

Alternatieve toepassingen voor champost

Analyse van champost en dekaarde

Alternatieve verwerking van dekaarde

Toepassingen voor champost

**Peter Oei, ECO Consult Foundation, Tiel
Dr. G. Albert, Pilzforum, Hackenheim, Duitsland**

Juli 2008

Productschap  Tuinbouw

Met financiële ondersteuning van het Productschap Tuinbouw

Contactpersoon: Jan Vink

Begeleiding vanuit PAC: Niek Franzmann



Contactpersoon voor deze publicatie:

Peter Oei

info@spore.nl

www.spore.nl

Gargouille 1

4007 RE Tiel

tel: 06 515 42 882

1. Inhoudsopgave

1. Inhoudsopgave
2. Inleiding, doelstelling en globale methodiek
- Aanleiding**
- Doelstelling: nuttige en duurzame toepassingen vinden voor champost**
3. Samenvatting en conclusies
4. Analyse resultaten van champost en dekaarde
- Veevoer onderzoek
- Gedetailleerde pyrolyse analyse door WUR**
- Analyse op voedingszouten en metalen
- Analyses van Koch Bodemtechniek
5. Alternatieve verwerking van dekaarde
- Hergebruik dekaarde in champignosector zelf
- Huidige aanwending van champost in boomkwekerij, bodemverbetering en hobbysector
- Eisen aan afgewerkte dekaarde*
- Marktpotentie
- Organisatorische aspecten bij inzet dekaarde
- RHP certificatie*
- Conclusies en aanbevelingen n.a.v. rapportage RHP
6. Toepassingen van champost
- Champost ongeschikt als visvoer
- Geschiktheid champost als zagervoer
- Geschiktheid champost als voer voor nematoden
- Geschiktheid champost als voer voor wormen of insecten
- Champost als grondstof voor houtverduurzamingsmiddel
- Pelleteren en als compost verkopen
- Champost verwerken tot hoogwaardige compost met phytosanitaire effecten
- Vergisting na voorbehandeling
- Champost uitspoelen en als grondstof voor de potgrond toepassen
- Drainwater inzetten voor algenteelt
- Champost persen voor plaatmateriaal of composteerbare plantenspotten
- Champost als grondstof voor de papierindustrie
- Champost als grondstof voor bioplastics voor extruders ongeschikt
7. Organisatorische aspecten
8. Lijst met benaderde contactpersonen en instanties
9. Bijlage pyrolyse analyse champost door WUR
10. Bijlage algenteelssystemen
- Bassin productiesystemen
- Fotobioreactoren
- Commerciële fotobioreactoren
- Vergelijking van bassin- en fotobioreactorproductie
11. Bijlage Experiment champost inzetten tegen knolvoet
12. Analyse gegevens referentie champost, gedraaide champost en gehydrolyseerde champost

2. Inleiding, doelstelling en globale methodiek

Aanleiding

Champost is het restmateriaal, dat overblijft nadat de champignons van het substraat zijn geplukt. Het bestaat uit een dekaarde en daaronder liggende voedingsbodem, ontstaan uit een complex verteringsproces van stro, kippe- en paardemest. De insteek van dit project is om dekaarde en onderliggende champost van elkaar te scheiden en separaat te verwerken.

De champost heeft uitstekende bemestende en bodemverbeterende eigenschappen en is jarenlang probleemloos afgenomen door de land- en tuinbouw. Door een wijziging in de Europese regels is de status veranderd in dierlijke mest, waardoor akkerbouwers slechts een beperkte hoeveelheid per hectare mogen aanwenden. Dit leidt in de concentratiegebieden tot hogere verwijderingskosten, omdat de transportafstand toeneemt.

De hoeveelheden die vrijkomen zijn aanzienlijk: bij een grote kweker tot wel 400 ton champost per week, waarvan ca. 20% dekaarde. De champost bevat relatief veel as (vanwege toegevoegd gips) en variërende hoeveelheden vocht.

Doelstelling: nuttige en duurzame toepassingen vinden voor champost

De opzet van het onderzoek was om rendabele toepassingen te vinden voor champost, waardoor de verwerkingskosten omslaan naar inkomsten.

Methodiek

Met verschillende analysemethoden zijn dekaarde en champost geanalyseerd. Vervolgens is aan een groot aantal experts gevraagd welke toepassingsmogelijkheden zij gezien de samenstelling van de beide stromen zagen. In een aantal gevallen is er aanvullende onderzoek gedaan naar de toepasbaarheid daarvan.

Vervolgens is op basis van de gevoerde gesprekken een inschatting gemaakt van de haalbaarheid en marktkansen voor een specifieke toepassing. Champost blijkt overigens een bijzonder complexe samenstelling te hebben.

‘Lignocellulose is een buitengewoon lastige grondstof met een ‘hell of a lot of linkages’ waardoor enzymen er nauwelijks in door kunnen dringen.’ Dr. Somerville, research director Energy Bioscience Institute, Berkely.

3. Samenvatting en conclusies

Uit de analyses van gescheiden gehouden dekaarde en onderliggende champost blijkt dat de samenstelling van beide fracties sterk verschilt. Voor de dekaarde zijn relatief eenvoudig andere toepassingen te vinden. Voor champost zijn een groot aantal mogelijke toepassingen afgetast. De wetgeving rond dierlijke mest en het hoge zoutgehalte maken toepassing in de grondgebonden landbouw complex. Het is technisch eenvoudig mogelijk om meer dan de helft van het stikstof en zouten uit de champost te spoelen, maar voor een deel is dat het verplaatsen van het probleem: dan is er ook een methodiek nodig om deze voedingsstoffen weer nuttig in te zetten. Vandaar dat er in deze rapportage veel aandacht besteed is aan de teelt van algen op het drainwater van champost. Een overzicht van de verschillende toepassingen staat in onderstaande tabel. De kolom **volume** geeft globaal aan hoeveel opname capaciteit de betreffende toepassing heeft voor dekaarde c.q. champost.

In alle gevallen is uitgegaan van een scheiding van dekaarde en champost; bij een aantal toepassingen is een verdergaande behandeling van de champost nodig, bijvoorbeeld uitspoelen of hydrolyseren.

	Korte termijn	Lange termijn	Valt af	Volume	Opmerkingen
Dekaarde					
Hergebruik in de champignonenteelt	X			Groot	Percentage hergebruik hangt af van zoutgehalte in de dekaarde en ophoping op termijn.
Potgrond	X			Groot	Proces borgen: voorkomen besmetting na het doodstomen, gecertificeerd doodgestoomd
Op land uitrijden	X			Groot	Minder structuurverbeterend dan de champost, maar vanwege lage stikstof en fosfaat concentratie kan er meer per hectare worden uitgereden.
<p><i>Voor alle dekaarde toepassingen geldt dat de scheidingsgraad (hoeveel champost bevat de apart gehouden dekaarde) van groot belang is. Enerzijds vanwege wetgevingsaspecten (besluit dierlijke meststoffen), anderzijds vanwege het hoge zoutgehalte van de champost.</i></p>					

Met korte termijn is bedoeld: binnen twee jaar te realiseren.

Met lange termijn: binnen drie tot vijf jaar te realiseren.

Champost	Korte termijn	Lange termijn	Valt af	Volume	Opmerkingen
Visvoer			X		
Zagervoer		X		Beperkt, maar groeiend	Voedingstesten zijn nodig om perspectief te kunnen toetsen, ook met gehydrolyseerde champost
Nematoden			X		
Wormen- en insectenvoer		X		Middel, groeiend	Voedingstesten zijn nodig om perspectief te kunnen toetsen, ook met gehydrolyseerde en uitgespoelde champost
Houtverduurzaming		X		Beperkt	Ontwikkelingen volgen, zelf niet actief onderzoek doen
Pelleteren en als compostkorrels exporteren			X	Groot	Exportbeperkingen en hoog vochtgehalte beperken rentabiliteit en afzetmogelijkheden
Phytopsanitaire compost ontwikkelen	X			Groot	Status als dierlijke mest beperkt afzet, tenzij het materiaal is uitgespoeld. Veldonderzoek is noodzakelijk om phytosanitaire effect te bevestigen.
Vergisting	X			Middel	Hydrolyseproeven uitvoeren en energieopbrengst testen in vergistingsinstallatie
Champost uitspoelen voor potgrondsector	X			Groot	In combinatie met verwaarding van drainwater.
Drainwater voor de algenteelt inzetten		X		Groot	Algengroei testen, ontwikkelingen volgen en samen met bijv. de akkerbouwsector een implementatieplan opstellen.
Persen plaatmaterialen		X		Middel	In samenwerking met potentiële producenten verder onderzoeken.
Grondstof voor papier en kartonsector		X		Groot	In samenwerking met Kenniscentrum voor papier en karton laten onderzoeken.
Grondstof voor bioplastics			X		Te hoog asgehalte en te onzuiver voor deze toepassing.

Organisatorische aanbevelingen

Voor compostbedrijven: het verwerken van champost op te nemen in de bedrijfsstrategie, gezien de producentenverantwoordelijkheid en de synergie die kan optreden door transport logisch te combineren naar een centrale plek voor verwerking.

Voor de belangenbehartiging: om structureel aandacht te besteden aan de positie van champost en de betreffende regelgeving.

Voor de champignonkwekers: om het scheidingsproces tussen champost en dekaarde goed te borgen.

Wetgevingsaspecten

Hoewel menging van de onderliggende champost en de dekaarde slechts in zeer geringe mate voorkomt (na het afdekken rakelen veel kwekers de dekaarde op en komt een klein deel van de compost in de dekaarde, zodat deze snel doorgroeit is), is dekaarde volgens het ministerie van LNV als dierlijke mest te beschouwen. Het scheiden van dekaarde en onderliggende champost is formeel gezien een bewerking van een dierlijke meststof die tot twee stromen nieuwe dierlijke mest leidt. De huidige ontheffingen gelden voor de combinatie van dekaarde met onderliggende compost. Op het moment dat de dekaarde ervan afgehaald is, moet de sector nieuwe ontheffingen aanvragen voor beide stromen, althans, voor zover ze als meststoffen verhandeld worden. Als kwekers besluiten de champost uit te spoelen, moeten ze ontheffing aanvragen voor de uitgespoelde champost, althans, voor zover de champost als mest verhandeld wordt.

Op het moment dat de champost als grondstof naar een andere sector gaat, waardoor de status van dierlijke mest vervalt (bijvoorbeeld als bouw materiaal), is er specifieke wet-, regel- en normgeving van toepassing voor de betreffende toepassing (bij een plaat bouw materiaal bijvoorbeeld de brandwerendheid of vochtbestendigheid).

4. Analyse resultaten van champost en dekaarde

Veevoer onderzoek

De dekaarde is ongeschikt als veevoer:

Vochtgehalte	60,3 %
Asgehalte	16,1 %
Gasvorming	0,8 ml/200 mg

De champost (gescheiden van de dekaarde) is eveneens ongeschikt als veevoer, zo blijkt uit onderzoek van de LUFA.

Vochtgehalte	52,1 %
Asgehalte	20,8 %
Gasvorming	3,6 ml/200 mg

De gasvorming is een indicatie van de geschiktheid voor herkauwers; vanwege het hoge asgehalte en de lage gasvorming is champost ongeschikt voor deze toepassing.

Gedetailleerde pyrolyse analyse door WUR

Een mengmonster van champost (zonder dekaarde) is vergeleken met een commercieel verkrijgbare biocompost uit een tuincentrum (met de naam Biocompost). Onderstaand de globale compositie.

Monsters	Biocompost	Champost
Alkanen & alkenen	6.12	6.30
Andere alkanen & alcoholen	1.03	1.35
Aromatische verbindingen incl catecholen	12.39	7.02
Vetzuren	2.01	3.25
Ligninen	55.07	47.82
Lipiden	0.56	0.00
N-verbindingen	0.68	7.00
Fenolen	12.22	9.13
Polysacchariden	9.71	17.01
Terpenen	0.22	1.11
SUM	100.00	100.00

N.B. de getallen geven geen gewichtspersentages weer, maar de mate waarin de methodiek pieken weergeeft.

In de bijlage de originele rapportage in het Engels met de uitgebreide analyse.

CONCEPT rapportage

Analyse op voedingszouten en metalen

D betekent: doodgestoomd
N betekent: niet doodgestoomd

Grenzwerte ÖkolandbauVo 70 45 0,7 70 25 200 0,4
Grenzwerte BioAbfalVO 70 100 1 70 35 300 0,7

	Lfd. Nr.	Trockenmasse	Stickstoff ges	org. Subst.	Salzgehalt	Phosphor	Kalium	Cu	Pb	Cd	Cr	Ni	Zn	Hg
Nummer		% FM	% TM	% TM	% TM	% P2O5 TM	% K2O TM	mg/kg TM	mg/kg TM	mg/kg TM	mg/kg TM	mg/kg TM	mg/kg TM	mg/kg TM
Kompost, D	1	47,0	2,39	57,5	6,4	1,35	3,09	31,0	9,9	< 0,4	8,5	7,3	140	0,052
Kompost, N	2	44,6	2,51	61,0	6,7	1,24	3,89	29,0	9,6	< 0,4	7,7	6,4	111	0,057
Kompost, D	3	38,3	2,46	62,1	6,9	1,43	3,86	52,0	9,7	< 0,4	9,9	7,6	143	0,052
Kompost, N	4	38,2	2,53	62,4	6,1	1,38	3,47	47,0	8,8	< 0,4	9,8	7,9	146	0,054
Kompost, D	5	41,5	2,62	62,9	6,6	1,33	3,94	38,0	10,5	< 0,4	15,5	9,8	156	0,056
Kompost, N	6	40,9	2,63	63,9	6,8	1,29	4,28	34,0	9,6	< 0,4	11,0	7,6	139	0,059
Kompost, D	7	39,8	2,50	62,2	5,8	1,30	2,96	47,0	10,1	< 0,4	8,7	7,1	144	0,048
Kompost, N	8	27,6	2,72	66,3	3,9	1,31	1,30	51,0	12,0	< 0,4	9,0	7,0	155	0,048
Kompost, D	9	44,0	2,43	57,3	6,6	1,25	3,04	31,0	10,6	< 0,4	8,6	6,9	130	0,074
Kompost, D	10	29,0	2,57	62,8	6,2	1,39	3,16	51,0	9,8	< 0,4	10,9	8,8	170	0,052
Deckerde D	1/1	37,7	1,06	61,3	1,1	0,68	0,40	14,7	8,8	< 0,4	8,1	4,9	36	0,043
Deckerde N	4/1	25,7	1,34	74,0	1,6	0,58	0,85	14,6	10,2	< 0,4	6,6	4,4	32	0,044
Deckerde N	6/1	28,7	1,27	69,3	1,3	0,64	0,46	9,1	9,3	< 0,4	6,8	4,4	37	0,042
Deckerde N	8/1	17,6	1,37	75,8	1,3	0,58	0,52	16,0	8,8	< 0,4	6,9	4,4	41	0,044
Deckerde D	9/1	33,8	1,16	60,1	1,6	0,80	0,80	15,7	9,4	< 0,4	8,1	4,9	44	0,044

Conclusies

1. Het zoutgehalte in de dekaarde is een factor vijf lager dan in de champost.
2. Het stikstofgehalte in de dekaarde is een factor twee lager dan in de champost.
3. Het fosforgehalte in de dekaarde is een factor twee lager dan in de champost.
4. Het kaliumgehalte in de dekaarde is een factor 6 lager dan in de champost.
5. Het vochtgehalte van de dekaarde is beduidend hoger dan dat van de champost; feitelijk betekent dat dat de champignonkweker betaalt voor het afvoeren van water tegen een prijs van dierlijke mest in een materiaal dat geen dierlijke mest is.
6. Er zijn geen significante verschillen te zien bij deze analyse voor al dan niet doodgestoomde champost.
7. Het gehalte aan zware metalen in zowel champost als dekaarde voldoet aan de Duitse normen voor zowel biologische landbouw als Bio Abfall. Het kopergehalte in de dekaarde ligt significant lager.

Analyses van Koch Bodemtechniek

Vanwege het hoge zoutgehalte is een proef gedaan om de champost uit te spoelen. Tevens is een experiment gedaan om de champost te hydrolyseren.

- Referentie (onbehandelde champost)
- Variant 1 Drain (uitgespoelde champost)
- Variant 2 Loog (champost gehydrolyseerd)

Variant 1 heeft twee dagen onder water gestaan en is vervolgens uitgelekt. De hoeveelheid water was gelijk aan het gewicht van het monster.

De gehydrolyseerde variant 2 is als volgt behandeld:

20 kg champost, 20 liter water, 2 kg CaO, geneutraliseerd met H₂SO₄.

Deze behandelde champost is erg fijn van structuur geworden en enorm vochthoudend.

Vanwege de grote hoeveelheden ongebluste kalk is deze methodiek te kostbaar. Een variant is om niet met loog maar met zuur te hydrolyseren.

De uitgebreide analyse is als bijlage aan dit rapport toegevoegd. De conclusies zijn

1. Vanwege de grote hoeveelheden ongebluste kalk (anders kon de beoogde hoge pH waarde niet bereikt worden) is deze methodiek van hydrolyseren van variant 2 te kostbaar.
2. De hoeveelheid stikstof totaal neemt in variant 1 en 2 af met ruim 50% ten opzichte van de referentie.
3. De hoeveelheid fosfor totaal neemt in variant 1 en 2 af met ca. 5% en 10% ten opzichte van de referentie. Dit is op zich ook te verwachten aangezien fosfaat slecht oplosbaar is.
4. De hoeveelheid kalium neemt in variant 1 en 2 af met ca. 25% ten opzichte van de referentie.
5. De hoeveelheid natrium neemt in variant 1 en 2 af met ca. 33% ten opzichte van de referentie.
6. Opmerkelijk is dat de C/N ratio in alle drie de gevallen vrijwel ongewijzigd is (in dit geval gemeten als organisch stikstof); dit betekent dat de uitgespoelde stikstof vooral de niet organisch gebonden stikstof is. In de gehydrolyseerde variant is een sterkere afbraak van het aan organisch gebonden stikstof zichtbaar.

5. Alternatieve verwerking van dekaarde

Hergebruik dekaarde in champignosector zelf

De dekaarde is na het doodstomen ontsmet en kan als (gedeeltelijke) vervanging voor verse dekaarde dienen. Het voordeel voor de champignonkweker komt van twee kanten: enerzijds bespaart hij op de inkoop van dekaarde (40 – 70 Euro/m³) anderzijds bespaart hij € 12 – 20 per ton op het afvoeren van de champost. Milieutechnisch is het uiteraard ook veel beter om het veen meermaals te gebruiken. In het verleden heeft Hauser in Zwitserland dekaarde meermaals gebruikt.

Hergebruik champost

De firma Hauser heeft ruim 20 jaar geleden stelselmatig dekaarde herbruikt. De samenstelling van hun dekaarde was: 50% oude dekaarde, 30% 'Muttererde' (kleihoudende grond uit de omgeving) en 20% suikerbietenpulp. De wateropnamecapaciteit van deze dekaarde was veel lager dan een veenhoudende dekaarde en de situatie was heel anders dan in de huidige Nederlandse situatie: 75 kg geënte compost per m² in een kistensysteem. Toch verkregen ze een BE (biological efficiency = versgewicht paddestoelen t.o.v. drooggewicht van substraat) van 100%. De Muttererde bevatte uiteraard tal van ziektekiemen en nematoden en diende eerst ontsmet te worden. Een aantal keren ging dat mis doordat ze bij te hoge temperaturen pasteuriseerden en teveel nuttige bacteriën afstierven. In de Nederlandse situatie lijkt dat geen probleem: als telers 50% verse dekaarde mengen met 50% oude dekaarde, verspreiden ze daarmee de benodigde bacteriën, voor zover die al door het doodstomen afgestorven zouden zijn. Een punt van aandacht is het zoutgehalte van de dekaarde. Op het moment dat de EC te hoog oploopt, kan dat het transport van voeding naar de champignons in de weg zitten.

Bron: Patrick Romanens

De volgende aspecten zijn van belang:

1. snelheid waarmee champost te scheiden is van de dekaarde: als de tijdsduur om cellen te legen sterk toeneemt, neemt het voordeel navenant af. Scheidingstechnieken kunnen zowel een vijzel als een mes zijn, of het gebruik van een aangepaste voetjesrooier. De huidige voetjesrooiers komen minder diep en zouden vastlopen wanneer de hele laag dekaarde verwijderd moet worden.
2. logistiek van het proces op de kwekerij (één container voor dekaarde, één voor onderliggende champost)
3. behandeling van de dekaarde (op vocht brengen, structuur herstellen, eventueel mengen met verse dekaarde)
4. proeven met hergebruik van champost: voldoende teeltoppervlakte voor statistische verantwoorde uitspraken over invloed op de opbrengst. Hergebruik met 25%, 50%, 75% en 100% dekaarde. Hierbij dient onder andere de EC gemeten te worden.

Wetgevingstechnisch zijn er geen beperkingen te verwachten.

Aanbevelingen:

1. Ontwikkel in samenwerking met mechanisatiebedrijven een systeem om efficiënt dekaarde te kunnen scheiden
2. Onderzoek hoeveel dekaarde hergebruikt kan worden zonder oogstverlies c.q. kwaliteitsvermindering

Huidige aanwending van champost in boomkwekerij, bodemverbetering en hobbysector

Opgesteld door J.B.G.M. Verhagen - Stichting RHP, Datum : 27 juni 2008

Momenteel wordt champost onder de keurmerken (RHP en RAG) van Stichting RHP aangewend in de boomkwekerij en hobbysector. In de boomkwekerij gebeurt dit onder het RAG keurmerk als bemestende component in de zogenaamde bemeste aanvulgrond. Het gaat daarbij op jaarbasis om ongeveer 5.000 m³. Het product moet daarvoor gestoomd zijn, wat aantoonbaar moet zijn.

In de boomkwekerij wordt champost ook toegepast als mulchlaag, voornamelijk om de onkruiddruk te verminderen. Na de afvoer van de boomkwekerijproducten wordt deze mulchlaag door de bouwvoor gefreesd. De hoeveelheid die hiervoor wordt aangewend is niet bekend bij RHP.

Beide aanwendungen staan onder druk omdat champost een groot deel van de ruimte die kwekers hebben voor stikstof- en fosfaatbemesting invult. Daarom wordt vooral voor de mulchtoepassing gezocht naar alternatieven.

Champost wordt ook aangewend voor bodemverbetering in de vorm van het product "mollenmest". De hoeveelheid die hiervoor wordt aangewend is niet bekend bij RHP.

Onder het Consumer keurmerk van RHP wordt champost toegepast als grondstof voor tuinaarde en tuincompost. Het product moet daarvoor gestoomd zijn, wat aantoonbaar moet zijn. Daarbij moet het RHP bedrijf de champost direct na ontvangst opmengen met een RHP gecertificeerd veenproduct om de EC te verlagen. Bij binnenkomst is deze soms 8-9 mS.cm⁻¹. Deze moet worden verlaagd tot < 3,5 mS.cm⁻¹.

De aanwending van champost in tuinaarde en tuincompost is relatief klein. Vaak wordt voor deze producten de voorkeur gegeven aan groen- en gftcomposten omdat deze minder geur afgeven en beter verwerkbaar zijn.

Eisen aan afgewerkte dekaarde

De hoofdeisen die worden gesteld aan champost en daarom ook aan een deelproduct als afgewerkte dekaarde zijn de volgende:

- Hygiëne
- EC en ballastzouten
- Zware metalen
- Structuur
- Stabiliteit
- Gewicht

Hygiëne

Het is van het grootste belang dat de compost volledig gestoomd is. Het stomen zoals nu al gebruikelijk is, is daartoe een goede maatregel. Maatregelen om te voorkomen dat het gestoomde product weer herbesmet wordt in de fasen erna (uithalen van de cel, scheiden lagen, transport, tussenopslag) zijn daarbij belangrijk.

EC en ballastzouten

Champost bevat met name veel zouten door de voeding die in de compost wordt toegepast en door de zouten die tijdens de teelt gedoseerd. Bij het scheiden van de dekaarde van de onderliggende champostlaag zal voornamelijk het gebruik van zouten als calciumchloride en natriumchloride dit aspect beïnvloeden. Voor een goede bruikbaarheid van een product dient de EC en het gehalte van de ballastzouten natrium en chloride zo laag mogelijk te zijn. Bij hoge gehalten is aanwending mogelijk, echter dan bij gemaximaliseerde doseringen zoals nu ook plaats vindt voor RHP compost. Ter informatie zijn de eisen t.a.v. EC en hoofdelementen voor RHP compost in onderstaande tabel weergegeven.

Horticulture	Consumer	
EC en hoofdelementen		
RHP compost wordt ingedeeld volgens onderstaande tabel in voedingsniveau 4 of 5.		
Voedingstabel		
Bepalingen	Voedingsniveau	
	Zeer hoog 4	5
<i>EC (in mS/cm)</i>	<i>< 2.1</i>	<i>2.1 - 3.5</i>
Hoofdelementen (in mmol/l)		
<i>NH₄ + NO₃</i>	<i>< 15.0</i>	<i>< 15.0</i>
<i>Ca</i>	<i>< 6.0</i>	<i>< 6.0</i>
<i>Mg</i>	<i>< 3.0</i>	<i>< 3.0</i>
<i>NO₃</i>	<i>< 11.0</i>	<i>< 13.0</i>
<i>SO₄</i>	<i>< 6.0</i>	<i>< 6.0</i>
<i>P</i>	<i>< 3.0</i>	<i>< 3.0</i>
Wanneer RHP compost o.b.v. de bovenstaande tabel is ingedeeld, wordt de maximale dosering bepaald door onderstaande normen per voedingsniveau.		
Hoofdelementen (in mmol/l)	Voedingsniveau	
	4	5
	<i>bewerken* i.v.m. EC niet noodzakelijk</i>	<i>bewerken* i.v.m. EC noodzakelijk</i>
Maximale dosering 20 %		
<i>K**</i>	<i><30</i>	<i><30</i>
<i>Na**</i>	<i><10</i>	<i><10</i>
<i>Cl</i>	<i><10</i>	<i><10</i>
Maximale dosering 10 %		
<i>K**</i>	<i><45</i>	<i><45</i>
<i>Na**</i>	<i><15</i>	<i><15</i>
<i>Cl</i>	<i><15</i>	<i><15</i>
* hier wordt met bewerken bedoeld het terugbrengen van de EC tot <2.0 mS/cm		
** o.b.v. extractie met bariumchloride		

Zware metalen

Zware metalen vormen een belangrijke bottleneck voor de aanwending. Uit diverse bronnen blijkt dat de dekaarde laag over het algemeen lagere gehalten bevat dan de onderliggende champostlaag. Scheiding kan derhalve de mogelijkheden van aanwending vergroten. Aandachtspunt daarbij is de aanwezigheid van champignonvoetjes. Uit diverse bronnen is bekend dat deze met name hoge gehalten zware metalen bevatten.

Structuur

Het huidige product champost heeft een structuur die gewaardeerd wordt. Door het scheiden van champost en afgewerkte dekaarde vervalt dit. De afgewerkte dekaarde is qua structuur in wezen een slechte kwaliteit veen die zich niet kan meten met andere grondstoffen zoals tuinturf.

Stabiliteit

Voor een de meeste toepassingen zal stabiliteit van het product van belang zijn. Het is de vraag in hoeverre dit wordt beïnvloed door een zeker gehalte van de champost in de afgewerkte dekaarde.

Voor de sector “openbaar groen” zou eventueel champost kunnen worden aangewend.

Daarbij is het de vraag hoe het product zich kan meten met andere grondstoffen, vooral op vlak van stabiliteit van de organische stof.

Gewicht

Gewicht is een factor van belang bij transport. Een te hoog gewicht van producten verhoogt de transportkosten aanzienlijk. Dit zal met name voor producten in het hobbysegment een rol spelen.

Marktpotentie

Binnen de genoemde huidige toepassingen van champost (aanvulgrond, boomkwekerij, tuinaarde) wordt geen groei verwacht.

Nieuwe toepassing van champost lijkt mogelijk binnen de ontwikkeling van substraten voor openbaar groen. Concurrentie daarbij is vooral van groencompost en gifcompost. Prijs en verwerkbaarheid zal daarbij met name bepalend zijn.

Afgewerkte dekaarde kan ook daar een rol gaan spelen. In bomenzand zou een geschatte potentie van 12.500 m³ op jaarbasis mogelijk zijn. Dit ook in concurrentie met vooral composten.

Afgewerkte dekaarde voor de hobbysector is kwalitatief niet direct interessant, gezien de fysische kwaliteit en mogelijke heterogeniteit. Dit product zal zich echter moeten meten met producten als tuinturf welke altijd homogeen van kwaliteit zijn en lage EC bevatten.

Daarnaast zullen ook prijs en logistiek belangrijke factoren vormen bij vergelijking met andere producten. De geschatte potentie bij geringe toepassing is ongeveer 37.500 m³ op jaarbasis.

Organisatorische aspecten bij inzet dekaarde

Om een product te verkrijgen dat voldoet aan bovengenoemde zaken (zie kopje eisen) is het noodzakelijk dat er meer controle plaats vindt in de fasen na de teelt. Deze omvatten onder meer:

- *Controle op behalen van temperatuur*
- *Controle op scheiding van afgewerkte compost en dekaarde*
- *Controle op chemische eigenschappen, met name EC*

Heterogeniteit van de huidige champost - mede door verschillen in doorgroeide compost, samenstelling van dekaarde en teeltmaatregelen van telers - maken dat er grip moet zijn op de daadwerkelijk gerealiseerde kwaliteit. Dit vraagt in wezen om een centrale aanpak. Op een centrale verzamelplek kan door menging mogelijk een constanter product worden gerealiseerd.

CONCEPT rapportage

Het is mogelijk dat dan ook niet alle product geaccepteerd kan worden omdat het bijvoorbeeld buiten de gewenste range van EC valt.

RHP certificatie

RHP certificatie zou de organisatorische aspecten kunnen afdekken. Dit zou overigens een relatief zwaar en duur systeem worden omdat er relatief veel aanbieders van de afgewerkte dekaarde kunnen zijn.

Het is daarbij ook de vraag in hoeverre de kosten voor RHP certificering worden gerechtvaardigd door afzet in de markt. De marktpotentie is momenteel moeilijk in te schatten, maar voor een uniform product dat voldoet aan de eisen zullen marktkansen aanwezig zijn.

Conclusies en aanbevelingen n.a.v. rapportage RHP

Champignonkwekers kunnen relatief eenvoudig voldoen aan de eis om aan te tonen dat de dekaarde doodgestoomd is. Een afdruk van de klimaatcomputer met het temperatuurverloop van de betreffende cel geeft dit in principe aan.

Bij het scheiden van dekaarde en de onderliggende champost is het minder eenvoudig om het percentage champost in de dekaarde vast te leggen. Een eenvoudige indicatie is het gewicht van de separate stromen champost en dekaarde uit dezelfde cel vast te leggen en op elkaar te delen. Bepalend voor de geschiktheid is vooral de EC waarde, die per partij relatief eenvoudig te meten is. Uit de analyses van de gescheiden stromen dekaarde en onderliggende champost blijkt dat één groot nadeel van onbehandelde champost, het hoge zoutgehalte, niet van toepassing is op de dekaarde.

6. Toepassingen van champost

Champost ongeschikt als visvoer

Volgens Nutreco is de onbehandelde champost (gescheiden van de dekaarde) vanwege het hoge lignine gehalte ongeschikt als visvoer (Nutreco baseert zich op de uitgebreide spectrografische analyse van de champost). Wellicht is het wel geschikt voor zagers, maar Nutreco produceert geen zagervoer meer.

Geschiktheid champost als zagervoer

Met twee zagerkwekerijen is besproken of de champost geschikt zou zijn als voer voor de zagers. Gezien het hoge lignine- en asgehalte en de vorming van veel restmateriaal heeft één partij afgezien van eerder toegezegde testen; deze was alleen geïnteresseerd in pellets die hij als voer kon toepassen. De andere partij, Topsy Baits, is bereid experimenten uit te voeren. Het verdient dan aanbeveling om zowel gehydrolyseerde als onbehandelde champost te testen. Uitgespoelde champost is minder relevant omdat zagers bestand zijn tegen hogere zoutconcentraties.

Aanbeveling: proeven opzetten met zagers op champost (normale champost en gehydrolyseerd).

Geschiktheid champost als voer voor nematoden

Volgens Ir. Van Bezooijen is het aantal nematoden in de bodem weliswaar heel hoog, maar het geringe gewicht en de moeilijkheid om ze te oogsten betekenen dat nematoden geen oplossingsrichting zijn om champost om te zetten in dierlijk eiwit.

Geschiktheid champost als voer voor wormen of insecten

Onbehandelde champost bevat waarschijnlijk teveel zouten voor regenwormen. Gehydrolyseerde of uitgespoelde champost kan wellicht wel een geschikt medium en voedingsbron bieden. De inzet van champost als voedingsbron voor wormen voor conditionering van bodems is waarschijnlijk wetgevingstechnisch eenvoudiger dan als inzet voor basismateriaal voor visvoer, dat weer in de humane consumptieketen terecht komt. De Kaderwet Diervoeders is dan van toepassing. Het ministerie van LNV kan toelating verlenen op verzoek van de sector. Een dergelijk verzoek is uiteraard pas zinvol als gebleken is dat champost een geschikte voedingsbodem is.

Aanbeveling: proeven opzetten met verschillende insecten- en wormensoorten op champost die op verschillende manieren behandeld is (uitgespoeld en gehydrolyseerd).

Champost als grondstof voor houtverduurzamingsmiddel

De bulk van de fenolische componenten is aanwezig in de vorm van lignine. Deze fractie is eruit te halen, maar is nog niet geschikt voor toepassing als houtverduurzamingsmiddel. Hiervoor zal een (thermochemisch) depolymerisatie proces moeten worden uitgevoerd. Een mogelijkheid is pyrolyse, al dan niet gevolgd door diverse fractionerings stappen. De WUR is momenteel bezig met procesontwikkeling om onder superkritische omstandigheden de lignine fractie om te zetten in fenolische componenten, maar vooralsnog is het nog te vroeg om andere grondstoffen te testen.

Aanbeveling: onderzoek van lignine expert Richard Gosselink, Wageningen UR, Agrotechnology & Food Sciences Group blijven volgen en in 2010 opnieuw de status opvragen.

Pelleteren en als compost verkopen

Compost gaat op grote schaal naar o.a. de Arabische Emiraten in de vorm van gedroogd 4 mm granulaat. Vaak is het nog verrijkt met VAM mycorrhiza. De Duitse firma BIOMYC levert dit soort materiaal bijvoorbeeld, dat in de Verenigde Emiraten weer gemengd wordt met kompost granulaat.

De toepassingsmogelijkheden voor champost lijken om een aantal redenen toch beperkt. Ten eerste is het niet mogelijk om champost direct te pelleteren vanwege het hoge vochtgehalte; door te drogen is uiteraard een lager vochniveau mogelijk, maar dat kost weer veel energie. Als het vochtgehalte is teruggebracht zijn de pelleteringskosten waarschijnlijk ca. 40 – 60 Euro / ton. Een extra probleem met de export van champost is de regelgeving in een aantal landen, die geen kippemest accepteren uit angst voor vogelgriep.

Aanbeveling: deze route niet verder vervolgen.

Champost verwerken tot hoogwaardige compost met phytosanitaire effecten

Champost is op zich een waardevolle bodemverbeteraar, maar vanwege het vele aanbod van dierlijke mest levert dat geen positieve inkomstenstroom op. Champost heeft nog geen marketingvoordeel ten opzichte van andere bodemverbeteraars. Dat kan veranderen als er een duidelijk positief phytosanitair effect aantoonbaar is.

Door de vermindering van het aantal akkerbouwteelten (in Duitsland vooral mais, tarwe, koolzaad) neemt de ziektedruk in de bodem toe. Oogstschade en plantschade kunnen optreden door ondermeer: *Verticillium*, *Septoria*, *DTR*, *Fusarium*, *Sklerotinia*, *Plasmodiophora*, *Gaeumannomyces* etc.. Het effectief omzetten van overgebleven stroresten en het aanbrengen van een substraat met een microflora kan een biologische barriere opwerpen tegen diverse ziektes.

In twee testen op laboratoriumschal bleek een duidelijke werking van 5% champost bij de bestrijding van koolrot *Plasmodiophora brassicae* ('Kohlhernie' oftewel Knolvoet in het Nederlands). Zie voor de resultaten van de experimenten de separate bijlage. Knolvoet is een myxomyceet, die een ernstige ziekte is bij diverse koolsoorten zoals koolzaad, Chinese kool etc. Bij toepassing van 5% champost in de bovenste 10 cm aarde is er op 1 hectare 50.000 liter benodigd, hetgeen overeenkomt met ruwweg 25 ton. Een grootschaliger veldtest moet aantonen of het effect ook in de praktijk optreedt.

Het enten van speciale bacterien op de champost kan marketingtechnisch een speciaal product opleveren: speciaal geprepareerde gecombineerde meststof/bodemverbeteraar en vitalisator voor koolsoorten.

Op dit moment wordt veel Kalkstikstof ingezet, het is de vraag of het wel nodig is om een alternatief te vinden, kalkstikstof desinfecteert ook via cyanimid bovendien verhoogt het de pH.

Aanbeveling: In overleg met specialisten op dit gebied besluiten of champost voldoende soelaas biedt om bijv. koolzaad akkers te behandelen met champost. Zo ja, dan kan een veldtest plaatsvinden.

Vergunningsaspecten

Bij toepassing op het land is het Besluit Dierlijke Meststoffen van toepassing, dat de hoeveelheid stikstof en fosfaat beperkt tot respectievelijk 170 en 85 kg/ha.

Vergisting na voorbehandeling

In de eerdere rapportage is aangegeven dat onbehandelde champost te weinig energie oplevert om te vergisten. Vergistingsinstallaties zijn juist op zoek naar energierijke verbindingen, die bacteriën af kunnen breken. Champost bestaat voor een ca. 50% uit ligninecomponenten, die in de natuur vooral door ‘white rot basidiomyceten’ afgebroken worden. Een chemische voorbehandeling (hydrolyse) kan de champost zodanig wijzigen, dat vergisting toch energie oplevert. Eerste proeven met hydrolyse tonen aan dat structuur en toegankelijkheid van het materiaal sterk wijzigen, maar dat een basische hydrolyse teveel chemicaliën vergt. Een zure hydrolyse met azijnzuur en zoutzuur zal naar verwachting eenvoudiger zijn.

Het digestaat (materiaal dat na vertering uit de vergister komt) bestaat uit een natte en een droge fractie. De droge fractie is als bodemverbeteraar in te zetten of te vergassen; de natte fractie kan dienen als voedingsbron voor algen. Wetgevingstechnisch valt het vergisten van champost onder de mestvergisters en niet onder de afvalvergisting.

Aanbeveling: champost hydrolyse experimenten uitvoeren en de energie inhoud voor vergisters bepalen.

Champost uitspoelen en als grondstof voor de potgrond toepassen

Uit de resultaten van de analyse van Koch Bodemtechniek (zie bijlage) blijkt dat het zoutgehalte in uitgespoelde champost drastisch verlaagd is. Zie hiervoor ook de notitie van RHP die is opgenomen bij de bespreking van alternatieven voor de dekaarde. Een belangrijk punt van aandacht is dat het drainwater niet zomaar geloosd mag worden. Zie onder vergunningsaspecten bij het navolgende kopje. Het materiaal blijft onder de Meststoffenwet vallen.

Drainwater inzetten voor algenteelt

Een champignonkweker mag drainwater van champost niet zomaar op het oppervlakte water c.q. riool lozen. Dat zou ook zonde zijn, want de voedingszouten zijn feitelijk meststoffen voor planten. Algen vereisen naast water licht, CO₂ en voldoende voedingsstoffen. De teelt van algen is een hype, terwijl er feitelijk op dit moment slechts drie bedrijven in Nederland zijn die commercieel draaiende installaties hebben staan: Phytocare (Zeewolde), Lgem (Made) en Ingrepro (Borculo). Essentieel bij algen is de keuze voor het teeltsysteem: open, gesloten of hybride. Open systemen zijn gevoelig voor infecties, tenzij de betreffende algensoort in een zodanig specifiek milieu groeit, dat er weinig concurrenten zijn (bijv. door lage pH of zoutgehalte). Gesloten systemen (bijv. buisreactoren) zijn nauwkeuriger te sturen maar vergen fors hogere investeringen. Afhankelijk van het gekozen type algen en marktsegment moet een algenkweker kiezen voor een bepaald systeem. Een uitgebreide analyse (opgesteld door stichting H2Organic) van de verschillende systemen om algen te telen is als bijlage toegevoegd.

De champignonsector heeft een zeer constante productie van champost, als een kweker kiest voor het uitspoelen van de champost zal er wekelijks dezelfde hoeveelheid voedingsstoffen beschikbaar komen. Licht is de beperkende factor in de winter; bij het dimensioneren op algenproductie in de winter is de capaciteit van de algenkwekerij in de zomer groter dan het aanbod van voedingsstoffen. Dat beperkt de rentabiliteit van de algenkwekerij; een oplossing is om de zomer meststoffen uit andere sectoren toe te voegen.



Carel Callenbach voor de fotobioreactor van Ingrepro.



Raceway voor grootschalige teelt van algen bij Ingrepro

De hoeveelheid stikstof in de champost is 2,5 % N van de droge stof. Per 1000 kg ds champost is maximaal 25 N beschikbaar. Wanneer deze stikstof volledig in algen is opgenomen kan daar $(25/9,5) \times 100 = 263$ kg droge stof aan alg uit ontstaan. Voor 1 ha algen vijver is bij een algenproductie (droge stof) van 25 ton/ha/jr nodig > aan champost: $(25.000 / 263) = 95$ ton champost (droge stof). Uit de analyse van Koch Bodemtechniek blijkt dat ca. de helft van de in de champost aanwezige stikstof aanwezig is in het drainwater. Gezien de grote oppervlakten aan algenkwekerij (tientallen hectare) die dan benodigd zijn per champignonkweker, is het nodig om te gaan samenwerken met bijvoorbeeld de akkerbouw. Bij een productie van 25 ton met een waarde van tussen de 1 – 5 Euro per ton droge stof (als veevoer), is de opbrengst van algen een stuk hoger dan van suikerbieten of aardappelen. Dit is een grote markt; daarnaast zijn er deelmarkten voor de cosmetica of farma sector, waar fors hogere prijzen per ton droge stof haalbaar zijn. In eerste instantie zijn dat de markten waarop de algenteelt zich moet richten; daarna kan opschaling plaatsvinden naar bulkmarkten.

Vergunningsaspecten

Bij onttrekking of lozing op het oppervlaktewater is een vergunning benodigd, aan te vragen bij het Waterschap. De normen voor stikstof (totaal) zijn 2,2 mg/ltr en voor fosfaat 0,15 mg/liter. Lozing op het riool valt onder de vergunningsplicht van de Wet Milieubeheer (in de meeste gevallen de gemeenten, bij specifieke situaties de provincies). Door met een zoveel mogelijk gesloten systeem te werken hoeft er waarschijnlijk weinig gespuid te worden. Het drainwater met de voedingszouten loopt voor de zuiveringsfase door de algenvijver en nadat de algen de voedingszouten teruggebracht hebben tot acceptabele niveau's, gaat het water na het oogsten van de algen opnieuw door verse champost.

Champost persen voor plaatmateriaal of composteerbare plantenspotten

Uit de analyse bleek een groot aantal lignineverbindingen in het materiaal aanwezig, lignine dat na verhitting kan smelten en bij afkoelen als een bindmiddel de verschillende componenten aan elkaar kan kitten. Dat biedt ruimte voor een brede range aan toepassingen, zoals bouwplaten, verloren bekistingsplaten, duurzaam verpakkingsmateriaal, of composteerbare plantenspotten.

In het oorspronkelijke onderzoeksvoorstel was sprake van het persen van de champost tot een acceptabel drooggewicht voor een specifieke toepassing. In de praktijk bleek dat natte champost zich niet goed liet persen. Boven de 40% vochtgehalte versmeert de champost en komt er geen vocht uit in een drukcilinder tot 200 bar. De champost wordt dan door de spleten heengeperst, die bedoeld zijn om het materiaal te ontwateren.

Alleen door champost te drogen, te vermalen en vervolgens aan een hoge druk (en eventueel temperatuur) bloot te stellen, bleek het mogelijk om 'champostkoekjes' te bakken. Het maximale vochtgehalte om op deze wijze een samenhangend materiaal te produceren is 41%. Bij hogere vochtgehalten breekt het materiaal snel uit elkaar, zo bleek uit perstesten met monsters van 18-52%. Met papier op de persmonsters blijft de vorm van de perskoeken stabiel. De persmonsters die uit 200g droge (18%) champost + 250 ml 6,5 % zetmeel werden gemaakt, hadden in de eerste testserie de hoogste stabiliteit na drogen bij 100 C. Champost is onder een dak goed aan de wind te drogen tot een vochtigheid van 16-20%, maar bij grote hoeveelheden champost zijn daarvoor grote en daarmee kostbare daken nodig, die veel ruimte kosten. Het gedroogde materiaal laat zich goed verkleinen door een ronddraaiend mes. Bij problemen met stofontwikkeling is het wellicht nodig met een afzuigstelsel te werken.

Champost als plaatmateriaal in de bouw moet kunnen opboksen tegen bestaande materialen, als Pavatex, gips, OSB Waferboard, Underlayment etc. Die producten zijn zo goed in de markt ingevoerd, dat alternatieven zelfs bij de helft van de kostprijs nog moeilijk in de markt te zetten zijn. Anderzijds is er een groeiende vraag naar duurzamere bouwproducten, mede vanwege de Cradle to cradle hype.

Bij productontwikkeling duurt het traject ca. 2 jaar en zijn de kosten voor allerlei tests (brandwerendheid, stabiliteit, uitloging bij bevochtiging, gedrag bij natworden in de constructie, schimmelvorming, reuk) geschat op € 100.000. Een productidee voor een specifiek marktsegment is verloren bekistingsmateriaal in de tunnelbouw, voor tunnels en kelders, waar de bekistingsplaat gewoon mag verteren. Dit materiaal moet twee maanden standhouden (droogtijd beton 28 dagen), bestand zijn tegen water en voldoende compact zijn. Het duurt vaak minstens vier jaar vanaf initiatief totdat een product in de bouw op enige schaal toegepast wordt. Een platenleverancier uit Enschede heeft interesse getoond en gaat na de zomer van 2008 bestuderen welke toepassingsrichtingen voor hem interessant zijn.

Vergunningsaspecten

Er zijn een groot aantal eisen voor bouwmaterialen, die sterk afhangen van de gekozen toepassing. Geïnteresseerde leveranciers van bouwmaterialen zijn op de hoogte van de betreffende eisen en de wijze waarop certificering plaatsvindt voor deze eisen (bijv. door TNO of Kiwa).

Aanbeveling Gezien de lange doorlooptijd en de investeringen in productcertificering is het het beste om een partner te zoeken, die bereid is dit proces in te gaan. Op korte termijn zal de afname van champost in de bouwmaterialensector beperkt zijn.

Champost als grondstof voor de papierindustrie

In de verpakkingsector zijn verschillende technologieën te onderscheiden: thermoforming, molded fiber en injection molding. Molded fiber betreft bijvoorbeeld het produceren van eierdoosjes van Huhtamaki, dat in Franeker 20.000 ton van een uiterst volumineus product met een laag gewicht maakt. De grondstofkosten zijn in vergelijking met de kapitaalslasten gering, zodat er minder vraag naar andere grondstoffen is. Ze geven de voorkeur aan ligninehoudend papier (wat ook goedkoper is) maar ook als er te weinig lignine inzit, werkt het niet om daar champost bij te mengen. Ze zijn bezig met trajecten om hun karton te voorzien van compostingscertificaten op verzoek van klanten. Het proces is in aanvang hetzelfde als voor gewoon papier: het recyclede papier lossen ze op, doen het in een matrijs, ontwateren met behulp van vacuum zodat er warme lucht doorheen gaat, daarna drogen ze het materiaal in een banddroger, waarbij de karakteristieke waterbruggen ontstaan die papier en

karton hun sterkte geven. Vervolgens vinden nabewerkingen plaats als glad maken en bedrukken. Lignine verhoogt de treksterkte, maar kan niet zomaar bijgemend worden. Kansrijker is een grof injection mold proces, waarvan de grondstofkosten met 50% gestegen zijn en de kapitaalslasten verhoudingsgewijs lager zijn. Een alternatief is een thermoforming proces, waarbij een slurrie in een vorm gedroogd wordt.

Het kenniscentrum voor papier en karton is op zoek naar alternatieve vezelstromen en heeft toegezegd zodra een nieuwe methodiek om de vezelkwaliteit van een grondstof klaar is, testen te willen doen met de champost. Naar verwachting is die methodiek in het derde kwartaal van 2008 beschikbaar.

Aanbevelingen:

Contact onderhouden met kenniscentrum voor papier en karton en champost laten testen als mogelijke grondstof voor de papier en kartonsector.

Champost als grondstof voor bioplastics voor extruders ongeschikt

Bedrijven als Rodenburg Biopolymers produceren granulaat van aardappelzetmeel uit reststromen van de fritesindustrie. De kostprijs was begin 2008 70 tot 80 Eurocent per kilo duurder dan commodities als polyethyleen en polypropyleen. In het verleden is er wel over gedacht om bioplastics te onderscheiden door een specifieke kleur, lignine uit champost zou een bruin bioplastic opleveren dat in de afvalfase dan eenvoudig van andere plastics te onderscheiden is. (bijvoorbeeld in een composteringsproces). Voor een granulaatbedrijf geldt een strenge asnorm < 1% en het inzetten van champost (met een veel hoger asgehalte) als complex vulmiddel is te riskant. Hun product gaat in de vorm van korrels naar bedrijven die met spuitgiettechniek vormen maken bijv. relatiegeschenken van bioplastics. Ze hebben beperkt extruders staan die ze voor een ander product zouden kunnen gebruiken. Wellicht kan champost bij producenten die vacuumvorm of sinterprocessen gebruiken wel waarde toevoegen.

7. Organisatorische aspecten

Rol compostbedrijven

Als compostbedrijven de champost gaan inzamelen, kunnen ze grootschaliger de verwerking tot een ander product laten plaatsvinden. Grote voordeel voor de compostbedrijven is dat de logistieke meerkosten voor hen beperkt zijn: er rijden immers al vrachtwagens heen, die nu leeg terugrijden naar het compostbedrijf.

Bovendien beschikken de compostbedrijven over eigen laboratoria voor kwaliteitsbewaking en nemen ze dan als producent een verantwoordelijkheid voor de verwerking van hun producten in de eindfase. Ook ten aanzien van certificering van nabehandelingen (bijvoorbeeld voor de potgrondsector) is het veel gunstiger om op één plek te kunnen controleren of de verwerking voldoet aan de strenge eisen uit de tuinbouwsector.

Aanbeveling voor compostbedrijven: neem verwerking van champost op in de bedrijfsstrategie en ontwikkel nieuwe producten voor andere markten uit champost.

Belangenbehartiging afzet champost

De champignonsector lost een deel van de mestproblematiek voor de pluimvee- en paardesector op. Aan het eind van het proces echter is de champost nu een probleem voor de champignonkwekers, gezien de kosten die ze moeten maken om zich te ontdoen van de champost. In vergelijking met GFT compost investeert de sector veel minder menskracht in het bevorderen van de afzet van de champost.

Aanbeveling belangenbehartigers en Programma Advies Commissie: beïnvloed het beleid en onderzoek structureel om meer afzetmogelijkheden voor champost te realiseren. Ga gesprekken aan met vertegenwoordigers van andere sectoren om gedeelde belangen samen voor het voetlicht te brengen.

Algemene aanbevelingen bij verwerking van dekaarde

Dekaarde is zwaar vanwege het hoge vochtgehalte, ze bevat aanzienlijk minder zouten dan de champost en is geen dierlijke mest. Door de dekaarde apart te vermarkten moet het mogelijk zijn te besparen op de verwerkingskosten van de combinatie champost/dekaarde, zoals de champignonkwekers die op dit moment af laten voeren. De meest directe manier is om dekaarde op het bedrijf zelf meermaals te benutten.

Een punt van aandacht bij afzet van de dekaarde buiten het bedrijf is hoe zuiver de dekaarde moet zijn om niet alsnog onder de dierlijke mestwetgeving te vallen. Bij het cacing trekt de champignonkweker altijd wat champost door de dekaarde heen. Het is verstandig om een systeem te ontwikkelen, dat borgt dat minimale hoeveelheden champost bij de dekaarde komen. Het kan financieel aantrekkelijk zijn om zoveel mogelijk champost bij de dekaarde te doen en als niet dierlijke mest te laten verwijderen, maar handhaving van de regelgeving zal dan juist tot grotere problemen leiden. Een eenvoudig systeem met wegbrieven voor beide fracties uit dezelfde cel(len) kan aantonen dat fracties goed gescheiden zijn.

Aanbeveling: ontwikkel een borgingssysteem om aan te tonen dat de fracties goed van elkaar gescheiden zijn.

8. Lijst met benaderde contactpersonen en instanties

Dr. Guido Albert, Pilzforum
Bert van Avezaath, champignonkweker
Betoncentrum / Enci
Dr. Jan van Bezooijen, Nematologie, WUR
Peter van Boekel, KAVB
Johan Broers, Waterschap Brabantse Delta, afdeling Vergunningverlening
Dr. Buurman, WUR
Ir. Carel Callenbach, Ingepro, algenproducent
Peter Christiaens, producent van machines voor de champignonteelt
Prof. dr. Marcel Dicke, Laboratory of Entomology, Wageningen University
Niek Franzmann, champignonkweker
Richard Gosselink, Wageningen UR, Agrotechnology & Food Sciences Group
Arno Groeneveld, wormenvoerproducent
Ulrich Groos, Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen
Prof. dr. ir. R. van Haren, RUG / Kiemkracht
Dr. ir. H. Huizing, InnovatieNetwerk
Jaap van Heemst, Rodenburg Biopolymers
Dhr Jager, Doscha, duurzaam isolatiemateriaal uit wol
Jan Koopmans, oesterzwam substraatproducent
Jeroen Krijnen, Greenery, voormalig champignonkweker
Dhr. Harm Maus, Waterschap Brabantse Delta
J. Moerland, Aquabaits zagerkwekerij
Jelle Post, hoofd technologie ontwikkeling, Huhtamaki, Franeker
Patrick Romanens, substraat producent en voormalig medewerker Hauser
Ir. D. van de Sar, Phytocare, rozenconsultant en bioloog
Prof. Dr. A. Smaal, IMARES, WUR
Wim Soetendaal, Starfood, producent van insecten en wormen
Hans Verhagen, stichting RHP (potgrond certificering)
Twan Verstralen, Cemplaat Enschede
Dr. Hans Vink, Nutreco
Dr. A. Westenbroek, Kenniscentrum voor Papier en Karton

9. Bijlage pyrolyse analyse champost door WUR

Two samples, labeled as Biocompost en Mischprobe (ed: spent mushroom compost), were investigated by Pyrolysis-GC/MS.

Method

Freeze-dried samples were pyrolysed using a Curie-Point pyrolyser (Curie temperature of 600°C) connected to a Carlo Erba GC8000 gas chromatograph. The pyrolysis products were separated on a fused silica column (Chrompack 25m, 0.25mm i.d.) coated with CP-Sil 51b (film thickness 0.40 µm), with helium as carrier gas. The initial oven temperature was 40°C, the heating rate 7°C per minute. The final temperature of 320°C was maintained for 20 minutes. The GC column was connected to a Fisons MD800 mass spectrometer (mass range m/z 45-650, cycle time 1 s).

One hundred and thirty four pyrolysis products were identified in each sample (Appendix 1), using identifications of the NIST library and those published by, e.g., Ralph and Hatfield, 1991; Raven et al., 1997; van Bergen et al., 1997, 1998; Nierop and Buurman, 1999a; Nierop et al., 1999, 2001). Of these, 116 were quantified using the two main fragment ions of each compound (see digital files). The total signal of the 116 products (which amounts to >99 % of the Total Ion Current, TIC) was set as 100% and relative amounts were calculated with respect to this sum. The resulting quantification gives the relative abundance of each pyrolysis product. This quantification is essentially different from a weight percentage, because 1) response factors of products to mass spectrometric detection vary, and 2) molecular weight of the fragments are widely different. Changes in relative abundance of fragments can be interpreted in the same way as otherwise quantified data.

The pyrolysis products were grouped according to probable origin and chemical similarity into a number of source groups: aliphatic biopolymers, aromatics, fatty acids, lignins, lipids, N-compounds, phenols, polysaccharides and terpenoids.

Results

The samples are not very different. Lignin fragments make up about 50% of the total. Lignin is more degraded in the Misch samples than in the BIO sample. The BIO sample even contains a lignin dimer (diguaiacylene), which indicates relatively low decomposition. Lignin decomposition as indicated by the disappearance of the C3-chain of the lignin phenols (C3-guaiacol divided by guaiacol and C3-syringol divided by syringol) also indicates a stronger lignin decay in Champost.

All catechols, which may be derived from tannins or be intermediary lignin decomposition products, have disappeared in Champost.

The larger decomposition of Champost is also indicated by the larger content in N-compounds, which are probably microbial products. Because this increase in N-compounds is accompanied by an increase in toluene, both are probably derived from proteins.

Champost has a higher total polysaccharide content, while the cellulose pyrolysis product levoglucosan is higher in BIO. This suggests that most polysaccharides in Champost are microbial.

Although short-chain fatty acids are supposed to be microbial products as well, the decay is not illustrated in this group of compounds. The short-chain/long-chain ratio in the FA's is similar in both samples.

Dr P. Buurman

Wageningen, 20 February 2008

name	Area		Percentage	
	BIO	Champost	BIO	Champost
straight-chain alkanes and alkenes				
C11-alkene	46502	19386	0,13	0,41
C12-alkene	131825	41265	0,36	0,88
C13-alkene	50811	6302	0,14	0,13
C14-alkene	32498	7444	0,09	0,16
C15-alkene	42144	7047	0,11	0,15
C16-alkene	40702	7459	0,11	0,16
C17-alkene	43997	4550	0,12	0,10
C18-alkene	59964	3976	0,16	0,08
C19-alkene	37023	2533	0,10	0,05
C20-alkene	56867	2765	0,16	0,06
C21-alkene	34216	3556	0,09	0,08
C22-alkene	162270	1356	0,44	0,03
C23-alkene	33089	4263	0,09	0,09
C24-alkene	121373	2378	0,33	0,05
C25-alkene	176619	3960	0,48	0,08
C26-alkene	28678	5703	0,08	0,12
C27-alkene	116940	2782	0,32	0,06
C29-alkene	19438	5703	0,05	0,12
C11-alkane	53322	12267	0,15	0,26
C15-alkane	71266	12276	0,19	0,26
C16-alkane	59143	9444	0,16	0,20
C17-alkane	57919	7766	0,16	0,17
C18-alkane	63203	5382	0,17	0,11
C19-alkane	62709	5336	0,17	0,11
C20-alkane	66879	6428	0,18	0,14
C21-alkane	74886	5790	0,20	0,12
C22-alkane	107815	9108	0,29	0,19
C23-alkane	79019	7958	0,22	0,17
C24-alkane	64022	7108	0,17	0,15
C25-alkane	62978	15467	0,17	0,33
C26-alkane	41436	7653	0,11	0,16
C27-alkane	46277	9402	0,13	0,20
C28-alkane	38952	8743	0,11	0,19
C30-alkane	31626	25018	0,09	0,53
C31-alkane	27996	8752	0,08	0,19
other alkanes, alkenes and alcohols				
pristene	134135	17219	0,37	0,37
branched alcohol?	71520	16832	0,20	0,36
alkene	13547	22582	0,04	0,48
alkene	65401	7054	0,18	0,15
C16 alcohol?	31923	0	0,09	0,00
C18-alcohol	34217	0	0,09	0,00
C20-alcohol	26115	0	0,07	0,00
aromatics and catechols				

CONCEPT rapportage

benzene	53250	28074	0,15	0,60
toluene	295244	189416	0,81	4,03
ethylbenzene	51553	24711	0,14	0,53
dimethylbenzene	91230	27775	0,25	0,59
styrene	87885	31407	0,24	0,67
benzaldehyde	38861	28398	0,11	0,60
C4-benzene	40976	0	0,11	0,00
benzene, 4-ethyl, 1.x-dimethyl	57501	0	0,16	0,00
catechol	2428466	0	6,62	0,00
1,x-benzene diol, 2/3-methoxy	146946	0	0,40	0,00
1,x-benzenediol, 2/3-methyl	461692	0	1,26	0,00
1,x-benzenediol, 2/3-methyl	788891	0	2,15	0,00
Fatty acids				
C10 FA	22966	20594	0,06	0,44
C11 FA	18073	0	0,05	0,00
C12 FA	29705	19484	0,08	0,41
C13 FA	13107	0	0,04	0,00
C14-FA	44633	14476	0,12	0,31
C15-FA	36671	9251	0,10	0,20
C16-FA	122731	26388	0,33	0,56
C18-FA	23878	0	0,07	0,00
C6 FA	107371	24260	0,29	0,52
C7 FA	105226	12333	0,29	0,26
C8 FA	148284	17242	0,40	0,37
C9 FA	64672	8855	0,18	0,19
lignins				
guaiacol	3819393	637993	10,42	13,57
4-methyl guaiacol	2584315	54393	7,05	1,16
4-vinylphenol	536931	199331	1,46	4,24
4-ethyl guaiacol	46724	0	0,13	0,00
ethylguaiacol / 2,x-dimethoxytoluene	1132435	44400	3,09	0,94
4-vinyl guaiacol	4478499	350547	12,21	7,46
syringol	253057	210524	0,69	4,48
4-(2-propenyl)guaiacol	557121	11968	1,52	0,25
4-propylguaiacol	254011	6850	0,69	0,15
vanillin / formylguaiacol	926494	99152	2,53	2,11
cis 4-(prop-1-enyl)guaiacol	412820	9961	1,13	0,21
4-methylsyringol	123175	24574	0,34	0,52
trans 4-(prop-1-enyl)guaiacol	1950785	48232	5,32	1,03
4-acetylguaiacol	740038	117820	2,02	2,51
4-propyne-guaiacol	139690	0	0,38	0,00
4-(propan-2-one) guaiacol	408356	46327	1,11	0,99
4-vinylsyringol	254670	98386	0,69	2,09
4-(1-propanone,3-hydroxy)-guaiacol	229301	49226	0,63	1,05
4-(prop-2-enyl)syringol	59032	17952	0,16	0,38
cis 4-(prop-1-enyl)syringol	73539	13228	0,20	0,28
vanillic acid	407927	21695	1,11	0,46
trans 4-(prop-1-enyl)syringol	208338	55013	0,57	1,17
acetylsyringol	152093	87204	0,41	1,86

CONCEPT rapportage

4-(3-hydroxy-1-propenyl)guaiacol	218438	0	0,60	0,00
4-(propan-2-one) syringol	51188	43083	0,14	0,92
alpha-beta diguaiacyl ethene	174780	0	0,48	0,00
Lipids				
dehydroabietic acid, methyl ester	111986	0	0,31	0,00
cholest-5-en-3-ol comp	92962	0	0,25	0,00
N-compounds				
pyridine	21878	163988	0,06	3,49
pyrrole	116940	72777	0,32	1,55
1H-pyrrole, 2-methyl	8191	36025	0,02	0,77
1H-pyrrole, 3-methyl	9477	35484	0,03	0,75
benzeneacetonitrile	91724	20824	0,25	0,44
Phenols				
phenol	1600444	215971	4,36	4,59
2-methylphenol	413944	38002	1,13	0,81
3/4-methylphenol	1615259	102162	4,40	2,17
x,x-dimethylphenol / ethylphenol	316602	22860	0,86	0,49
C2-phenol	534611	50038	1,46	1,06
Polysaccharides				
2-methyl furan	59348	35514	0,16	0,76
acetic acid	116697	197699	0,32	4,21
3 furaldehyde	177606	124019	0,48	2,64
2,3-dihydro-5-methylfuran-2-one	300148	173727	0,82	3,70
5-methyl-2-furaldehyde	241049	33838	0,66	0,72
3-hydroxy-2-methyl-2-cyclopenten-1-one	301451	78915	0,82	1,68
dianhydrorhamnose	28481	8390	0,08	0,18
3-hydroxy-2-methyl-(2H)-pyran-4-one	133210	0	0,36	0,00
benzofuran, 2/7-methyl	78132	1873	0,21	0,04
levomannosan	136518	0	0,37	0,00
levoglucosan	1989288	145729	5,42	3,10
terpenoid				
squalene	80760	52338	0,22	1,11
total signal	36670930	4700709	100	100
Alkanes & alkenes			6,12	6,30
Other alkanes & alcohols			1,03	1,35
Aromatics, incl catechols			12,39	7,02
Fatty acids			2,01	3,25
Lignins			55,07	47,82
Lipids			0,56	0,00
N-compounds			0,68	7,00
Phenols			12,22	9,13
Polysaccharides			9,71	17,01
Terpene			0,22	1,11
SUM		SUM	100,00	100,00

10. Bijlage algenteeltsystemen

Opgesteld door Dick van de Sar, Phytocare

Bassin productiesystemen

Grootschalige productie van algen in de open lucht riskeert invasie van andere algensoorten, protozoën, fungi en bacteriën. Een monocultuur lukt alleen langdurig als de chemische karakteristieken van het water door bijvoorbeeld pH of zoutgehalte concurrerende algen uitsluiten. Er zijn meerdere bedrijven die ongeroerde vijvers voor commerciële productie van algen exploiteren. Tot voor kort leek dit alleen een rendabel systeem als het klimaat een jaarrond productie toestaat en de grondprijs laag is.

Ronde bassins worden commercieel toegepast in Japan, Taiwan, en Indonesië voor de productie van *Chlorella* soorten. Zij vragen dure constructies en veel energie tbv het mengen van het kweekmedium.

Raceway vijvers worden veel toegepast voor *Arthorspira* soorten (*Spirulina*), onder andere Cyanotech in Hawaii (7,5 ha) en Earthrise Farms in Californie (15 ha). Nature Beta Technologies Ltd in Israel produceert *Dunaliella* saline. Het open raceway systeem heeft specifieke nadelen:

- meer dan 15 cm water diepte anders ontstaat te veel turbulentie
- bij een diepte van 15 cm mag de celconcentratie niet te hoog zijn max 0,6 gr/l, anders ontstaan verontreiniging en hogere oogstkosten
- veel verlies door verdamping, verdunnen door regen
- geen temperatuur controle

De maximale productie van 40 gr/m²/dag is gevonden in experimentele vijvers. Goed gemanaged kan de gemiddelde productie 20 – 25 gr/m²/dag bedragen gedurende een kortere periode. De lange termijn productie overschrijdt zelden de grens van 12 – 13 gr/m²/dag. De kosten van commerciële raceway systemen werden in 2001 door Lee op 9 – 17 €/kg droge stof ingeschat. In 2007 kwam Rene Wijffels uit op 5,7 €/kg droge stof bij een oppervlakte van 100 ha. De berekende productiekosten dalen bij opschaling. De heterotrope productie in fermentors komt uit op minder dan 6 €/kg droge stof (Gladue & Maxey 1994).

In Nederland gebruiken Ingepro en Aquaphyto raceway vijver van 4.000 en 1.500 m²

Fotobioreactoren

In een *fotobioreactor* heeft de buitenlucht geen vrije toegang, maar het licht wel. De uitwisseling van gassen en de vervuiling is daardoor gecontroleerd. Door de bescherming tegen ongewenste vervuiling is een groter aantal algen geschikt voor deze teeltwijze. De reactoren bestaan uit platte vlakken of ronde buizen, horizontaal, schuin, vertikaal, spiraal, slangvormig. De werking van de reactoren verschilt in de wijze van mengen, de gasuitwisseling of het type pompen en het aantal fasen, 1 of 2. Een 1 fase reactor heeft 1 compartiment, waarin zowel water als gas zich bevinden. Een 2 fase reactor bestaat uit een watercompartiment voor de groei van de algen en een gascompartiment waar de gasoverdracht plaatsvindt. De gasmassa overdracht vindt hierin continu plaats.

Het aantal situaties waarin absolute steriliteit wordt gehandhaafd is beperkt.

Een fotobioreactor is gewoonlijk ontworpen voor 1 bepaalde alg. Licht, nutriënten, temperatuur, en morfologie zijn te verschillend voor een universele reactor. De criteria voor het ontwerp van een reactor zijn: de oppervlakte volume verhouding, de oriëntatie en inclinatie, het mengen en ontgassen, het systeem van reinigen, de temperatuurregeling, de

lichtdoorlatendheid en duurzaamheid van de constructie. Daarbij spelen benodigde arbeid en complexiteit van werkzaamheden een rol.

De productiviteit per m² grondoppervlak is het doorslaggevende criterium voor een vergelijking van de prestaties van fotobioreactoren.

Slangvormige fotobioreactoren zijn in ontwikkeling sinds 1950. De laatste 20 jaar zijn aanzienlijke vorderingen gemaakt op het gebied van temperatuurcontrole, mengen, verhouding oppervlak/volume, ophopen van O₂, lichtverzadiging, gas-vloeistof overdracht, fluid dynamics en rheologisch gedrag (viscositeit) van een algencultuur. De maximale productie bleek in 1986 50 % hoger dan bij een open raceway in een gelijktijdige vergelijking.

Het bedrijf Algaelink te Roosendaal biedt een slangvormige reactor aan voor de productie van 1 – 100 ton droge algen. De basisuitvoering voor 48 m² met 36 meter buis en 3,5 m³ inhoud heeft een prijs van € 69.000,- voor een compleet systeem. Het waterverbruik van dit systeem is 3 m³/dag, de productie 3,5 tot 5 kg droge alg en tussen 1,5 – 2,5 liter olie per dag. Uit de documentatie van Algaelink komen opmerkelijke productiecijfers naar voren voor de gesloten systemen nl. 600 ton/ha/jr. Voor het koelen van de systemen stelt men het gebruik van evaporatie voor.

In Singapore produceerde een alfavormige buizen reactor 72 gr/m²/dag, gemeten naar het grondoppervlak. De buizen van deze reactor stonden in een hoek van 25° met het grondoppervlak (Lee ea, 1995).

In een Helical bubblerreactor van 150 liter haalde men een productiviteit met *Athrospira platensis* van 0,9 gr/l/dg en een fotosynthetische efficiëntie van 6,6 %. Het systeem produceerde opmerkelijk stabiel. Omgerekend naar een volume van 3,5 m³ zou deze 0,9 gr/l/dg X 3500 l = 3.150 gr/dg moeten produceren.

Technogrow teelt *Nannochloropsis oculata* in een buizenreactor in een kas in Made. Een gesloten systeem is daar gekozen vanwege de trage groei van de alg. Het eindproduct is bestemd voor de nichemarkt van voedings supplementen. Het klimaat in de kas wordt geregeld met vloerverwarming, koelen en belichten.

Met *platte alveolar fotobioreactoren* zijn door de hoge oppervlak volume verhouding van 160 m⁻¹ producties gehaald van 2 g/l/dg, bij een celdichtheid van 4-6 gr/l. Alveolar betekent voorzien van gescheiden verwarming en algenkanalen in een platte reactor. De productie per m² grondoppervlak kwam niet hoger uit dan 24 gr/m²/dag doordat de platen schuin stonden opgesteld tov van de grond. Als platenreactors vertikaal naast elkaar staan komt de productie uit op 1,3 g/l/dag en 28 g/m² belicht plaatoppervlak. Door de dichtheid van 5 m²/m² plaat/grond oppervlak ontstond daarmee een productie van 130 g/m²/dag (Pulz & Scheibenbogen, 1998) in Duitsland. De parallel geplaatste vertikale platen verstrooien het licht op het teeltoppervlak waardoor de lichtefficiëntie sterk toeneemt. Handhaven van voldoende turbulentie en opbouw van hoge zuurstof- spanning in dit type reactor zijn een probleem. Uit ander onderzoek aan platte glasreactoren is het inzicht ontstaan dat het optimale lichtpad afhankelijk is van de algensoort.

De alveolar reactoren hebben technische nadelen: veel interne verbindingen kunnen gaan lekken, ze geven aangroei en veroorzaken schade aan de kwetsbare algen. Bovendien zijn er veel platen nodig voor het opschalen naar een commerciële schaal. De voornoemde Duitse groep is daarom overgestapt op buisreactoren.

Vertikale glazen cilinders 2 – 2,5 m hoog en 30 – 50 cm doorsnee zijn veelvuldig in gebruik voor de productie van algen tbv van de larven van molusken en vissen. Vanaf de bodem wordt lucht ingeblazen, dit zorgt dan tevens voor mengen van de vloeistof. Het licht is natuurlijk of kunstmatig. Een systeem van 32 buizen, 1,5 m hoog en 2,6 cm interne doorsnede

gaf met *Isochrysis galbana* een productie van 1,6 gr/l/dag in buitenteelt (Hu & Richmond 1994).

Commerciële fotobioreactoren

Tussen 1990 en 2000 zijn 6 bedrijven gestart en gestopt met grootschalige productie van algen in bioreactoren. De redenen, genoemd voor het stoppen van de activiteiten zijn: instabiliteit van het productieproces, infectie met concurrerende algen, technische fouten in het ontwerp mbt de doorsnede van de buizen, onvoldoende mengen, het snel verouderen van het materiaal, onvoldoende ontgassen, de aangroei aan de wand, onvoldoende controle van de temperatuur, een te hoge s/v verhouding, onvoldoende circulatie en slecht management. Een van de bedrijven was Addavita die een 0,4 – 5 m³ buizenfotobioreactor aanbood in de vorm van een rechtopstaande helix. Een aantal systemen draaien, of draaiden bij schelpdier hatcheries in het Verenigd Koninkrijk. De investering en exploitatie daarvan was ondersteund met £ 1,75 mlj Europese subsidie in samenwerking met de John Moore universiteit. 2 Van de 6 bedrijven zijn gestopt zonder dat een duidelijke reden is genoemd.

Wereldwijd zijn een aantal fotobioreactoren commercieel actief: Nederland, Duitsland, Spanje en USA. In Duitsland is dat Bioproducte Prof. Steinberg die de in 2001 gestopte Ökologische Producte Altmark GmbH in 2004 heeft overgenomen en gemoderniseerd. Het oorspronkelijk ontwerp omvatte 12.000 m² kas waarbij 700 m³ productievolume in 500 km buis lag. De investering was 16 mlj DM. Het productiedoel was bij aanvang 150 ton ds per jaar of wel 125 ton/ha/jr *Chlorella vulgaris*. Onduidelijk is hoeveel nu de productie is.

Micro Gaia Inc te Hawaï bouwde in 2000 een 8 ha grote algenkwekerij tbv de productie van astaxanthin. De reactor is een biodome, de moeder maatschappij is Fuji Chemical Industry Co. Ltd. Op haar website staat ook een foto van de biodome. Het bedrijf laat zien dat de installatie nog steeds in gebruik is.

Aquasearch Inc, Hawaï, (huidige naam Mera Pharmaceutical) startte in 1999 de productie.

Men verkoopt astaxanthin geproduceerd uit *Haematococcus pluvialis*. Daar is een slangenreactor in gebruik, gekoeld met zeewater. De productie vereist een steriele start, na 4 productie cycli wordt de reactor ontmanteld.

Fitoplancton Marina, Cadiz, Spanje, exploiteert een buisreactor gekoeld met water. De geproduceerde alg is voor aquaculture, cosmetica en aquaria. Gevriesdroogde algen, starters, strains, pasta's en concentraten worden verkocht onder de handelsnaam Easy Algae.

AlgaeLink start in oktober 2008 een commerciële algenboerderij voor de productie van biodiesel bij Cadiz in Spanje.

Technogrow in Made schakelde in oktober 2007 over van toegepast onderzoek naar commerciële productie. De reactor is nu 8 maanden zonder onderbreking in gebruik. De gestelde productie ligt op 35 ton/ha/jr.

De oudere bedrijven met een fotobioreactor hebben allemaal een herstart gemaakt. Het opzetten van bedrijf met een fotobioreactor is tot nu toe dus geen gegarandeerd succes. Het feit dat de herstart er kwam, geeft aan dat er wel genoeg mogelijkheden over bleven waarbij een succesvol bedrijf kan bestaan.

Vergelijking van bassin- en fotobioreactorproductie

De uitkomst van de vergelijking hangt af van meerdere factoren, onder andere de algensoort en de wijze waarop de productiviteit wordt vergeleken. *Athrospira platensis* wordt commercieel alleen in bassins gekweekt, terwijl in een fotobioreactor de productie gemiddeld 40 % hoger is. De hogere productie compenseert de extra investeringen evenwel niet.

Dunaliella en *Nanochloropsis* hebben geen speciale groeiomstandigheden nodig. Bij een teelt in een vijver ontstaan daardoor toch vaak problemen met infecties. De groei van *Dunaliella* en

van Nanochloropsis in een fotobioreactor is per m² bedrijfsoppervlak niet beter maar wel betrouwbaarder. Samen met een hogere celdichtheid in de fotobioreactor geeft dit de doorslag voor gebruik van een fotobioreactor voor deze soorten.

In bassinsystemen gebruikt men voor de start van de cultuur vaak een fotobioreactor, deze combinatie noemt men hybridesysteem.

Opschalen van fotobioreactoren is aanzienlijk gecompliceerder dan opschalen van bassins. Op dat moment komen regelmatig nieuwe vraagstukken van het reactor- systeem naar boven, die dan pas opgelost kunnen worden.

Vanuit de huidige praktijk is aan ons ook een kostprijs genoemd van 3,- €/kg ds Food en Feed grade, dit is aanmerkelijk lager dan uit de berekeningen van René Wijffels volgt.

In dit overzicht is het verschil in productiekosten tussen raceway vijver en fotobioreactor 1,70 €/kg ds. Een van de belangrijkste kostenposten voor een buizenreactor is de energie o.a. voor de circulatiepomp, zie onderstaande tabel. Vanwege deze kosten is gebruik van algenteelt voor energieproductie voorlopig uitgesloten.

Vergelijking systemen van 100 ha				
Productie kenmerk	dimensie	raceway vijver	vlakke plaat	buizenreactor
biomassa productie	ton/jr	2071	6363	4141
fotosynthese efficiëntie	%	1,5	5	3
lichtpad	m	0,2	0,03	0,034
productie kosten vd biomassa	€/kg ds	5,7	4,03	4,02
belangrijkste kosten factor	%	centrifuge 15 %	lucht blowers 24 %	circulatie pomp 46 %

Bron: Rene Wijffels, WUR (1e Ned algencongres 2008)

De schaalgrootte heeft flinke invloed op de kostprijs, tussen 1 en 100 ha daalt deze van 10,62 €/kg ds naar 4,02 €/kg ds. De kostprijs kan dalen naar 0,40 €/kg ds als de teelt plaatsvindt onder lichtniveau van Curacao, de efficiëntie van de fotosynthese stijgt van 1,5 naar 5 % bij extra CO₂ gebruik. In deze berekening zijn kosten voor CO₂ en medium niet meegenomen. Op dat moment komt de kostprijs in de buurt van de waarde van de energie -inhoud (Rene Wijffels, WUR).

11.Bijlage Experiment champost inzetten tegen knolvoet

Zie separaat Excel bestand

12. Analyse gegevens referentie champost, gedraaide champost en gehydrolyseerde champost

Zie separaat PDF bestand.