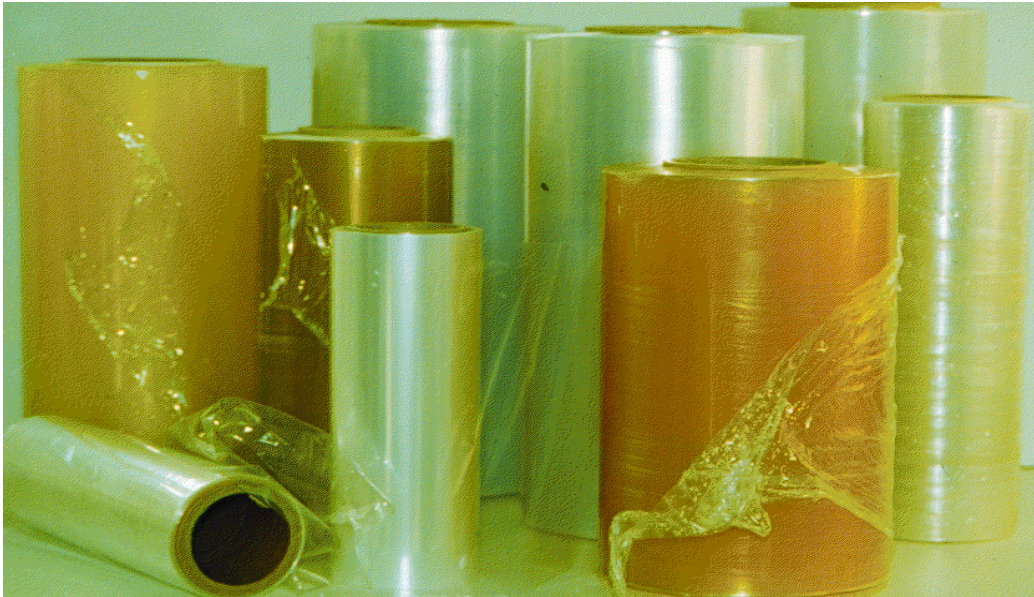
### **Plastics gemaakt door micro-organismen**

Plastics gemaakt door micro-organismen zijn plastics die worden geproduceerd door bacteriën, gisten of planten.

### **Plastics op basis van aardolie**

Er bestaan ook bioplastics die wel biologisch afbreekbaar en composteerbaar zijn maar die volledig zijn vervaardigd op basis van synthetische (op aardolie gebaseerde) monomeren.

In het algemeen kan worden aangegeven dat bioplastics qua verwerkbaarheid sterk lijken op reguliere bulkplastics zoals Polyethyleen (PE), Polypropyleen (PP) en Polyethyleentereftalaat (PET). Ook qua eigenschappen zijn ze te vergelijken. Afwijkend is bijvoorbeeld dat de composteerbare plastics op dit moment minder goed tegen hitte kunnen. De prijzen zijn de afgelopen tien jaar sterk gedaald door de stijgende vraag en productiecapaciteit. Momenteel is een niveau bereikt waar de prijzen concurrerend kunnen zijn voor specifieke nichemarkten zoals de voedselverpakkingen met een meerwaarde. Door de toenemende vraag is de verwachting dat in de komende jaren als gevolg van schaalvoordelen de prijs nog verder omlaag zal gaan. Producenten van sommige plastics voorspellen dat een granulaatprijs gelijk aan huidige bulkplastics of zelfs daaronder dan mogelijk moet zijn.



*Verschillende bioplastic verpakkingsfolies gemaakt van nieuwe materialen*

In de volgende hoofdstukken wordt voor elk van de beschreven vier types bioplastics ingegaan op de herkomst, verwerking en beschikbaarheid. Daarnaast wordt ingegaan op specifieke eigenschappen en huidige toepassingsgebieden in het algemeen en als verpakkingsmateriaal in het bijzonder.

## 6. Plastics uit polymeren van natuurlijke oorsprong

### 6.1 Zetmeel

#### *Herkomst*

Zetmeel is een polymeer van natuurlijke afkomst. Commerciële bronnen van zetmeel zijn maïs, tarwe, rijst en aardappelen. De beschikbaarheid is groot, meer dan 25 miljoen ton per jaar. Daardoor is de prijs laag. Zetmeel is geen uniform materiaal, het bestaat uit twee types van glucosepolymeren: een laagmoleculair lineair polymeer genaamd amylose en een hoogmoleculair vertakt polymeer genaamd amylopectine.

#### *Verwerking en beschikbaarheid*

Zetmeel kan via extrusie verwerkt worden tot halffabrikaat, het zogenaamde thermoplastisch zetmeel of Thermoplastic Starch (TPS). Hierna vindt verdere verwerking plaats tot (plastic) eindproduct door middel van spuitgieten, folieblazen, extrusie, schuimen of gieten.



*loose fill materiaal kan worden geproduceerd uit zetmeel.*

Thermoplastisch zetmeel wordt in bulk geproduceerd in verschillende kwaliteiten. De granulaatprijs van materialen ligt tussen de 1,5 en 4 euro per kilo.

Om een flexibeler en een lager watergevoelig eindproduct te verkrijgen, worden biologisch afbreekbare weekmakers gebruikt. Weekmakers verlagen de watergevoeligheid en verminderen bacteriegroei. Tevens worden vaak mengsels of blends van thermoplastisch zetmeel en bioplastics op basis van aardolie gebruikt. Hierdoor neemt eveneens de watergevoeligheid af en kunnen de materiaaleigenschappen van het eindproduct naar wens worden aangepast. Dit soort polymeren worden ook toegevoegd om flexibelere eindproducten te maken.

#### *Specifieke eigenschappen*

Een specifieke materiaaleigenschap van zetmeelplastic is de gasbarrière. Thermoplastisch zetmeel heeft namelijk een relatief lage doorlatendheid van CO<sub>2</sub> en zuurstof en hoge



doorlatendheid van waterdamp. Dit zijn belangrijke eigenschappen voor de houdbaarheid van voedsel. Een andere eigenschap is de hoge gevoeligheid voor water. In vergelijking met PE en PP is folie op basis van zetmeel vaak flexibeler en zachter. Tenslotte (b)lijkt het lastig om volledig transparante folies te ontwikkelen.

#### *Verpakkingstoepassingen*

Een grote markt voor thermoplastisch zetmeel wordt ingenomen in de schuimindustrie. Loose-fill schuimen op basis van zetmeel omvatten momenteel ongeveer 50% van het toepassingsgebied van thermoplastisch zetmeel. Andere belangrijke verpakkingstoepassingen zijn folies, draagtassen en geschuimde trays.

#### *Andere toepassingen*



Enkele andere toepassingen van zetmeel zijn dierenvoeding en -speeltjes, plantenspotten en zogenaamd mulch-folie dat wordt ingezet ten behoeve van oogstvervroeging en onkruidonderdrukking.

## **6.2 Cellulose**

### *Herkomst*

Cellulose is net zoals zetmeel een polymeer van natuurlijke afkomst. Het is het belangrijkste bestanddeel van de celwanden van planten. De beschikbaarheid van cellulose is zeer groot. Cellulose wordt hoofdzakelijk gewonnen uit bomen waarin cellulose (50%) in combinatie met bijvoorbeeld hemicellulose en lignines voorkomt. Ook uit diverse planten wordt cellulose gewonnen. Cellulose is een hoogmoleculair hoogkristallijn lineair polymeer dat niet smelt en niet oplosbaar is in gangbare oplosmiddelen.

### *Verwerking en beschikbaarheid*

Van cellulose kunnen grofweg drie soorten biopolymeren gemaakt worden. Dit zijn materiaal gemaakt van (1) natuurlijke cellulosevezel, (2) geregenereerd cellulose en (3) gemodificeerd cellulose.

#### *(1) Natuurlijke cellulosevezel*

Papier, karton en ook jute is gemaakt van natuurlijke cellulosevezels. Deze vezels worden, in het geval van papier en karton, los aan elkaar geplakt door een binder en in het geval van bijvoorbeeld jute worden cellulosevezels gesponnen en geweven. In de meeste gevallen worden materialen die zijn gemaakt van natuurlijke cellulosevezels erkend als composteerbaar. Gebruikte binders of additieven kunnen echter een nadelige invloed hebben.

#### *(2) Geregenereerd cellulose*

De vakterm voor cellofaan is geregenereerd cellulose. De naam zegt het al, dit materiaal wordt verkregen door cellulose tijdelijk, gedurende de verwerking, te modificeren. Dit ingewikkelde proces - waarin nu nog veel organische oplosmiddelen moeten worden gebruikt - is noodzakelijk omdat cellulose niet thermoplastisch verwerkbaar is en niet oplosbaar is in gangbare oplosmiddelen. In het cellofaan blijven de goede eigenschappen van cellulose (hoge temperatuurstabiliteit en hoge sterkte) behouden. Geregenereerd cellulose is net als natuurlijk cellulose niet sealbaar. Om het materiaal sealbaar te maken wordt traditioneel een laagje thermoplastisch niet-biologisch afbreekbaar polymeer aangebracht. Er is echter ook geregenereerd cellulosefilm commercieel beschikbaar die is voorzien van een biologisch afbreekbare laag, waardoor er nu een composteerbare geregenereerde cellulose verpakkingsfolie beschikbaar is.

#### *(3) Gemodificeerd cellulose*

Cellulose kan ook chemisch worden gemodificeerd tot thermoplastisch verwerkbaar cellulose. Bekende varianten zijn celluloseacetaat, -butyraat en -propionaat. Deze varianten voldoen echter niet aan de Europese composteerbaarheidsnorm voor verpakkingen. Er zijn echter ook biologisch afbreekbare varianten beschikbaar gekomen die wel aan deze norm voldoen. Voorbeeld is cellulosediacetaat, dat qua verwerking vergelijkbaar is aan thermoplastisch zetmeel. Dit wil zeggen dat het thermoplastisch verwerkbaar is tot geblazen film,

diepgetrokken bakje of gespuitsgiete bloempot als er voldoende weekmaker wordt toegevoegd. Granulaat is beschikbaar voor circa 3 euro per kg.

#### *Specifieke eigenschappen*



Wat betreft nieuwe cellulose-gebaseerde composteerbare verpakkingsmaterialen kennen we dus de thermoplastisch verwerkbare cellulosediacetaat en de niet thermoplastische composteerbare geregenerateerde cellulose. Typisch voor beide materialen is dat ze zeer transparant zijn, vochtbestendig en in het geval van cellofaan knisperen en een minder goed geheugen hebben, waardoor het materiaal na vervorming minder snel in haar oorspronkelijke vorm terug zal keren.

#### *Verpakkingstoepassingen*

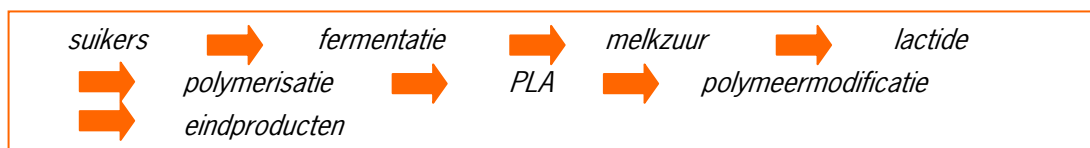
Mogelijke toepassingen van de nieuwe composteerbare cellulosegebaseerde materialen zijn verpakkingen voor snoepgoed, koekjes, maar ook groente en fruit.

## 7. Plastics uit monomeren van natuurlijke oorsprong

Polymelkzuur (PLA) is momenteel het meest commercieel gebruikte en meest bekende bioplastic op basis van monomeren van natuurlijke oorsprong. In dit hoofdstuk wordt daarom nader ingegaan op PLA. Een volgende generatie wordt gevormd door PolyTrimethyleen Tereftalaat (PTT). Deze is echter nog nauwelijks op de Europese markt verkrijgbaar.

### *Herkomst*

Polymelkzuur (PLA) is een polymeer vervaardigd uit melkzuur. Melkzuur wordt geproduceerd door suikers of zetmeel te fermenteren. Deze suikers worden momenteel nog gewonnen uit landbouwgewassen als maïs, maar in de toekomst kunnen waarschijnlijk ook agrarische nevenstromen worden gebruikt zoals melkwei, resten van maïskolven en stro. Het monomeer melkzuur is in twee verschillende isomeren verkrijgbaar, de D- en L-vorm. Na polymerisatie kan dus een aantal verschillende polymeren worden vervaardigd, zuiver D- of L-polymelkzuur of combinaties. Poly-L-melkzuur is vrijwel niet biologisch afbreekbaar, terwijl polymelkzuur uit D- en L-isomeren al binnen enkele weken afgebroken worden. De productieroute staat beschreven in onderstaand diagram.



*Productieroute voor poly-L-melkzuur (PLA)*

### *Verwerking en beschikbaarheid*

Het volledig transparante PLA kan door middel van (sheet)extrusie worden geëxtrudeerd tot folie. Uit deze sheets kunnen ook middels dieptrekken vormdelen gevormd worden (thermovorming). Van PLA kan ook net als bijvoorbeeld Polyethyleentereftalaat (PET) een fles worden geblazen. Het materiaal kan ook worden geschuimd. Daarnaast kan PLA ook goed worden verwerkt tot vezels (wovens en non-wovens). De huidige productiecapaciteit voor verpakkingstoepassingen geschikt polymelkzuur is ongeveer 150 kiloton per jaar en de prijs van het granulaat tussen de 1,5 en 4 euro per kilo.

### *Specifieke eigenschappen*

De twee meest specifieke eigenschappen van PLA als verpakkingsmateriaal zijn de transparantie en de waterbestendigheid. Daarnaast heeft PLA zeer specifieke gasbarrière-eigenschappen. Een andere typerende eigenschap van PLA-folie is dat het knispert of kraakt. Tenslotte hebben bepaalde varianten van PLA een minder goed geheugen, waardoor het materiaal na vervorming minder snel in haar oorspronkelijke vorm terug zal keren.



*Aardbeienbakje voor biologische aardbeien, geproduceerd van polymelkzuur. Het voordeel van deze verpakking is dat het transparant en vochtbestendig is en aansluit bij het imago van de inhoud*

### *Verpakkings- en andere toepassingen*

PLA is geschikt als verpakkingsmateriaal voor snoep, groente, fruit, koude dranken, vlees en zuivel. Melkzuur wordt ook geproduceerd in het menselijke lichaam. Mede daarom wordt PLA gebruikt in medische toepassingen. Een andere toepassing is als vezel in kleding en tapijt.



## 8. Plastics gemaakt door micro-organismen

### *Herkomst*

Plastics zoals polyhydroxyalkanoaten (PHAs) kunnen worden geproduceerd door sommigen bacteriën, gisten en planten. Bij planten en gisten is altijd genetische modificatie noodzakelijk om ze PHA's te laten produceren. Bij bacteriën wordt er gebruik van genetische modificatie gemaakt om de productiecapaciteit te verhogen of materiaaleigenschappen te veranderen.

### *Verwerking en beschikbaarheid*

De eigenschappen van PHAs zijn afhankelijk van de monomeersamenstelling. Daardoor is het mogelijk om een grote variëteit te ontwikkelen. De meest bekende PHA Polyhydroxybutyraat (PHB) is een hoogkristallijn thermoplastisch materiaal, terwijl PHAs met een relatief gemiddelde ketenlengte elastomeren zijn met een laag smeltpunt en lage krystalliniteit. Ondanks het feit dat PHAs veel potenties hebben, worden ze slechts op beperkte schaal geproduceerd. Er wordt echter door een aantal grote ondernemingen veel onderzoek gedaan



*PHA's worden op pilot schaal gefabriceerd zoals hier bij Wageningen UR*

naar goedkope productiemethodes waardoor het mogelijk moet worden om ook deze materialen tegen een aanvaardbare prijs te produceren.

### *Specifieke eigenschappen*

Afhankelijk van de samenstelling kan er een range aan materiaaleigenschappen worden geproduceerd, van flexibel, rubberachtige tot rigide materialen. Daarbij is de lage water(damp)doorlatendheid (vergelijkbaar met LDPE) erg interessant.

### *Verpakkings- en andere toepassingen*

Mogelijke toepassingen van PHAs zijn legio. Op dit moment zijn echter geen toepassingen op de markt. In het verleden zijn onder meer shampooflessen, credit cards en klerhangers geproduceerd.

## 9. Plastics op basis van aardolie

### *Herkomst*

Er bestaan ook bioplastics die composteerbaar zijn maar die zijn gemaakt uit aardolie. Op de markt zijn ondermeer beschikbaar poly(caprolacton) (PCL) en verschillende soorten alifatische co-polyesters. Deze bioplastics worden volgens een klassieke synthetische route vervaardigd uit aardolie. Echter, door specifieke processtappen te nemen is het mogelijk een biologisch afbreekbaar synthetisch plastic te maken.



*Containerzak voor GFT-container, gemaakt van een blend van zetmeel en synthetische composteerbare polyesters. De zakken zijn doorzichtig, sterk en sluiten aan bij imago van het gebruiksdoel. De zakken zijn samen met de inhoud te composteren samen met inhoud*

*Verwerking en beschikbaarheid*

De verwerkbaarheid van deze polyesters is vergelijkbaar met reguliere polyesters hoewel de verwerkingstemperatuur lager is. De prijs van deze speciale polyesters is afhankelijk van de grade en ligt tussen de 3 en 5 euro per kilo.

*Specifieke eigenschappen*

Eigenschappen van deze polyesters zijn vergelijkbaar met reguliere polyestermaterialen. Vanwege de biologische afbreekbaarheid en daarmee de hoge prijs en vanwege het feit dat ze uit aardolie zijn vervaardigd worden polyesters veel in combinatie met één van de materialen uit de andere categorieën gebruikt. Zo worden deze materialen ingezet met zetmeel toegepast om de watergevoeligheid van het zetmeel te verminderen.

*Verpakkingstoepassingen*

Een mogelijke toepassing is te vinden in de foliemarkt als blend of laminaat maar ook als monomateriaal. Te denken valt aan zakken voor groente en fruit. Ook kunnen dit soort materialen worden gebruikt als laminaat in of op trays voor bijvoorbeeld vlees of visverpakkingen.



## **Colofon**

### **Bioplastics**

Christiaan Bolck (redactie)

2006

© Agrotechnology & Food Sciences Group, Wageningen

ISBN 90-8585-014-2

Druk: Propress, Wageningen

Agrotechnology & Food Sciences Group  
Wageningen University and Research Centre  
Bornsesteeg 59  
Postbus 17  
6700 AA Wageningen  
Internet: [www.afsg.wur.nl](http://www.afsg.wur.nl)  
E-mail: [info.afsg@wur.nl](mailto:info.afsg@wur.nl)

**Zijn er relaties die u met dit boek een plezier kunt doen  
dan zouden we dat graag van u vernemen.**

De publicatie is mogelijk gemaakt door het onderzoeksprogramma Groene Grondstoffen, gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en is de zesde in een reeks publicaties over het gebruik van agrogrondstoffen en nevenstromen in veilige en gezonde producten voor consumenten- en industriële markten.