

Alternatieve eiwitbronnen voor menselijke consumptie.

Een verkenning



**Departement Landbouw en Visserij
afdeling Monitoring en Studie**

**Geertrui Cazaux, Dirk Van
Gijsegem, Leen Bas**

Alternatieve eiwitbronnen voor menselijke consumptie. Een verkenning.

Geertrui Cazaux, Dirk Van Gijseghem, Leen Bas

Januari 2010

Rapport, 39 blz.

Depotnummer: D/2010/3241/036



Departement Landbouw en Visserij
afdeling Monitoring en Studie
Ellipsgebouw (6de verdieping)
Koning Albert II - laan 35, bus 40
1030 Brussel
Tel. 02 552 78 20 - Fax 02 552 78 21
✉ e-mail: ams@vlaanderen.be

Vermenigvuldiging en/of overname van gegevens zijn toegestaan mits de bron expliciet vermeld wordt:

Cazaux G., Van Gijseghem D. & Bas L. (2010) *Alternatieve eiwitbronnen voor menselijke consumptie. Een verkenning*, Departement Landbouw en Visserij, afdeling Monitoring en Studie, Brussel.

Wij doen ons best om alle informatie, webpagina's en downloadbare documenten voor iedereen maximaal toegankelijk te maken. Indien u echter toch problemen ondervindt om bepaalde gegevens te raadplegen, willen wij u graag hierbij helpen. U kunt steeds contact met ons opnemen.

Wilt u op de hoogte gehouden worden van onze nieuwste publicaties, schrijf u dan in op de AMS-nieuwsflash via de onderstaande link:

<http://www.vlaanderen.be/landbouw/studies/nieuwsflash>

**ALTERNATIEVE EIWITBRONNEN
VOOR MENSELIJKE CONSUMPTIE.
EEN VERKENNING**

INHOUDSTABEL

1	INLEIDING	6
2	PRODUCTINNOVATIE – ALTERNATIEVE EIWITBRONNEN VOOR MENSELIJKE CONSUMPTIE	8
2.1	INLEIDING.....	8
2.2	NOVEL PROTEIN FOODS	9
2.2.1	<i>Wat zijn Novel Protein Foods (NPF's).....</i>	9
2.2.2	<i>Onderzoek Novel Protein Foods.....</i>	10
2.2.3	<i>Toepassingen Novel Protein Foods</i>	11
2.3	KWEEKVLEES OF IN VITRO VLEES.....	16
2.3.1	<i>The practice of 'carniculture'.....</i>	16
2.3.2	<i>In Vitro Meat onderzoek in Nederland.....</i>	17
2.3.3	<i>Kweekvlees gewikt en gewogen.....</i>	18
2.3.4	<i>Kweekvlees op de markt brengen.....</i>	20
2.4	INSECTEN.....	20
2.4.1	<i>Insecten op het menu – wereldwijd een bron van voedsel.....</i>	21
2.4.2	<i>Insecten als alternatieve dierlijke eiwitbron (nutritioneel, milieu).....</i>	22
2.4.3	<i>De markt voor insecten als voedsel.....</i>	24
2.5	ALGENKWEK	25
2.5.1	<i>Over algen en wieren.....</i>	25
2.5.2	<i>Eetbare algen.....</i>	26
2.5.3	<i>De algenindustrie.....</i>	27
3	DE CONSUMENT KIEST	29
4	NABESCHOUWING: KANS OF BEDREIGING VOOR DE VLAAMSE LANDBOUWER?	33
5	SAMENVATTING	34
6	BRONNENMATERIAAL.....	35
7	SELECTIE INTERNETSITES	39

TABEL 1: INVENTARISATIE POTENTIËLE BRONNEN VOOR NPF'S DIE IN NEDERLAND GEPRODUCEERD Zouden KUNNEN WORDEN.....	10
TABEL 2: SELECTIE VAN KANSRIJKE EIWITBRONNEN VOOR NOVEL PROTEIN FOODS.	11
TABEL 3: VERGELIJKING NUTRITIONELE WAARDE QUORN PRODUCTEN VS. VLEESEQUIVALENTEN.	12
TABEL 4: VOEDINGSTECHNISCHE INFORMATIE VOOR MEATLESS OP BASIS VAN LUPINE (A).....	13
TABEL 5: VOEDINGSTECHNISCHE INFORMATIE VOOR MEATLESS OP BASIS VAN LUPINE (B).....	13
TABEL 6: VOEDINGSBESTANDDELEN VAN KOEMELK VERSUS 'SOJAMELK'.	14
TABEL 7: COMMERCIEËLE TOEPASSINGEN VAN VEGETARISCH VLEES.	15
TABEL 8: COMMERCIEËLE TOEPASSINGEN VAN NIET-ZUIVEL MELK DRANKEN.	15
TABEL 9: BESTAANDE EI-VERVANGERS.	16
TABEL 10: NUTRITIONELE WAARDE VAN INSECTEN.....	23
TABEL 11: REDUCTIE VAN CO2 EMISSIES DOOR HET VERMINDEREN VAN VLEESCONSUMPTIE EN EQUIVALENTE ALTERNATIEVE OPTIES.	30

1 Inleiding

Hoewel de dierlijke productie een belangrijke economische betekenis heeft, is de sector de laatste decennia meer en meer aan kritiek onderworpen. Ook de overmatige vleesconsumptie in westerse landen wordt op de korrel genomen. Ondanks de verscheidenheid aan voedsel en voedingspatronen, komen in studies over voedingspatronen in het Westen twee zaken steeds terug: we eten te veel en we eten te veel vlees (dierlijke producten). Diverse studies tonen een negatieve impact aan van (overmatige) consumptie van dierlijke producten op de menselijke gezondheid.

De productie van dierlijke eiwitten staat ook onder druk vanwege de milieueffecten die die productie teweegbrengt. De veeteeltsector is wereldwijd verantwoordelijk voor een aanzienlijk deel van de broeikasgasemissies. Volgens een veelgeciteerd rapport van de Wereldvoedselorganisatie (FAO) is de veeteelt verantwoordelijk voor ongeveer 18% van de mondiale broeikasgasemissies op basis van CO₂ equivalenten¹ (Steinfeld *et al.*, 2006). Hoewel dit een schatting is, geeft het toch het belang aan van dierlijke productie voor klimaatverandering. De uitstoot van methaan (CH₄) door runderen, lachgas (N₂O) uit mest en kunstmest en koolstofdioxide (CO₂) door landgebruiksverandering en energieverbruik in de veeteelt zijn hierbij de belangrijkste bronnen. 80% van de mondiale landbouwgrond staat ten dienste van de veeteelt. Naast de broeikasgasemissies wordt de veeteelt ook onder vuur genomen vanwege zijn bijdrage aan andere milieuproblemen (watervervuiling, vermesting, verzuring, etc.), zijn ruimtegebruik en de ecologische impact daarvan (ontbossing, habitatverlies, biodiversiteitsverlies, erosie, verwoestijning) en zijn gebruik van natuurlijke hulpbronnen (water, energie). Door de band genomen is de productie van vlees meer milieubelastend dan de productie van plantaardige producten.

Diverse belangengroepen koppelen aan hun kritiek op de industriële veeteelt ook een ethische dimensie, waarbij de import van plantaardige producten uit ontwikkelingslanden als voeder voor de veestapel in geïndustrialiseerde landen op de korrel wordt genomen. In het kader van de wereldvoedselproblematiek (voedselschaarste in diverse ontwikkelingslanden, het voeden van de steeds groeiende wereldbevolking) worden kanttekeningen geplaatst bij de inefficiënte omzetting van plantaardig voedsel naar dierlijk voedsel voor humane consumptie (energie inefficiëntie en eiwit inefficiëntie).

De industriële veeteelt staat verder ook ter discussie vanwege problemen omtrent het welzijn van dieren, of het doden van dieren voor vlees- of visconsumptie wordt *an sich* ter discussie gesteld.

Ook met betrekking tot de industriële visserij worden veel van de hierboven aangehaalde problemen op de agenda gezet: biodiversiteitsverlies, dierenwelzijnsproblemen, energieverpilling, gezondheidsproblemen visconsumptie, etc. Aquacultuur wordt als niet-duurzaam alternatief beschouwd omdat het sterk milieuvuilend zou zijn en belastend voor het mariene leven (wild gevangen vis als voeder voor gekweekte vis, vermenging van gekweekte met wilde populaties, etc.).

Tot slot wordt ook het economisch model waarbinnen de dierlijke productie zich afspeelt, als problematisch gegeven aangeduid. De voedselprijzen die de consument moet betalen weerspiegelen meestal de productiekosten niet, noch de milieukosten die aan die productie verbonden zijn, waardoor landbouwers wereldwijd geen eerlijke prijs voor hun producten krijgen. De westerse landbouwer heeft het moeilijk om zich te handhaven op een

¹ CO₂-equivalenten (CO₂-eq wordt gebruikt als eenheid om de emissies of concentraties van alle broeikasgassen uit het Kyoto-protocol (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs en SF₆) in equivalente emissies of concentraties van CO₂ uit te drukken op basis van Global Warming Potentials

geglobaliseerde markt met ongelijke regels over voedselveiligheid, milieuhygiëne en dierenwelzijn.

Het is niet de bedoeling van deze tekst om een analyse te maken van deze diverse facetten waarop de industriële veeteelt bekritiseerd wordt. Over elk van deze punten is marge voor discussie en kunnen zowel aan productiezijde als aan consumptiezijde aanpassingen gebeuren die de negatieve gevolgen mitigeren.

Vanuit diverse hoeken komen echter voorstellen om het over een andere boeg te gooien en ofwel de dierlijke eiwitten uit andere bronnen te halen (bv. insecten, kweekvlees) of over te schakelen op een plantaardig alternatief voor dierlijke eiwitbronnen.

We schetsen in onderstaande een overzicht van initiatieven die daaromtrent van belang kunnen zijn voor de Vlaamse situatie.

2 Productinnovatie – alternatieve eiwitbronnen voor menselijke consumptie

2.1 Inleiding

Het produceren van dierlijke eiwitten zoals dat vandaag gebeurt in de intensieve veeteelt (in Vlaanderen), en de overmatige consumptie van deze dierlijke proteïnen wordt om bovenstaande redenen door velen, zowel binnen als buiten de sector, als problematisch omschreven. Aan de productiezijde stellen zich problemen met betrekking tot de impact op het milieu en natuur (klimaat, milieuhygiëne, biodiversiteit), met betrekking tot dierenwelzijn, en met betrekking tot de plaats van dierlijke productie in het wereldvoedselvraagstuk (voedselvoorziening, efficiëntie dierlijke productie, derdewereldproblematiek). Door gestegen productiekosten, de globalisering van de markt en concentratie in de agrobusinessketen ondervindt ook de Vlaamse producent moeilijkheden om zijn bedrijfsrendabiliteit op peil te houden. Aan consumptiezijde worden steeds meer vraagtekens geplaatst bij (overmatige) consumptie van dierlijke producten. Gemiddeld consumeert de westerling te veel dierlijke producten, wat een negatieve impact heeft op zijn gezondheid.

Eenzijds zijn er heel wat technologische toepassingen waarmee men de negatieve uitwassen van de dierlijke productie probeert terug te schroeven. Diverse kwalitatieve of kwantitatieve maatregelen kunnen de problematische impact van de dierlijke productie milderen.

Er zijn echter ook producenten en onderzoekers die het over een andere boeg gooien en de dierlijke productie zoals die bestaat vaarwel zeggen en nieuwe producten op de markt (willen) brengen. In onderstaand overzicht worden een aantal producten besproken, die als alternatief naar voren worden geschoven.

Blijkt echter wel dat Europees onderzoek naar eiwithoudende gewassen achteruit gaat. Het Agrarisch Dagblad meldde recent dat kweekbedrijven veel minder geld steken in de veredeling van eiwithoudende gewassen. Dat komt omdat het areaal in de EU fors is gekrompen waardoor de kweekbedrijven minder inkomsten krijgen uit royalties. Ton Wouda, productmanager bij veredelingsbedrijf Limagrain Nederland, stelt dat de verdelingsinspanning in proteïnegewassen nu wordt geschat op ongeveer een derde van het niveau van zes jaar geleden.

In 2004 telde de EU 49 kweekprogramma's voor eiwithoudende gewassen, zoals erwten, bonen, lupinen, linzen en sojabonen. Wouda: "Dit jaar hebben de veredelingsbedrijven nog maar 20 kweekprogramma's voor proteïnegewassen. Ik verwacht dat dat in vijf jaar weer gehalveerd is." Wouda vindt dat de kweekbedrijven al veel hebben verbeterd aan de eiwitgewassen. "Maar we zitten wat betreft opbrengst en stevigheid bijna aan de limiet van wat mogelijk is. Bij soja gaat die ontwikkeling verder dankzij genetische modificatie. Dat zou bij proteïnegewassen ook moeten gebeuren. Met de klassieke veredeling komen we bij de eiwitgewassen niet veel verder. Maar genetische modificatie is duur. Daar stappen de kweekbedrijven alleen in als het areaal voldoende groot is, zodat ze hun investeringen terug kunnen verdienen." (Engwerda, 2009).

Anderzijds richt de Nederlandse Beleidsagenda Duurzame Voedselsystemen² (van de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, en de Minister van Ontwikkelingssamenwerking, 2009) zich

² Deze beleidsagenda is gebaseerd op de nota "Duurzaam Voedsel" en het kabinetsthema "Biodiversiteit, Voedsel en Vlees".

op een optimale Nederlandse bijdrage aan de verduurzaming van het mondiale voedselsysteem, met een focus op het eiwitvraagstuk als een van de centrale uitdagingen voor dat systeem. Het kabinet acht dit vraagstuk zo urgent dat het benoemd is tot kabinetsprioriteit. Men wil concrete innovaties in de eiwitketen en een robuuste langetermijntransitie naar een duurzame eiwitconsumptie op gang brengen. Die innovaties zouden internationale uitstraling moeten hebben. De Beleidsagenda wil werken langs drie sporen: 1) analyse, visie en strategie, 2) dialoog en 3) verduurzaming. LNV, VROM en OS laten bijvoorbeeld onderzoeken welke grondstoffen, technologieën en bedrijfstakken kansen bieden voor vleesalternatieven als algen, insecten, en kweekvlees. Er moet meer onderzoek gevoerd worden naar de marktfactoren die beslissend zijn voor een succesvolle introductie van vleesalternatieven. In de nota *Duurzaam Voedsel* (2009) kondigde Minister Verburg aan 6 miljoen euro voor dit onderzoek uit te trekken.

2.2 Novel Protein Foods

2.2.1 Wat zijn Novel Protein Foods (NPF's)

Onder 'novel foods' verstaan producenten, overheid en voedings(des)kundigen een brede categorie 'voedingsmiddelen (of ingrediënten daarin) die in vorm of omvang niet eerder geconsumeerd zijn en/of volgens een innovatief concept geproduceerd zijn'. Novel foods werden in 1992 door het Nederlandse ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij als volgt gerubriceerd:

- genetisch gemodificeerde voedingsmiddelen;
- ingrediënten, geproduceerd door genetisch gemanipuleerde organismen;
- voedingsmiddelen of voedselingredienten die relevante hoeveelheden gewijzigde bestanddelen bevatten;
- grondstoffen of ingrediënten van plant- en diersoorten die nog niet voor de voeding van de mens zijn gebruikt;
- voedingsmiddelen waarvoor de overheid, vanwege hun bijzondere karakter, een toetsing vooraf nodig vindt.

Bij de nieuwe voedselingredienten kan men denken aan enzymen, hormonen, gisten, zoetstoffen en vetvervangers, maar ook aan aromastoffen. Genetisch gemodificeerde voedingsmiddelen zijn met recombinant-DNA-technieken verkregen, dat wil zeggen door doelgerichte transformatie van één of meer erfelijke eigenschappen van micro-organismen, planten of dieren. In de agro- en voedingsmiddelenindustrie en de farmaceutische industrie kan deze techniek volgens de ontwikkelaars veel voordelen bieden, zoals vereenvoudiging en kostenverlaging van de productie en geringere belasting voor mens en milieu.

De techniek zou volgens een toekomstverkenning van de Nederlandse overheid kunnen bijdragen aan een duurzame mondiale voedselvoorziening in '2040', bijvoorbeeld met de ontwikkeling van vleesvervangers, Novel Protein Foods genoemd. (Stichting Historiek der Techniek, 2009)

Globaal genomen wordt de term 'Novel Protein Foods' gebruikt voor producten op basis van allerlei plantaardige eiwitbasis en op basis van micro-organismen. Novel Protein Foods (NPF's), vrij vertaald 'nieuwe proteïne voedingswaren' zijn gebaseerd op plantaardige eiwitten uit bijvoorbeeld erwten, noten of soja. Het zijn producten op basis van eiwitstructuren die verkregen worden uit 'nieuwe' eiwitbronnen. Er is al heel wat onderzoek verricht naar de mogelijkheden en voordelen die deze 'nieuwe eiwitbronnen' kunnen opleveren.

2.2.2 Onderzoek Novel Protein Foods

Het is hier niet de bedoeling om een exhaustieve opsomming te geven van de vele onderzoeken over Novel Protein Foods die op wereldschaal plaatsvinden. Dit valt buiten het bestek van deze nota. We geven enkele toepassingen of ontwikkelingen die in het oog springen.

In de jaren 1990 heeft DTO (Duurzame Technologische Ontwikkeling - een samenwerkingsverband van vijf ministeries, het bedrijfsleven en diverse onderzoeksinstituten waarvan de hoofdzetel in Delft, Nederland was gesitueerd) diverse studies gemaakt over Novel Protein Foods, gaande van de nutritionele eigenschappen, tot aanvaarding door de consument. De nieuwe eiwithoudende producten, NPF's, kunnen gemaakt worden op basis van allerlei plantaardige eiwitdragers en op basis van micro-organismen (website DTO).

In eerste instantie is er een inventarisatie gemaakt van potentiële bronnen voor NPF's welke in Nederland geproduceerd zouden kunnen worden. Deze potentieel geschikte bronnen zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Inventarisatie potentiële bronnen voor NPF's die in Nederland geproduceerd zouden kunnen worden.

Unicellulaire micro organismen.	Multicellulaire micro organismen	Macro algen	Planten of Plantedelen
<u>cyanobacteriën</u> - <i>Spirulina</i> <u>algen</u> - <i>Scenedesmus</i> - <i>Chlorella</i> <u>bacteriën</u> - <i>Methylophylus</i> - <i>Pseudomonas</i> - <i>Methylomonas</i> - <i>Cellulomonas</i> - <i>Alcaligenes</i> <u>gisten</u> - <i>Candida</i> - <i>Kluyveromyces</i> - <i>Saccharomyces</i>	<u>paddenstoelen</u> - <i>Agaricus bisporus</i> (champignon) - <i>Auricularia spp.</i> (judasoor) - <i>Flammulina velutipes</i> (fluweelpootje) - <i>Lentidus edodus</i> (Shiitake) - <i>Pholiota nameko</i> (Nameko) - <i>Pleurotis ostreatus</i> (oesterzwam) - <i>Volvariella volvacea</i> (rijststropaddestoel) <u>schimmelmycelium</u> - <i>Fusarium graminearum</i> (Quorn)	<u>zeewieren</u> - <i>Ulva lactuca</i> - <i>Enteromorpha</i> - <i>Undaria pinnatifida</i> - <i>Eisenia bicyclis</i> - <i>Chondrus crispus</i> - <i>Porphyra tenera</i> - <i>Porphyra umbilicalis</i>	<u>oliehoudende zaden</u> - crambe - lupine (gele) - raapzaad - sojaboon <u>niet oliehoudende zaden</u> - erwten - paardenboon - linzen - maïs <u>bladeiwit concentraat</u> luzerne - klaver - tabak

Bron: Sijtsma et al. (1995)

Met betrekking tot de selectiecriteria (productieniveau, voedingswaarde, procestechnische aspecten, functionele eigenschappen), kweekervaringen, futurisme en smaak zijn door de technologen van de drie overgebleven eiwitcategorieën de meest kansrijke bronnen gekozen. Deze staan vermeld in Tabel 2.

Tabel 2: Selectie van kansrijke eiwitbronnen voor novel protein foods.

Unicellulaire micro-organismen	Macro algen	Planten of plantedelen
- <i>Spirulina</i> - <i>Methylopylus</i> - <i>Alcaligenes</i> - <i>Candida</i>	- <i>Porphyra tenera</i>	- Crambe/lupine - Erwtten - Luzerne

Bron: Sijtsma et al. (2005)

Bij het zoeken naar nieuwe vleesvervangers vielen dierlijke eiwitbronnen af door de geringe milieuwinst. De teelt van wieren in ondiep water en de verwerking ervan werd als te moeilijk en onaantrekkelijk voor het bedrijfsleven beschouwd. Paddenstoelen vielen af door het lage eiwitgehalte en de hoge milieubelasting door de intensieve teelt. Sojabonen zijn niet onderzocht, omdat deze al op grote schaal worden gebruikt als vleesvervanger, ze een relatief laag eiwitgehalte hebben en ze niet in Nederland op grote schaal kunnen worden gekweekt. Zeven kansrijke NPF's bleven over, die drie soortnamen meekregen: *Protex*, gemaakt uit de cyanobacterie *Spirulina*, normale of genetisch gemanipuleerde erwtten of luzerne (alfalfa); *Fibrex*, gemaakt uit de schimmel *Fusarium* en *Fungopie*, gemaakt uit de fermentatie van erwtten of genetisch gemanipuleerde lupine.

Volgens DTO is het grote voordeel van deze NPF's, dat de productie ervan met aanzienlijk minder grondstoffen en energie kan plaatsvinden dan de productie van vlees. Ook de uitstoot van ongewenste stoffen is aanzienlijk kleiner. De onderzoekers stellen dat het niet waarschijnlijk is dat het stukje vlees van vandaag op morgen achterwege blijft, maar er zijn zeker kansen voor NPF in samengestelde producten.

Ook in Nederland liep van 1999 tot 2004 een groot en breed onderzoek naar duurzamere eiwitproductie. Het onderzoek heette PROFETAS (*Protein Foods, Environment, Technology And Society*) en werd gefinancierd door NWO en Technologiestichting STW, LNV en bedrijfsleven. De onderzoekers waren verbonden aan de Vrije Universiteit Amsterdam, Wageningen Universiteit & Researchcentrum en de Universiteit Twente. Negentien economen, consumentenonderzoekers, voedseltechnologen, sociologen, politicologen, psychologen, ecologen en chemici van drie universiteiten voerden het onderzoek uit. De onderzoeksresultaten staan beschreven in het boek *Sustainable Protein Production and Consumption: Pigs or Peas?* onder redactie van Aiking, de Boer & Vereijken (2006). Zoals de titel laat uitschijnen, leggen zij de focus op NPF's op basis van erwttenproteïne. In het lijvige onderzoeksrapport komen zowel de technische aspecten, de consumentenaspecten als de implicaties voor de betrokken actoren in de voedingsketen aan bod.

De onderzoekers stellen dat als mensen meer plantaardig in plaats van dierlijk eiwit eten, dat enorme – en broodnodige – voordelen oplevert. Een dergelijke 'eiwitomslag' komt duurzame energievoorziening, duurzaam watergebruik, de biodiversiteit en de volks- en diergezondheid ten goede. "Collectief vegetarisch worden hoeft niet, maar vleesvervangers van goede smaak en kwaliteit moeten ons vlees vaker gaan vervangen" stelt de Vrije Universiteit Amsterdam in het persbericht naar aanleiding van de overhandiging van het boek aan de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit in april 2006 (Vrije Universiteit Amsterdam, 2006).

2.2.3 Toepassingen Novel Protein Foods

Naast de genoemde NPF's heb je ook producten zoals tofu, seitan (soms tarwebiefstuk genoemd), tempeh en sojavlees (TVP textured Vegetable Protein), die niet op vlees lijken,

maar wel even rijk zijn aan eiwitten. Deze andere eiwitbronnen worden soms niet onder de noemer ‘Novel’ Protein Foods geplaatst, omdat ze al heel lang gebruikt en geconsumeerd worden. Deze producten worden ook gemaakt zonder dat men extra inspanningen doet om hen te laten lijken op vlees, wat bij de NPF’s vaak wel doelbewust wordt gedaan. Zo heeft tofu een vaste plaats in de oosterse keuken en is het in China en Japan al eeuwenlang een bijzonder gewaardeerd basisingrediënt voor het bereiden van een veelheid aan smaakvolle gerechten (EVA, 2009). Afhankelijk van de culturele context wordt tofu etc. dan niet beschouwd als vleesvervanger, maar wordt vlees eerder gezien als een tofuvervanger. Er kan echter wel gesteld worden dat producten als tofu, seitan en tempeh, relatief nieuwere producten zijn in het westerse voedingspatroon.

We laten de discussie over het feit of tofu en seitan of andere ‘vleesvervangers’ nu al of niet als “nieuwe” eiwitbronnen beschouwd worden achterwege. Feit is wel dat diverse NPF’s succesvolle commerciële producten zijn geworden.

Een van de bekendste voorbeelden is Quorn, ontwikkeld door het Britse bedrijf Marlow Foods (in 2005 overgekocht door Premier Foods), wat gemaakt wordt uit een ‘gefermenteerde’ mycoproteïne *Fusarium venenatum* (een fungus) (zie Quorn website). Door toevoeging van zuurstof, stikstof, glucose en mineralen aan de fungus wordt mycoproteïne gecreëerd. Tijdens het productieproces wordt ook gebruik gemaakt van eiwit van free range kippen, waardoor het product gemeden wordt door veganisten (die alle dierlijke producten uit hun voeding weren). In Tabel 3 vergelijkt de fabrikant de nutritionele waarde van Quorn producten met vergelijkbare vleesproducten. De fabrikant schuift onder meer volgende voordelen naar voren van het eindproduct (website Quorn).

- Mycoproteïne is een ingrediënt dat eiwit van hoge kwaliteit bevat en al de noodzakelijke aminozuren.
- Mycoproteïne is van nature vetarm.
- Mycoproteïne bevat ook zeer weinig calorieën zodat de voorgestelde producten zowel smaakvol als caloriearm zijn.
- Mycoproteïne bevat eveneens de noodzakelijke voedingsvezels die zorgen voor een gezond spijsverteringsstelsel.
- Mycoproteïne bevat geen cholesterol. Quornproducten als deel van een evenwichtig, vetarm dieet helpen bij het behouden van een normaal cholesterolniveau en een gezond hart.
- Mycoproteïne is volledig vleesvrij. Deze fungus komt natuurlijk voor en wordt gecontroleerd gecultiveerd om de kwaliteit te kunnen garanderen alsook de kwantiteit die nodig is om de Quornproducten te produceren.

Tabel 3: Vergelijking nutritionele waarde Quorn producten vs. vleesequivalenten.

Food	Mince	Mince	Burger	Burgr	Nuggets	Nuggets
Food	Quorn Mince (frozen)	Beef Mince (raw)	Quorn Burger (frozen)	Beefburger (raw)	Quorn Chicken Style nuggets	Breaded Nuggets
Cals/100g	94	225	146	291	207	265
Total fat (g/100g)	2	16,2	4,8	24,7	11	13
%Energy from Total Fat	19	65	30	76	48	44
Cholesterol (mg/100g)	0	60	0	76	0,005	54

Bron: <http://www.mycoprotein.org>

Een andere NPF is bekend onder de naam 'Meatless'. De fabrikant stelt dat Meatless tot de beste plantaardige vezels behoort die momenteel verkrijgbaar zijn en dat het dezelfde structuur en 'bite' heeft als vlees. Meatless wordt gemaakt van natuurlijke grondstoffen als lupine, rijst, karamel en tarwe. Meatless op basis van lupine wordt gemaakt van twee natuurlijke bestanddelen, lupinemeel en zeewier. Meatless op basis van lupine bevat tot 10% hoogwaardige eiwitten en vrijwel geen verzadigde vetzuren. Meatless past, met een cholesterolgehalte van vrijwel 0, in een cholesterolverlagend dieet, aldus de fabrikant. De voedingstechnische informatie van het product, zoals die wordt voorgesteld op de website, is te vinden in Tabel 4 en Tabel 5. Het product 'Meatless' heeft diverse toepassingen. Meatless wordt verwerkt in vleeswaren en snacks, in gehakt en in vegetarische producten (zie website Meatless).

Tabel 4: Voedingstechnische informatie voor Meatless op basis van lupine (a).

	Kcal/100g
Meatless obv. lupine	70
Mager varkensvlees	170
Bacon	800
Mager rundvlees	140
Vet	880

Bron: <http://www.meatless.nl/>

Tabel 5: Voedingstechnische informatie voor Meatless op basis van lupine (b).

	Vetgehalte %	Koolhydraten
Meatless obv. lupine	0,3% waarvan 75% onverzadigde vetzuren	6,4%

Bron: <http://www.meatless.nl/>

Ook voedingsmiddelen op basis van soja zijn aan een opmars bezig. Soja is al een paar millennia aanwezig in het voedingspatroon in het Oosten. Ontdekkingsreizigers ontdekten de sojaplant in de zestiende en zeventiende eeuw en brachten ze mee naar Europa. Pas wanneer de plant midden negentiende eeuw in de Verenigde Staten terechtkomt (Illinois) kent de sojateelt een opmars. Volgens Eurostat werd in 2006 in de EU-27 1.214.100 ton sojabonen geoogst. Het is niet mogelijk om te traceren welk aandeel hiervan bestemd is voor humane consumptie, en welk voor diervoeder.

Soja is vrij van cholesterol en rijk aan proteïnen, vitamines en mineralen van hoge kwaliteit, zoals magnesium en calcium. Een sojaboon bevat ongeveer:

- 38% proteïnen van hoge kwaliteit
- 17% olie, waarvan 23% enkelvoudig onverzadigde en 62 % meervoudig onverzadigde vetzuren
- 26% koolhydraten
- 10% water
- 5% vitamines en mineralen

In Tabel 6 worden de voedingsbestanddelen van koemelk naast die van 'sojamelk' gezet. Sojabonen vormen een bron van fosfor, kalium, ijzer, zink, vitamine E en vitamines uit de B-groep. Volgens ENSA (European Natural Soyfood Association) heeft met calcium verrijkte 'sojamelk' een zeer interessant voedingsprofiel: ze bevat geen cholesterol maar is wel rijk aan plantaardige proteïnen en meervoudig onverzadigde vetzuren.

Tabel 6: Voedingsbestanddelen van koemelk versus ‘sojamelk’.

Samenstelling	Halvolle koemelk	Met calcium verrijkte ‘sojamelk’
Voedingswaarde (kcal)	48	44
Eiwitten (g)	3,3	3,3
Koolhydraten (g)	4,8	3,2
Koolhydraten – waarvan suikers	4,8	3,0
Koolhydraten – waarvan lactose	4,8	0
Vezels (g)	0	0,3
Vetstoffen (g)	1,6	1,9
Vetstoffen (g) – waarvan verzadigde vetzuren	1,0	0,3
Vetstoffen (g) – waarvan meervoudig onverzadigde vetzuren	0	1,0
Vetstoffen (g) – waarvan cholesterol	5	0
Calcium	118	110

Bron: http://www.ensa-eu.org/documents/soja_bron_van_evenwicht_op_ons_bord_nl.pdf

De belangrijkste niet-gefermenteerde sojavoeding is de ‘sojamelk’³ zelf, die ook tonyu wordt genoemd. Tonyu kan zo worden geconsumeerd als drank (natuur of gearomatiseerd) of het kan worden gebruikt als basis voor andere voedingsmiddelen, zoals desserts (romige desserts en yoghurtdesserts). Op basis van ‘sojamelk’ en fermenten worden gefermenteerde desserts vervaardigd (natuur of met fruit). Om tofu te maken, wordt de ‘sojamelk’ gestremd met een zout dat rijk is aan calcium of magnesium. Het stremsel wordt vervolgens geperst tot een witte, stevige pasta: de tofu. De gebruikte techniek is ontleend aan de productie van kaas. Tofu kan zo worden geconsumeerd of kan als ingrediënt fungeren voor allerlei gerechten, taarten, enz. (website ENSA).

ENSA verzamelt sinds 2003 zowel grote als kleine bedrijven die betrokken zijn bij de productie van natuurlijke voeding op basis van soja: Alpro, Hiquat vegetals, Natumi, Nutrition et soja, Triballat, Valsoia, Wild, De-Vau-Ge, HAIN Europe en Tofutown.

Een uitgebreid wereldwijd overzicht van commerciële toepassingen van NPF’s kan gevonden worden op de website van Future Foods (futurefood.org). Dit portaal ‘Future Food – Meat without Livestock’ focust op de mogelijkheden om dierlijke producten te vervangen door producten van niet-dierlijke oorsprong. Zij maken een opdeling tussen enerzijds 1) vegetarisch vlees, niet-zuivel melkdranken en eivervangers en 2) in vitro vlees of gecultiveerd vlees (*cf. infra*: kweekvlees). De categorie “vegetarisch vlees” stellen zij gelijk aan wat in het Nederlandse Profetas-onderzoek als ‘Novel Protein Foods’ wordt gecategoriseerd.

Producten in de eerste categorie simuleren of kopiëren producten van dierlijke oorsprong. Het portaal stelt dat er al een brede diversiteit van vegetarisch vlees beschikbaar is op de markt (seitan, tofu, TVP, tempeh, Quorn en Meatless o.b.v. lupines). Ze presenteren volgend overzicht van commerciële toepassingen van ‘vegetarisch vlees’ (zie Tabel 7).

³ Europese wetgeving verbiedt de Europese fabrikanten van producten op basis van soja om de term ‘sojamelk’ te gebruiken. Een Verordening van 1988 stelt dat de benaming ‘melk’ uitsluitend mag gebruikt worden door het product dat normaal door melkklieren wordt afgescheiden. Voor bv. kokosmelk en amandelmelk werd in de Verordening wel een uitzondering gemaakt. Sojaproducten waren in 1988 nog relatief nieuw op de Europese markt en werden daarom niet opgenomen in de Verordening.

Tabel 7: Commerciële toepassingen van vegetarisch vlees.**Remarkable intermediate products for the production of vegetarian meats:**

- Meatless, vegetable fibres, made from lupine or wheat (Meatless, NL)
- Wheatex, textured wheat protein (MGP Ingredients, US)
- Ultra-Soy and Imagic (Legacy Foods, US)
- Soy protein isolates / concentrates (Solae)
- Nexsoy Low-Fat textured Soy Proteins (Nexcel, US)
- Mase, innovative tofu machines (also on youtube)

Highly remarkable vegetarian meat products:

- Valsoia Italy - vegetarian meat
- Pural - remarkable Veg. Fish Sticks, ... (French product, German website)
- Burgers, Nuggets, Schnitzels, .. at Fry's Special Vegetarian (South Africa)
- US meat and dairy substitutes overview
- Topas - Wheaty Germany, wheat based vegetarian meat
- Yaso, sprouted soybean based meat replacement (Hun)
- Australian tofu, veggie-meat, soy-cheese, soy-milk
- Gardein - Innovative Garden grown Protein (USA, Can, UK)
- Linda McCartneyFoods, sausages and burgers (UK)
- Sojaproduct - Slovak Vegetarian Meat (SK)
- healthy-eating.com, various brands vegetarian meat (US)
- Turtle Island Foods / Tofurky (US, Canada, UK)
- Field Roast Grain Meat (US)
- Match Premium Meat Alternatives (US)
- VegieVegie Premium Meat Alternative (Thailand)
- CKfoods - Taiwanese soyameat-producer

Bron: <http://www.futurefood.org>

Ten tweede spreken ze van melkdranken die niet gebaseerd zijn op zuivel (non-dairy milk drinks): 'sojamelk', rijstmelk en 'oat milk drink'. Tabel 8 geeft het overzicht dat futurefood.org presenteert van commerciële toepassingen van 'melkproducten' die niet gebaseerd zijn op zuivel. Ten slotte presenteren ze ook een overzicht van mogelijke eivervangers (zie Tabel 9).

Tabel 8: Commerciële toepassingen van niet-zuivel melk dranken.**Remarkable intermediate products for the production of non-dairy milk drinks:**

- Suproplus 9000 and 9040 - soy-based proteins as dairy alternatives (Solae)

Highly remarkable non-dairy milk products:

- Alpro - a market leader in Europe, full range of soymilk products
- Provamel - a market leader in Europa using organic ingredients
- Turtle Mountain - US dairy free yogurts, ice-cream and much more
- Oatly - oat milk products
- Tofutti - huge range of dairy free products (based in the US)
- Valsoia - huge range of non-dairy products (based in Italy)
- Sojade - remarkable dairy free yogurt (French website)
- Joya (Austria) - soymilk and yogurts
- Savia (Danone, Spanish Version) - soya pudding and soya yogurt
- Soyana (Swiss) - various non-dairy drinks

Bron: <http://www.futurefood.org>

Tabel 9: Bestaande ei-verters.**Existing egg replacement products for industrial applications:**

- Gum Technology - 3 lines of egg-replacements for the industry, USA
- Solanic (Avebe Group) – High Performance Protein, NL
- Natural Products, Inc. 'Blue 100', USA
- Advanced Food Systems, 'Bake Rite', USA
- Fayrefield FoodTec's 'GelTec X300', GB
- Allegra (subsidiary of Unilever), NL
- National Starch 'Elegance', USA

Existing egg replacements for individual usage of customers:

- Ener-G Egg Replacer (Ener-G is also available for industrial applications)
- Orgran - Egg replacer 'no egg' and egg free cake and muffin mixes

Bron: <http://www.futurefood.org>

2.3 Kweekvlees of *in vitro* vlees

FIFTY YEARS HENCE WE SHALL ESCAPE THE ABSURDITY OF GROWING A WHOLE CHICKEN IN ORDER TO EAT THE BREAST OR WING BY GROWING THESE PARTS SEPARATELY UNDER A SUITABLE MEDIUM (WINSTON CHURCHILL, 1932)

OOIT KOMT ALLEEN NOG IN GESCHIEDENISBOEKJES VOOR, DAT MENSEN DIEREN MOESTEN DODEN OM AAN VLEES TE KOMEN (PROFESSOR MARC VAN EELEN, 2007)

2.3.1 *The practice of 'carniculture'*

Churchill (zie citaat hierboven) was misschien wat optimistisch wat het tijdsperspectief betreft, maar diverse onderzoeken wereldwijd lijken er wel op te wijzen dat het produceren van kunstmatig vlees niet langer pure science fiction is, of het althans niet meer zou zijn in de nabije toekomst.

Kweekvlees is vlees dat niet afkomstig is van de slacht van dieren maar kunstmatig gekweekt wordt. De geestelijke vader van het kweekvlees is Willem van Eelen. Hij bedacht al in 1950 - toen hij nog student was - het idee om in petrischalen spiercellen op te kweken uit stamcellen. In 1993 werd de door hem ontwikkelde methode officieel geregistreerd. Sinds 2000 heeft hij het wereldwijde patent.

In de literatuur gebruikt men diverse benamingen om naar dit product te verwijzen: biotechnologisch geproduceerd vlees, synthetisch vlees, kweekvlees, laboratoriumvlees, reageerbuisvlees, *in vitro* vlees of gecultiveerd vlees. Hopkins en Dacey (2008) spreken in dit verband zelfs van "the practice of 'carniculture' (to parallel producing plant food through agriculture)".

Hopkins en Dacey (2008) geven een overzicht van de diverse biotechnologische technieken waarmee mogelijk kweekvlees kan of zou kunnen worden geproduceerd. Een van de best gedocumenteerde technieken, waarbij cellen op een matrix of 'gaas' geplaatst worden (scaffolding technique) en daarop groeien in een groeimedium, wordt hieronder beschreven. Het grootschalige Nederlandse onderzoek naar kweekvlees (*cf. infra*) is toegespitst op deze

methode. De zelfproducerende weefselcultuur (self-organizing tissue culture) is een andere optie. Hierbij wordt bestaand spierweefsel in vitro vermeerderd. Benjaminson *et al.* (2002) waren de eerste onderzoekers die deze techniek voor vleesproductie toepasten (zij het wel met spierweefsel van goudvissen). Ze kwamen hiertoe in het kader van onderzoek naar alternatieve voedselbronnen voor astronauten. Ze voeren verder onderzoek met spierweefsel van gevogelte en runderen. Andere technieken die Hopkins en Dacey beschrijven, zijn organ printing (waarbij cellen in laagjes op gels geprint worden, waarna de cellen tot grotere structuren fusioneren), biophotonics (waarbij licht gebruikt wordt om deeltjes aan elkaar te hechten), en nanotechnology (zie ook Edelman *et al.* 2005).

Diverse professionals en juridische experts hebben een Foundation opgezet die zich toelegt op het verzamelen van fondsen voor bv. de wereldwijde ondersteuning van 'Vitro Meat' programma's en het oprichten van leerstoelen over de thematiek (zie website In Vitro Meat Foundation). De In Vitro Meat Consortium werd opgericht tijdens een workshop aan de Norwegian University of Life Sciences in 2007. Het is een internationale alliantie van wetenschappers die bezorgd zijn om het milieu en die de grootschalige productie van spierweefsel voor menselijke consumptie willen bewerkstelligen. Ze willen dit bereiken via gerichte R&D-activiteiten en het aantrekken van onderzoeksfondsen voor deze materie (zie website In Vitro Meat Consortium).

In 2008 werd het eerste internationale symposium gehouden over deze materie aan het Norwegian Food Research Institute. De twee voornaamste doelen van het symposium waren om de wetenschappelijke uitdagingen die opgelost moeten worden te identificeren en te bediscussiëren en om een geformaliseerde structuur op te stellen die alle inspanningen in dit veld bundelt.

2.3.2 In Vitro Meat onderzoek in Nederland

In 2005 gaf de Nederlandse overheid 2 miljoen euro overheidssteun aan onderzoekers van de Universiteit van Utrecht, Amsterdam en Eindhoven en het bedrijf van grondlegger Willem van Eelen (Vitro Meat) om de ontwikkeling en de mogelijkheden van in vitro vlees of kweekvlees te bestuderen. Het project startte in 2005 en projectleider Henk Haagsman hoopt binnen een paar jaar daadwerkelijk kweekvlees te kunnen produceren.

Het principe is dat uit een varkensembryo eenmalig stamcellen gehaald worden. Deze stamcellen groeien in een bioreactor – dankzij een groeimedium – uit tot spiercellen. De spiercellen worden op een matrix gezet, fuseren daar tot spiervezels en groeien verder door ze op te rekken en onder stroom te zetten. Uiteindelijk vormen de vezels een dunne laag met een vleesachtige structuur. In theorie kan dus van een enkele stamcel miljoenen kilo's gehakt gemaakt worden. Essentieel in het onderzoek is het vinden van de juiste stamcellen en de ontwikkeling van een geschikt groeimedium van micro-organismen, bv. aminozuren uit planten of algen. Bij menselijk weefsel wordt als groeimedium kalfsserum gebruikt, maar dit is in de optiek van dit onderzoek niet geschikt (te duur en opzet om dierlijke productie te verminderen). Naast spiercellen, zou ook een klein percentage (3%) vetcellen kunnen worden toegevoegd. Het toevoegen van bindweefselcellen zou dan zorgen voor de 'bite' van het vlees.

In Utrecht bestuderen de onderzoekers welke stamcellen geschikt zijn. In Eindhoven gaat de aandacht uit naar de omzetting van spiercellen in spierweefsel. Amsterdamse microbiologen onderzoeken de productie van een kweekmedium zonder dierlijke producten.

De onderzoekers hebben nog geen afgewerkt product kunnen proeven, maar Haagsman stelt dat de smaak vergelijkbaar zal zijn met die van vlees, aangezien de moleculaire samenstelling dezelfde is. Het zal niet specifiek naar rund of varken smaken, maar gewoon de basismaak

van vlees hebben. Aangezien het echter geen bloedvaten bevat zal de kleur wel bleker zijn (Haagsma, interview 2007).

2.3.3 Kweekvlees gewikt en gewogen

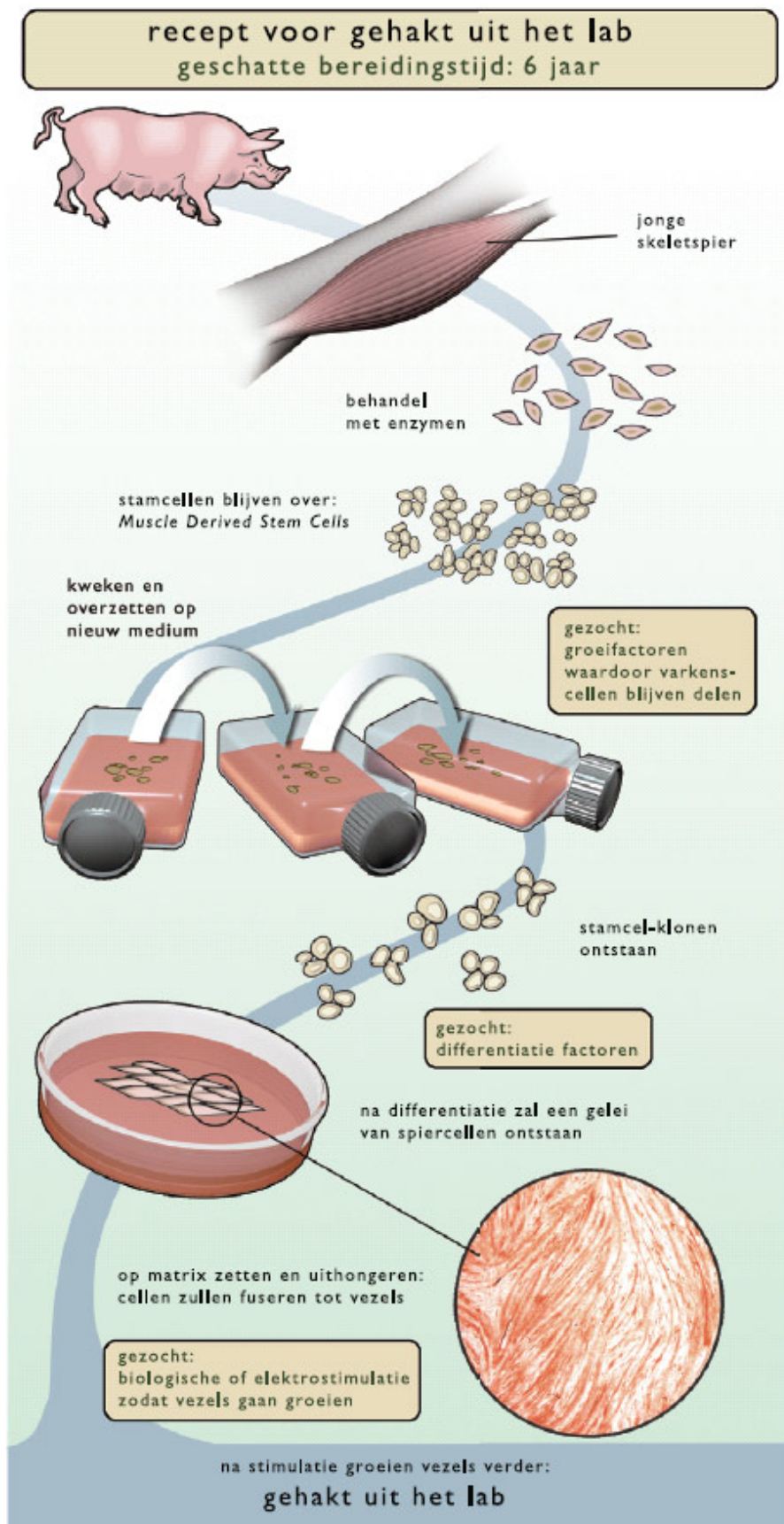
Er wordt gesteld dat de productie van kweekvlees heel wat voordelen heeft ten opzicht van 'echt' vlees:

- De productie is diervriendelijk (dierenwelzijnsproblemen, het doden van dieren voor voedsel).
- Vergt minder plantaardige grondstoffen dan gangbare vleesproductie.
- Wordt steriel gemaakt: geen dierziektes zoals Salmonella en Campylobacter, geen dioxinecrisis.
- Gezonder vlees: de ratio van verzadigde versus onverzadigde vetzuren kan beter onder controle gehouden worden.
- Je kan het 'vormen' zoals je wilt en er een bepaalde voedingswaarde aan geven met gezonder vetzuren zoals omega 3.
- Vergt weinig ruimte.
- Geen methaangas van scheten.
- Het vergt minder water.
- Vrijwel geen afvalstoffen (geen mest): de cellen zetten de aminozuren (haast) volledig om in eiwitten.

Daarnaast kunnen we ook enkele nadelen opsommen die gepaard gaan met de productie en vermarkting van kweekvlees:

- neofobie
- consument staat weigerachtig tegenover 'kunstmatig' voedsel
- hoe het onderscheid maken tussen 'echt' vlees en kunstmatig vlees (labelling?)
- vergt nog steeds plantaardige grondstoffen (inefficiënte omzetting)
- kan het qua smaak, kleur, kwaliteit de consument aanspreken?

Figuur 1: Illustratie 'recept voor gehakt uit het lab'.



Illustratie: Sebastiaan Donders

Bron: Eek (2005)

2.3.4 Kweekvlees op de markt brengen

De Nederlandse onderzoekers stellen dat kweekvlees in eerste instantie slechts een alternatief is voor de onderkant van de vleesmarkt, voor gehakt en afvalvlees in bitterballen en frikadellen. Haagsman stelt dat de veeteelt wel zal blijven bestaan, maar dat ze exclusiever en diervriendelijker zal worden. “Naast lekker, gezond en veilig vlees uit de fabriek kan de consument ook kiezen voor een T-bone of een varkenshaasje in een restaurant.” (Haagsman geciteerd in Vermeulen, 2006). Hij stelt dat de prijs vergelijkbaar zou zijn met de prijs van ‘echt’ vlees, maar dat ook in beschouwing zou moeten worden genomen dat de productie van kweekvlees veel milieuvriendelijker zou zijn, en dus minder kost aan de maatschappij.

Omtrent de maatschappelijke acceptatie van ‘laboratoriumvlees’ is nog weinig of geen onderzoek gevoerd. Consumenten kunnen een afwijzende houding aannemen tegenover in vitro vlees, omdat het een kunstmatig, synthetisch en onnatuurlijk product is en het resultaat van innoverende technologische technieken (neophobia). Het is niet ondenkbaar dat het bij vele consumenten beschouwd wordt als ‘Frankensteinfood’. Niettemin is in het verleden al gebleken dat de juiste marketingtechnieken en promotie de consument ertoe kunnen brengen om nieuwe producten als een alledaags, gewoon of zelfs noodzakelijk product te gaan beschouwen. Hopkins en Dacey (2008) bespreken uitvoerig de tegenkantingen die tegen kweekvlees kunnen worden ingebracht en weerleggen ze één voor één. Argumenten die bv. gebruikt kunnen worden, zijn het gevaar verbonden aan het consumeren van niet-geteste nieuwe producten, de theoretische mogelijkheid van slachtofferloos kannibalisme, de echtheid en natuurlijkheid van vlees, de ‘yuck’-factor, het argument dat de technologische oplossing van kweekvlees morele lafheid zou zijn of om de verkeerde morele redenen ontwikkeld wordt of een uitstel van morele verandering impliceert.

Over de mogelijke maatschappelijke tegenkanting tegen ‘laboratoriumvlees’ stelt professor Haagsman in een interview:

“Als men een nieuwe kaas ontwikkelt, bekijkt men toch ook in een labo hoe die best te stremmen is? Dan spreek je toch ook niet over reageerbuis kaas? Ik hou niet van termen als reageerbuisvlees. Het onderzoek speelt zich wel af in laboratoria, maar als de industriële productie op gang komt, dan wordt het op dezelfde manier gemaakt als bier of kaas.” (Haagsman, 2007).

“Bedenk dat veel levensmiddelen eerst op laboratoriumschaal ontwikkeld worden en vervolgens de productie in gaan. Eigenlijk is kweekvlees een gewoon product”. (Haagsman geciteerd in den Hertog, 2007).

Hopkins & Dacey (2008) stellen dat de productie van kweekvlees een goede oplossing zou kunnen zijn voor de groep ‘twijfelaars’. Tussen diegenen die onvoorwaardelijke carnivoren zijn en diegenen die morele vegetariërs zijn ligt volgens deze auteurs een groep mensen die zich ongemakkelijk voelen bij het vlees eten en stilletjes wensen dat ze vegetariër zouden kunnen zijn.

2.4 Insecten

VANUIT PRODUCTIEOOGPUNT ZOU DE MASSAKWEEK VAN INSECTEN VOOR EEN ALTERNATIEF INKOMEN KUNNEN ZORGEN VOOR DE NEDERLANDSE BOER. (VAN HUIS, 2006)

2.4.1 Insecten op het menu – wereldwijd een bron van voedsel

Wereldwijd worden meer dan 1400 insectensoorten door mensen gegeten (entomofagie), waaronder sprinkhanen, krekels, rupsen, kevers, mieren, bijen, wespen, termieten, vlinders en motten. Soms is dit uit noodzaak (voedselschaarste) maar meestal is dit ook als delicatessen of als integraal onderdeel van het lokale dieet, naargelang van de seizoenen. Soms zijn ze de enige bron van dierlijk eiwit. Het is niet precies bekend hoeveel miljoenen mensen in de wereld insecten consumeren. In Afrika worden minstens 527 soorten insecten in 36 verschillende landen gegeten. In Azië staan insecten op het menu in 29 landen, op het Amerikaanse continent in 23 landen. In Japan is er bv. ook een thuismarkt en export van ingeblikte insecten. De grote diversiteit aan bereidingswijzen en culinaire toepassingen (braden, bakken, roosteren, koken, drogen, stomen, marinieren, etc.) voor diverse insectensoorten wordt uitvoerig beschreven in het artikel 'Insecten als voedsel' door de Nederlandse entomoloog van Huis (2006).

Het gaat in hoofdzaak om de consumptie van insecten die uit de natuur gehaald worden, hoewel ook enkele initiatieven bekend zijn van insectenkweek specifiek voor consumptie, bv. in Thailand (FAO, 2008). In de Khon Kaen provincie zijn er momenteel 4.500 families die krekels kweken en nog zo'n 15.000 elders in het land. De verzameling en verkoop van insecten is dan ook economisch belangrijk in die landen. In Thailand bv., wordt de commerciële waarde van eetbare insecten geschat op 6 miljoen dollar per jaar (van Huis, 2006). De rupsen die in de bossen van Centraal Afrika gegeten worden, worden ook op kleine schaal geëxporteerd naar de Centraal-Afrikaanse diaspora in België en Frankrijk. Volgens het onderzoek aangehaald door bosbouwexpert Paul Vantomme van de FAO importeert België drie ton gedroogde rupsen per jaar voor een bedrag van ongeveer 41.500 dollar (FAO, 2004). Er wordt ook gedacht aan de mogelijkheden om mensen tewerk te stellen om insecten te oogsten voor voedsel in regio's die geteisterd worden door insectenplagen, om zo pesticiden door mensen te vervangen om de gewassen te beschermen.

Voor de westerse wereld heeft een negatieve houding tegenover het gebruik van insecten als voedsel. Het eten van insecten wordt eerder als ouderwets, onderontwikkeld, vuil, vies of ongezond bestempeld (FAO, 2008). Diverse auteurs wijzen op de paradox dat westerlingen wel makkelijk aaseters als kreeften, garnalen of varkens eten, maar dan inconsistent een afkeer tegen het eten van insecten tentoonspreiden (Morris, 2008). van Huis (2006) stelt dat het probleem m.b.t. insecten eten vooral psychologisch van aard is ("het probleem zit tussen de oren").

Een van de redenen waarom men in het Westen niet gewoon is om insecten te eten heeft te maken met het feit dat er weinig insecten beschikbaar zijn om te oogsten, in tegenstelling met de tropen, waar ze in bepaalde jaargetijden in grote dichtheden voorkomen en daarom makkelijker te vergaren zijn (van Huis, 2006). Niettemin vermelden de geschriften van Plinius, Aristoteles en anderen dat insecten in de oudheid bij de Romeinen en Grieken wel gangbaar of als delicatessen werden gegeten (Morris, 2008).

de Foliart (1999) stelt dat de oorzaak misschien te vinden is in het feit dat de landbouw die oorspronkelijk verspreid raakte in Europa zijn oorsprong vond in de Vruchtbare Sikkels van het Midden Oosten met de teelt van gewassen als tarwe, gerst en van diverse groenten en domesticatie van schapen, geiten, varkens en runderen. Insecten hadden een geringe voedselbetekenis in het Midden-Oosten, met uitzondering van sprinkhanen en een paar 'manna' producerende Homoptera-soorten. Insecten werden aldus niet gedomesticeerd voor voedselproductie, uitgezonderd bijen voor honingproductie. Toen de landbouw en veeteelt productiever en efficiënter werd en zich westwaarts verspreidde over Europa, verdwenen insecten door hun onvoorspelbare aanbod bijna helemaal van het menu en werden ze meer als

bedreigingen voor de voedselproducerende landbouw gezien (als ‘pest’). Dit landbouwmodel werd later globaal geëxporteerd en als maatstaf genomen voor het te ontwikkelen landbouwtype (de Foliart, 1999). Hierin zou dan dus de oorzaak te vinden zijn voor het feit dat insecten nooit gedomesticeerd werden als voedsel, hoewel ze een belangrijke voedselbron zijn voor mensen in Azië, Afrika en Zuid-Amerika (Morris, 2008).

De Amerikaanse entomoloog de Foliart bemerkt dat de aversie voor insecten door westerlingen jammer is, niet enkel vanwege het feit dat het voorspelde voedseltekort in de wereld verminderd zou kunnen worden door het gebruik van insectenproteïne. Acculturatie van westerse leefpatronen en de ‘Europese beschaving’ in ontwikkelingslanden blijkt een reductie van het gebruik van insecten als voedselbron teweeg te brengen, wat bij economische marginale groepen problemen veroorzaakt omdat ze de middelen niet hebben om de verloren bron van voedsel te vervangen door ‘westerse’ voedingsmiddelen (de Foliart, 1999).

Sommige berichten bestempelen insecten als ‘vleesvervanger’ (bv. UGent, 2008), andere houden het bij ‘alternatief vlees’ (van Huis, 2006). De benaming ‘vlees’ wordt meestal gereserveerd voor spierweefsel of organen van gewervelde dieren dat opgegeten wordt of opgegeten kan worden. Om historisch religieuze redenen, wordt het vlees van vissen meestal niet als ‘vlees’ bestempeld. Culturele omstandigheden bepalen of het vlees van een bepaalde diersoort al of niet als eetbaar bestempeld wordt (bv. paarden, runderen, katten, honden, varkens).

Insecten zijn ongewervelden en zouden volgens deze afbakening niet als ‘vlees’ beschouwd worden, net zomin als crustaceae (kreeftachtigen) als ‘vlees’ worden bestempeld. Niettemin zijn het wel dieren, en dus bron van dierlijke proteïne. Het lijkt daarom correcter om te spreken van vleesvervanger dan van alternatief vlees, met die bemerking dat de vleesvervanger ook wel van dierlijke oorsprong is.

2.4.2 Insecten als alternatieve dierlijke eiwitbron (nutritioneel, milieu)

De Nederlander Arnold van Huis verbonden aan de afdeling Entomologie van de Universiteit van Wageningen is een pleitbezorger van de consumptie van insecten. In de zoektocht naar artikels over deze materie duikt zijn naam geregeld op. Hij verwoordt het als volgt: “er zijn veel eetbare rupsen, larven en sprinkhanen die smaak en kraak aan onze voeding kunnen geven.”

Gezien de grote diversiteit van insecten die worden gegeten is het moeilijk om één bepaalde nutritionale waarde te presenteren die geldt voor alle insectensoorten (en gedaantes waaronder ze voorkomen). Niettemin worden insecten in de doorgenomen literatuur stevast als zeer voedzaam beschreven en beschouwd als een goede bron van eiwitten, energie en diverse vitaminen en mineralen. Insecten zijn hoogwaardig voedsel rijk aan eiwitten met een hoge verteerbaarheid. Ze bevatten essentiële aminozuren en vetzuren, ijzer en vitamine A, B2 en D. Naast de goede voedingseigenschappen bezitten insecten een zachte smaak (notensmaak). Ze zijn qua voedingswaarde vergelijkbaar met rund- en varkensvlees. In het boek ‘Ecological implications of minilivestock’ wordt een gedetailleerd overzicht gepresenteerd van de nutritionele eigenschappen (calorieën, proteïnen, vet, vezel, etc.) van de belangrijkste soorten van eetbare insecten (Paoletti, 2005). Tabel 10 geeft de nutritionele waarde van insecten per 100 gram gedroogd gewicht.

Tabel 10: Nutritionele waarde van insecten.

	Poteïnen	Vetten	Mineralen	Structurele koolhydraten	Andere koolhydraten	Kcal
<i>Ortoptera</i> Sprinkhanen, locusten	61-77	4-17	2-17	9-12	4-21	362-427
<i>Coleoptera</i> Kevers	21-54	18-52	1-7	6-23	1-19	410-574
<i>Lepidoptera</i> Vlinders, motten	15-60	7-77	3-8	2-29	1-29	293-762
<i>Hymenoptera</i> Bijen, mieren	1-81	4-62	0-6	1-6	8-93	416-655
Meat	45-55	40-57	1,4-2,3	0-1,5	0	433-652

Bron: Verkerk *et al.* 2007

Insecteneiwit blijkt ook potentieel te hebben als ingrediënt in functionele voeding, meer bepaald bij de behandeling en preventie van hoge bloeddruk. Hoge bloeddruk (hypertensie) is een belangrijke risicofactor voor het ontstaan van hart- en vaatziekten. De regulatie van de bloeddruk is een complex systeem waarin een aantal enzymen, waaronder het angiotensine-converterend enzym (ACE), een belangrijke rol spelen. De huidige geneesmiddelen tegen hoge bloeddruk bevatten vaak synthetische enzymremmers (ACE-inhibitoren), maar die kunnen een aantal nevenwerkingen veroorzaken. Uit wetenschappelijk onderzoek blijkt dat bepaalde voedingsmiddelen bestanddelen bevatten die het ACE-enzym kunnen remmen. Deze bioactieve peptiden kunnen worden vrijgemaakt uit bepaalde eiwitten afkomstig van zowel dierlijke als plantaardige oorspong. Onderzoek aan de Universiteit Gent toonde aan dat insecteneiwit als bron van bioactieve peptiden kan worden gebruikt (UGent, 2008; Vercruyssen *et al.*, 2009).

Insecten zijn veel milieuefficiënter dan vlees: er is minder water en voeder nodig om ze te kweken (UGent, 2008). Van Huis stelt dat insecten een factor 20 milieuefficiënter zijn dan de huidige dierlijke eiwitproducten. Het lage energieverbruik van insecten is een groot voordeel. Door de combinatie van hoge voedselconversiefactor en hoge vruchtbaarheid ligt de werkelijke conversiefactor twintig maal zo hoog als bij runderen. Verder is er de afwezigheid van ammoniakuitstoot en legt insectenproductie veel minder beslag op land. De kweek stelt volgens van Huis lage eisen aan het voedingssubstraat. Eetbare insecten kunnen op een breder spectrum van plantaardig materiaal foerageren dan traditioneel vleesvee. Op die manier kunnen plantaardige bronnen aangewend worden die in de traditionele vleesproductie niet kunnen worden gebruikt, zoals cactussen, bamboescheuten, mesquite en houtachtige gewassen (de Foliart, in: Raloff, 2008).

Diverse onderzoekers classificeren insecten onder de noemer 'micro-livestock' of 'mini-livestock' en wijzen op de economische voordelen ten opzichte van het houden van grote landbouwhuisdieren voor voedselproductie (Roberts, 2008; Paoletti, 2005). Ook de Foliart (1999) duidt op het voordeel ten opzichte van warmbloedig vee. Terwijl deze laatste veel energie en nutriënten nodig hebben om hun temperatuur constant te houden, zijn insecten poikilothermisch en zetten ze plantaardige biomassa efficiënter om in dierlijke biomassa (zie ook Lindroth 1993). Van Huis stelt dat het eten van insecten een belangrijke bijdrage kan leveren aan het wereldvoedselvraagstuk, zowel in de tropen als in gematigde streken (2006).

Naast de vele vermelde voordelen moet ook nagedacht worden over de mogelijke gevaren of minpunten van grootschalige insectenkweek in het Westen. Er kunnen toch een aantal kanttekeningen worden geplaatst. Zo heeft de introductie van niet-inheemse insecten in de

landbouwvoering (bv. Aziatische onzelveheersbeestjes die bladluizen te lijf gaan) in het verleden al geleid tot de verdringing van inheemse insectensoorten (de Aziatische onzelveheersbeestjes gedijen hier veel beter en hebben de inheemse verdongen, zie Adriaens & Gysels, 2002). Het is niet ondenkbeeldig dat gekweekte insectensoorten ook ‘ontsnappen’ en het ecologisch evenwicht verstoren en inheemse soortgenoten van de kaart vegen.

De grootschalige kweek van insecten kan ook aan dezelfde problemen onderhevig zijn als de intensieve kweek van vee, zoals toenemende kwetsbaarheid voor ziektes en dierenwelzijn. Insecten kunnen ook defensieve secreties produceren of door allergenen irriterend werken bij sommige mensen (Verkerk *et al.*, 2007).

Hoewel de voederconversie en milieu-impact bij insectenkweek blijkbaar wel lager ligt dan bij die van de klassieke vleesproductie, stellen verenigingen die pleiten voor een vegetarisch of veganistisch dieet dat dit niettemin nog steeds een inefficiënte voedselproductie is in vergelijking met een voedselproductie die geënt is op een plantaardig dieet.

2.4.3 De markt voor insecten als voedsel

Een paar insectensoorten zoals de zijdevlinder (zijderups) en bijen werden eeuwen geleden al gedomesticeerd. De Cochenilleluis wordt gekweekt om zijn karmijnroze kleurstof (E120, karmijn). De rode kleurstof wordt bv. gebruikt in smarties, yoghurt en Campari (Verkerk *et al.*, 2007). Onzelveheersbeestjes worden commercieel gekweekt ten behoeve van de biologische bestrijding van blad- en schildluizen. Diverse insecten worden gekweekt als diervoeder (bv. visserij, als voeder voor vogels).

Nu groeit echter ook de aandacht voor de kweek van (andere) insectensoorten als voedsel. Door de schaarste op de vleesmarkt is de interesse in insecteneiwit als vleesvervanger sterk gestegen. Het aanbieden van een nieuw ‘exotisch’ product kan ook commerciële mogelijkheden bieden als nicheproduct. De Amerikaanse firma Hotlix bv. (zie URL), biedt diverse insectenproducten aan, waarvan de insectenlolly’s met schorpioenen, krekels of wormen, de meest bekende zijn.

In februari 2008 organiseerde de Voedsel- en Landbouworganisatie van de Verenigde Naties (FAO) een workshop in Thailand met als titel: “Forest insects as food: humans bite back”. Hierop werden ervaringen uitgewisseld tussen de verschillende landen en culturen waar insecten uit het bos worden gegeten, met oog voor de ecologische aspecten en de voedselveiligheid. Er werd aandacht besteed aan de planten waarop de eetbare insecten leven, de manieren waarop ze kunnen worden bewaard, getransporteerd en gecommercialiseerd. De bedoeling is om tot duurzame modellen te komen om – zonder bomen te kappen – de voedingsrijkdom van het woud te exploiteren.

De FAO wil de consumptie van insecten promoten, niet alleen vanwege hun voedingswaarde, maar ook omdat het verzamelen of kweken van de insecten voor werk zorgt in landelijke gebieden van ontwikkelingslanden. Het eten van insecten is immers ook commercieel een interessant gegeven. Wanneer de insecten worden geplukt in het woud is dat arbeidsintensieve en seizoensgebonden handarbeid die een extra inkomen kan verschaffen aan vrouwen en kinderen op het platteland. Sommige pleitbezorgers geloven ook dat het creëren van een markt voor insecten als voedsel een economisch motief kan bieden om de habitats van insecten te beschermen. Anderzijds bestaan bv. in het noorden van Thailand reeds boerderijen waar onder meer bamboewormen en krekels worden gekweekt voor menselijke consumptie.

Het uiterlijk van insecten met de zichtbaarheid van poten, antenna en ogen of het feit dat bepaalde eruit zien als vettige opgeblazen wormen, zal voor sommige mensen echter steeds

een obstakel blijven om insecten te consumeren. Zoals boven aangehaald kunnen zich ook problemen voordoen van dierenwelzijn, ziektes of allergene reacties bij de kweek van insecten. Het kweken van insectencellen zou dat kunnen verhelpen. Onderzoekers aan de Universiteit van Wageningen richten zich op het ontwikkelen van insectencellen. Doel is om een hygiënische bron van insectenproteïne te produceren die gedroogd kan worden en toegevoegd aan bestaand voedsel of tot pseudo-burgers kan worden verwerkt (Verkerk *et al.*, 2007).

Andere onderzoekers wijzen dan weer op het mogelijke belang van insecten in ruimtevaartlandbouw (space agriculture). Insecten zouden een essentiële en multifunctionele rol vervullen in het agro-ecosysteem: als voedsel voor mensen en dieren (food en feed), als natuurlijke recycleerders van plantaardig afval, als afvalverwerkers en als pollinators. Spin-offs van onderzoek in de ruimtevaartlandbouw zouden volgens de onderzoekers ook aardse problemen ten goede kunnen komen, zoals voedseltekorten wegens een stijgende wereldbevolking (Space Agriculture Task force, 2008).

van Huis (2006) stelt dat insecten op drie manieren als voedsel kunnen dienen voor Europese consumenten.

- 1) Als insectenproducten: snacks, alternatief vlees en nieuwe producten met toegevoegde waarde.
- 2) Als insecteneiwit toegevoegd aan kant-en-klare maaltijden en aan bewerkt vlees.
- 3) Als single Insect Cell Protein (SICP) toegevoegd aan kant-en-klare maaltijden en aan bewerkt vlees (cf. Verkerk *et al.*, 2007).

van Huis beweert dat tegen 2020 insecten als voedsel beschikbaar zullen zijn in onze supermarkten.

FAO-bosbouwingenieur Patrick Durst stelt ervan overtuigd te zijn dat met de juiste marketingtechnieken het publiek voor insecten aanzienlijk kan worden vergroot. Hij stelt: “We moeten afstappen van het idee dat insecten onappetijtelijk zijn. In realiteit zijn ze erg voedzaam en, afhankelijk van de manier waarop ze worden klaargemaakt, bijzonder lekker”.

2.5 Algenkweek

SUSTAINABLE FOOD PRODUCTION IS NO LONGER JUST A DREAM BUT AN ACHIEVABLE OBJECTIVE WITHIN A DECADE WITH THE FIRST FORM OF AGRICULTURE ON EARTH – NATURE’S INGENIOUS INVENTION; ALGACULTURE.

2.5.1 Over algen en wieren

Algen of wieren zijn een zeer grote en diverse groep organismen (sporenplanten) die aan fotosynthese doen, maar niet tot de landplanten behoren. Hoewel beide tot de biologische groep van de ‘algen’ behoren, gebruikt men algen eerder om naar eencelligen of fytoplankton te verwijzen, en wieren om naar de grotere soorten te verwijzen. Er zijn eencellige soorten en andere microscopisch kleine soorten, maar ook meterslange wieren. De eencellige algen kunnen veel bouwstoffen en energie vastleggen en vormen zo de basis van de voedselketens in zee. Fytoplankton is zo de voedselbasis voor de meeste aquatische voedselketens.

Ook mensen consumeren tientallen soorten wieren (cf. *infra*). Naast de directe consumptie van algen en zeewieren door mensen, wordt een aantal zeewiersoorten gebruikt voor de productie van ingrediënten in de levensmiddelenindustrie (bv. verdikkings- en geleermiddelen, agar-

agar, alginaten, carrageen, etc). Daarnaast worden algen ook geproduceerd om in de cosmetica-industrie verwerkt te worden. Algen worden ook gebruikt als meststof in de landbouw en als additief in veevoeder (Kerkvliet, 2001; McHugh, 2003) of als middel om vervuild water te zuiveren. De laatste jaren is heel wat te doen omtrent het gebruik van algen als biobrandstof (algendiesel). De algen voor deze energieproductie kunnen ofwel op land geteeld worden of de grootschalige productie van biomassa op zee zou een groot deel van de energiebehoefte kunnen opleveren (Bras, 2007). De productie van algen wordt algaculture genoemd.

Ook algen worden als alternatief voor dierlijke proteïneconsumptie of als mogelijkheid voor innovatie in de landbouwproductie naar voren geschoven. Als we de hierboven gegeven omschrijving van Novel Protein Foods bekijken, kunnen algen misschien ook als een NPF worden geklasseerd. Maar algen zijn niet echt een nieuwe eiwitbron. In diverse culturen behoren deze ‘zeegroenten’ immers al sinds mensenheugenis tot het traditionele dieet. Maar toch zouden ze verwerkt kunnen worden tot “voedingsmiddelen (of ingrediënten daarin) die in vorm of omvang niet eerder geconsumeerd zijn en/of volgens een innovatief concept geproduceerd zijn” en aldus als Novel Protein Foods beschouwd worden. Omdat algen toch wel specifieke eigenschappen bezitten en een grote groep beslaan, behandelen we ze in dit overzicht apart.

2.5.2 Eetbare algen

Het nuttigen van zeewieren als voedsel heeft zijn wortels in Aziatische landen, zoals China, Japan en Korea, maar de vraag naar eetbare zeewieren heeft zich nu ook verspreid naar Noord- en Zuid-Amerika en Europa (McHugh, 2003).

In zijn rapport ‘The Algal Industry Survey’ stelt Edwards dat de interesse voor algen als voedselbron de aanzet was voor heel wat onderzoek na elke wereldoorlog, maar dat productieproblemen en -kosten hier telkens een einde aan maakten. Door de stijgende voedselprijzen en de zoektocht naar alternatieve eiwitbronnen, komt algenproductie en consumptie weer in beeld.

Het uitgebreide artikel van Kerkvliet (2001) geeft een zeer goed overzicht van het gebruik van algen en zeewieren als voedingssupplement en levensmiddel in Nederland en de eventueel nuttige en schadelijke effecten die de consumptie van deze producten op de gezondheid kan hebben.

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen microalgen (meestal verhandeld als voedingssupplement in tabletvorm) en zeewieren die al of niet gedroogd als zeegroenten verkocht worden.

Volgens Kerkvliet (2001) zijn de voornaamste in Nederland geconsumeerde zeewiersoorten: zeesla (*Ulva rigida*, *U. lactula*, *Monostroma* sp.), AO Nori (*Enteromorpha* sp.), kelp en kombu (*Laminaria* sp.), wakame (*Undaria pinnatifida*), hijiki (*H. fusiforme*), zeespaghetti (*Himantalia elongata*), arame (*Eisenia bicyclis*), knotswier (*Ascophyllum nodosum*), blaaswier (*Fucus vesiculosus*), nori (*Porphyra* sp.) en dulse (*Palmaria palmata*). De consumptie van zeewier ligt in Nederland op ongeveer 6.500 kg gedroogd en 2.000 kg vers per jaar. De wieren zijn afkomstig uit Japan en Bretagne. Er wordt ongeveer 10.000 kg gedroogde kelpwieren geconsumeerd (in de vorm van tabletten), afkomstig uit de Noordelijke IJszee, IJsland en Noorwegen (Kerkvliet, 2001).

De microalgen die in Nederland gebruikt worden zijn chlorella (*Chlorella* sp.) en spirulina (*Arthrospira platensis*). In Nederland wordt ongeveer 25.000 kg spirulina (uit de V.S en Frankrijk) en 5.000 kg chlorella (uit Taiwan en Japan) per jaar gebruikt (Kerkvliet 2001).

Gezien de diversiteit van de algen die als voedingsmiddel geconsumeerd worden zijn de nutritionele aspecten van algen natuurlijk ook niet eenduidig.

2.5.3 De algenindustrie

Het overzichtsrapport “A guide to the seaweed industry” van de Food and Agriculture Organization van de Verenigde Naties biedt een goed inzicht in wereldwijde industrie die gebaseerd is op de oogst of kweek van wieren (McHugh, 2003).

Zeewieren kunnen uit de zee geoogst worden maar worden nu steeds meer gecultiveerd. De totale jaarlijkse waarde van de productie wordt geschat op bijna 6 miljard US dollar, waarvan 5 miljard US dollar voedingsproducten voor menselijke consumptie zijn. Het totale jaarlijkse gebruik door de mondiale zeewierenindustrie bedraagt ongeveer 8 miljoen ton natte zeewieren. China is de grootste zeewierenproducent, gevolgd door Korea en Japan, maar zeewieren worden nu in alle continenten geproduceerd (McHugh, 2003).

Over de mogelijkheden voor wierenproductie als alternatieve of nieuwe voedselbron blijft de berichtgeving vooralsnog beperkt. Edwards wijdt in zijn boek ‘Green Algae Strategy’ wel een hoofdstuk aan hoe algaculture duurzaam voedsel zou kunnen opleveren. Hij stelt:

Algaculture produces food, fuel, coproducts and pollution solutions sustainably without sacrificing cropland, fresh water or fossil fuels and provides a positive ecological footprint. Algaculture applies a seemingly novel but actually nature’s ancient strategy for growing food; water based plants with special characteristics. (2008, 65)

Bij algaculture is geen gebruik van akkergrond nodig, zoet water of fossiele brandstoffen. Het produceert voedsel of brandstof door middel van zonlicht, afval water of zout water en zonne-energie. Het plant zich zeer snel voort en de productie ervan is weer- en plaatsonafhankelijk. Echter, volgens Edwards moeten nog drie kernzaken opgelost worden, vooraleer algen als oplossing voor duurzaam voedsel kunnen dienen:

- 1) Biomassaproductie op grote boerderijen op een commerciële schaal.
- 2) Biomassaproductie op kleine schaal met weinig technologie voor woningen, gemeenschappen en dorpen.
- 3) Het oplossen van de moeilijkheden met betrekking tot celwanden, om lipide- en proteïne-extractie en verteerbaarheid voor mensen en dieren makkelijker te maken.

Als dit in de komende jaren opgelost wordt, “algae will be ready to serve as a sustainable food because it is robust, resource efficient and farmers can be trained to grow it easily”.

Vooralsnog lijkt gebruik van algen als alternatieve brandstof echter het debat omtrent de mogelijkheden van algenproductie te overheersen en wordt minder aandacht besteed aan algen als voedsel. Zo lag de klemtoon op het internationale congres ‘Algae World’ eind april 2009 in Rotterdam volledig op de mogelijkheden die de productie van algen (microalgen) voor biobrandstof levert en de wereldwijde ontwikkelingen in dit domein. Edwards stelt in ‘The Algal Industry Survey’ (2009) dat er eigenlijk weinig bekend is over de algenindustrie. Drie redenen liggen hieraan ten grondslag. Ten eerste bestaat de industrie nog niet zo lang en ze is dus relatief jong. Een doorwegende oorzaak is dat wegens intellectuele eigendomsrechten onderzoekers die werken voor deze industrie hun onderzoeks- en productiedata niet mogen verspreiden, wat wetenschappelijke samenwerking en uitwisseling van gegevens verhindert. Ten slotte zijn er ook bedrijven die met overdreven of verdraaide boodschappen investeerders willen aantrekken, en de eigenlijke productiecijfers geheim houden.

Niettemin werd begin 2009 in Nederland een congres georganiseerd dat volledig gewijd was aan het gebruik van algen in voeding. Thematisch kwamen deze vragen daarbij aan bod (Algen in Voeding, 2009):

- Cradle to Cradle met algen;
- Algen bieden kansen voor productontwikkeling;
- Toepassingen in de voedingsmiddelenindustrie;
- Hoor wat de mogelijkheden van algen voor uw bedrijf zijn.

De organisatoren kondigden het congres als volgt aan: “Algen zijn in, ze heten het nieuwe goud. De sterkste groei zit in de toepassing van algen als brandstof, maar ook voor productontwikkelaars in de voedingsmiddelenindustrie heeft het nuttige toepassingen. Algen halen bij groei koolstofdioxide uit de lucht en leveren ingrediënten voor voedsel, medicijnen, vitamines en vetzuren, waaronder het waardevolle omega-3-vetzuur.” Hierbij werd ook een bezoek aan de algenkwekerij Ingrepro in Borculo geïncorporeerd, de grootste algenkweker van Europa (Feenstra, 2008).

Een voorbeeld van een commerciële toepassing van gebruik van algen in voeding vinden we bij Campina. In 2005 lanceerde Campina de vleesvervanger Valess gemaakt van melkeiwitten en alginaat. Hun product wordt ook wel een “zuivel schnitzel” genoemd (den Hertog, 2007). Op hun website wordt het product als volgt omschreven (Valess.nl):

“Valess is van nature rijk aan zuiveleiwitten, onverzadigde (dus goede) vetten en is door ons verrijkt met vitamines en ijzer. De sappige textuur en heerlijke smaak dankt Valess aan de toevoeging van kruiden en algenextract. Hoewel Valess geschikt is voor vegetariërs, vind je onze producten in het vleeschap. ... Het Nederlandse bedrijf Campina kocht de octrooirechten en introduceerde het product in februari 2005 op de Nederlandse markt. Inmiddels is Valess in 10 verschillende varianten bij alle grote supermarkketens verkrijgbaar. Valess veroverd momenteel ook de Belgische, Duitse en Zwitserse markt. “

3 De consument kiest

De consument is geen statisch gegeven, maar verandert voortdurend in zijn wensen en verlangens. Een duidelijke verandering in de afgelopen decennia is bv. een stijging in de consumptie van verwerkte maaltijden (Olsson, 2008). Er is een gefragmenteerde relatie tussen voeding en de consument: er zijn meer keuzeparameters (producten, bereidingen, settings) en er is meer tijdsgebonden consumptiegedrag. Enerzijds wordt eten meer een publiek fenomeen (meer maaltijden buitenshuis), anderzijds is er ook een trend naar meer actieve betrokkenheid op de productie en verwerking van voeding (hobby farms, zelf koken).

De consumentencultuur is met andere woorden niet statisch. Het veranderende consumptiepatroon bij de consument vloeit voort uit een wisselwerking tussen zijn eigen veranderende vraag en het wijzigend aanbod vanuit de productie en distributie. De vraag kan het aanbod sturen, maar een gewijzigd aanbod kan met goede marketing ook de vraag mee vorm geven. Deze wisselwerking tussen vraag en aanbod kan natuurlijk ook nog van overheidswege via diverse kanalen (campagnes, aanbevelingen, voorzieningen) gestuurd worden. Begin 2009 publiceerde de 'Working Party on Agricultural Policies and Markets' van de OECD een rapport over beleidsinitiatieven m.b.t. dieet, gezondheid en voeding (OECD, 2009). Het geeft de resultaten van een survey die naar de Ministers van Voedsel en Landbouw van OECD landen werd gestuurd. De meeste aandacht gaat naar volgende activiteiten. Ten eerste, consumenten meer informatie geven over dieet en gezondheid zodat ze beter onderbouwde beslissingen kunnen nemen over hun voeding. Ten tweede een verhoogde consumptie van fruit en groeten promoten, in het bijzonder bij kinderen.

De consument heeft het potentieel om via zijn aankoopgedrag de productie in een andere richting te sturen. 'De consument' bestaat natuurlijk niet, maar ontwikkelingen in het aankoopgedrag van alle consumenten samen leiden tot nieuwe trends en andere consumptiepatronen. Het potentieel ligt hierbij natuurlijk in de kracht van de massa: als maar een kleine groep er een ander voedingspatroon op nahoudt zal dit niet veel impact hebben en slechts een kleine nichegroep blijven. Als het een grotere groep is of wordt, heeft de productiesector hier een nieuwe afzetmarkt en gaat hij inspelen op de wensen van de 'andere' of 'nieuwe' consument. Die nieuwe of andere producten groeien dan snel uit tot mainstream producten en vinden makkelijker opvolging bij andere consumenten. Op die manier kan de consument zelf een bijdrage leveren aan het verminderen of milderden van de negatieve effecten van dierlijke productie.

Zo zijn er diverse studies die de mogelijke impact van een ander consumptiepatroon op de uitstoot van broeikasgassen berekend hebben. Deze studies willen aantonen hoe een ander gedrag van de consument er mee toe kan bijdragen dat de negatieve effecten van dierlijke eiwitproductie omgebogen worden, als men ervan uitgaat dat een ander consumentengedrag wel degelijk de overeenstemmende verandering in productie met zich meebrengt.

Een rapport over de bijdrage van vleesconsumptie in het Verenigd Koninkrijk aan de klimaatsverandering (van Beukering *et al.*, 2008) stelt dat de veeteelt en de vleesconsumptie één van de belangrijkste bronnen is van broeikasgassen. Het rapport focust op de directe en indirecte uitstoot van broeikasgassen door vleesconsumptie. De grootste impact is indirect door ontbossing voor veevoederproductie. In vergelijking met diverse andere opties om de CO₂-emissie te reduceren, wordt vleesvermindering en minder vleesproductie als zeer effectief aangeduid. In Tabel 11 wordt het resultaat van de berekeningen van diverse maatregelen beknopt weergegeven, volgens zeven scenario's, waarbij in scenario 1 alle

Britten één dag in de week geen vlees eten tot scenario 7 waarbij zeven dagen op zeven geen vlees wordt gegeten. Door één vleesloze dag in de week zou zo 13 miljoen ton CO₂ minder uitgestoten worden. Om datzelfde effect te bereiken zouden de Britse auto's 70 miljard kilometer minder moeten rijden, gemeten volgens een efficiëntie van 186 gram per km. Met een gemiddelde kilometerstand van 13.679 km zouden aldus 5,1 miljoen auto's van de weg moeten worden genomen om hetzelfde effect van CO₂ vermindering te verkrijgen, als één vleesloze dag in de week (van Beukering *et al.*, 2008).

Tabel 11: Reductie van CO2 emissies door het verminderen van vleesconsumptie en equivalente alternatieve opties.

Vleesloze dagen (dag)	Emissie reductie (miljoen ton)	Aantal auto's (miljoen)	Aantal lampen (miljard)	Heen terug reizen London-Ibiza (reizen per persoon)	Huiselijke maatregelen
1 dag	13	5,1	0,9	0,6	Boiler
2 dagen	26	10,2	1,7	1,2	Boiler en verwarmingscontrole
3 dagen	39	15,3	2,6	1,8	Alle maatregelen
4 dagen	52	20,4	3,5	2,4	-
5 dagen	65	25,5	4,3	3,0	-
6 dagen	78	30,7	5,2	3,6	-
7 dagen	91	35,8	6,1	4,2	-

Bron: Van Beukering *et al.* (2008)

Ook in Nederland werd onderzoek gevoerd naar de gevolgen van verminderde vleesconsumptie voor de broeikasgasuitstoot en kosten van klimaatbeleid (Stehfest *et al.*, 2008). Er werden vier theoretische varianten gemaakt op basis van een projectie van de Wereldgezondheidsorganisatie voor de periode 2000-2050. Gebruikmakend van het IMAGE-model wordt geconcludeerd dat een mondiale afname van vleesconsumptie, of een volledige overgang naar een vegetarisch dieet een behoorlijke bijdrage kan leveren aan vermindering van broeikasgasemissies. Dit komt vooral door het sterke effect op landgebruik en de koolstofcyclus, voornamelijk via een sterke daling van het mondiale graslandareaal, en door de vermeden emissies van methaan en lachgas.

De vermindering van broeikasgasemissies kan dus een motiverende factor zijn bij de consument om aan vleesmatiging te doen. De consument laat zich echter niet leiden door één motivatie bij de bepaling van zijn aankopen. Consumptiepatronen en culturele identificatiepatronen rond voeding zijn veel ingewikkelder geworden dan vroeger. De aankoop van voeding door de consument is ingegeven door een complex beslissingsproces. Zowel economische motieven, identiteitsfactoren, politieke en ethische overwegingen en hedonistische motieven spelen hierbij een rol.

Smaak en prijs zijn beslissende koopedeterminanten. Tot voor kort nam de betaalbaarheid van voeding toe. De recente prijsstijgingen hebben echter een impact op de minder koopkrachtige consument.

De consument laat zich in zijn aankopen ook leiden door gezondheidsargumenten. Onderzoek wijst uit dat de meerderheid zich bewust is van de gezondheidsdimensie van voeding, maar niettemin blijkt 30% er niet in geïnteresseerd. Niettemin wordt in bijna de helft van de reclamespots op TV over voedingsproducten gebruik gemaakt van het element 'gezondheid'. Dit bleek uit een onderzoek van 3.210 reclamespots die getoond werden op Vlaamse tv-zenders. Spots die zich richten op gezonde voedingsproducten zijn vooral voor volwassenen

bestemd (Bogaerts, 2008). In de ontwikkelde landen leeft de consument in een obesogene omgeving en wordt te weinig aan beweging gedaan. Anderzijds is de consument wel meer alert voor de samenstelling van voeding, bv. als het gaat over verrijkte producten.

Kwaliteit en veiligheid zijn onlosmakelijk verbonden voor de consument. Dit kan bestempeld worden als het fenomeen van een no-risk maatschappij: de consument aanvaardt geen enkel mankement wat zijn voeding betreft. Het kwaliteitsaspect wordt bij de consument vormgegeven door diverse aspecten: een ongeschonden en uniform uitzicht, contaminatie met niet-natuurlijke of toegevoegde stoffen maar ook voedingsadditieven, de samenstelling, de herkomst, de productiemethode, het transport, de ecologische voetafdruk en ethische overwegingen.

Ook productiewaarden (bv. fair trade), productiemethoden (bv. dierenwelzijn, biologisch) en herkomst (land van oorsprong, voedselkilometers) spelen een rol in het aankoopgedrag van de consument.

De motieven voor duurzame voeding en de motieven voor gezonde voeding zijn al uitvoerig bestudeerd. Onderzoek wees ook uit dat er een significante relatie is tussen een gezond voedingspatroon en keuze voor duurzame voedingsproducten (Avermaete & Mathijs, 2008).

Audrey Eertmans van de Onderzoeksgroep voor Stress, gezondheid en welzijn van de Katholieke Universiteit Leuven wou in haar doctoraatsonderzoek een antwoord vinden op de concrete vragen: waarom eten verschillende mensen om verschillende redenen? En waarom maakt iemand verschillende keuzes in verschillende situaties? Iemand die door de band weloverwogen voor gezonde voeding kiest, kan toch soms zijn principes overboord gooien. Eertmans probeerde daarom bij verschillende bevolkingsgroepen de voedselkeuzemotieven te meten. Dat zijn er ruimweg negen: gezondheid, stemming, bereikbaarheid en bereidingsgemak, smaak, natuurlijke ingrediënten, prijs, gewichtscontrole, ethische overwegingen en vertrouwdheid. (Eertmans, 2006a). Een van de bevindingen uit haar onderzoek is dat in tijden van voedselschaarste ons lichaam van nature ingesteld is op calorierijke, hongerstillende producten. Het is een overlevingsstrategie die in een maatschappij van overdaad helaas geen nut meer heeft. Maar het is wel de reden waarom je als je met honger gaat winkelen, meer vette, zoute en andere ongezonde voedingswaren koopt, of waarom je bij een late middaglunch met hongergevoel eerder kiest voor een broodje met mayonaise dan een licht slaatje (Eertmans, 2006b).

De website futurefood.org (zie hoofdstuk Novel Protein Foods) geeft een aantal criteria waaraan vleesvervangers, non-zuivel melkdranken en kweekvlees moeten voldoen vooraleer ze aanvaard worden door consumenten. Ze moeten een aantal voordelen bieden om succesvol op de markt te zijn.

- Smaak: Future food moet beter of op zijn minst zo goed smaken als vlees, zuivelproducten en eieren. De alternatieven moeten de smaakvoorkeur van de meerderheid van de bevolking bevredigen.
- Prijs: Future food moet goedkoper zijn dan vlees, zuivel of eieren. Deze producten worden nu echter goedkoper aangeboden dan hun werkelijke productieprijs.
- Marketing/doelgroepen/reclame: Future food moet de meerderheid aanspreken. Men moet mikken op ruime doelgroepen en niet enkel nichegroepen als vegetariërs of gezondheidsbewuste consumenten aanspreken.
- Gezondheid: Future food moet gezonder zijn dan dierlijke producten.
- Bewaarbaarheid en hygiëne: Veel plantaardige eiwitalternatieven hebben een langere bewaarbaarheid dan dierlijke producten. Daardoor kunnen veel kosten uitgespaard

worden in het productieproces, transport en verkoop (bv. geen of minder koeling nodig)

Met de vermelding van deze onderzoeken over de consumentencultuur pretenderen we zeker geen exhaustief overzicht gegeven te hebben van de vele onderzoeken die hierover reeds gebeurd zijn. Wanneer nagedacht wordt over het in productie brengen van alternatieven voor dierlijke eiwitten is de consument (de vraagzijde, de afnemer van zijn producten) een actor die niet buiten beschouwing gelaten mag worden. De productie moet rekening houden met wat er in de maatschappij en bij de consument leeft, en kan voor een stuk ook de vraag van de consument gaan sturen.

4 Nabeschuwing: kans of bedreiging voor de Vlaamse landbouwer?

Uit bovenstaand overzicht is gebleken dat veel alternatieve eiwitbronnen of eiwitproducten voor menselijke consumptie in het buitenland ontwikkeld werden, of dat het onderzoek rond nieuwe eiwitbronnen zich in het buitenland afspeelt. We vinden in Vlaanderen geen onderzoeksinitiatieven die uitgebreid op deze materie focussen (de ontwikkeling van novel protein foods en kweekvlees, productie van insecten en algen voor menselijke consumptie, de houding van de consument tegenover deze ontwikkelingen, etc.). De consument is hierbij natuurlijk slechts één actor in het hele proces. Daarnaast spelen ook producenten, voedingsbedrijven, belangenorganisaties, de onderzoekswereld en de overheid hun rol in het stimuleren, ontwikkelen en implementeren van innoverende producten.

Bovenstaande beschrijving leidt onvermijdelijk naar de vraag wat deze ontwikkelingen kunnen betekenen voor de huidige en toekomstige Vlaamse landbouw.

Enerzijds kunnen deze ontwikkelingen als een bedreiging voor de huidige Vlaamse landbouw gepercipieerd worden. Door bv. wijzigende consumptiepatronen en door de invoer van alternatieve eiwitbronnen die voornamelijk in het buitenland ontwikkeld en geproduceerd worden, zou de binnenlandse afzet van Vlaamse (vlees)producten onder druk kunnen komen te staan. In een (voorlopig toch) hypothetisch scenario zou kweekvlees binnen enkele jaren gecommmercialiseerd worden en op de markt gebracht worden. Een succesvolle vermarkting zou ertoe kunnen leiden dat kweekvlees een aanzienlijke plaats inneemt op de ‘vleesmarkt’ en de wereldwijde vraag naar ‘klassiek vlees’ sterk doet afnemen, zodat ook de exportmarkt van Vlaamse vleesproducten onder druk zou kunnen komen te staan.

Anderzijds kunnen deze ontwikkelingen ook als kansen voor de Vlaamse landbouwsector beschouwd worden. Zoals in de inleiding werd beschreven, staat de veeteelt op diverse fronten onder druk (milieuproblematiek, dierenwelzijn, voedselvoorziening, derdewereldproblematiek, etc.). De teelt of kweek van deze alternatieve eiwitbronnen (algen, insecten, grondstoffen voor NPF's en in de toekomst misschien kweekvlees) kan hier dan ook voor de Vlaamse landbouwer kansen bieden om het over een andere boeg te gooien en om een nieuwe markt aan te boren.

Diverse items moeten bij de potentiële invoering of toepassing van de productie van bovenstaande alternatieven in beschouwing genomen worden.

- De technische potentie om in Vlaanderen eiwithoudende gewassen te telen die dienen voor NPF's (soja, lupines, funghi, etc.) en om insecten en algen voor humane consumptie te kweken.
- De rentabiliteit van dergelijke teelten en kweek.
- De milieu-impact en ecologische impact van dergelijke teelten (in vergelijking met vleesproductie).
- De tewerkstellingskansen.
- Perceptie en bereidwilligheid van de landbouwer/de sector voor omschakeling (belemmerende factoren, stimulerende factoren).
- Definiëring en rangschikking van sectoren, bedrijfstypes, etc. waar zich mogelijkheden voor omschakeling stellen.

Een gemis aan onderzoek, expertise en toepassingen over deze alternatieve eiwitbronnen zou ertoe kunnen leiden dat Vlaanderen niet voorbereid is op veranderingen die zich op middellange termijn mogelijk aandienen.

5 Samenvatting

De veeteelt wordt vanuit verschillende kanten onder vuur genomen. Om redenen van gezondheid, dierenwelzijn, globalisering, milieuhygiëne en impact op derdewereldlanden en de globale voedselvoorziening wordt gesteld dat de huidige manier waarop dierlijke eiwitten geproduceerd worden niet duurzaam is. Enerzijds kan geprobeerd worden om deze negatieve gevolgen te milderen en bijvoorbeeld de bijdrage van veeteelt aan de uitstoot van broeikasgassen terug te dringen. Ook op vlak van milieuhygiënische problemen worden diverse technieken verder ontwikkeld en worden inspanningen geleverd. Via gezondheidsaanbevelingen proberen sommige overheden van geïndustrialiseerde landen de overmatige consumptie van dierlijke eiwitten terug te schroeven.

Anderen gooien het over een totaal andere boeg en zoeken naar oplossingen die de klassieke paden van dierlijke eiwitproductie verlaten. In dit rapport geven we een overzicht van een aantal van deze ontwikkelingen. We bekijken wat onder ‘Novel Protein Foods’ (nieuwe eiwit voedsel) wordt verstaan en welke ontwikkelingen en toepassingen hier mogelijk zijn. Ook de productie van ‘kweekvlees’ of in vitro vlees wordt door sommigen als een mogelijk alternatief naar voren geschoven. Insecten vormen in grote delen van de wereld een integraal onderdeel van het dieet. Sommigen zien insecten dan ook als een mogelijk alternatieve eiwitbron in een Westers dieet. Ten slotte lichten we enkele ontwikkelingen toe met betrekking tot de mogelijke toepassingen van algen of wieren.

Sommige van deze producten zijn al gecommercialiseerd en hebben een behoorlijk aandeel op de markt verworven (bv. sommige NPF’s). Andere, zoals kweekvlees, zitten nu nog volop in de onderzoeksfase en zijn (voorlopig) nog toekomstmuziek.

De succesvolle introductie of ontwikkeling van deze alternatieve producten hangt van heel veel zaken af. De wisselwerking tussen producent en consument is hier doorslaggevend.

De ontwikkeling en toepassing van nieuwe eiwitbronnen van menselijke consumptie kan enerzijds als een bedreiging, maar anderzijds ook als een kans voor de Vlaamse landbouw gezien worden.

Op onderzoeksvlak staat Nederland al redelijk ver. Verschillende onderzoeksgroepen zijn actief in dit domein. In Vlaanderen zijn geen bekende onderzoeksinitiatieven die uitgebreid op deze materie focussen.

6 Bronnenmateriaal

Adriaens T. & Gysels J. (2002) Veelkleurig Aziatisch lieveheersbeestje *Harmonia Axyridis*, van biologische bestrijder tot pestsoort, *Natuur.focus*, 1/4, 148-152.

Aiking H., de Boer J. & Vereijken J. (reds.) (2006) *Sustainable Protein Production and Consumption: Pigs or Peas?*, Springer, Dordrecht.

Algen in Voeding (2009) *Algen in Voeding. Gezond en duurzaam*, Congres 25 maart 2009 <http://www.vmt.nl/index.php?page=bijeenkomst&id=1497>.

Appleby M.C. (2008) *Eating our future. The environmental impact of industrial animal agriculture*, WSPA - World Society for the Protection of Animals, London.

Avermaete T. & Mathijs E. (2008) *Sustainable food versus health concerns*, EAAE 2008 Congress, 12th Congress of the European Association of Agricultural Economists.

Banse M., Nowicki P. & van Mejl H. (2008) *Waarom zijn de huidige wereldvoedselprijzen zo hoog?*, LEI Wageningen UR, Wageningen, Rapport 2008-043.

Bastiaens A., Mathijs E., Stoefs E., Wauters E. Crabbé C., Janssens B., Lefevere S., Naets L., Tahon N., Rainchon I., Vrijens J., Vromman S., Coene H. (2008) *Lekker gegeten, goed geweten. Resultaten van een onderzoek naar de barrières van een duurzamere voedingsconsumptie*, Afdeling landbouw- en voedsel economie, Katholieke Universiteit Leuven, Gezinsbond, Netwerk Bewust Verbruiken, Velt, Ecolife & Vredeseilanden.

Benjaminson M.A. Gilchrist, J., & Lorenz, M. (2002). *In vitro* edible muscle protein production system (mpps): stage 1, fish. *Acta Astronautica*, 51/12,:879-889.

Bindraban P.S., Burger C.P.J., Quist-Wessel P.M.F. & Werger C.R. (2008) *Resilience of the European food system to calamities*, Wageningen UR, Wageningen, Report 211.

Blonk H., Kool A., Luske B. (2008) *Milieueffecten van Nederlandse consumptie van eiwitrijke producten. Gevolgen van vervanging van dierlijke eiwitten anno 2008*, Blonk Milieu Advies BV, Gouda

Booij A. (2006) Vlees uit een printer, *VeeteeltVlees*, januari 2006, 12-13.

Bogaerts S. (2008) Gezondheid centraal in reclamespots over voeding, *Vilt*, 11 juli 2008.

Bras W. (2007) *Zeewierplantage produceert biomassa*, Nieuwsbericht Wageningen UR, 15 november 2007. <http://www.wageningenimares.wur.nl>.

de Bakker H.C.M., Dagevos J.C., Spaargaren G. (2008) *Duurzaam consumeren. Maatschappelijke context en mogelijkheden voor beleid*, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen, Rapport 71.

DeFoliart G.R. (1999) Insects as Food: Why the Western attitude is important, *Ann. Rev. Entomol.*, 44, 21, 21-50.

De Meyere V. & Jones P.T. (2008) *Bouwstenen voor een duurzaamheidstransitie in onze voeding*, Argusmilieumagazine, 6/4, 15-21.

den Hertog M. (2007) Worst zonder vlees, *Carrière*, oktober 2007, 24-26.

Devriese S., Huybrechts I., Moreau M. & Van Oyen H. (2006) *De Belgische Voedselconsumptiepeiling 1 – 2004*, Afdeling Epidemiologie, Wetenschappelijk Instituut Volksgezondheid, D/2006/2505/17, IPH/EPI REPORTS N° 2006 – 016, Brussel

Duquesne B., Matendo S. & Lebailly P. (2006) *Evolution de la consommation alimentaire en Belgique et en Région wallonne*, Observatoire de la Consommation Alimentaire, Unité d'Economie et de Développement rural, Faculté universitaires des Sciences agronomiques de Gembloux.
http://www.observatoire-consommation.be/docs/Evolution_de_la_consommation_alimentaire.pdf

Edelman P.D. (2003) *In vitro meat production*, 17 november 2003.
<http://www.new-harvest.org/img/files/Edelman.pdf>

Edelman P.D., McFarland D.C., Mironov V.A. & Matheney J.G. (2005) *In vitro-cultured meat production*, *Tissue Engineering*, 11/5/6, 659-661.

Edelman P.D., McFarland D.C., Mironov V.A. & Matheney J.G. (s.d.) *In vitro cultured meat production*.
<http://www.new-harvest.org/img/files/Invitro.pdf>

Edwards M. (2008) *Green Algae Strategy*. End Biowar I and Engineer Sustainable Food and Biofuels, Lulu Press, Tempe Arizona.
http://alexthiller.com/agribusiness_resource/green_algae_strategy_paper.pdf

Edwards M. (2009) *The algal industry survey. A white paper by Dr. Mark Edwards*, In association with the Centre for Management Technology, February 2009.
<http://www.futureenergyevents.com/algae/survey>

Eek A. (2005) *Biefstuk uit het buisje*, Kennislink.
<http://www.kennislink.nl/publicaties/biefstuk-uit-het-buisje>

Eertmans A. (2006a) *Eten: waarom we niet altijd kiezen voor gezond*, Persbericht KULeuven,
http://www.kuleuven.be/nieuws/berichten/2006/pb05_07_2006.html.
 doctoraatsonderzoek: Sensorieel-affectieve en andere determinanten van voedselkeuze: hun relatieve belang en variabiliteit over individuen en situaties

Eertmans A. (2006b) *Honger doet kiezen voor ongezond eten*, *Vilt*, 7 juli 2006.

Engwerda J. (2009) *Minder veredeling eiwithoudende gewassen*, *Agrarisch Dagblad*, 2 december 2009.

EVA Ethisch Vegetarisch Alternatief (2009) *Vleesvervangers*.
http://www.vegetarisme.be/index.php?option=com_content&view=article&id=228&Itemid=192.

FAO (2003) *World Agriculture: towards 2015/2030. An FAO perspective*, ed. by Bruinsma J., Earthscan Publications Ltd, London.
<http://www.fao.org/docrep/005/Y4252E/y4252e00.HTM>

FAO (2004) *Contribution des insectes de la forêt à la sécurité alimentaire. L'exemple des chenilles d'Afrique centrale*, Organisation des nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation, Programme des produits forestiers non ligneux, Document de travail n°1.
<http://www.fao.org/docrep/007/j3463f/j3463f00.htm>

FAO (2004) *Edible insects, important source of protein in central Africa. Nutritious, income generating, biological pest control*, *FAO Newsroom*.
<http://www.fao.org/newsroom/en/news/2004/51409/index.html>.

FAO (2008) *Beatly bugs or edible delicacies. Workshop considers contribution of forest insects to the human diet*, *FAO Newsroom*. <http://www.fao.org/newsroom/en/news/2008/1000791/index.html>

FAO (2008) *Forest Insects as food: humans bite back*, *Forest News*, XXII/1, 1-3.
http://www.fao.org/world/regional/rap/tigerpaper/Paper/TP35_1_FN.pdf

Feenstra (2008) *De alg gaat Nederland veroveren. Ingrepo uit Borculo zoekt veehouder voor revolutionaire kringloopteelt*, *Nieuwe Oogst*, 31 mei 2008.

Geerling-Eiff F., Sijtsma L. (2005) *Scheppen van ruimte. Beelden over marktkansen voor nieuwe microbiële eiwitbronnen: Research guidance, de rode draad bij systeeminnovaties*, Nota 358, Plant Research International B.V., Wageningen, juli 2005.

Haagsman H. (2007) De koe moe? Hier zijn de alternatieven, interview in *P-magazine*, 18 december 2007, 50.

Hopkins P.D. & Dacey A. (2008) Vegetarian meat: could technology save animals and satisfy meat eaters?, *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 21/6, 579-596.

Irala-Estévez J. De, Groth M., Johansson L., Oltersdorf U., Prättälä R. & Martínez-González M.A. (2000) A systematic review of socio-economic differences in food habits in Europe: consumption of fruit and vegetables, *European Journal of Clinical Nutrition*, 54, 706-714.

Kerkvliet J.D. (2001) Algen en zeewieren als levensmiddel: een overzicht, *De Ware(n) Chemicus*, 31, 77-104.

Lawrence R.S., Walker P., Rhubart-Berg P., McKenzie S & Kelling K. (2005) Public health implications of meat production and consumption, *Public Health Nutrition*, 2005, 8, 4, 348-356.

Lavrijsen J. (2008) *Wetenschappelijk achtergronddocument: broeikasgasbesparing door Donderdag Veggiedag*, Planeetwerkgroep EVA vzw, augustus 2008.

Lindroth R.I. (1993) Food conversion efficiencies of insect herbivores, *Food Insects Newsletter*, 6/1, 9-11. http://www.hollowtop.com/finl_html/conversion.htm

McHugh D. (2003) *A guide to the seaweed industry*, FAO Fisheries Technical Paper 441, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome. <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4765E/Y4765E00.HTM>

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (2009) *Nota Duurzaam voedsel. Naar een duurzame consumptie en productie van ons voedsel*, Den Haag.

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (2009) *Aanbieding Beleidsagenda Duurzame voedselsystemen aan de Tweede Kamer*, Den Haag.

Morris B. (2008) Insects as food among hunter gatherers, *Anthropology Today*, 24, 1, 6-8.

OECD, Directorate of Trade and Agriculture (2007) *The Food Economy: Global Issues and Challenges*, 2nd Conference on the Policy and Research Agenda of the future food supply chain, The Future of the Food Economy.

Executive Summary: Frank Bunte, Johan Bakker and Huub Wilbrink

OECD, Directorate of Trade and Agriculture (2009) *Policy Initiatives concerning diet, health and nutrition*, TAD/CA/APM/WP(2008)10/FINAL.

OIVO (2007) *Stijgende vleesconsumptie: het milieu betaalt de prijs*, Brussels Observatorium voor Duurzame Consumptie, Brussel.

Olsson A. (2008) Comment: Lab grown-meat could ease food shortage; *New Scientist*, 9 juli 2008. <http://www.newscientist.com>

Paoletti M.G. (red.) (2005) *Ecological implications of inilivestock. Potential of insects, rodents, frogs and snails*, Science Publishers Inc., Enfield, New Hampshire.

Platteau J., Van Bogaert T. & Van Gijseghe D. (reds.) (2008) *Landbouwrapport 2008*, Departement Landbouw en Visserij, Brussel.

Pophin B.M. (2009) Reducing Meat consumption has multiple benefits for the World's Health, *Archives of Internal Medicine*, 169, 6, 543-545.

Postelmans K. (2006) Vlees noch vis? *Volkscrant Kenniscaf *, 18 april 2006.

- Raloff J. (2008) Insects. The original white meat, *Science News*, 173/18, 16-21.
- Roberts W. (2008) Eating Insects. waiter, there's no fly in my soup, *Alternatives Journal*, 34/1, 8-10.
- Sample I. (2002) Fish fillets grow in tank, *New Scientist*, 20 maart 2002.
<http://www.newscientist.com>
- Segers Y. (200X) *Voedselketen en vleesconsumptie in België, 20^{ste} eeuw*, Interfacultair Centrum voor Agrarische Geschiedenis, KULeuven, Leuven.
<http://www.kuleuven.ac.be/stedula/nl/agenda/voedselketenvleesconsumptie.pdf>
- Sijtsma L., de Reu J., Yang Z. & Janssens R. (1995) *De inventarisatie en selectie van eiwitbronnen voor Novel Protein Foods*, DTO werkdocument VN1, oktober 1995.
<http://www.dto-kov.nl/download/Dto-vn01.pdf>
- Sinha R., Cross A.J., Graubard B.I., Leitzmann M.F. & Schatkin A. (2009) Meat intake and mortality. A prospective study of over half a million people, *Arch. Intern. Med.*, 169/6, 562-571.
- Space Agriculture Task Force, Ishikawa Y., Takaoki M., Yamashita, M., Nakayama, S., Kiguchi, K., Kok R., Wada H. & Mitsuhashi J. (2008) Entomophagy: a key to space agriculture, *Advances in Space Research* 41/5, 701-705.
- Stehfest E., Bouwman A.F., Van Vuuren D.P., Den Elzen M.G.J., Eickhout B., Jeuken M., van Oorschot M., Kabat P. (2008) *Vleesconsumptie en klimaatbeleid*, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Bilthoven, PBL Rapport 500110004/2008.
- Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M., de Haan C. (2006) *Livestock's long shadow. Environmental issues and options*, Food and Agricultural Organisation of the United Nations, Rome.
- Stichting Historiek der Techniek (2009) *Biotechnologie en functional Foods*.
http://www.techniekinederland.nl/nl/index.php?title=Biotechnologie_en_functional_foods
- UGent (2008) *UGent-onderzoek bestudeert insecten als mogelijke functionele voeding tegen hoge bloeddruk*, 24 november 2008.
<http://www.ugent.be/nl/nieuwsagenda/nieuws/persberichten/insecten.htm/>
- van Beukering P., van der Leeuw K., Immerzeel D. & Aiking H. (2008) *Meat the Truth. The contribution of meat consumption in the UK to climate change*, Institute for Environmental studies, Vrije Universiteit Amsterdam.
- van Huis A. (2006) Insecten als voedsel, in: Huigens T. & de Jong P. (reds.) *Muggenzifters en Mierenneukers: insecten onder de loep genomen*, Laboratorium voor Entomologie. Wageningen Universiteit, pp. 246-255.
http://www.newspectives.nl/elijah/images/pdfs/insectenalsvoedsel_insectenmaatschappij.pdf
- van Huis A. (s.d.) Insecten als voedsel, webdocument.
<http://www.ent.wur.nl/NR/rdonlyres/5C44BDF0-D17E-4899-81B1-88AC43BAC340/11942/Insectenalsvoedsel.pdf>
- van Kasteren J. (2001) Op zoek naar andere eiwitbronnen, kennislink.nl.
<http://www.kennislink.nl/publicaties/op-zoek-naar-andere-eiwitbronnen>
- Vercruyse L., Smaghe G., Beckers T. & Van Camp J. (2009) Antioxidative and ACE inhibitory activities in enzymatic hydrolysates of the cotton leafworm, *Spodoptera littoralis*, *Food Chemistry*, 114/1, 38-43.
- Verkerk M.C., Tramper J., van Trijp J.C.M. & Martens D.E. (2007) Insect cells for human food, *Biotechnology Advances*, 25, 198-202.
- Vermeulen E. (2006) Vlees zonder dierenleed, *Natuurwetenschap & Techniek*, april 2006, 60-61.

Vrije Universiteit Amsterdam (2006) *Mensheid gediend met lagere vleesconsumptie. Minister Veerman ontvangt eerste boek met resultaten PROFETAS*, Persbericht, 3 april 2006.

Wilkinson K. & Elevitch C. (s.d.) Microlivestock, *The Overstory. Agroforestry ejournal*, 41, <http://www.agroforestry.net/overstory/overstory41.html>

X (2008) Verenigde Naties roepen op om meer insecten te eten, *Het Belang van Limburg*, 30 maart 2008.

7 Selectie internetsites

- 4) <http://www.bugsacademy.nl> (commercieel – biedt assortiment insecten aan)
- 5) <http://www.eetbareninsecten.nl>
- 6) <http://www.new-harvest.org/default.php> (in vitro-vlees)
- 7) http://www.hotlix.com/insect_candy/insect_candy.html (commercieel – insectenlolly's)
- 8) <http://www.slshrimp.com/>
- 9) (Sunrise Land Shrimp, commercieel – 'gourmet insects').
- 10) <http://www.meatless.nl/> (commercieel – vleesvervanger gemaakt van grondstoffen als lupine, rijst, caramel en tarwe)
- 11) <http://www.vivera.com> (commercieel, vleesvervangers obv soja, wortel of tarwe)
- 12) <http://www.futurefood.org> (Focuses on possibilities for replacing animal products with products that are not derived from animals.)
- 13) <http://invitromeat.org>. (An international alliance of environmentally concerned scientists striving to facilitate the establishment of a large-scale process industry for the production of muscle tissue for human consumption through concerted R&D efforts and attraction of funding to fuel these efforts.)
- 14) <http://algen.startpagina.nl/> (Diverse links over wieren).
- 15) <http://www.futureenergyevents.com/algae/survey/> Algae World, Rotterdam, April 27-28, 2009. ALGAE WORLD 2009 is a conference dedicated towards providing objective insights on the commercial production of Algae, with in-depth focus on the latest advances and constraints in Algae cultivation, harvesting & processing.
- 16) <http://www.techniekinNederland.nl> (Stichting Historiek der Techniek)
- 17) <http://www.dto-kov.nl/themas/main-voeden.htm#novel> (DTO Duurzame Technologische Ontwikkeling (gestopt in 2001) – overzicht van onderzoeken met betrekking tot Novel Protein Foods.)
- 18) <http://www.quorn.be> (commercieel. Quorn.)
- 19) http://www.ensa-eu.org/public/nl/index_nl.php (European Natural Soyfood Association)
- 20) <http://www.mycoprotein.org> (info basisbestanddeel van Quorn).