

# Quickscan Hoogwaardige Toepassingen voor Bijproducten uit de Voedings- en Genotmiddelenindustrie

## Een rapport voor LNV-I&H

Wageningen, 2002

OPD nummer: 01/213

H.W. Elbersen (ATO)  
F. Kappen (ATO)  
J. Hiddink (Arcadis IMD)

Contactpersoon LNV I en H: G. Westenbrink

**ATO B.V.**  
**Agrotechnologisch Onderzoeksinstituut**  
Bornsesteeg 59  
Postbus 17  
6700 AA Wageningen  
Tel: 0317-475024  
Fax:0317-475347

## **INHOUDSOPGAVE**

<b>SAMENVATTING</b>	<b>3</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>4</b>
1.1 Aanleiding	4
1.2 Doelstelling	4
1.3 Aanpak	5
<b>2 De markt voor bijproducten en afval uit de v&amp;g- industrie.</b>	<b>6</b>
2.1 Inleiding	6
2.2 Veranderingen in de diervoederindustrie	6
2.3 Nieuwe vraag naar organische grondstoffen	7
2.4 Aanpassing aan de veranderende markt	7
<b>3 Bijproducten uit v&amp;g-industrie waarvoor alternatieve toepassingen gezocht worden</b>	<b>9</b>
3.1 Inleiding	9
3.2 Bijproducten waarvoor op korte termijn een andere afzet nodig is	9
3.3 Organische stromen waarvoor op termijn een afzetprobleem dreigt	13
<b>4 Concepten voor hoogwaardig gebruik van bijproducten uit de v&amp;g-industrie.</b>	<b>16</b>
4.1 Bioraffinage	16
4.2 Oliën en vetten voor non-food applicaties	22
4.3 Fermentatie van bijproducten tot grondstoffen en energiedragers	30
4.4 Bioplastics uit bijproducten	42
4.5 Afbraak tot monomeren	46
4.6 Thermische conversieprocessen	49
<b>5 Discussie, conclusies en aanbevelingen</b>	<b>50</b>
5.1 Discussie en conclusies	50
5.2 Aanbevelingen	54

---

Voor PDF versie van dit rapport: [www.biomassandbioenergy.nl](http://www.biomassandbioenergy.nl)

---

---

## Samenvatting

### *De situatie*

Bijproducten uit de Nederlandse voedings- en genotmiddelenindustrie worden voor 80% ingezet als diervoer hierbij gaat het om meer dan 10 miljoen ton organische materiaal. Deze toepassing staat onder druk door recente incidenten door verontreinigd diervoeder en de verspreiding van dierziekten als BSE en MKZ. Dit heeft geleid tot een aanscherping van Nederlandse en Europese regels met betrekking tot organische bijproducten die in diervoeder verwerkt kunnen worden. Samen met de aanscherping van andere milieuregels heeft dit tot een acuut maatschappelijk en economisch probleem geleid omdat veel afvallen en bijproducten uit de voedings- en genotmiddelenindustrie niet meer afgezet kunnen worden. Het gaat hierbij om zo'n 2 miljoen ton biomassa met name reststromen van dierverwerking en restvetten en -oliën.

Een tweede groep bijproducten die op dit moment (nog) geen hinder ondervindt van aangescherpte regels is zo'n 5 miljoen ton vezel, suiker en zetmeelhoudende stromen. Hiervoor worden echter wel alternatieve (non-food) toepassingen gezocht omdat de inkrimping van de veestapel in de komende jaren, en daarmee minder afzet van bijproducten naar diervoeder, een belangrijk competitief voordeel voor de voedings- en genotmiddelenindustrie kan laten vervallen waardoor de continuïteit voor de bedrijven onder druk kan komen te staan. Er bestaat een grote verwevenheid binnen de Nederlandse Agro-sector waarbij de verantwoorde en winstgevende afzet van bijproducten van essentieel belang genoemd wordt. Het ontwikkelen van alternatieve bestemmingen voor bijproducten wordt aanbevolen. Hierbij speelt de vraag naar CO<sub>2</sub> neutrale grondstoffen voor energie, chemie en producten een steeds grotere rol (o.a. groene energie, EU biobrandstoffen directive en ontwikkeling van bioplastics).

### *Het doel*

Deze quickscan heeft tot doel inzicht verschaffen in de mogelijkheden om op kortere en middellange termijn te komen tot alternatieve non-food toepassingen van bijproducten uit de voedings- en genotmiddelenindustrie die nu voornamelijk in de diervoeder industrie worden gebruikt. Er wordt daarvoor een inventarisatie gemaakt van relatief hoogwaardige toepassingen waarvoor het 'proof-of-principle' van de onderliggende technologie inmiddels geleverd is.

Er is, voor zover gegevens beschikbaar zijn, een lijst met de voornaamste organische bijproducten plus belangrijkste kenmerken gemaakt waarvoor op kortere en iets langere termijn een andere toepassing wenselijk is. Er is een inventarisatie gemaakt van technologieën en bijbehorende producten die potentieel gebruik kunnen maken van deze organische bijproducten. Waarna er een overzicht is gemaakt van (nieuwe) technologieën en bijbehorende bijproducten, gevolgd door een korte analyse en aanbevelingen.

### *Resultaten*

Zoekrichtingen voor alternatieve verwerkingsopties waren bioraffinage, oliën en vetten voor non-food, fermentatie, bioplastics, afbraak tot monomeren en thermische conversie. Voor ieder voorbeeld is een korte analyse gemaakt van de stand der techniek en de voorwaarden die aan grondstoffen gesteld worden.

Op de korte termijn zijn er relatief grote stromen beschikbaar die verwerkt moeten worden. Dit vraagt om toepassingen die ook grote volumes vragen en waarbij de toegevoegde waarde beperkt, deze liggen met name maar niet uitsluitend in de energieproductie. Op dit moment elektriciteit en warmte en op korte termijn (2005) ook in transport (ethanol en bio-diesel). Het is aan te bevelen om op korte termijn te richten op: Het gebruik van vetten en vethoudende stromen voor energieproductie (biodiesel productie, directe verbranding van vetten voor warmte en elektriciteit, mee vergisten van vetten of vethoudende bijproducten); Evaluatie of andere dan de nu gebruikte stromen geschikt zijn voor hier geïdentificeerde processen; Bioplastic productie analoog aan het bestaande proces voor plastics uit aardappelstoomschillen; Ethanolproductie uit koolhydraathoudende stromen.

Op iets langere termijn kunnen de volgende toepassingen interessant zijn: Bioraffinage als aantrekkelijke optie voor veel stromen die uit meerdere componenten (eiwitten, koolhydraten, vezels, etc); Ethanolproductie uit linocellulose stromen; Fermentatie tot ABE, waterstof of van vethoudende stromen tot bijvoorbeeld methylesterproductie (PHA).

Het ontwikkelen van alternatieve toepassingen voor bijproducten en afvallen uit de voedings- en genotmiddelen industrie beperkt zich niet tot technologie alleen. Ondersteuning moet verder plaatsvinden door: Beschikbaarheid van actuele informatie over veranderende markten voor alternatieve (non-food) producten waar bijproducten ingezet kunnen worden; Beschikbaarheid van actuele informatie over bijproducten waaronder fysieke en economische gegevens; Ontwikkeling van technologie die in de pas loopt met de vraag in de markt en aansluit op het gebruik van bijproducten als grondstof; Het bieden van zekerheid of garanties over regels, subsidies en accijnsvrijstellingen (zie REB) zodat investeerders minder risico lopen en de drempel voor het investeren in nieuwe (non-food) verwerkingsopties verlaagd wordt; Het bevorderen van de waardering van de duurzame eigenschappen en duurzame productiemethoden van non-food producten zodat alternatieve toepassingen voor bijproducten bevorderd worden.

---

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

De recente incidenten door verontreinigd diervoeder en de verspreiding van BSE en MKZ hebben geleid tot een aanscherping van Nederlandse en Europese regels met betrekking tot organische bijproducten die in diervoeder verwerkt kunnen worden. Tegelijkertijd zijn regels met betrekking tot het storten van organische materialen aangescherpt. Zo is er zo een acuut maatschappelijk en economisch probleem ontstaan omdat veel afval en bijproducten uit de voedings- en genotmiddelenindustrie niet meer afgezet kunnen worden.

Dit was de aanleiding voor een studie naar de omvang van deze bijproducten die mogelijk niet meer als diervoer of meststof te gebruiken zijn waarbij ook aandacht besteed werd aan mogelijke oplossingen. Dit onderzoek is in het voorjaar van 2001 afgerond door Arcadis IMD.

In de genoemde studie is er een inventarisatie gemaakt van de organische bijproducten uit de voedings- en genotmiddelenindustrie en aanverwante industrieën. In totaal worden er in de Nederland zo'n 10 miljoen ton bijproducten geproduceerd in de voedings- en genotmiddelen industrie. Hiervan wordt 10% gebruikt als grondverbeteraar, 80 % voor diervoeder, 5% gestort of verbrand en 5% ingezet buiten de sector (Arcadis, 2001). Onder de term bijproducten is hierbij verstaan zowel de droge als natte organische stromen welke naast het hoofproduct vrijkomen, voor tijdens, en na de industriële productie tot aan de gebruiker van voedings- en genotmiddelen. Deze stromen kunnen en worden in bepaalde mate verder verwerkt tot of in hoogwaardige producten (humane consumptie) en/of voor "laagwaardigere" toepassing benut (diervoeding, non-food producten). Onder deze bijproducten worden dus niet stromen als hout, plastic en kantine- en kantoorafval van bedrijven verstaan.

De bijproducten zijn te onderscheiden in plantaardige stromen, stromen van dierlijke herkomst, gemengde en overige stromen. In het rapport wordt opgemerkt dat het vaak niet mogelijk bleek om gegevens over hoeveelheden, samenstelling en productieproces boven tafel te krijgen omdat een goede registratie ontbreekt, met name geldt dit voor de kleinere stromen.

Er is een schatting gemaakt van de belangrijkste problematische bijproducten waarvoor op korte termijn alternatieve (non-food) toepassingen gezocht moeten worden (Arcadis IMD, 2001). De stromen zijn hiervoor globaal in 3 categorieën ingedeeld te weten:

De hoeveelheden in de verschillende categorieën bedragen volgens de in dit onderzoek uitgevoerde inventarisatie:

1. Categorie 1: ca. 300.000 ton per jaar; bijproducten die tot voor kort nog in diervoeders verwerkt werden, maar vanwege nieuwe regelgeving of aangepaste interpretatie van de regelgeving niet meer in diervoeder verwerkt mogen worden (voorbeelden hiervan zijn slibben, putvetten uit vetafscheiders van afvalwater, frituurvetten afkomstig van huisdhoudens, dierlijk materiaal uit categorie 1 en 2 volgens de in voorbereiding zijnde nieuwe EU-wetgeving).
2. Categorie 2: ca. 1.200.000 ton per jaar; bijproducten waarvoor een tijdelijk verbod geldt (bevat producten van dierlijke herkomst);
3. Categorie 3: minimaal ca. 650.000 ton per jaar; overige bijproducten waarvan pas na een grondige risicoanalyse gezegd kan worden of toepassing in diervoeder (meststoffen) mogelijk is of dat een alternatief nodig is.

De mogelijkheden voor directe toepassing van de bovengenoemde stromen in non-food ketens lijken momenteel beperkt tot relatief laagwaardige (laag renderende) toepassingen zoals brandstof voor bijstoken in kolencentrales, vergisting of toepassing als meststof (Arcadis, 2001). Er lijken echter mogelijkheden te bestaan om ook tot hoogwaardigere en daarmee financieel interessantere oplossingen komen.

## 1.2 Doelstelling

De meest aantrekkelijke oplossing voor problematische bijproducten zou zijn om op kortere termijn te komen tot relatief hoogwaardige non-food toepassingen in de energiesector of de productie van grondstoffen voor CO<sub>2</sub> neutrale chemicaliën en producten. De quickscan heeft tot doel inzicht verschaffen in de mogelijkheden om op kortere en middellange termijn te komen tot alternatieve non-food toepassingen van bijproducten uit de voedings- en genotmiddelenindustrie die nu voornamelijk in de diervoeder industrie worden gebruikt. Er wordt daarvoor een inventarisatie gemaakt van relatief hoogwaardige toepassingen waarvoor het 'proof-of-principle' van de onderliggende technologie inmiddels geleverd is.

### **1.3 Aanpak**

Er is een beschrijving van de context van het probleem van organische bijproducten gemaakt. Hierbij is de aanleiding van de (acute) bij- en reststroom problemen beschreven en een schets gegeven van de toekomstige ontwikkelingen op het gebied van organische bijproducten. Relevante marktontwikkelingen voor alternatieve toepassingen zijn kort beschreven. Er is, voor zover gegevens beschikbaar zijn, een lijst met de voornaamste organische bijproducten plus belangrijkste kenmerken gemaakt waarvoor op dit moment een andere toepassing wenselijk is en een lijst van stromen waarvoor op termijn andere toepassingen nodig zullen zijn. Er is een inventarisatie gemaakt van technologieën die potentieel gebruik kunnen maken van organische bijproducten, in de vorm van korte factsheets. Waarna er een overzicht is gemaakt van (nieuwe) technologieën en bijbehorende bijproducten, gevolgd door een korte analyse en aanbevelingen.

---

---

## 2 De markt voor bijproducten en afval uit de v&g- industrie.

### 2.1 Inleiding

Jaarlijks wordt er tegen de 10 miljoen ton rest- en nevenstromen uit de voedings- en genotmiddelenindustrie geproduceerd (Meeusen et al., 1998). Het belangrijkste afzetkanaal is met 7,5 miljoen ton de diervoeder industrie, waarbij bijproducten uit de margarine, oliën en vetten sector en de slachterijen en vleeswarenindustrie met respectievelijk 3,3 en 1,3 miljoen ton de belangrijkste zijn. (N.B. Sinds eind 2000 is er echter een (tijdelijk) verbod op toepassing van dierlijke eiwitten in voeder voor landbouwhuisdieren.)

Er zijn recent acute problemen ontstaan voor de afzet van zo'n 2 miljoen ton bijproducten. In een recent Arcadis rapport (2001) zijn de problematische bijproducten aangegeven en in hoofdstuk 3 wordt er een beschrijving van de voornaamste stromen gegeven.

Behalve de acute problemen voor de afzet van bijproducten naar de veevoederindustrie zijn er ook andere veranderingen in de markt gaande die (op termijn) de afzet van bijproducten onder druk zullen zetten. Hieronder worden een aantal van deze ontwikkelingen geschetst en in hoofdstuk 3 worden deze (niet acuut problematische) stromen beschreven.

Het is noodzakelijk om andere (vooral non-food) toepassingen te vinden voor bovengenoemde bijproducten. Om dit proces succesvol te laten verlopen is het nodig in te spelen op een duidelijke marktvraag, zo blijkt uit onderzoek naar succesfactoren van agrificatie in Nederland (van Roekel et al., 2000). Een andere belangrijke factor is de beschikbaarheid van de benodigde technologie. Verder zijn de aanwezigheid van een keten en onderkenning van het belang van duurzame of hernieuwbare producten.

Er zijn belangrijke ontwikkelingen gaande in de vraag naar organische materialen voor CO<sub>2</sub> neutrale grondstoffen die kansen bieden om te komen tot nieuwe afzetkanalen voor bijproducten. Hieronder worden een aantal van deze verwachte ontwikkelingen besproken.

Om nieuwe toepassingen van bijproducten (vooral richting non-food) van de grond te krijgen zijn veelal technische innovaties nodig en zal de ontwikkeling van aangepaste ketens noodzakelijk zijn. Aan het einde van dit hoofdstuk wordt hier dieper op ingegaan.

### 2.2 Veranderingen in de diervoederindustrie

#### *Afname van de veestapel*

Behalve de acute veranderingen in de afzet van bijproducten door de zorg om gezondheidsrisico's en nieuwe regelgeving spelen ook andere factoren een rol bij de veranderingen van de markt voor afval en bijproducten uit de voedings- en genotmiddelenindustrie. In de afgelopen jaren is er veel discussie geweest over maatregelen om de milieubelasting en risico's van intensieve veeteelt te verminderen. Dit heeft geleid tot maatregelen om deze sector in te krimpen. In het NMP4 (VROM, 2001) wordt uitgegaan van een afname van de veestapel met ruim 50% tot 2030. Deze reductie moet bereikt worden met "autonome ontwikkelingen en beleid". De afname van de veestapel is reeds ingezet met een aantal maatregelen zoals quotering, en een aantal gerichte maatregelen die de varkensstapel moeten doen krimpen.

In een recent rapport (Rabobank, 2001) wordt aangegeven dat er een grote verwevenheid bestaat binnen de Nederlandse Agro-sector. De mogelijkheid om bijproducten uit de verwerkende industrie (voornamelijk in de veehouderij) tot waarde te brengen is daarbij een van de belangrijkste factoren. De verantwoorde en winstgevendende afzet van bijproducten wordt van essentieel belang genoemd. Met inkrimping van de veestapel en daarmee minder afzet van bijproducten naar diervoeder kan een belangrijk competitief voordeel voor deze industrie vervallen en kan de continuïteit voor de bedrijven onder druk komen te staan. Het ontwikkelen van alternatieve bestemmingen voor bijproducten wordt aanbevolen. De productie van ethanol als bio-brandstof wordt als voorbeeld genoemd.

#### *Perceptie van de consument*

Veranderende kwaliteitseisen voor diervoeder onder invloed van consumenten perceptie en introductie van "tracking and tracing van voedsel" maakt naar verwachting vele stromen minder aantrekkelijk voor diervoeder toepassingen in de komende jaren. Dit leidt er toe dat bedrijven die zich van bepaalde bijproducten willen ontdoen groot belang hebben bij een verantwoorde verwerking aangezien problemen verder in de keten schadelijk kunnen zijn voor de perceptie van hun hoofdproduct. "Tracking and tracing" maakt het echter ook mogelijk om geschikte bijproducten in de diervoederketen te houden aangezien verantwoorde toepassing beter gecontroleerd kan worden.

---

## 2.3 Nieuwe vraag naar organische grondstoffen

### *Organische CO<sub>2</sub> neutrale grondstoffen voor de energie, chemie en producten*

Momenteel is duidelijk dat er grote kansen voor bijproducten ontstaan door de vraag naar duurzame CO<sub>2</sub> neutrale hernieuwbare grondstoffen voor energie, chemie en producten. Deze vraag heeft nu al een grote impact op de biomassa markt en zal op termijn nog aan belang winnen.

In de plannen voor duurzame energieproductie in het kader van mitigatie van klimaatverandering is het streven om in 2020 10 % van de elektriciteit en warmte in Nederland duurzaam op te wekken. Naar schatting zal 40 a 50% van deze energie uit biomassa opgewekt moeten worden waarvoor naar schatting 10 miljoen ton biomassa per jaar nodig is in 2020.

De Europese Commissie (2001) heeft recent een voorstel gepresenteerd tot bevordering van het gebruik van biotransportbrandstoffen. Het doel is om in 2005 2 % van de conventionele brandstof door biobrandstoffen te vervangen en dit percentage jaarlijks met 0,75 % te verhogen. Het gaat hierbij om vervanging van benzine en diesel door bio-ethanol, biodiesel, ETBE (ethyl-tertiair-butylether), biogas, en andere brandstoffen. Het gaat hierbij om zeer aanzienlijke hoeveelheden. Op basis van getallen uit 1998 toen er in Nederland 4,1 miljoen ton (olie equivalent) benzine en 5,1 miljoen ton (olie equivalent) diesel werd verbruikt zal er zo'n 140.000 ton bioethanol en 125.000 ton biodiesel nodig zijn. In 2009 zal dit oplopen tot 350.000 ton bioethanol en meer dan 300.000 ton biodiesel waarvoor 1,5 a 2 miljoen ton biomassa nodig zal zijn, afhankelijk van het proces en de samenstelling van de biomassa.

**Tabel 2.1 Voorgestelde vervanging van conventionele brandstof door biobrandstoffen in 2005.**

Jaar	%	Waarvan minimaal bijgemengd in andere brandstoffen (%)
2005	2	-
2006	2,75	-
2007	3,5	-
2008	4,25	-
2009	5	1
2010	5,75	1,75

Er zullen waarschijnlijk zeer veel verschillende systemen gebruikt worden om de verschillende soorten biomassa te verwerken tot brandstoffen en energie, welke dat zullen zijn is nog lang niet duidelijk.

Behalve de elektriciteits- en transportsector zijn ook andere sectoren in het kader van verduurzaming op zoek naar CO<sub>2</sub> neutrale alternatieven voor fossiele grondstoffen. De chemische sector die in Nederland relatief groot is oriënteert zich hier momenteel op, en sluit daarbij aan op een wereldwijde trend naar het gebruik van biomassa-grondstoffen in de chemische industrie. In principe is er een grotere toegevoegde waarde te behalen (dan bij energie-toepassingen) zeker als er optimaal gebruik kan worden gemaakt van specifieke functionaliteit van "biocomponenten". Het idee is hierbij dat producten met minder milieubelasting geproduceerd (of geëxtraheerd) worden of dat de producten zelf additionele voordelen hebben zoals een lagere milieubelasting. De weg naar de "biobased economy" is op veel plaatsen al ingeslagen en kan van groot belang zijn voor Nederland (de Klerk-Engels., 2001).

De bovengenoemde ontwikkelingen maken dat de voedings- en getotmiddelenindustrie zich aan het oriënteren is op voor hen nieuwe (non-food) afzetmarkten. Er is een trend waar te nemen waarbij bedrijven die (nog) geen acute afzetproblemen van hun bijproducten hebben zich wel oriënteren en soms al concrete stappen zetten om alternatieve (meestal non-food) afzet mogelijkheden voor bijproducten te vinden. Hierbij speelt de hierboven beschreven vraag naar CO<sub>2</sub> neutrale grondstoffen voor energie, chemie en producten een steeds grotere rol. Een voorbeeld hiervan is de productie van plastics uit aardappelstoomschillen (zie hoofdstuk 4.4.1).

## 2.4 Aanpassing aan de veranderende markt

### *Kansen door sterke Nederlandse positie in ketenmanagement*

De ontwikkeling en aanpassing van technologie die in staat is om verschillende soorten biomassa om te zetten in producten voor de hierboven beschreven nieuwe markten is van groot belang voor handhaving van een winstgevende voedings- en getotmiddelenindustrie. Daarbij is de ontwikkeling van nieuwe ketens en goede afstemming binnen ketens



---

wel een voorwaarde zoals ook aangegeven in het reeds genoemde Rabobank rapport (2001). De sterke Nederlandse positie in ketenmanagement biedt hier grote kansen.

#### *Veranderingen in de tijd*

Momenteel zijn alternatieven voor inzet in diervoeder vooral directe verbranding voor elektriciteit of vergisting. Deze mogelijkheden geven veelal een lage en soms negatieve opbrengst. Met de tijd zullen er binnen de nieuwe markten steeds veranderende ketens ontstaan rond nieuwe technologieën. Bijproducten worden nu vooral afgezet richting diervoeder waar geheel andere kwaliteitseisen gesteld worden dan in de nieuwe (non-food) ketens. Het is belangrijk te weten wat het belang van de bijproducten is voor een bedrijf; Zijn de kosten of baten van afzet van wezenlijk belang, dan is het ook mogelijk om de bijproducten aan te passen voor een nieuwe markt. Is dit niet het geval dan zal het minder snel mogelijk zijn om de bijproducten aan te passen aan de eisen van nieuwe non-food ketens. Hierbij moet bijvoorbeeld gedacht worden aan voorkoming van bepaalde toevoegingen die een andere afzet onmogelijk of veel kostbaarder maken.

Naar mate de voedings- en genotmiddelen industrie beter in staat is om in te spelen op de vraag van de nieuwe non-food markten zal een grotere toegevoegde waarde te realiseren zijn en zal de waarde van de bijproducten kunnen stijgen.

### **Referenties**

Arcadis-IMD, 2001. Hergebruik van reststromen uit de voedings- en genotmiddelenindustrie, 2001, LNV: Den Haag.

Commissie van de Europese Gemeenschappen. 2001. Voostel voor een Richtlijn van het Europees Parlement en de Raad tot bevordering van het gebruik van biotransportbrandstoffen. COM(2001)547 definitief.

Klerk-Engels, de B. 2001. Niet-voedsel en groen. In Koppeling van Kennis, WUR, Wageningen. P 5-12.

Lomme, S. and G. Buist, 2001. Gevolgen van de liberalisering van de elektriciteitsmarkt voor de afvalsector. IPA 2001-03. Energie Data Maatschappij: Utrecht.

Meeusen- van Onna, M.J.G., M.W. Hoogeveen and H.W.J.M. Sengers, 1998. Groene reststromen in agroketens: Een beschrijving van de markt van organische reststromen uit de landbouw en de voedings- en genotmiddelenindustrie. 1998, LEI, Den Haag.

Rabobank, november 2001. De Nederlandse akkerbouwkolom. Het geheel is meer dan de som der delen. Rabobank Food en Agribusiness Research: Utrecht.

Roekel, G.J.v., en R. Koster, 2000. Succes en faalfactoren van de agrificatie in Nederland, Rapport voor LNV, ATO, Wageningen.

VROM, 2001. Vierde Nationaal Milieubeleidsplan (NMP4), Den Haag.

---

---

## 3 Bijproducten uit v&g-industrie waarvoor alternatieve toepassingen gezocht worden

### 3.1 Inleiding

De beschouwde organische bijproducten kunnen worden onderverdeeld in twee groepen:

1. Bijproducten die niet (meer) in diervoeder mogen worden verwerkt en waarvoor dus op korte termijn een andere afzetroute nodig is.
2. Bijproducten die nu in diervoeder worden verwerkt, en waartegen ook geen enkele bedenking is, waarvoor door een krimpende veestapel een overschot dreigt.

### 3.2 Bijproducten waarvoor op korte termijn een andere afzet nodig is

In tabel 1 is een overzicht gegeven van de hoeveelheden en de samenstelling van de bijproducten waarvoor op korte termijn een andere afzet nodig is. N.B. De gegeven lijst van bijproducten is niet uitputtend.

#### Bijproducten van dierlijke oorsprong (dierlijke bijproducten)

##### *Wet- en regelgeving*

Op 19 juni jl. 2001 heeft de Europese Raad overeenstemming bereikt over de inhoud van een nieuwe Verordening tot vaststelling van de gezondheidsvoorschriften inzake niet voor menselijke consumptie bestemde dierlijke bijproducten. Deze verordening zal de bestaande Destructierichtlijn, waarin nog over dierlijk afval wordt gesproken, vervangen. De diverse richtlijnen en beschikkingen zullen worden ondergebracht in een enkele verordening.

In de nieuwe verordening worden de dierlijke bijproducten onderscheiden in 3 categorieën.

*Dierlijke bijproducten van categorie 1*, waaronder het zogenaamde gespecificeerd risicomateriaal (SRM), moeten worden verwijderd door (mede)verbranding of storting.

*Dierlijke bijproducten van categorie 2*, waaronder kadavers (die overigens in Nederland tot SRM zijn bestempeld), mogen worden gebruikt voor bepaalde andere doeleinden dan diervoeder, zoals biogasproductie en compost. Het door voorbewerking van deze categorie verkregen gesmolten vet mag door een oleochemisch bedrijf worden verwerkt, doch alleen voor zuiver technische toepassingen.

Dierlijke bijproducten van de categorieën 1 en 2 mogen onder geen beding voor diervoeder-doeleinden worden gebruikt.

Onder *categorie 3* vallen de dierlijke bijproducten, die afkomstig zijn van voor en na de slachting voor menselijke consumptie goedgekeurde dieren. Alleen deze categorie mag door erkende verwerkingsbedrijven voor diervoederdoeleinden worden gebruikt.

Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen delen van slachtdieren, die geschikt zijn verklaard voor menselijke consumptie, maar om commerciële redenen voor diervoeding worden bestemd (het huidige "no-risk-materiaal"), en de voor menselijke consumptie ongeschikt verklaarde delen, die geen symptomen van op mens of dier overdraagbare ziekten vertonen en afkomstig van voor menselijke consumptie geschikt verklaarde karkassen (het huidige laag-risico-materiaal).

Sinds eind 2000 is er echter een (tijdelijk) verbod op toepassing van dierlijke eiwitten in voeder voor landbouwhuisdieren, dit betreft dan dus dierlijke bijproducten uit categorie 3.

---

**Tabel 3.1. Bijproducten waarvoor op korte termijn andere toepassingen, met name in de non-food, gewenst zijn.**

Bijproduct of afval	Plant aardig	Dierlijk	gemengd	Hoeveelheid		Samenstelling					
				– ton/jaar –	— % —	Drogestof	Vet	Stikstof (N)	Eiwit	Koolhydraten	Vezels
g/kg ds											
1		X		250.000	95	152	96	610	0	27	158
2		X		25.000	94	67	140	898	0	12	20
3		X		5.000	92	39	154	978	0		17
4		X		20.000	92	13	153	973	0	8	22
5		X		50.000	8	300	85	540	0		125
6		X		17.000	99,5	1000			0		
7	X	X	X	150.000	20						
8		X		?	10						100
9				130.000							
10			x	?							
11	X			60.000							
12	X	X	X	500,000	5						350

Onder deze categorie vallen ook de voedingsmiddelen geheel of gedeeltelijk van dierlijke oorsprong, die om commerciële redenen of als gevolg van productie- of verpakingsproblemen, die geen gevaar vormen voor mens of dier, bestemd worden voor diervoeding. Deze categorie vormt, aldus de toelichting op het Commissievoorstel, de "positieve lijst" van grondstoffen voor de vervaardiging van ingrediënten van dierlijke oorsprong, die in diervoeding verwerkt mogen worden.

In het Commissievoorstel wordt 1 februari 2003 als toepassingsdatum voor de nieuwe destructieverordening genoemd om rekening te kunnen houden met een implementatietermijn van 18 maanden. Het Europees Parlement wil echter, dat de nieuwe verordening vanaf 1 januari 2002 van toepassing is

Door de toename van het aantal landen waar BSE is geconstateerd en het aantal gevallen van BSE binnen de Europese Unie, zijn in december 2000 door de Europese Unie echter veel verdergaande maatregelen afgekondigd.

Het betreft een tijdelijk verbod op het gebruik van dierlijke eiwitten in voeder voor alle landbouwhuisdieren. Uitzondering zijn de verwerking van melk- en zuivelproducten, en gelatine als omhulsel van toevoegingsmiddelen, mits niet afkomstig van herkauwers. Daarnaast mogen onder andere nog wel vismeel en gehydrolyseerde eiwitten en huiden, indien aan vastgestelde EG voorwaarden wordt voldaan, in voer voor niet herkauwers verwerkt worden (Productschap voor Diervoer, 2000). Dierlijke vetten uit cat. 3 mogen in diervoeder toegepast worden mits het gehalte aan onoplosbare onzuiverheden kleiner is dan 0,15 g/kg.

Het tijdelijke verbod is niet van toepassing op voeders voor nertsen en voeders voor gezelschapsdieren, zoals honden, katten en zangvogels (Productschap voor Diervoer, 2000).

Het tijdelijke verbod gold in eerste instantie van 1 januari tot 1 juli 2001. De Europese Commissie heeft op 29 juni 2001 het diermeelverbod voor onbepaalde tijd verlengd. Afhankelijk van de ontwikkelingen kan het tijdelijke verbod of opgeheven worden of in een definitief verbod omgezet worden. Er bestaat de mogelijkheid om de regeling te versoepelen voor lidstaten van de Europese Unie, indien uit tussentijdse controles blijkt dat het verbod niet noodzakelijk is (Agrarisch Dagblad, 2000).

## **Diermelen en vet (1 t/m 6)**

De in de tabel genoemde dierlijke bijproducten (1 t/m/ 5) vallen onder categorie 3. Gelko is een bijproduct die ontstaat bij de verwerking van beenderen tot gelatine.

Dierlijk vet (6), van het huidige SRM en HRM, komt in de toekomst in cat. 2.

Dierlijk vet, van het huidige LRM, komt in categorie 3. Overigens is dit vet ook op dit moment wel toegestaan in diervoeder mits het gehalte aan onoplosbare onzuiverheden kleiner is dan 0,15 g/kg.

### Kosten/opbrengsten

Voor de stromen 1t/m 5 bestaan op dit moment nauwelijks andere mogelijkheden dan verbranden. De kosten hiervoor bedragen ca. € 50-75 per ton.

Voor vet wordt, vanwege de verbrandingswaarde, door elektriciteitscentrales ca. € 25 per ton betaald.

## **Putvetten (7)**

Putvetten (afkomstig van vetvangers bij instellingen, horecabedrijven en voedingsmiddelenbedrijven) zijn verboden in diervoeder. Putvetten worden ingezameld met vacuumwagens. Bij de verwerking vindt eerst een scheiding plaats in waterfase en vetfase. De waterfase wordt meestal biologisch gezuiverd. De vetfase wordt gebruikt als toeslagstof bij compostering of vergisting. Putvetten bevatten vaak hoge gehalten aan vrije vetzuren en zijn dan niet geschikt voor verbranding. De verwerkingskosten voor putvetten bedragen ca. € 120 per natte ton.

## **Flotatieslibben (8)**

Flotatieslibben komen vrij bij bedrijven die een fysische (chemische) voorzuivering op hun afvalwater toepassen. Dit komt veel voor bij slachterijen en vleesverwerkende bedrijven. Flotatieslibben zijn verboden in diervoeder. De afzet is problematisch. Afzet als meststof is in een beperkt aantal situaties mogelijk (BOOM). Vergisting is een mogelijkheid, echter de capaciteit daarvoor in Nederland is ontoereikend. Het gaat daarom veelal richting slibverbranding (geschikte capaciteit is een knelpunt). Kosten van verwerking € 50 – 100 per natte ton.

## ***Plantaardige bijproducten***

### **Gebruikt frituurvet (9)**

Voor frituren wordt meestal plantaardig vet (of olie) toegepast.

Gebruikte frituurvetten van instellingen en horeca en de voedingsmiddelenindustrie mogen in diervoeders worden verwerkt, mits voldaan wordt aan de voorwaarden uit de GMP-code van het Productschap voor Diervoeder. Frituurvetten van huishoudens mogen niet worden verwerkt in diervoeder. Min of meer zuivere vetstromen, die niet in diervoeder kunnen worden verwerkt, worden vaak verwerkt tot technische vetten (verfindustrie, papier- en verpakkingindustrie, kunstofindustrie) of verbrand. Voor deze verwerking hoeft meestal weinig tot niets toebetaald te worden.

### **Destillaat/tankbodems (10)**

Vetten die vrijkomen bij het schoonmaken van tankwagens of opslagtanks mogen in diervoeders worden verwerkt, mits voldaan wordt aan de voorwaarden uit de GMP-code van het Productschap voor Diervoeder. Destillaat mag alleen in diervoeder als een risicoanalyse aantoont dat dit toelaatbaar is (o.a. gehalte aan contaminanten beneden grenswaarde).

### **Sorteerafval van uien (11)**

Bijproducten van uienverwerking kunnen in verband met geur en vergiftiging slechts in beperkte mate voor diervoeder worden toegepast.

### **Zuiveringslib (aërobe biologische zuivering) (12)**

Een groot aantal bedrijven in de v&g-industrie heeft een eigen (aerobe) afvalwaterzuiveringsinstallatie. Het surplusslib van deze zuivering wordt, als het voldoet aan de eisen uit het BOOM, meestal toegepast als meststof in de landbouw. Veelvuldig echter wordt het toegelaten gehalte aan zware metalen overschreden en vindt afzet plaats naar slibverbrandingsinstallaties, composteringsinstallaties en stortplaatsen. De kosten voor afzet van (aëroob) zuiveringslib variëren van € 250 – 750 per ton drogestof.

---

### **3.3 Organische stromen waarvoor op termijn een afzetprobleem dreigt**

In tabel 3.2 is een overzicht gegeven van de hoeveelheden en samenstelling van bijproducten waarvoor (op termijn) afzet problemen dreigt en waarvoor de ontwikkeling van alternatieve afzetkanalen wenselijk is. N.B. Deze lijst van bijproducten is niet uitputtend.

Het betreft hier met name bijproducten van plantaardige herkomst. Deze bijproducten zijn dus op basis van wet- en regelgeving toegelaten als diervoeder en worden geproduceerd onder condities die voldoen aan de voorwaarden uit de GMP-code van het Productschap voor Diervoeder.

Deze bijproducten hebben meestal een positieve waarde, die wordt bepaald door de voedingswaarde van het product.

#### **Toelichting bij enkele stromen**

#### **Bietenpuntjes (12)**

Bietenpuntjes (staartjes) zijn stukjes die van bieten afbreken bij overslag, transport, opslag en in het wasproces. Deze bietenstaartjes worden in het proces met zeven of rollen afgescheiden. Uit bietenstaartjes is niet op rendabele wijze nog suiker te winnen. Deze bietenstaartjes werden wel toegepast als diervoeder of in de landbouw afgezet als meststof.. Dit levert echter toenemende problemen op. De kosten voor afzet bedragen ca. € 25 per ton.

#### **Bijproducten visverwerking (18)**

Bijproducten die ontstaan bij verwerking van vis zijn bijvoorbeeld koppen, restvlees, graten, huid en organen. Deze bijproducten kunnen afhankelijk van de soort vis (vet, mager, etc) worden toegepast voor fabricage van vismeel, visolie, in de petfoodindustrie en in nertsenvoer. Overigens vindt in Nederland geen verwerking tot vismeel en visolie plaats, wel in Duitsland. Bijproducten uit de visverwerking worden dan ook vanuit Nederland naar Duitsland vervoerd voor verwerking tot vismeel en visolie. In Nederland is vismeel wel toegestaan in diervoeder voor landbouwhuisdieren, in Duitsland niet.

#### **Referenties**

- Productschap voor Diervoeder, 2000. Vragen en antwoorden verboden diermelen en dierlijke eiwitten in diervoeders, VA-lijst BSE diersmeel versie nr. 3 (22-12-2000).
  - Agrarisch Dagblad, 2000. EU akkoord met verbod op gebruik van diersmeel, 5 december.
  - TNO, 2000. Risico-inventarisatie vochtrijke bijproducten. Concept 5 september.
-

**Tabel 3.2. Bijproducten waarvoor op termijn andere toepassingen gewenst zijn.**

	Plantaardig	Dierlijk	Gemengd	Hoeveelheid — ton/jaar —	Samenstelling					
					Drogestof — % —	Ruw vet	Ruw eiwit	Overige koolhydraten g/kg ds	Ruwe celstof	Ruw as
<b>Graanverwerkende industrie</b>										
1 Tarwezetmeel (Nederlands)	X			1.153.500	25	28	114	821	15	22
2 Bierbostel	X			560.000	22	111	270	411	165	43
3 Biergist	X			111.000	11	10	499	414	13	64
4 Graanspoeling	X			7.000	7,3	104	330	446	62	58
5 Maisgluten	X			130.000	42	38	196	612	98	56
<b>Aardappelverwerkende industrie</b>										
6 Aardappelstoomschillen	X			570.000	14	19	140	510	90	80
7 Aardappelpersvezels (AVEBE)	X			385.000	17	0	73	689	196	44
8 Diverse aardappelproducten	X			450.000						
9 Aardappelsnippers	X				29	90	82	759	32	37
10 Wit/grijs zetmeel (snijverlies)	X			120.000	18	26	119	769	28	26
<b>Suikerindustrie</b>										
11 Perspulp	X			700.000	22	5	97	626	193	79
12 Bietenpuntjes (bras)	X			157.000	14					200
<b>Zuivelindustrie</b>										
13 Wei/melkproducten	X			570.000	5	15	210	656	0	119
<b>Fermentatieindustrie</b>										
14 Mycelium/gistspoeling	X			69.000	11	37	526	324	29	84
<b>Diversen</b>										
15 Bakkerijproducten/wafelmix	X			80.000	60	93	106	743	21	36
16 Misproductie/sausen			X	60.000	10					
17 Wortelstoomschillen/sap (caroteen 1,1, g/kg ds)	X				6,2	21	93	614	132	140
18 Bijproducten visverwerking		X		35.000	37	102	680	26	0	191
<b>Dierlijk vet</b>										
19 Dierlijk vet LRM		X		120.000	99,5	100	-			





## 4 Concepten voor hoogwaardig gebruik van bijproducten uit de v&g-industrie.

In dit hoofdstuk worden 6 zoekrichtingen gedefinieerd voor alternatief gebruik van bijproducten. Deze zijn:

- Bioraffinage
- Oliën en vetten voor non-food
- Fermentatie
- Bioplastics
- Afbraak tot monomeren
- Thermische conversie

Het is natuurlijk niet mogelijk om alle huidige ontwikkelingen hier te presenteren, daarom zijn een aantal interessante concrete voorbeelden uitgewerkt in de vorm van "factsheets". Thermische verwerking is reeds in een eerder rapport gepresenteerd en wordt hier voor de volledigheid nog even genoemd.

### 4.1 Bioraffinage

Bioraffinage is een veelgebruikt term voor het (volledig) chemisch, biologisch of fysisch benutten van biomassa (plantaardig of dierlijk). Het concept is dus gericht op optimale benutting van meerdere inhoudsstoffen die uit biomassa of biomassa-resten kunnen worden verkregen.

Technieken die voor de isolatie van specifieke inhoudsstoffen gebruikt worden zijn:

malen

windziften

zeven

(bio)chemische voorbewerking

extractie (conventioneel met oplosmiddelen, extrusie / extractie, superkritische extractie, microwave, ultrasound, ultra hoge druk)

(stoom)destillatie

selectieve precipitatie

preparatieve chromatografie

conventionele vast-vloeistofscheiding (centrifugeren, filtreren)

membraanfiltratie

pervaporatie (isolatie organische componenten of breken van azeotropen)

encapsulatie

membraanemulsificatie

sproeidrogen

Waar nodig worden hybride processen gebruikt. De technische haalbaarheid van een ontwikkeld proces wordt voor niet voedselproducten bekeken aan de hand van de samenstelling, verwerkbaarheid en stabiliteit van de nieuwe producten. Wanneer producten als voedsel gebruikt gaan worden, wordt er tevens gekeken naar sensorische eigenschappen zoals geur, kleur, smaak en textuur en voedselveiligheidsaspecten zoals microbiologische activiteit.

Hieronder worden systemen voor bioraffinage van gras en analoge biomassa en een proces voor bioraffinage van uiafval besproken.

---

#### 4.1.1 Bioraffinage van gras en bijproducten

Het Zwitserse 2B AG-biorefineries past bioraffinage op commerciële schaal toe door niet-houtige biomassa te fractioneren tot ethanol, vezels en eiwitten om deze vervolgens tot uiteenlopende producten te verwerken. En een consortium onder leiding van Avebe fractioneert gras tot eiwitten, vezels en een nutriëntenconcentraat. Hiervan worden momenteel diverse producten gemaakt zoals krachtvoer, potgrond, biologisch afbreekbare plantenpotten.

Momenteel lopen er verschillende projecten die een geïntegreerd concept gebruiken om uit gras een scala van producten te fabriceren. Voorbeelden zijn:

PROGRASS (een consortium van AVEBE, ABCTA, ACM, NOM, NEDALCO, RABO en Plant Research International) richt zich momenteel op een pilot lijn voor gras bioraffinage in Foxhol. Het project verwerkt momenteel gras dat vrijkomt bij onderhoud van natuurgebieden.

ECN en ATO hebben recent een project afgerond waarin de gecombineerde productie van vaste brandstof en co-producten zoals eiwitten uit laagwaardig bermgras werd onderzocht.

Het bedrijf 2B AG in Zwitserland heeft patent op een bioraffinage systeem dat tussen de 5.000 en 10.000 ton (droge stof) gras verwerkt en waarvan een eerste proefopstelling nu operationeel is. Het systeem is commercieel leverbaar.

In Denemarken is een concept ontwikkeld om gras, alfalfa en klaver mechanisch te scheiden in een vezel- en een sapcomponent.

Producten van bovengenoemde bioraffinage systemen zijn momenteel cellulosevezels, eiwit concentraat en een koolhydraat concentraat. Toepassingen voor de vezels zijn bijvoorbeeld brandstof, turfvervanger, papierpulp, plaatmateriaal, vezelversterkte composieten en isolatiemateriaal. Eiwitten en suikerconcentraat zijn interessant als diervoeder, zeker nu dierlijke eiwitten onder druk staan. Verder is fermentatie bijvoorbeeld tot methaan of ethanol een interessante optie voor de suikerrijke fracties. Voor het systeem van 2B AG worden bij gebruik van klaver/gras als feedstock opbrengsten van 180-220 liter ethanol, 150-250 kg proteïne concentraat en 200-250 kg vezel genoemd.

Behalve de boven genoemde producten kunnen uit specifieke afval en bijproducten ook andere producten worden gewonnen door verdere fractionering in waardevolle voedsel- of niet-voedselproducten. Voorbeelden hiervan zijn kleur en smaakstoffen, bioactieve componenten en green chemicals.

Bovengenoemde systemen richten zich vooral op gras maar ook andere biomassastromen kunnen volgens het concept verwerkt worden. Voorbeelden van andere biomassastromen die ook door fractionering tot waarde kunnen worden gebracht zijn: bierbostel, groente en fruit afval, bietenkoppen en loof, bietenpulp, mais, etc.

#### **Markt:**

Met de afname van de veestapel zal de vraag naar bijproducten uit de agro-industrie als diervoeder afnemen waardoor andere afzetmogelijkheden gezocht moeten worden. Deze mogelijkheden worden vergroot indien er zuiverder en goedkopere grondstoffen zijn, hierdoor zal bioraffinage aan belangstelling winnen.

Maatschappelijke acceptatie:

Maatschappelijk acceptatie hangt samen met de verwachte positieve milieueffecten. Het concept draagt bij aan efficiënter grondstofgebruik (dematerialisatie) en verminderde uitstoot van afval; stikstof wordt hergebruikt in plaats van in het milieu terecht te komen.

---

**SWOT schema (Bioraffinage):**

<p><b>Sterktes</b></p> <p>Biedt een verantwoorde verwerking van laagwaardige (problematische) afvalstromen</p> <p>Positief milieueffect door intensievere benutting van grondstof</p> <p>Deelprocessen zijn bekend en beschikbaar</p>	<p><b>Zwaktes</b></p> <p>Geïntegreerde processen moeten nog worden uitontwikkeld</p> <p>Om het concept haalbaar te maken zullen meerdere "hoofdproducten" tegelijk afgezet moeten worden. Deze afhankelijkheid verhoogt de kwetsbaarheid van het systeem</p>
<p><b>Kansen</b></p> <p>Het draagt bij tot flexibele productie van producten en halfabrikaten uit complexe grondstoffen</p> <p>Bijdrage aan duurzame ontwikkeling is duidelijk</p>	<p><b>Bedreigingen</b></p> <p>Toepassing van biomassa voor non-food/feed toepassingen kan als een bedreiging gezien worden voor voedselproductie</p> <p>Beschikbaarheid van grondstof is seizoensafhankelijk</p> <p>Het proces moet flexibel zijn om variabele grondstof te kunnen verwerken</p>

**Referenties:**

AVEBE. Bio-fractionering van plantaardige grondstoffen. Workshopverslag "Landbouw in dialoog". 2001. Oranjewoud.

Bosgra, O.-J., 2002. Concept Rapport. Bioraffinage. Potentieel, mogelijke bijdragen aan beleidsdoelstellingen en succes- en faalfactoren. Universiteit Utrecht, ATO: Utrecht, Wageningen.

Doorn J. van, E.R.P. Keijsers en H.W. Elbersen, Cascadering van maaisel. Winning van industrieel toepasbare hernieuwbare grondstoffen gecombineerd met de opwaardering van brandstofkwaliteit voor de opwekking van energie.

Grass, S., et al. Production of ethanol, protein concentrate and technical fibers from clover/grass. in Biomass a growth opportunity in green energy and value-added products. Proceedings of the 4th biomass conference of the Americas. USA, August 29-September 2. Elsevier, Oxford. 1999. Oakland, USA: Elsevier Science Ltd.

Hansen, G. and S. Grass, Method for using a vegetable biomass and a screw press to carry out said method. Patent. 2001, 2B AG: USA.

Kiel, P. 1999. The green biorefinery in Denmark- utilisation of green and brown juice as fermentation media. Centre for Agro-Industrial Biotechnology, University of Southern Denmark,

#### 4.1.2 Uiafval conversie tot voedingsingrediënten

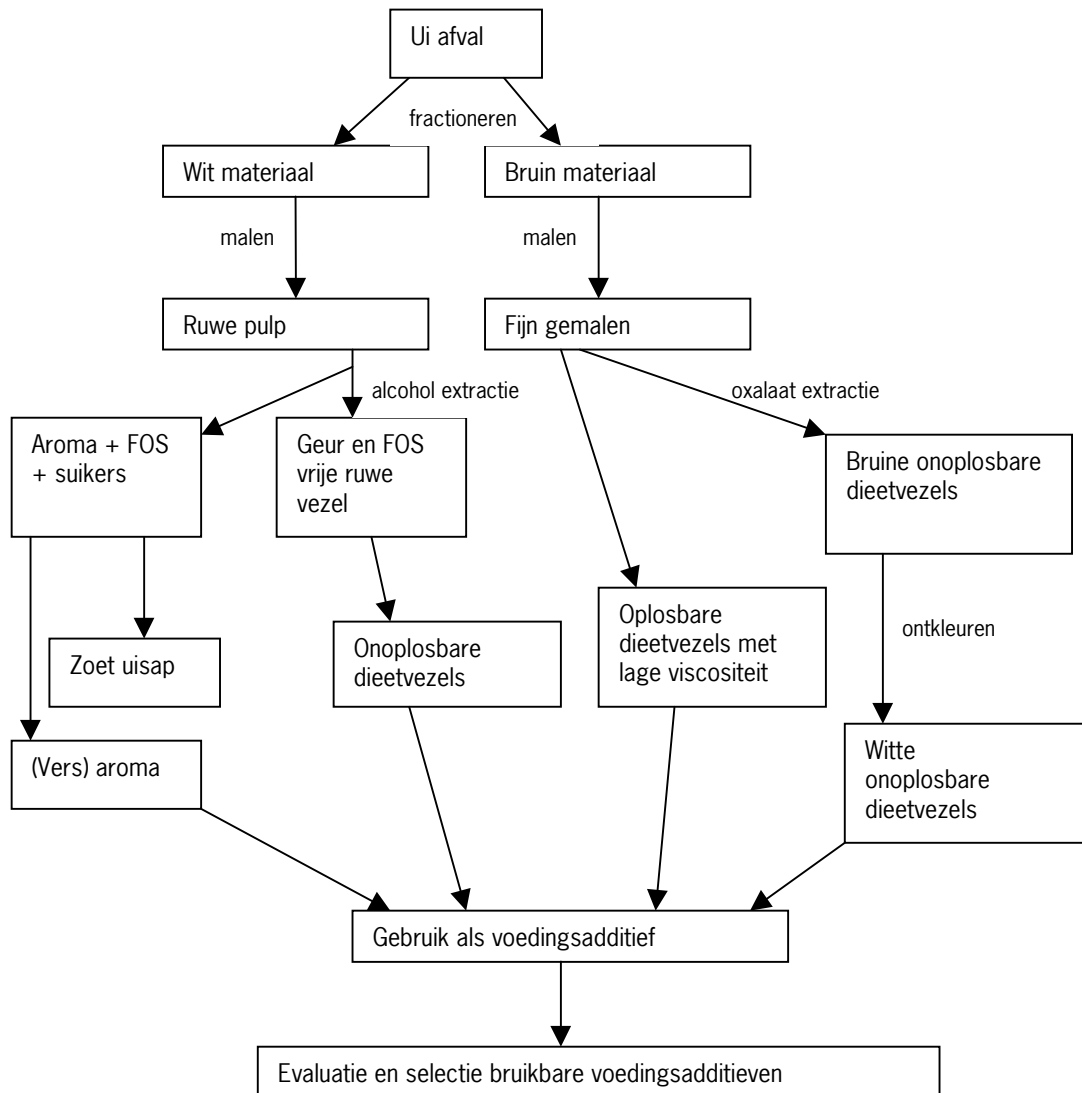
##### Technische beschrijving en stand der techniek:

De meer dan 450.000 ton uienafval in Europa is niet geschikt voor verwerking tot diervoeder. Verwijdering levert stortkosten op. Omzetten van uienafval in bruikbare producten zoals olie, smaakstoffen en dieetvezels is wel mogelijk.

In een EU (Flair-Flow) project zijn verwerkingsmogelijkheden bekeken. Enkele resultaten zijn:

- scheiden van bruin en wit schilafval kan tot 95%;
- extractie van smaakstoffen en sacchariden kan op industriële schaal;
- ontkleuren van afval tot een witte vezel met toegenomen oplosbaarheid;
- het is mogelijk de functionaliteit van witte uienvezels te veranderen;
- filmvormende eigenschappen zijn nog niet bekend

Het ontwikkelende proces is weergegeven in onderstaand schema:



De technische ontwikkeling van het proces varieert van lab- tot pilot fase.

Tot en met pilot schaal zijn ontwikkeld:

- fractioneren bruin en wit materiaal middels windziften
- malen van bruin materiaal
- nat malen van wit materiaal
- winning van onoplosbare dieetvezels met hoge waterbindingscapaciteit middels alcoholextractie
- bereiding van zoet uisap door verdampen alcohol en indikken
- winning vers uiaroma middels pervaporatie
- winning uiaroma middels stoomdestillatie (bestaand industrieel proces)

De overige processtappen zijn uitgevoerd op labschaal.

#### Bottlenecks

- uiafval mag als diervoeder gebruikt worden maar dit afzetkanaal voldoet niet geheel omdat het onbewerkte bruine materiaal niet eetbaar is
- de verwachting is dat toepassing als grondverbeteraar in de nabije toekomst niet meer toegestaan is vanwege de aanwezigheid en snelle groei van b.v. *Sclerotium cepivorum* (witrot).
- echter op dit moment zijn de storkosten uiafval te laag voor (deel) uitvoering ontwikkeld proces
- opschaling / demonstratie van nog niet ontwikkelde delen van het proces te weten:
- verbeterde scheiding wit en bruin materiaal door in te grijpen op procesvoering huidige schillijnen
- demonstratie pervaporatie voor winning vers uiaroma
- verlaging alcoholresidu in zoet uisap
- ontwikkeling oxalaat extractie en vezelontkleuring
- bepaling en / of verbetering verwerkbaarheid onoplosbare dieetvezels
- stabilisatie en / of encapsulatie vers uiaroma
- bepaling en / of verbetering voedselveiligheid ontwikkelde voedingsingrediënten

#### Soort grondstof:

Momenteel wordt uiaroma gewonnen door uien te stoomdestilleren. Pectine en oplosbare voedingsvezels worden bereid middels extractie van appels, bieten, zonnebloempitten en citrusvruchten.

Voor de winning van uiaroma zijn intacte uicellen nodig, verder zijn er geen eisen.

Voor de productie voedingsvezels is een vezelrijke grondstof nodig, geur- en kleurstoffen moeten zeer goed te verwijderen zijn. Jaarlijks wordt in de EU (met name in UK, Nederland en Spanje) 450.000 ton uiafval geproduceerd.

#### Relevante regelgeving:

Producten dienen te voldoen aan de warenwet. Voor functional foods is wetgeving uitgebreider. De kosten voor het op de markt brengen van een functional food liggen beduidend hoger dan voor een voedingsadditief.

#### Markt:

Vers uiaroma is potentieel interessant voor gedeeltelijke vervanging van het huidige uiaroma dat een gekookt karakter heeft. Dit gekookte uiaroma wordt voor € 454 per liter verkocht en de winstmarge is hoog, zeker als uiafval in plaats van consumptie uien gebruikt kunnen worden.

---

---

**Maatschappelijke acceptatie:**

Indien de voedselveiligheid bewezen kan worden en gewaarborgd is, dan zullen de producten naar verwachting eenvoudig geaccepteerd worden.

**SWOT schema (Voedingsingrediënten uit uiafval):**

<b>Sterktes</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Goedkope grondstofprijs</li><li>- Beschikbaarheid grondstof</li><li>- Producten hebben hoge toegevoegde waarde</li></ul>	<b>Zwaktes</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Gedeeltes van het proces dienen nog opgeschaald te worden</li><li>- Uitgebreide wetgeving voor functional food</li></ul>
<b>Mogelijkheden</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Meerdere opties mogelijk</li></ul>	<b>Bedreigingen</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Huidige lage storkosten van uiafval</li></ul>

**Referentie:**

Publicaties n.a.v. EU project FAIR-CT96-1184 (6-1996 t/m 12-1999) waarvan coördinatie in handen was van Dr. K.W. Waldron, IFR Norwich. ATO deelnemers: Joyce Schroot, Truus de Vrije

---

## 4.2 Oliën en vetten voor non-food applicaties

### **Technische beschrijving en stand der techniek:**

Cooking oils and fats consist of fatty glyceride esters. On hydrolysis of these esters, free fatty acids are obtained. The types of fatty acid chain present vary depending on the plant or animal origin. For example corn oil, used for frying, contains approximately 30% oleic acid and 50% linoleic acid upon hydrolysis with the remaining amount of fatty acids consisting of shorter and saturated chains. Other vegetable oils used for cooking include sunflower oil, which can either have a high linoleic acid content (approx. 70%) or a high oleic acid content (approx. 80%). On the other hand fats from animal origin tend to contain more saturated fatty acid chains, although longer, unsaturated fatty acids chains are also present.

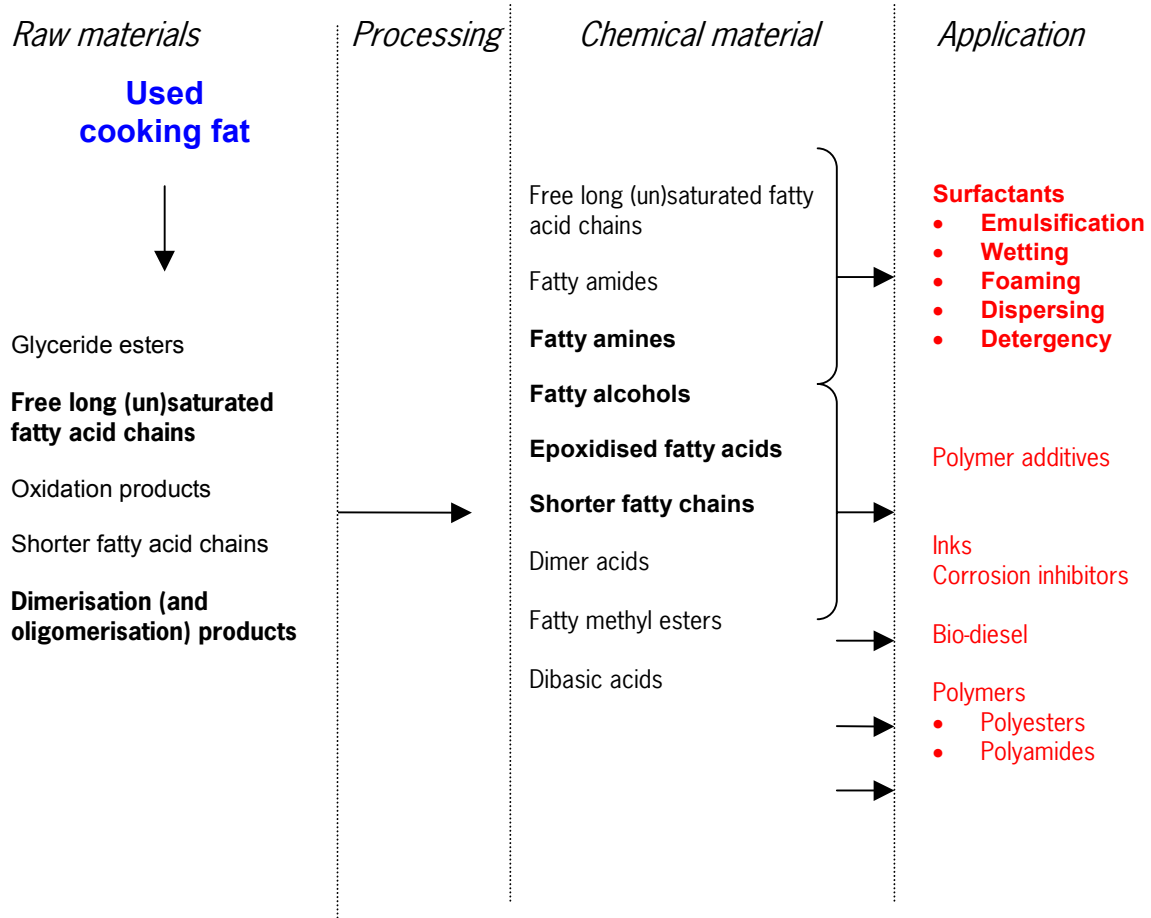
Therefore, when considering the use of cooking oils and fats it must be appreciated that the raw material is built up from a range of chemical substances.

When vegetable oils and fats are used for cooking various chemical changes to the materials takes place, for example:

- Oxidation reactions,
- Dimerisation reactions with some unsaturated fatty acids e.g. linoleic acid,
- Partial hydrolysis of the oil to free fatty acids.

Therefore, spent, or used, cooking oils and fats contain a variety of materials:

- Glyceride esters, the same as in the virgin material,
  - Free long (un)saturated fatty acid chains,
  - Oxidation products e.g. epoxy species, (hydro)peroxy species,
  - Shorter fatty acid chains,
  - Dimerisation (and oligomerisation) products.
-



Processing and technologies that are required to transform the components of the used cooking oil and fat mixture include:

Hydrolysis – saponification,

Fractionation - separation techniques,

Chemical transformation – esterification and amidation, ozonolysis when applicable.

These types of processing and technologies are already well established in the oleochemical industry.

The applications above are already serviced by the oleochemical industry in which the desired chemical materials are derived from fatty acid esters obtained from vegetable oils. However, the vegetable oils have generally not been previously used.

Since the supply of the fatty acids originates from a source which has previously been used and undergone some degradation, compared to conventional sources of fatty acids, special attention should be given to processes which focus of the separation of desired components.

### **Maatschappelijke acceptatie:**

For many of the technical applications and materials limited resistance from the consumer should be accepted as many of the traditional products for these applications are also derived from vegetable/animal oils. However, for the consumer some concern may be shown about potentially harmful contaminants that may have entered the source i.e. the spent oil, especially when the product has food contact. Therefore attention to rigorous isolation or separation of undesirable compounds and assurance of product (health) and safety will play an important role.



**SWOT schema (Oliën en vetten voor non-food applicaties):**

<b>Strengths</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Well established range of technologies</li><li>- Well established market for oleochemicals</li></ul>	<b>Weaknesses</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Final cost of oleo products (derived from spent cooking oil) remain unknown at present</li></ul>
<b>Opportunities</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Wide range of different products</li><li>- Wide range of applications</li></ul>	<b>Threats</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Infrastructure from end of life of cooking oil to product</li></ul>

**Referenties:**

Gunstone, F., Fatty Acid and Lipid Chemistry.

Lipid Handbook

## 4.2.1 Methylesterproductie voor biodiesel uit afvalvetten

### Technische beschrijving en stand der techniek:

Raffinage van olie door verwijdering van gums (slijm) en neutralisatie, door verwijdering van vrije vetzuren via een wassing met natriumhydroxide-oplossing. Bij hoge(re), ca. boven 1%, gehalten aan vrije vetzuren wordt vaak een zuurgekatalyseerde transesterificatie met methanol doorgevoerd, omdat anders het productverlies te groot wordt. Vervolgens wordt het zuurvrije vet/olie via een alkalische katalysator, bijvoorbeeld  $\text{NaOCH}_3$ , in een niet-watrig methanol omgeësterd tot een methylester en glycerol. Procescondities zijn atmosferische druk en kookpunt van methanol (alcohol), i.e. 60 °C. Voor de specificaties van het eindproduct zijn recentelijk voorstellen gedaan voor Europese kwaliteitsnormen.

Op dit moment zijn een aantal procesmethoden commercieel beschikbaar. Afhankelijk van de kwaliteit van de grondstof en fluctuaties in de kwaliteit zijn alternatieven voorhanden. Alle methoden zijn beschikbaar op pilotschaal, ca. 1000 liter/batch, en voor productie van methylesters uit koolzaadolie wordt momenteel gewerkt aan fabrieken met een capaciteit van ca. 8000-12000 ton/jr, hetgeen uit economische overweging momenteel optimaal is. Handelsnormen stellen grenzen aan gehalten van mono- en diglyceriden, glycerol en water.

Bottlenecks liggen momenteel in de economische procesvoering, die een totale omzetting van meer dan 99% vereist. Vooral bij hogere gehalten aan vrije vetzuren in de grondstof is dit lastig. Verdere hordes liggen in het lage-temperatuurgedrag van de methylesters. Dit is sterk afhankelijk van de uitgangsstof en daarom moeilijk te voorspellen. Vooral bij verzadigde oliën/vetten treden problemen op, terwijl bij hogere onverzadigingsgraden juist stabiliteitsproblemen bij opslag gaan spelen (polymerisatie). Blending met diesel is momenteel noodzakelijk om aan de hoge kwaliteitseisen te kunnen voldoen.

### Soort grondstof:

Momenteel wordt koolzaad, cq. raapzaadolie, gebruikt voor het proces en wordt er binnen de EU op beperkte schaal gekeken naar de mogelijkheid om gebruikte restaurantvetten te gebruiken.

In principe kunnen alle vetstromen, zowel dierlijke als plantaardige, verwerkt worden tot methylesters. De mate van geschiktheid voor gebruik als biodiesel hangt sterk af van de verzadigingsgraad van de olie/vet. Behalve een simpele stoomstripping en droging van de olie/vet, die nu standaard ook worden gebruikt om ongewenste geuren en water te verwijderen, zijn extra processtappen in het algemeen niet nodig.

Continuïteit in aanbod van de grondstofstroom en kwaliteit is wel van belang, gelet op de proceseconomische randvoorwaarde. Hiervoor is het noodzakelijk dat een fabriek op de design-capaciteit kan blijven draaien.

### Relevante regelgeving:

Verplichting SR-materiaal te verbranden voor dierlijke vetten. Verder zijn stimuleringsmaatregelen belangrijk en noodzakelijk, zoals belastingreductie van ca. 50% t.a.v. brandstofprijs. Hiervoor is Europees beleid in ontwikkeling.

### Markt:

Omvang is in principe groter dan beschikbaarheid grondstoffen, ca. 5-10% van huidige dieselmarkt.

In principe is het een gedeeltelijke vervangingsmarkt van minerale olie (diesel)

Toegevoegde waarde: kostprijsniveau afvalvetten ca. 300 NLG/ton. Verkoopwaarde dieselbrandstof exclusief belastingen (749 NLG/ton voor NL) ca. 800 NLG/ton, dus toegevoegde waarde wordt ca. 500 NLG/ton.

Onvoldoende gegevens beschikbaar m.b.t. betrouwbaarheid van motorperformance op langere termijn.

### Maatschappelijke acceptatie:

Hoe zit het met risicomateriaal, zoals prionen, in biodiesel. Wie geeft garanties voor veiligheid?

Wat vindt de consument van het gebruik van slachtafvallen voor gebruik als autobrandstof?

Technologische risico's zijn beheersbaar.

Emissies,

zoals CO en roet, nemen duidelijk af bij blending van diesel met methylesters.

### SWOT schema (Methylesterproductie):

<p><b>Sterktes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bewezen technologie</li> <li>- Beschikbaarheid grondstof</li> <li>- Positief milieu-effect</li> </ul>	<p><b>Zwaktes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Applicatiegaranties niet aanwezig</li> <li>- (Nog) niet eenduidige kwaliteitsnormen</li> <li>- Lage-temperatuur stabiliteit en houdbaarheid</li> <li>- Proceseconomie leidt tot hoge kostprijs</li> <li>- Afhankelijkheid van fiscale stimuleringsmaatregelen</li> </ul>
<p><b>Kansen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nationale en EU voorstellen voor verplichte vervanging van fossiele brandstoffen door hernieuwbare brandstoffen.</li> </ul>	<p><b>Bedreigingen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Keten niet aanwezig. Er bestaat een afvalketen maar die is niet ingericht op langere termijnafspraken.</li> <li>- Perceptie van burger t.a.v. prionen-gevaar en ethische bezwaren gebruik dierlijk materiaal als autobrandstof</li> <li>- Hoe structureel is beschikbaarheid van grondstoffen?</li> </ul>

### Referenties:

Dr.ir. J.W. Veldsink (ATO), Ir. Jilles de Vos (Zwitserland), Frank Bergmans (productschap MVO)

## 4.2.2 Micro-emulsie productie voor biodiesel uit afvalvetten

### Technische beschrijving en stand der techniek:

Eén van de alternatieven om plantaardige oliën als autobrandstof te gebruiken zonder de dure processtap van conversie tot methylesters uit te hoeven voeren is de olie op te emulgeren met een lagere alcohol, bijvoorbeeld ethanol, in aanwezigheid van een cosolvent. Hierdoor kunnen laagviskeuze éénfase-systemen geproduceerd worden. Ontmengingsgedrag van de micro-emulsie is hier een cruciale parameter. Dit proces is op labschaal bekend en krijgt recentelijk weer meer aandacht. Huidige technologische uitdagingen vormen de beschikbaarheid van een goedkope cosolvent, nu vaak een hogere alcohol, en verbetering van de stabiliteit bij relatief verzadigde vetten, zoals dierlijke vetten en palmolie.

### Soort grondstof:

Continuïteit in aanbod van de grondstofstroom en kwaliteit is van belang, gelet op de proceseconomische randvoorwaarde. Hiervoor is het noodzakelijk dat een fabriek op de design-capaciteit kan blijven draaien.

### Relevante regelgeving:

Verplichting SR-materiaal te verbranden voor dierlijke vetten. Verder zijn stimuleringsmaatregelen belangrijk en noodzakelijk, zoals belastingreductie van ca. 50% t.a.v. brandstofprijs. Hiervoor is Europees beleid in ontwikkeling.

### Markt:

Omvang is in principe groter dan beschikbaarheid grondstoffen, ca. 5-10% van huidige dieselm Markt. In principe is het een gedeeltelijke vervangingsmarkt van minerale olie (diesel). Toegevoegde waarde: kostprijsniveau afvalvetten ca. 300 NLG/ton. Verkoopwaarde dieselbrandstof exclusief belastingen (749 NLG/ton voor NL) ca. 800 NLG/ton, dus toegevoegde waarde wordt ca. 500 NLG/ton. Onvoldoende gegevens beschikbaar m.b.t. betrouwbaarheid van motorperformance op langere termijn.

### Maatschappelijke acceptatie:

Hoe zit het met risicomateriaal, zoals prionen, in biodiesel?

Wie geeft garanties voor veiligheid?

Wat vindt de consument van het gebruik van slachtafval voor gebruik als autobrandstof?

Zijn technologische risico's beheersbaar?

### SWOT schema (Micro-emulsies):

<b>Sterktes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beschikbaarheid grondstof</li> <li>- Positief milieu-effect</li> </ul>	<b>Zwaktes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Applicatiegaranties niet aanwezig</li> <li>- (Nog) niet eenduidige kwaliteitsnormen</li> <li>- Afhankelijkheid van fiscale stimuleringsmaatregelen</li> <li>- Juiste formuleringen nog niet bekend</li> </ul>
<b>Kansen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nationale en EU voorstellen voor verplichte vervanging van fossiele brandstoffen door hernieuwbare brandstoffen.</li> </ul>	<b>Bedreigingen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Keten niet aanwezig. Er bestaat een afvalketen maar die is niet ingericht op langere termijnafspraken.</li> <li>- Perceptie van burger t.a.v. prionen-gevaar en ethische bezwaren gebruik dierlijk materiaal als autobrandstof</li> <li>- Hoe structureel is beschikbaarheid van grondstoffen?</li> </ul>

### Referenties:

Dr.ir. J.W. Veldsink (ATO), Ir. Jilles de Vos (Zwitserland), Frank Bergmans (productschap MVO)

### 4.2.3 Stookolie uit vethoudende afvalstromen als energiedrager

#### Referenties:

J.W. Veldsink (ATO), A. Hendriksen (Qlear)

#### Technische beschrijving en stand der techniek:

Vetten behoeven slechts licht te worden geraffineerd, zodat polymere materialen en eventuele slijmen worden verwijderd. Dit is standaard technologie die bij elk vetverwerkingsbedrijf wordt toegepast. Vervolgens kan het vet/olie direct worden gebruikt in een stationaire dieselgenerator, meestal scheepsdiesel, waarmee electriciteit wordt opgewekt.

Voor verkoop van vetten als stookolie zijn door EU normen voorgesteld. Voldoen aan de normen kan wel inhouden dat er meer technologische bewerkingen op de olie toegepast moeten worden, om de specificaties te halen. Benodigde technologie is bekend en reeds op grote schaal bewezen en heeft slechts als effect dat de kostprijs omhoog gaat.

Elke dieselgenerator kan in principe aangepast worden aan willekeurige vetbron. Hiervoor dienen dan wel voorzieningen aan de generator aangebracht te worden, zoals eventuele verwarming van leiding, compressieratio, materiaal van kleppen en afdichtingen etc. Applicatietesten zijn noodzakelijk. Op dit moment loopt een demo (800 kW, Qlear Hilversum) en zijn er verschillende units commercieel verkrijgbaar met capaciteiten variërend van 400 kW tot ca. 3 MW.

Over ongewenste emissies van dergelijke systemen is nog weinig bekend. Dit zal nog zeker aandacht verdienen. Wel wordt door de fabrikant gesteld dat de huidige systemen voldoen aan TA-Luft (D) en NER (NL) normen. Hiervoor moeten wel additionele voorzieningen, zoals DeNO<sub>x</sub>, worden aangebracht.

#### Soort grondstof:

Voor genoemde toepassing als stookolie kan in principe elke (droge) vethoudende afvalstroom worden gebruikt, zoals destructievetten, maar ook end-of pipe afvalvetten van olieraffinaderijen, die niet meer geschikt zijn voor consumptie. Verder kunnen ook HTU-oliën en andere vloeibare biomassa's worden gebruikt als brandstof voor een dergelijk systeem.

#### Relevante regelgeving:

Handling van HRM destructievetten.

#### Markt:

Onduidelijk. Omvang kan in principe alle stromen dekken. Zeker nu ook overheid beleid heeft om meer 'groene' energie op de markt beschikbaar te maken. Problemen en onzekerheden bestaan op het punt van ketenorganisatie, lange-termijn vs. korte-termijn, en huidige liberalisatie energiemarkt. Prijzen voor de gebruiker liggen momenteel op circa € 100,- per ton vet.

#### Maatschappelijke acceptatie:

Gezien de capaciteiten van dergelijke installaties kunnen ze on-site worden bedreven, zonder additioneel, gespecialiseerd operating personeel aan te stellen. Hierdoor staan ze iets verder van het publiek en zullen issues zoals die gelden voor gebruik als autobrandstof minder relevant zijn. Hierdoor lijkt maatschappelijke acceptatie geen probleem.

---

**SWOT schema (Stookolie):**

<b>Sterkte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Weinig technologie nodig voor brandstofontwikkeling</li> <li>- Gebruik 'proven' technology</li> <li>- Installaties zijn reeds commercieel beschikbaar</li> </ul>	<b>Zwakte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- langdurige testen ontbreken (applicatie)</li> <li>- problemen rond ketenorganisatie (contracttermijnen)</li> </ul>
<b>Kansen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beleid meer 'groene energie'</li> <li>- CO<sub>2</sub> reductie</li> <li>- Beschikbaarheid goede afvalstromen</li> <li>- Adaptieve capaciteit beschikbaar</li> </ul>	<b>Bedreigingen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- liberalisatie energiemarkt</li> <li>- ketenorganisatie; huidige keten is ingericht voor afvalverwerking en niet gewend aan lange garanties van energiemarkt</li> </ul>

## 4.3 Fermentatie van bijproducten tot grondstoffen en energiedragers

### 4.3.1 Bioafbreekbare polyesters uit dierlijk vet.

#### Technische beschrijving en stand der techniek:

Medium chain length-Polyhydroxy-alkanoaten (mcl-PHAs), biologisch afbreekbare polyesters van bacteriële oorsprong, worden thans bij ATO B.V. op pilot-schaal (1000 L) geproduceerd via fermentatie in een bioreactor met de bodembacterie *Pseudomonas putida*. Polyesters met een kortere ketenlengte (scl-PHAs) en met een beperkter scala aan programmeerbare eigenschappen zijn al elders geproduceerd op nog veel grotere schaal, o.a. in het product BioPol® dat ondermeer wordt gebruikt als bioafbreekbaar plastic in shampoo-flessen.

Via differentiële downstream processing-technieken en verdere opwerking is al een aantal verschillende halffabrikaten geproduceerd in o.a. coatings, plastic, rubber en latex. Deze halffabrikaten vinden al een groot aantal mogelijke toepassingen, waarvoor nog goede afzetmarkten moeten worden gedefinieerd en benaderd.

Bottlenecks zijn momenteel nog het ontbreken van industriële partners die bereid zijn te investeren in grootschalige bioreactors (in Nederland of Europa) voor de productie van PHAs en, daaraan gerelateerd vanwege onvoldoende aanvoer van PHA-grondstof en halffabrikaten, het ontbreken van een voldoende aantal vermarktbaar producten. Eveneens kan onvoldoende druk van de regering(en) op vervuilende en niet duurzaam geproduceerde kunststoffen als bottleneck worden beschouwd. Met gepaste maatregelen, die de iets hogere kostprijs van PHAs kunnen compenseren, kan binnen drie jaren al een aantal producten op basis van PHAs worden gerealiseerd.

#### Soort grondstof:

Momenteel worden o.a. laagwaardige kokosnootolie en tall oil uit de papierindustrie als substraat gebruikt. De eisen aan de grondstoffen zijn niet hoog, maar bacterie-dodende stoffen of stoffen die een toe te passen lipase-behandeling als voorbehandeling remmen, mogen niet in hoge concentraties aanwezig zijn. Ook frituurvet is een potentiële grondstof.

Een brede range van kwaliteiten van grondstof is weliswaar bruikbaar voor een scala aan producteigenschappen, maar een continue aanvoer van grondstof met een gelijkblijvende kwaliteit verhoogt de programmeerbaarheid van de eigenschappen.

Door de huidige *P. putida* productiestam worden vrije vetzuren als substraat gebruikt. Deze kunnen uit dierlijk vet (triacylglyceriden) worden vrijgemaakt via een behandeling met het enzym lipase. Onderzoek is gaande naar de isolering van nieuwe wildtype stammen met natuurlijke lipase-activiteit en naar de mogelijkheid lipase-genen in productie-stammen te introduceren (Solaiman et al. Appl. Microbiol. Biotechnol. 56 [2001] 664-669).

#### Relevante regelgeving:

Voor niet-medische of niet-voedsel-applicaties zijn geen limiterende regels bekend.

#### Markt:

De potentiële markt is gigantisch vanwege het grote aantal (denkbare) toepassingen ter vervanging van bestaande niet milieuvriendelijke producten (plastic, rubber, coatings, verven, etc.) en nieuwe specifieke toepassingen.

#### Maatschappelijke acceptatie:

Voor de meeste toepassingen zal de maatschappelijke acceptatie zeer groot zijn in verband met de duurzame aard van productie en de milieuvriendelijke eigenschappen. Hiervoor worden in Nederland en de Europese Unie ook tal van stimulerende maatregelen genomen. Alleen voor specifieke toepassingen gericht op medische applicaties of voor gebruik in de voedingsmiddelen/verpakkings-industrie dient nog te worden vastgesteld of bestanddelen uit de bacteriële productiestam schadelijk kunnen zijn voor inwendig gebruik.

**SWOT schema (Bioafbreekbare polyesters):**

<b>Sterktes</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Milieuvriendelijke producten</li><li>- Duurzame productie</li><li>- Gebruikmaking van afvalstromen</li><li>- Groot scala aan toepassingen</li></ul>	<b>Zwaktes</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Grote investeringen (fermentatie)</li><li>- Nog geringe vraag</li><li>- Nog weinig afzetmogelijkheden</li></ul>
<b>Mogelijkheden</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Nieuwe eindproducten en toepassingen</li><li>- Nieuwe industriële activiteiten</li><li>- Grote potentiële afzetmogelijkheden</li></ul>	<b>Bedeigingen</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Concurrentie over gehele wereld</li><li>- Wetenschappelijk achterstand in Nederland bij onvoldoende investeringen</li></ul>

**Referentie:**

Dr. Hans Mooibroek (ATO)

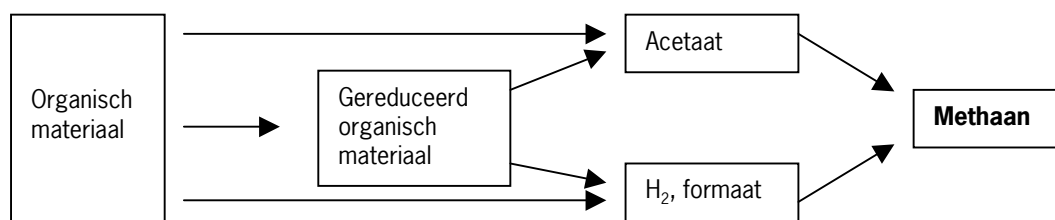


### 4.3.2 Methaan fermentatie

#### Technische beschrijving en stand der techniek:

Anaërobe fermentatie van organisch materiaal tot methaan en CO<sub>2</sub> is een natuurlijk proces dat voorkomt in moerassen en meerbodems. Het proces wordt al meer dan honderd jaar toegepast voor energieproductie en als efficiënte methode voor verwerking van organische afvalstoffen. Het is een relatief goedkope technologie die in principe op elke schaal toegepast kan worden. Bij de anaërobe afbraak van organisch materiaal blijft de energie grotendeels in methaan geconserveerd.

De complete methanogene conversie van organisch materiaal gebeurt door een consortium van micro-organismen die methaan als gereduceerd organisch eindproduct oplevert:



Een groot aantal fermentatie systemen is op de markt beschikbaar van leveranciers in Nederland en daarbuiten. Continue doorstroom systemen (continuous flow) zijn efficiënter dan "batch" systemen. De productie bedraagt 100 a 200 m<sup>3</sup> biogas per ton wat overeenkomt met 75 a 150 kWh per ton. Het gas wordt gebruikt voor verwarming en/of elektriciteitsproductie en kan ook in het aardgasnet worden toegevoegd.

Een deel van het organische materiaal zoals lignine wordt tijdens de fermentatie niet afgebroken. Het residu kan afgezet worden voor grondverbetering.

#### Soort grondstof:

Zeer veel biomassa soorten zijn geschikt voor fermentatie tot biogas. Over het algemeen is vooral natte biomassa (met een negatieve waarde) geschikt voor dit fermentatieproces. Bekende substraten die momenteel gebruikt worden zijn mest, slib, tuinbouwafval. Vethoudende afvalstoffen zoals putvetten, en dierlijk vet zijn geschikte substraten die een sterke verhoging van de methaan opbrengst geven. In Denemarken wordt daarom enkele procenten vet houdende stromen toegevoegd. In Nederland lopen ook proeven met toevoeging van vethoudende afvalstoffen. Naarmate de duurzame energieproductie een hogere waarde vertegenwoordigt zullen meer afvalstoffen en bijproducten zo economisch verwerkt kunnen worden.

#### Regelgeving:

In principe is verwerking van biomassa op de hier voorgestelde wijze gunstiger dan reguliere compostering aangezien er behalve compost ook duurzame energie geproduceerd wordt. De voornaamste relevante regelgeving betreft milieuregelingen en fiscale maatregelen die duurzame brandstoffen stimuleren.

Het zal binnenkort mogelijk zijn om biogas (na gasreiniging) in het aardgasnet in te sluiten, waarbij door teruggave van de regulerende energiebelasting (REB) een aanzienlijk hogere opbrengst mogelijk is dan voor normale aardgas.

#### Markt:

Een zeer groot aantal (voornamelijk natte) organische stromen kan via anaërobe fermentatie verwerkt worden. Over het algemeen zal de toegevoegde waarde beperkt zijn wanneer alleen gekeken wordt naar de productie van methaan. De toegevoegde waarde van verantwoorde verwerking van afvalstoffen moet ook meegerekend worden. Systemen van uiteenlopende afmetingen worden momenteel op verschillende plaatsen in Nederland toegepast.

**SWOT schema (biogas):**

<b>Sterktes</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Biedt een verantwoorde verwerking van laagwaardige (problematische) afvalstromen</li><li>- Duidelijk positief milieu-effect</li></ul>	<b>Zwaktes</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Publieke perceptie kan een obstakel zijn</li><li>- Het systeem produceert een residu dat verwerkt moet worden</li></ul>
<b>Kansen</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Stimuleringsmaatregelen voor duurzame brandstoffen</li></ul>	<b>Bedreigingen</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Voorlopig zal economische haalbaarheid mede afhangen van subsidies voor duurzame energie</li></ul>

**Referentie:**

Buiter en Zandstra, 2000. In Prins, W.L. and J.v. Ham. Biomassa - verbranding, vergassen, vergisten, pyrolyse. in Biomassa - verbranding, vergassen, vergisten, pyrolyse. 2000. Utrecht: Vereniging van milieukundigen.

Claassen, P.A.M., et al., Utilisation of biomass for the supply of energy carriers. Appl. Microbiol. Biotechnol., 1999. 52: p. 741-755.

### 4.3.3 Waterstof (en methaan) uit bijproducten door middel van anaërobe fermentatie

#### Technische beschrijving en stand der techniek:

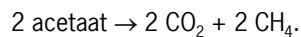
Van de componenten in biogas is methaan de bekendste energiedrager. Door in te grijpen in de biogas productie is het mogelijk waterstof en methaanproductie te scheiden. In figuur 1 is een overzicht gegeven van het voorgestelde 2 fasen waterstof en methaan productie systeem. In de eerste fase wordt bij 70°C waterstof en organische zuren gevormd en in de tweede fase wordt uit de organische zuren methaan gevormd. Waterstof kan gebruikt worden om een brandstofcel te voeden voor (groene)elektriciteitsproductie en methaan kan aan het aardgasnet geleverd worden. Een andere optie is het gebruik van een waterstof en methaan mengsel voor het voeden van een WKK (warmtekracht koppeling) installatie. Mogelijk komt er bij het proces ook een bescheiden hoeveelheid warmte vrij die in de nabijheid af te zetten is naar kassen, industrie.

Wanneer uitgegaan wordt van glucose als modelsubstraat zijn de volgende reactievergelijkingen van toepassing.

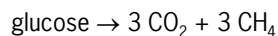
A. In de waterstof reactor:



B. In de methaan reactor:



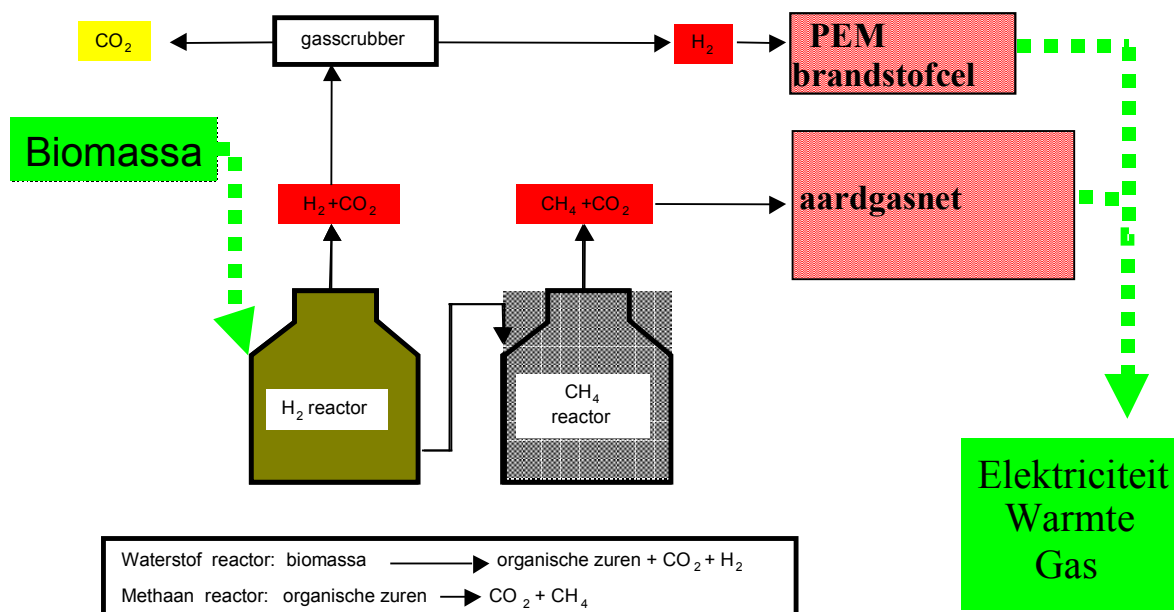
Dit betekent dat de vrije energie winst ( $\Delta G^0$ ) in de producten waterstof en methaan 2412 kJ per mol glucose bedraagt. In vergelijking: in een eentraps fermentatie waar alleen methaan wordt gevormd volgens:



is de  $\Delta G^0 = 2281$  kJ per mol glucose.

De productie van verschillende energiedragers in dit systeem kan een grote flexibiliteit bieden: de productie van elektriciteit wordt afgestemd op de vraag terwijl het aardgasnet als constante buffer kan fungeren.

#### Schema van het voorgestelde systeem voor waterstof en methaan productie uit (natte) biomassa.



De gescheiden productie van waterstof en methaan door fermentatie is nieuw en speelt in op de verwachte overgang naar een schone waterstof economie. Naast dit innovatieve stuk is rust de methaan productie op gevestigde

technologie. Hierdoor is het mogelijk om tot een relatief snelle implementatie te komen van innovatieve technologie. Het gebruik van waterstof en methaan in de chemische industrie kan ook een interessante optie zijn.

Momenteel wordt er een haalbaarheidsonderzoek verricht naar het hier beschreven systeem. Naar verwachten zal na succesvolle afsluiting van deze fase opschaling plaats kunnen vinden in de komende jaren.

### Soort grondstof:

Uit de literatuur is bekend dat veel organische componenten, waaronder monomere en polymere koolhydraten, vetten en aminozuren, in principe geschikt zijn voor waterstofproductie. Er zijn in Nederland geslaagde proeven op labschaal gedaan met GFT en energiegewassen als *Miscanthus* en sweet sorghum als substraat. Voor zover bekend is er nog niet onderzocht of andere substraten als (dierlijke) vetten en eiwitten onder praktische omstandigheden geschikt zijn. In lopende projecten wordt voor Nederland gedacht aan het gebruik van vooral natte biomassa zoals GFT, bermgras, slootmaaisel, tuinbouwafval, etc.

De aanwezigheid van inhibitoren (remmende stoffen) kan in principe een probleem vormen. Toepassing van de juiste ontsluitingsmethoden en een variëteit aan waterstof vormende micro-organismen kan dit probleem waarschijnlijk voor de meeste substraten ondervangen.

Het product is behalve waterstof, methaan en koolzuurgas een vochtige (vrijwel geheel) gecomposteerde biomassa fractie die eventueel nagecomposteerd moet worden en naar verwachting af te zetten is als compost via de reguliere kanalen.

### Relevante regelgeving en markt:

Voor het hier voorgestelde systeem zullen dezelfde vergunningen en regels gelden als voor bestaande biogas installaties. In principe is verwerking van biomassa op de hier voorgestelde wijze gunstiger dan reguliere compostering aangezien er behalve compost ook duurzame energie geproduceerd wordt. De toepassing van waterstof en methaan voor duurzame elektriciteit en aardgas past in de plannen voor vervanging van fossiele brandstoffen door CO<sub>2</sub> neutrale brandstoffen. De markt zal in de komende jaren naar verwachting zeer groot worden.

### Maatschappelijke acceptatie:

Voor acceptatie van het hier voorgestelde systeem geldt in principe hetzelfde als voor biogas installaties. De productie van duurzame energie en verantwoorde verwerking van bijproducten zijn positieve aspecten. De plaatsing van zo'n installatie zal geen overlast wat betreft bijvoorbeeld stank en horizonvervuiling met zich mee moeten brengen.

### SWOT schema (waterstof en methaan door fermentatie):

<p><b>Sterktes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biedt een verantwoorde verwerking van laagwaardige (problematische) afvalstromen</li> <li>- Duidelijk positief milieu-effect</li> </ul>	<p><b>Zwaktes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Technologie moet nog worden uitontwikkeld</li> <li>- Het is nog niet bekend of (dierlijke) vetten en eiwitten geschikte substraten zijn</li> </ul>
<p><b>Kansen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Het systeem biedt een eerste stap naar duurzame productie van waterstof dat gezien wordt als brandstof van de toekomst.</li> <li>- Publieke perceptie is positief</li> </ul>	<p><b>Bedreigingen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Technologie van de eerste stap moet bewezen worden</li> <li>- Voorlopig zal economische haalbaarheid mede afhangen van subsidies voor duurzame energie</li> </ul>

### Referenties:

Claassen, P.A.M., et al., Utilisation of biomass for the supply of energy carriers. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 1999. 52: p. 741-755.

Pieterneel Claassen / Wolter Elbersen (ATO)

#### 4.3.4 ABE (aceton, butanol, ethanol) productie uit plantaardige biomassa

##### Technische beschrijving en stand der techniek:

De anaërobe productie van aceton, butanol, ethanol (ABE) door de *Clostridia* bacterie was eens het op een na grootste industriële biotechnologische proces in de wereld. Hiervoor werd als substraat melasse of zetmeel gebruikt. Na de tweede wereldoorlog is de productie van chemicaliën vervangen door op petroleum gebaseerde producten. Door duurdere olie en het broeikas-effect is er de laatste jaren weer belangstelling voor het ABE proces voor de productie chemicaliën en CO<sub>2</sub> neutrale brandstoffen.

Voor een economisch aantrekkelijk ABE proces is het nodig om:

- De kosten voor het substraat te verlagen. Met klassieke substraten als melasse en zetmeel bedragen de substraatkosten 60% van het totale proces.
- De product concentratie in de fermentatie vloeistof verhogen (toxische concentratie van product te verhogen)
- De kosten voor productwinning (bijvoorbeeld destillatie) te verlagen

Sinds de jaren 80 vindt onderzoek plaats om productwinning te verbeteren en is door meer kennis van *Clostridia* fysiologie en genetica de verbeterde technologieën voor productwinning ontwikkeld.

##### Soort grondstof:

Als beschreven werd voor de ABE fermentatie melasse en aardappel, maïs en tarwe zetmeel gebruikt. Door gebruik van nieuwe *Clostridia* stammen die een groter scala aan koolhydraten kunnen gebruiken vormen ook allerlei bijproducten uit de landbouw en agro-industrie potentieel aantrekkelijke substraten. *Clostridia* kunnen gebruik maken van de suikers uit lignocellulose hydrolyse en kunnen ook bepaalde polymeren als xylaan en zetmeel afbreken.

Hoewel *Clostridia* spp gebruik kunnen maken van wei en ook lipiden als substraat kunnen dienen (zie hieronder), is er niet bekend of *Clostridia* spp gebruik kunnen maken van dierlijke substraten als bloed, vet en beendermeel.

**Tabel 4.1 Hieronder is een overzicht gegeven van substraten die door *Clostridia* spp gebruikt kunnen worden**

Substraat	Voornaamste componenten	Organisme
Niet-cellulose substraten		
Appel residu	Fructose, glucose, sucrose	<i>C. beijerinckii</i>
Aardpeer	Glucose	<i>C. acetobutylicum</i>
Wei	Lactose	<i>C. beijerinckii</i>
Aardappel residu	Zetmeel, glucose	<i>C. beijerinckii</i>
Lignocellulose substraten		
Gehydrolyseerd hout	Glucose, mannose	<i>C. acetobutylicum</i>
Gehydrolyseerde GFT	Glucose, xylose	<i>C. acetobutylicum</i>
Turf	Glucose, xylose	<i>C. beijerinckii</i>
Olie palm effluent	Lipiden, glucose, xylose, zetmeel	<i>C. aurantibutylicum</i>

(Claassen et al., 1999)

**Relevante regelgeving:**

Voor het proces geldt geen specifieke regelgeving. Het gebruik van SRM materiaal als substraat is op dit moment niet aan de orde. Het gebruik van genetisch gemanipuleerde organismen kan een rol spelen.

**Markt:**

De markt voor aceton, butanol en ethanol is zeer groot zeker gezien de toenemende belangstelling voor CO<sub>2</sub> neutrale chemicaliën en brandstoffen. Ethanol en butanol kunnen als benzinevervanger en biodiesel bijgemengd worden wat inspeelt op de verwachte EU regelgeving in verband met mitigatie van het broeikaseffect.

**Maatschappelijke acceptatie:**

In principe zal de maatschappelijke acceptatie geen probleem zijn. Het gebruik van substraten van dierlijke oorsprong zal waarschijnlijk weinig problemen opleveren.

**SWOT schema (aceton, butanol, ethanol productie):**

<b>Sterktes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biedt perspectief voor verantwoorde toepassing van laagwaardige (problematische) bijproducten en afvallen uit de agro-industrie en landbouw.</li> <li>- Grotendeels bewezen technologie</li> </ul>	<b>Zwaktes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Technische verbeteringen van het proces zijn nodig</li> <li>- De toegevoegde waarde is beperkt aangezien toepassing vooral voor bulk producten is</li> <li>- Het is nog niet bekend of (dierlijke) vetten en eiwitten geschikte substraten zijn</li> </ul>
<b>Kansen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- De productie van ethanol speelt in op de verplicht bijmenging van biobrandstof in benzine</li> <li>- Publieke perceptie is positief</li> </ul>	<b>Bedreigingen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alternatieve processen waarbij een hogere prijs voor goedkope substraten betaald kan worden</li> </ul>

**Referenties:**

Pieter Claassen (ATO)

Claassen, P.A.M., et al., Utilisation of biomass for the supply of energy carriers. Appl. Microbiol. Biotechnol., 1999. 52: p. 741-755.

Claassen, P.A.M., M.A.W. Budde, and A.M.Lopez-Contreras, Acetone, butanol and ethanol production from domestic organic waste by solventogenic clostridia. J. Mol. Microbiol. Biotechnol., 2000. 2(1): p. 39-44.

Jones, D.T. and D.R. Woods, Acetone-Butanol Fermentation Revised. Microbiological Reviews, 1986. 50: p. 484-524.

### 4.3.5 Ethanol uit koolhydraten

#### Technische beschrijving en stand der techniek:

Ethanolproductie met behulp van gist (*Saccharomyces cerevisiae*) is een van de oudste fermentaties die door de mens wordt toegepast. De toepassing van ethanol als niet fossiele CO<sub>2</sub> neutrale brandstof heeft impuls gegeven aan ontwikkeling.

Het proces komt neer op:



De efficiëntie van het proces is 85 a 90% (g ethanol/ g substraat) van het theoretisch maximum. De rest van het substraat wordt omgezet in gist biomassa, glycerol en acetaat.

De laatste jaren hebben verbeteringen van het proces geleid tot efficiëntere productie waardoor de prijs van ethanol sterk is verminderd. Een verdere verlaging van de productie prijs is noodzakelijk om te voldoen aan beoogde productie van CO<sub>2</sub> neutrale brandstoffen te voldoen. De productie en fermentatie van suikers uit lignocellulose biomassa is hiervoor een oplossing (zie hoofdstuk 4.3.6).

#### Soort grondstof en regelgeving:

Gist heeft een beperkt vermogen om organisch materiaal te fermenteren en gebruikt alleen mono- en disacchariden zoals glucose, fructose, maltose en sucrose. Indien andere substraten gebruikt worden zullen deze eerst afgebroken moeten worden tot mono- of disacchariden.

Op dit moment wordt bioethanol in Nederland door fermentatie geproduceerd uit bijproducten van de suiker-industrie (melasse); mais (in de V.S), suikerriet (Brazilië) en suiker-bieten (Frankrijk). Genoemde grondstoffen zijn relatief kostbaar en de beschikbaarheid is relatief gering. Indien de vraag naar hernieuwbare (CO<sub>2</sub> neutrale) transportbrandstoffen de productie van ethanol aantrekkelijker maakt zullen ook andere suiker en zetmeel bevattende bijproducten gebruikt kunnen worden. Voor de grootschalige introductie van bioethanol als (substituut) transportbrandstof is het essentieel te kunnen beschikken over een grote hoeveelheid relatief goedkope grondstoffen.

Als beschreven is het mogelijk dat in Europa en Nederland door stimuleringsmaatregelen en fiscale vrijstellingen de vraag om duurzame brandstoffen sterk toeneemt. Andere grondstoffen dan alleen melasse zullen dan gebruikt gaan worden. Het gaat hierbij dan om suiker en zetmeel bevattende stromen.

#### Maatschappelijke acceptatie:

Maatschappelijke acceptatie is op dit moment geen factor van betekenis. Concurrentie tussen voedsel en brandstoftoepassing kan op termijn een rol spelen.

#### SWOT schema (ethanol uit koolhydraten):

<b>Sterktes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biedt perspectief voor verantwoorde toepassing van laagwaardige (problematische) bijproducten en afvallen uit de agro-industrie en landbouw.</li> <li>- Grotendeels bewezen technologie</li> </ul>	<b>Zwaktes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Technische verbeteringen van het proces zijn nodig om op brandstofmarkt competitief te zijn</li> </ul>
<b>Kansen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- De productie van ethanol speelt in op verwachte verplichting tot vervanging door biobrandstof van benzine</li> </ul>	<b>Bedreigingen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alternatieve processen waarbij een hogere prijs voor (goedkope) substraten betaald kan worden</li> </ul>

**Referenties:**

Claassen, P.A.M., et al., Utilisation of biomass for the supply of energy carriers. Appl. Microbiol. Biotechnol., 1999. 52: p. 741-755.

Niessem, J.J. 2000. Alcohol fermentatie van biomassa voor energiedoeleinden. In Biomassa. Verbranden, vergassen, vergisten, pyrolyse. W.L. Prins en J. van Ham (ed). Vereniging van Milieukundigen. 's Hertogenbosch. P83-90.

---

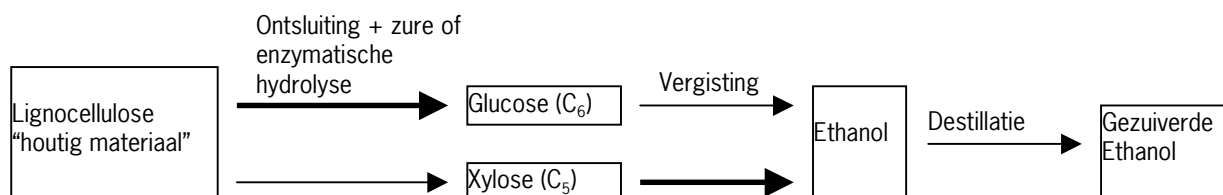


### 4.3.6 Ethanol uit lignocellulose biomassa

#### Technische beschrijving en stand der techniek:

Als hierboven beschreven is het noodzakelijk om biomassa tot mono- en disaccariden af te breken om ze met behulp van gist tot ethanol te fermenteren. Een belangrijke belemmering voor grootschaligere productie van ethanol is de beperkte beschikbaarheid van goedkope biomassa die als substraat kan fungeren. In de afgelopen jaren is er daarom onderzoek gedaan naar afbraak van lignocellulose biomassa (hout en soortgelijk materiaal) tot monomeren die wel geschikt zijn voor fermentatie tot ethanol.

Het proces is hieronder samengevat:



De grootste technologische uitdagingen zijn 1) de afbraak van lignocellulose tot  $C_6$ ,  $C_5$  en lignocellulose en 2) de fermentatie van  $C_5$  suikers (afkomstig van hemicellulose) tot ethanol. Op beide vlakken vindt momenteel in binnen en buitenland veel onderzoek plaats.

Momenteel zijn er in Noord Amerika diverse fabrieken in ontwikkeling waar op basis van sterk zuur- of enzymatische hydrolyse ethanol uit van lignocellulose biomassa wordt geproduceerd.

#### Soort grondstof:

Lignocellulose biomassa is in grote hoeveelheden beschikbaar. Er bestaan echter grote verschillen in het gemak van ontsluiting en de aanwezigheid van inhibitoren voor enzymatische ontsluiting en fermentatie.

#### Relevante regelgeving en Markt

Zoals beschreven in hoofdstuk 2.3 worden er op dit moment regelingen voorgesteld die gebruik van duurzame brandstoffen bevorderen.

#### Maatschappelijke acceptatie:

Het gebruik van lignocellulose biomassa voor ethanol productie en brandstoffen voorkomt mogelijke vragen omtrent de concurrentie tussen voedsel en brandstoftoepassingen van organisch materiaal.

#### SWOT schema (ethanol uit lignocellulose):

<p><b>Sterktes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biedt perspectief voor verantwoorde toepassing van laagwaardige (problematische) bijproducten en afvallen uit de agro-industrie en landbouw.</li> <li>- Sluit aan op bestaande ketens</li> </ul>	<p><b>Zwaktes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Het proces is nog niet uitontwikkeld</li> <li>- Er zijn nog een aantal belangrijke technologische ontwikkelingen noodzakelijk</li> <li>- De toegevoegde waarde is beperkt aangezien toepassing vooral voor bulk producten is</li> </ul>
<p><b>Kansen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- De productie van ethanol speelt in op de verplicht bijmenging van biobrandstof in benzine.</li> <li>- Publieke perceptie is positief</li> </ul>	<p><b>Bedreigingen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alternatieve processen waarbij een hogere prijs voor goedkope substraten betaald kan worden</li> </ul>

#### Referenties:

Claassen, P.A.M., et al., Utilisation of biomass for the supply of energy carriers. Appl. Microbiol. Biotechnol., 1999. 52: p. 741-755.

Niessem, J.J. 2000. Alcohol fermentatie van biomassa voor energiedoeleinden. In Biomassa. Verbranden, vergassen, vergisten, pyrolyse. W.L. Prins en J. van Ham (ed). Vereniging van Milieukundigen. 's Hertogenbosche. P83-90.

Reith et al., 2002. GF/WK-Procede: Co-productie van bioethanol, elektriciteit en warmte uit lignocellulose-rijke biomassa (rest)stromen middels een Geïntegreerd Fermentatie/WK-procede. Verkenning van de technische, economische en ecologische haalbaarheid EET Kiem project. KIEM 20117/398720-1610. Concept Eindrapport. 6 december, 2001.

---

## 4.4 Bioplastics uit bijproducten

### Inleiding

In dit concept is het zeer belangrijk dat hele bijproducten gebruikt kunnen worden. Scheiding in zuivere polymeren zorgt voor een verhoging van de kostprijs en is, afhankelijk van de toepassing, soms helemaal niet nodig. Vervuilingen kunnen additieven, zoals bekend uit de Engineering Plastics industrie, overbodig maken. Vetten en oliën die in kleine mate aanwezig zijn, kunnen als vloeiverbeteraar dienen en vezelachtige componenten kunnen in-situ versterkend werken.

Men moet wel rekening houden met het feit dat Engineering Plastics al tientallen jaren in ontwikkeling zijn. Verschillende kunststoffen met elk specifieke eigenschappen voor specifieke toepassingen zijn in deze periode ontwikkeld. Specifieke sterke punten van bioplastics zijn biodegradeerbaarheid, hernieuwbaarheid en het 'groene' imago.

Bioplastics van koolhydraten, eiwitten of vetten zijn al ontwikkeld, maar vaak staat een hogere kostprijs zonder significant verbeterde eigenschappen vergeleken met conventionele eigenschappen een snelle marktintroductie in de weg. Bijproducten met een hoog percentage aan koolhydraten en/of eiwitten zijn al onderzocht. Door de lagere kostprijs van de grondstof kunnen zij de concurrentie met conventionele plastics aan wanneer de focus op additionele (en vaak niet-conventionele) eigenschappen wordt gelegd (gecontroleerde afgifte systemen).

Onverzadigde vettige en olieachtige bijproducten kunnen waarschijnlijk na een chemische modificatie ook gebruikt worden als bioplastic of coating.

---

#### 4.4.1 Bioplastics uit aardappelschillen

##### Technische beschrijving en stand der techniek:

Momenteel worden er bioplastics met lage kostprijs geproduceerd op basis van aardappelschillen. De aardappelschillen worden gedroogd en gemalen en vervolgens door middel van een extrusieproces tot thermoplastisch granulaat verwerkt. Dit granulaat kan in conventionele spuitgietmachines gebruikt worden om plastic vormen te maken. De technologie is nu zover dat er bijvoorbeeld in het oosten van Duitsland een fabriek staat die pallets op basis van bijproducten (o.a. aardappelschillen, maïsschrot en stro) kan produceren. In Nederland (Oosterhout) is in november de grootste bioplastic fabriek van Europa in bedrijf genomen met een capaciteit van 47.000 ton granulaat per jaar. Momenteel richt men zich op de ontwikkeling van verschillende 'grades' voor verschillende toepassingen. De hoge prijs van bestaande alternatieven voor conventionele plastics is één van de grootste bottlenecks voor grootschalige commerciële bioplastics. Door goedkope bijproducten als grondstof te gebruiken kan er geconcentreerd worden met conventionele plastics.

##### Soort grondstof:

Momenteel worden aardappelschillen gebruikt om thermoplastisch materiaal te produceren. Deze grondstof is zeer geschikt vanwege het hoge gehalte aan koolhydraten (zetmeel). De verwachting is dat bijna alle bijproducten met koolhydraten gebruikt zouden kunnen worden. Vervuilingen, zoals vezels, vetten en eiwitten, kunnen zelfs gunstig zijn voor het proces of de eigenschappen van het granulaat.

##### Relevante regelgeving:

Voor plantaardige bijproducten zijn momenteel geen limiterende regels bekend.

##### Markt:

De potentiële markt voor bioplastics is zeer groot. Momenteel worden pallets, bloempotjes, kleiduiven of golf tee's van aardappelschillen geproduceerd. Gedeeltelijk is het dus een vervanging van de conventionele plastics, maar vooral bij nieuwe toepassingen waarin bijvoorbeeld biodegradeerbaarheid of geregelde afgifte van actieve ingrediënten belangrijk zijn, is de toegevoegde waarde groot en zal implementatie makkelijk verlopen.

##### Maatschappelijke acceptatie:

Maatschappelijke acceptatie zal niet zozeer afhangen van risico's van het product, maar meer van het negatieve imago dat bioplastics hebben qua eigenschappen vergeleken met conventionele plastics. Verdere verbetering van de sterke eigenschappen en een onderkenning van de duurzaamheidsaspecten (afbreekbaarheid, CO2 neutraal, etc) kan leiden tot een aanzienlijke en lucratieve markt voor deze plastics.

##### SWOT schema (bioplastics uit aardappelstoomschillen):

<b>Sterktes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prijs vergelijkbaar met conventionele plastics</li> <li>- Proces op industriële schaal beschikbaar</li> <li>- Duurzaamheid positief tegenover conventionele plastics</li> </ul>	<b>Zwaktes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Negatief imago van bioplastics qua conventionele eigenschappen</li> </ul>
<b>Mogelijkheden</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Groot scala aan nieuwe toepassingen</li> <li>- Grote potentiële afzet</li> </ul>	<b>Bedreigingen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Concurrentiepositie sterk afhankelijk van prijs van conventionele plastics</li> </ul>

##### Referenties:

Greentech 4 nov 2001 p 5-6

Intermediair 29 nov 2001 p 9

F.H.J. Kappen (ATO), R. Jongboom (Rodenburg Biopolymers)

#### 4.4.2 Kippenveren als grondstof voor bio-plastics

##### **Technische beschrijving en stand der techniek:**

Omdat veren enkele zeer interessante eigenschappen bezitten voor technische toepassingen, met name de lage kostprijs en hoge watervastheid van keratine, zijn er goede mogelijkheden om producten te maken met een hogere toegevoegde waarde in vergelijking met de uitgangsstof en verenmeel.

Plukon heeft samen met het ATO in het midden van de jaren 90 onderzoek gedaan naar verwerkingsmethoden van (veer)keratine tot deze technische toepassingen. Van belang hier was dat de kippenveren als zodanig (dus zonder voorbereiding) gebruikt konden worden. Het project richtte zich onder andere op de volgende routes:

Een route, waarbij veren werden verwerkt tot thermoplastisch granulaat met behulp van extrusie. Een onderzoeksresultaat hiervan was een patent waarin bovenstaand principe beschreven wordt.

Een route waarbij veerkeratine met hoog molgewicht werd geïsoleerd,

Het onderzoek wees uit dat verenplastic gespuitsgiet kon worden tot (dikwandige) bloempotjes (dunwandige potten bleken nog niet mogelijk) en dat keratine-isolaat goede coatings vormde. Bovendien is de kostprijs afgeschat. Voor de meeste toepassingen was de sterke geur en kleur van de producten een hindernis voor directe toepassing.

Op het ATO is de afgelopen jaren gewerkt aan een (naar verwachting) doorbraak in de thermoplastische eiwitverwerking. Door deze technologie toe te passen op het keratine-eiwit is technisch gezien een grote stap voorwaarts te maken.

##### **Soort grondstof:**

Kippenveren zijn een bijproduct van de pluimvee-industrie die op grote schaal voorradig is (Europa > 40.000 ton/jaar). Toepassing in verenmeel wordt steeds beperkter, waardoor er een steeds groter overschot aan veren is. Plukon Poultry BV, onderdeel van Cebeco Handelsgroep, gaat haar slachtcapaciteit opvoeren, en zal hierdoor geconfronteerd worden met een (nog) groter overschot aan veren.

##### **Relevante regelgeving:**

Verenmeel en pluimveemeel staan beide boven aan de lijst van bijproducten waarvoor acute oplossing gewenst is. Deze bijproducten vallen in de categorie van dierlijke bijproducten die afkomstig zijn van voor en na de slachting van voor menselijke consumptie goedgekeurde dieren (categorie 3).

##### **Markt:**

Veren als zodanig bezitten een zeer lage toegevoegde waarde. Wanneer veren toegepast kunnen worden in een (beperkt aantal) technische toepassingen, wordt een afvalstroom omgezet in een waardevolle grondstof. De marktprijs van keratine in technische toepassingen kan gemiddeld hoger zijn dan die van verenmeel (circa 50 ct/kg), waardoor de winstmarge op kippen en bijproducten zal stijgen.

##### **Maatschappelijke acceptatie:**

In het midden van de jaren 90 was de markt nog niet rijp voor de materialen/producten gebaseerd op kippenveren. De genoemde toepassingen zijn daarom niet geoptimaliseerd. Ook zijn er geen markttesten uitgevoerd. Momenteel is de markt voor producten op hernieuwbare basis aan het aantrekken.

---

**SWOT schema (bioplastics uit kippenveren):**

<b>Sterktes</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Goedkope grondstofprijs</li><li>- Beschikbaarheid grondstof</li><li>- Producten hebben hoge toegevoegde waarde</li></ul>	<b>Zwaktes</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Eigenschappen zijn nog niet volledig geoptimaliseerd en marktrijp gemaakt</li></ul>
<b>Mogelijkheden</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Meerdere non-food opties mogelijk</li><li>- Snelle eigenschap optimalisatie door combinatie van resultaten uit het verleden en huidige kennis</li></ul>	<b>Bedreigingen</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Sterke geur en kleur van eindproduct</li></ul>

**Referenties:**

Gerald Schennink (ATO), Ir. J. Obdam (Plukon Poultry B.V.)

## 4.5 Afbraak tot monomeren

### 4.5.1 Dierlijke eiwitten als bron voor aminozuren Vergassen

#### Technische beschrijving en stand der techniek:

Het concept is zeer simpel: hydrolyse/denaturatie van eiwitten d.m.v. loog en vervolgens scheiding van waardevolle aminozuren. Scheiding kan door middel van industriële gelfiltratie van eiwitten of industriële ionen uitwisselings chromatografie.

Het gebruik van aminozuren is gebaseerd op hun voedingswaarde, smaak, fysiologische activiteit en chemische eigenschappen. De belangrijkste applicaties zijn te vinden in de food- (menselijke voeding) en feed-industrie (dierlijke voeding), de cosmetische en farmaceutische industrie en als tussenproducten in de chemische industrie.

Methionine, lysine, threonine en tryptofan worden gebruikt als voedingssupplement voor dieren.

Vanwege hun beschermingseigenschappen worden aminozuren veel gebruikt in huid- en haarproducten. Cystine bijvoorbeeld werkt als reductor in haarpermanent.

Andere redenen voor mogelijk gebruik van aminozuren en hun derivaten in specifieke toepassingen van de chemische industrie zijn interessante fysisch-chemische eigenschappen als thermische stabiliteit, lage vluchtigheid, buffer capaciteit, lage toxiciteit en gemakkelijke biodegradatie. Mogelijke toepassingen zijn het gebruik van:

- N-acyl-aminozuren als
  - surfactants,
  - detergents,
  - monomeren van kunstharsen;
- polyaminozuur esters als
  - coatings for natuurlijke of synthetische materialen (leer);
- verscheidene aminozuren als
  - corrosie inhibitors,
  - emulsie stabilisatoren,
  - bouwstenen voor landbouwproducten (bijv. pesticiden),
  - bouwstenen voor synthetische gelatine,
  - stikstofbron bij fermentatie tot waterstof, ABE of ethanol.

Veel aminozuren worden al door hydrolyse/isolatie processen in grote hoeveelheden gewonnen:

- 100-1000 ton per jaar (asparagine, glutamine, histidine, isoleucine, leucine, proline, serine en tyrosine)
- 1000-8000 ton per jaar (arginine, cysteine)

Van lysine wordt 100 000 – 800 000 ton per jaar geproduceerd.

Plukon heeft samen met het ATO in het midden van de jaren 90 onderzoek gedaan naar verwerkingsmethoden van (veer)keratine tot technische toepassingen. Van belang hier was dat de kippenveren als zodanig (dus zonder voorbewerking) gebruikt konden worden. Het project richtte zich onder andere op de volgende route:

- Een route waarbij veren werden gehydrolyseerd tot bruikbare aminozuren.

Het onderzoek wees uit dat het hydrolysaat toepasbaar leek in de papierindustrie en afvalwaterzuivering.

Bij fermentaties op lab worden vaak relatief duren gistextracten gebruikt als stikstofbron. Amino-zuren uit bijproducten kunnen een goedkope oplossing zijn voor bulkfermentaties.

### Soort grondstof:

Het proces heeft als voordeel dat bijna alle amino-zuren geproduceerd kunnen worden door isolatie uit eiwithydrolysaat; grondstoffen zijn eiwitrijke producten, zoals keratine, veren of bloedmeel.

### *Essentiële amino-zuren in verscheidene dierlijke producten*

Product	Tryptophan	Methionine	Cystine	Lysine	Leucine	Isoleucine	Valine	Threonine	Glutamic acid	Tyrosine
Vlees- en beendermeel	0.9	1.3	0.7	5.1	6.1	2.8	4.5	3.5	13.5	2.5
Vleesmeel	1.45	2.25	0.55	8.5	8.25	4.5	4.9	4.0	12.75	2.4
Bloedmeel	0.40	0.80	0.95	9.25	13.75	1.4	9.7	3.7	10.0	3.2
Vismeel	1.2	2.8	1.0	7.9	7.95	4.8	5.75	5.0	14.9	3.1
Veermeel		0.7	6.1	1.95	8.55	4.85	7.7	5.2	11.6	2.1

### Relevante regelgeving:

SRM materiaal zal volgens de regelgeving nog steeds verbrand moeten worden, maar voor HRM materiaal zal aangetoond moeten (kunnen) worden dat door hydrolysatie, isolatie en zuivering geen gevaar meer bestaat voor de volksgezondheid.

### Markt:

De belangrijkste applicaties zijn te vinden in de food- (menselijke voeding) en feed-industrie (dierlijke voeding), de cosmetische en farmaceutische industrie en als tussenproducten in de chemische industrie. De grootte van de gehele markt is geschat op 3 miljard US\$ in 1995 waarvan 8% voor de cosmetische, farmaceutische en chemische industrie.

### Maatschappelijke acceptatie:

Voor technische toepassingen zullen amino-zuren uit dierlijke eiwitten makkelijk geaccepteerd worden. Wanneer de toepassingen dichterbij de consument zullen komen te liggen, zal duidelijk gemaakt moeten worden dat geïsoleerde en gezuiverde amino-zuren uit gehydrolyseerde eiwitten geen gevaar opleveren.



**SWOT schema (Dierlijke eiwitten als bron voor aminozuren):**

<b>Sterkte</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- simpele technologie</li><li>- verscheidenheid aan aminozuren</li></ul>	<b>Zwakte</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- kostprijs nog onduidelijk</li><li>- volume nog onduidelijk</li></ul>
<b>Kansen</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- grote verscheidenheid aan producten</li><li>- producten kunnen hoge toegevoegde waarde hebben</li></ul>	<b>Bedreigingen</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- onduidelijkheid bij consument</li><li>- regelgeving gebied momenteel verbranding van HRM materiaal</li><li>- hoe structureel is beschikbaarheid van grondstoffen?</li></ul>

**Referenties:**

E.L. Scott (ATO)

R.A. Grant, Applied Protein Chemistry

W. Leuchtenberger, Amino Acids – Technical Production and Use

Gerald Schennink (ATO), Ir. J. Obdam (Plukon Poultry B.V.)

## 4.6 Thermische conversieprocessen

Er bestaan een groot aantal thermische conversie processen voor omzetting van biomassa in energie en/of producten. In het voorgaande rapport zijn hier reeds beschrijvingen van gegeven (Arcadis IMD, 2001). De voornaamste opties zijn:

- Mee of bijstoken (in kolencentrale of cementoven).
- Verbranden
- Vergassen
- Pyrolyse
- Hydro Thermal Upgrading (HTU-proces)

Hieronder volgt nog een kleine toelichting op de voornaamste thermische processen:

### 4.6.1 Mee of bijstoken

In het kader hiervan is er in het "kolenconvenant" is afgesproken dat de elektriciteitsproducenten door de inzet van biomassa in de kolencentrales 3 miljoen ton CO<sub>2</sub> emissiereductie zullen realiseren (Lomme en Buist, 2001). Dit zal zeker 3 a 5 miljoen ton biomassa vergen. Momenteel wordt biomassa brandstof vooral uit afval gewonnen. Daarnaast wordt er momenteel ook een deel van de opgeslagen diervoerders op deze manier verwerkt. De opbrengst voor de leverancier van deze biomassa is vaak negatief. Op termijn is te verwachten dat prijzen van brandstoffen voor deze route kunnen stijgen. Ook cementovens verwerken laagwaardige biomassa.

### 4.6.2 Verbranden

Verbranding van biomassa wordt reeds veel toegepast. Veelal gaat het daarbij om de verbranding van hout of soortgelijk materiaal voor elektriciteitsopwekking eventueel met afzet van restwarmte. Over het algemeen gelden er beperkingen voor wat betreft watergehalte van de biomassa (<50%) en factoren zoals as en mineralengehalte. Dierlijk materiaal kan zo verwerkt worden. Hoewel een groot aantal bijproducten voor dit proces gebruikt kunnen worden zal de opbrengst vergeleken met huidige of recente opbrengsten laag zijn.

### 4.6.3 Vergassen

Vergassen van biomassa is een proces dat minder ver ontwikkeld is dan verbranding. Net als bij de bestaande verbrandingsinstallaties wordt er vooral houtachtig (lignocellulose) materiaal als voeding gebruikt. Over het algemeen gelden er beperkingen voor wat betreft watergehalte van de biomassa (<20%) en andere factoren zoals as en mineralengehalte. Dierlijk materiaal zal minder geschikt zijn. Hoewel een groot aantal bijproducten uit de voedings- en genotmiddelenindustrie voor dit proces gebruikt kan worden zal de opbrengst vergeleken met huidige of recente opbrengsten laag zijn. Er bestaan vele soorten vergassingssystemen die gebruikt worden voor de productie van warmte en elektriciteit. Verder kan er uit het geproduceerde syn-gas methanol, methaan of d.m.v. Fisher-Tropsch synthese synthetische diesel, benzine of chemicaliën geproduceerd worden.

### 4.6.4 Pyrolyse

In het pyrolyse proces wordt biomassa bij een temperatuur tussen de 300 en 600 C omgezet in houtskool, pyrolyse olie en teer. De verhouding hangt af van de procescondities. Als grondstof wordt hout gebruikt maar in principe zijn ook andere grondstoffen mogelijk. Dit proces wordt op dit moment in Nederland opgeschaald en op andere plaatsen bestaan ook reeds werkende installaties. Net als voor vergassing is relatief droge biomassa vereist. Pyrolyse olie kan gebruikt worden als makkelijk transporteerbare brandstof voor (co-)verbranding, vergassing als biosiesel of voor de productie van een variëteit aan chemicaliën.

### 4.6.5 Hydro Thermal Upgrading (HTU).

---

## 5 Discussie, conclusies en aanbevelingen

### 5.1 Discussie en conclusies

Het is duidelijk dat er zowel nu als op (middel) lange termijn nieuwe (non-food) toepassingen nodig zullen zijn voor bijproducten uit de Nederlandse voedings- en genotmiddelenindustrie. Dit wordt gezien als essentieel voor het behoud van de concurrentiepositie van de hele productie kolom. Met name de ontwikkeling van een vraag naar duurzame grondstoffen en producten en duurzame energie bieden hier aantrekkelijke mogelijkheden.

Het is van belang om te beseffen dat de aangeboden volumes bijproducten relatief groot zijn. Dit betekent dat, zeker op korte termijn, met name bulk toepassingen met een relatief lage toegevoegde waarde in beeld komen. Op iets langere termijn kunnen de bijproducten al of niet na bewerking ook toepassing vinden in hogere toegevoegde waarde producten.

Om het ontstaan van verantwoorde ketens met een hoge toegevoegde waarde te faciliteren is het nodig dat kennis beschikbaar komt over de grondstoffen en de mogelijkheden deze in bestaande en nieuwe producten om te zetten. Verder zullen de bijbehorende grondstof- en afzetmarkten verder ontwikkeld moeten worden samen met de daarbijbehorende technologie. Aanpassingen van beleid en regelgeving zullen hierbij een belangrijke rol spelen.

Het was mogelijk om de voornaamste bijproducten te benoemen en voor de meeste van deze stromen ook algemene fysieke kenmerken te verzamelen. Toch ontbreekt er ook nog veel kennis over de stromen. Bijvoorbeeld om te bepalen in hoeverre de stromen echt beschikbaar zijn en onder welke voorwaarden (samenstelling, gehalte aan verontreinigingen, vochtgehalte, prijs, bewaarbaarheid, etc) en of deze eigenschappen makkelijk bij te stellen zijn. Dit hangt nauw samen met de waarde van de stroom voor de producent en zal bepalen of de producent het bijproduct aan kan passen voor een nieuwe keten die andere eisen stelt. De meeste stromen zijn nu op toepassingen in diervoer afgestemd en niet voor non-food toepassingen.

In tabel 5.1 en 5.2 is een eerste inschatting gegeven van welke grondstoffen voor welke verwerkingsopties gebruikt kunnen worden (code 1 en ½, in blauw aangegeven), of deze optie inader onderzoek behoeft, maar interessant zou kunnen zijn (code 2 en 2/3, in rood aangegeven), of dat de optie in principe mogelijk is maar dat er (nog) technische, economische of wettelijke barrières zijn.

Het is duidelijk dat op korte termijn vooral voor dierlijke en vethoudende stromen andere toepassingen gezocht moeten worden (Tabel 5.1) terwijl op iets langere termijn (Tabel 5.2) ook voor koolhydraat en lignocellulose houdende stromen alternatieve toepassingen interessant zijn.

Er kunnen een aantal conclusies getrokken worden:

- Sommige technologieën lijken in principe gebruik te kunnen maken van bepaalde bijproducten maar zijn voor zover bekend daarvoor nog niet uitgetest (code 2). Hier kan relatief snel inzicht in verkregen worden.
- Voor redelijk zuivere vetstromen of makkelijk te zuiveren stromen is energie of brandstofproductie een aantrekkelijke optie die met bewezen technologieën op betrekkelijke korte termijn te verwezenlijken valt. Opties zijn meevergisten van vethoudende stromen in een biogasinstallatie, direct verbranden in stationaire installaties of productie van biodiesel. Andere vergistingsmethoden dan biogasproductie verdienen ook op relatief korte termijn aandacht.
- Dierlijke materialen worden nu al vaak thermisch verwerkt. Het scheiden in vet en eiwitdeel en daarna vet gebruiken zoals hierboven (H. 4) beschreven, gebeurt reeds. Eiwitten kunnen voor plasticproductie analoog aan technologie voor kippenveren gebruikt worden. Wanneer dierlijke eiwitten gehydrolyseerd worden tot aminozuren, behoort een groot scala aan producten tot de mogelijkheden, o.a polymeren. Wanneer aangetoond wordt dat aminozuur isolaten geen gevaar vormen voor de volksgezondheid (BSE) zal, na aangepaste regelgeving, het toepassingsbereik en toegevoegde waarde nog groter worden.
- Aminozuren kunnen verder als grondstof dienen voor allerlei fermentatieprocessen.
- Voor samengestelde stromen is bioraffinage een aantrekkelijke optie. Bioraffinage verhoogt de kostprijs van de producten, maar daar tegenover staat dat het proces voor veel bijproducten geschikt te maken is en de uiteindelijke producten vaak wel betere eigenschappen hebben. De totale toegevoegde waarde van de eindproducten kan zeer groot zijn. Er kunnen veel producten en halffabrikaten gemaakt worden, maar de beschikbaarheid van de grondstof is vaak wel seizoensafhankelijk.
- Bioplastics op basis van bijproducten zijn recentelijk op commerciële schaal beschikbaar gekomen. Een duidelijke bedreiging voor bioplastics zijn de lage prijzen voor conventionele plastics. Aangezien voor conventionele

eigenschappen de prijs/performance ratio vaak minder voordelig is, zal geconcentreerd moeten worden op nieuwe specifieke toepassingen. Waardering voor de specifieke eigenschappen (zoals afbreekbaarheid) en bijdrage aan duurzaamheid van bioplastics kan een positief effect op verdere ontwikkeling hebben. Beleid gericht op het weghalen van barrières en het waarderen van de specifieke eigenschappen van bioplastics zal hierbij belangrijk zijn.

- Fermentatie van bijproducten biedt veel mogelijkheden voor nieuwe eindproducten. Van veel bijproducten is nog niet bewezen dat ze gebruikt kunnen worden. Voorlopig is de technologie nog niet volledig ontwikkeld.
-

Tabel 5.1 Inschatting van mogelijke alternatieve verwerkingsopties voor verschillende problematische bijproducten en afvalfen uit de voedings- en genotmiddelenindustrie

		Diermeel LRM (vlees- + pluimveemeel)	Verenmeel	Haar-meel	Bloedmeel	Gelko	Dierlijk vet SRM/HRM (toekomstig categorie 1 en 2 materiaal)	Putvetten	Flotatieslibben	Gebruikt frituurvet	Destillaat tankbodems	Sorteerafval van uien	Zuiveringslib (aërobe zuivering)
	<b>Optie</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>4.1</b>	<b>Bioraffinage</b>											X	
4.1.1	Gras en bijproducten											3	
4.1.2	Uiafval											1	
<b>4.2</b>	<b>Oliën en vetten voor non-food</b>	X				X	X	X	X	X	X		
4.2.1	Methylesterproductie	3				2	2	2	3	1	3		
4.2.2	Micro-emulsies	3				3	3	3	3	2	3		
4.2.3	Stookolie	3				3	2	2	3	1	3		
<b>4.3</b>	<b>Fermentatie</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4.3.1	Polyesters uit vet	2/3	3	3	3	2/3	2	2	2/3	1/2	2/3	4	
4.3.2	Biogas (Methaan)	2/3	3	3	3	2/3	1/2	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1
4.3.3	Waterstof en methaan	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1/2
4.3.4	Aceton, butanol, ethanol	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3
4.3.5	Ethanol uit koolhydraten	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2/3
4.3.6	Ethanol uit lignocellulose	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2/3	2/3
<b>4.4</b>	<b>Bioplastics</b>	X	X	X	X		X	X	X	X		X	
4.4.1	Aardappelschillen	4	4	4	4		4	4	4	4		2/3	
4.4.2	Kippenveren	2	1/2	2	2		4	4	4	4		3/4	
<b>4.5</b>	<b>Afbraak tot monomeren</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
4.5.1	Bron voor aminozuren	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	
<b>4.6</b>	<b>Thermische conversieprocessen</b>	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
4.6.1	Mee of bijstoken	1	1	1	1		1	1	1	1	1	2	1
4.6.2	Verbranden	1	1	1	1		1	1	1	1	1	2/3	2/3
4.6.3	Vergassen	2	2	2	2		2	2	2	1	1	2/3	3/4
4.6.4	Pyrolyse	2/3	2/3	2/3	2/3		2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	3/4
4.6.5	HTU-proces	2/3	2/3	2/3	2/3		2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2	3/4

1 = bewezen; 2 = Interessant, in principe mogelijk, verdere evaluatie nodig; 3 = In principe mogelijk, maar technische, economische of wettelijke barrières; 4 = onmogelijk of nvt.

Tabel 5.2. Inschatting van mogelijke alternatieve verwerkingsopties voor bijproducten waarvoor op termijn een mogelijk afzetproblemen dreigen.

Optie	Graanverwerkende industrie					Aardappelverwerkende industrie						Suiker industrie		Zuivel industrie	Fermentatie Industrie	Diversen				Dierlijk vet
	Tarwezetmeel	Bierbostel	Biergist	Graanspoeling	Maisgluten	Aardappelstoomschillen	Aardappelpersvezels	Diverse aardappelproducten	Aardappelsnippers	Wit/grijs zetmeel	Perspulp	Bietenpuntjes (bras)	Wei/melkproducten	Mycelium/gistspoeling	Bakkerijproducten/wafelmix	Misproductie/sausen	Wortelstoomschillen/sap	Bijproducten visverwerking	Dierlijk vet LRM	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
<b>4.1 Bioraffinage</b>	X	X			X	X		X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	
4.1.1 Gras en bijproducten	2/3	1/2	2/3	2/3	2/3	2/3	3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	3	2/3	3	3	2/3	2/3	3	
4.1.2 Zie Uiafval																				
<b>4.2 Oliën en vetten voor non-food</b>															X			X	X	
4.2.1 Methylesterproductie																		2/3	1/2	
4.2.2 Micro-emulsies																		2/3	1/2	
4.2.3 Stookolie																		2/3	2	
<b>4.3 Fermentatie</b>	X	X	X	X		X	X	X	X	X			X		X	X	X	X	X	
4.3.1 Polyesters																2		2	2	
4.3.2 Waterstof en methaan	3	3	3	3	3	2	2/3	2	2	2	2/3	2/3	2	3	2	2	2	2	3/4	
4.3.3 Aceton, butanol, ethanol	1	2	3/4	2	3/4	1	3	1/2	1	1/2	2	2	1	3	2	3/4	3	3	4	
4.3.4 Ethanol uit koolhydraten	1	2	3/4	1	3/4	2		1/2	1/2	1/2	2	2	2	3/4	2	3/4	3	3	3/4	
4.3.5 Ethanol uit lignocellulose		2		2	3/4			1/2		2/3		2/3	2/3				3			
<b>4.4 Bioplastics</b>	X		X		X	X	X	X	X	X			X		X				X	
4.4.1 Aardappelschillen						1	2	2	2	2					2		2			
4.4.2 Kippenveren																				
<b>4.5 Afbraak tot monomeren</b>	1	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2/3	2/3	3	3/4	3	3	3	2/3	3	
4.5.1 Bron voor aminozuren																		2		
<b>4.6 Thermische conversieprocessen</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
4.6.1 Mee of bijstoken	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	
4.6.2 Verbranden	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	
4.6.3 Vergassen	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1/2	
4.6.4 Pyrolyse	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2/3	
4.6.5 HTU-proces	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2/3	

1 = bewezen; 2 = Interessant, in principe mogelijk, verdere evaluatie nodig; 3 = In principe mogelijk, maar technische, economische of wettelijke barrières; 4 = onmogelijk of nvt.

## 5.2 Aanbevelingen

Op de korte termijn zijn er relatief grote stromen beschikbaar die verwerkt moeten worden. Dit vraagt om toepassingen die ook grote volumes vragen en waarbij de toegevoegde waarde beperkt, deze liggen met name maar niet uitsluitend in de energieproductie. Op dit moment elektriciteit en warmte en op korte termijn (2005) ook in transport (ethanol en bio-diesel). Het is aan te bevelen om op korte termijn te richten op:

- Ethanolproductie uit koolhydraathoudende stromen.
- Het gebruik van vetten en vethoudende stromen voor energieproductie waaronder
  - Biodiesel productie (transport en stationair)
  - Directe verbranding van vetten voor warmte en elektriciteit.
  - Mee vergisten van vetten of vethoudende bijproducten
- Evaluatie of andere dan de nu gebruikte stromen geschikt zijn voor een bepaald proces.
- Bioplastic productie analoog aan plastics uit aardapplestoomschillen en kippenveren.

Op iets langere termijn kunnen de volgende toepassingen interessant zijn:

- Bioraffinage als aantrekkelijke optie voor veel stromen die uit meerdere componenten (eiwitten, koolhydraten, vezels en andere componenten) bestaan zoals schroot, bierbostel, bietenpuntjes, etc.
- Ethanolproductie uit suikers kan reeds op korte termijn een aantrekkelijke optie worden voor veel makkelijk tot monomere suikers af te breken stromen (zetmeelstromen). Op iets langere termijn zullen ook linocellulose stromen hiervoor gebruikt worden.
- Fermentatie van koolhydraathoudende stromen tot ABE, waterstof of van vethoudende stromen tot bijvoorbeeld methylesterproductie (PHA).

Het is van belang te beseffen dat het ontwikkelen van alternatieve toepassingen voor bijproducten en afvallen uit de voedings- en genotmiddelen industrie zich niet beperkt tot technologie alleen. Alle aspecten die voor het ontstaan van nieuwe ketens nodig zijn moeten tegelijk op zijn plaats zijn.

Om het ontstaan van alternatieve (non-food) toepassingen/ketens voor bijproducten kan worden ondersteund door:

- Beschikbaarheid van actuele informatie over veranderende markten voor alternatieve (non-food) producten waar bijproducten ingezet kunnen worden.
  - Beschikbaarheid van actuele informatie over bijproducten waaronder fysieke en economische gegevens.
  - Ontwikkeling van technologie die in de pas loopt met de vraag in de markt en aansluit op het gebruik van bijproducten als grondstof.
  - Het bieden van zekerheid of garanties over regels, subsidies en accijnsvrijstellingen (zie REB) zodat investeerders minder risico lopen en de drempel voor het investeren in nieuwe (non-food) verwerkingsopties verlaagd wordt.
  - Het bevorderen van de waardering van de duurzame eigenschappen en duurzame productiemethoden van non-food producten zodat alternatieve toepassingen voor bijproducten bevorderd wordt.
-

**Met dank aan de volgende personen voor discussie en suggesties:**

Dhr Bergmans (MVO)

Arjan Monteny (AKK)

J.M.P. Papenhuizen (o.a. DCO)

Huug de Vries (ATO)

---