

Leven met Zout

5 jaar Blauwe Revolutie

Onlangs verscheen het boek 'Visserij op Zeeuwse grond: 5 jaar Blauwe Revolutie'. Deze uitgave van de Provincie Zeeland doet verslag van de transitie, vernieuwing en verduurzaming in de aquacultuur en visserij in Zeeland in de afgelopen vijf jaar: een beweging ingezet door ondernemers en onderzoekers, en doelbewust en ruimhartig ondersteund door provinciaal beleid.

In het boek passeert een groot aantal initiatieven de revue, zowel buitendijkse als binnendijkse. Een rode draad door al deze initiatieven is de speurtocht naar meer controle over de kweek van zeevoedsel en zilte gewassen, van de beschikbaarheid en kwaliteit van ei, larve en zaadje tot de kwaliteit van het eindproduct; van de voorbereiding van een broedhuis voor pootvis van tong en tarbot, het verhogen van het rendement van mosselzaad door het wegvangen van predatoren, tot de smaakbeïnvloeding van de oester middels een uitgekiend dieet van algen. Hoe ver staat het met de controle over productie en kwaliteit van commercieel interessante mariene soorten als platvis, schelpdieren, wormen, algen, wieren en zilte gewassen?

In de ontwikkeling naar meer controle over de productie van zeevoedsel en zilte gewassen heeft Stichting Zeeuwse Tong de afgelopen jaren een voorname rol gespeeld, zowel door de omvang als door de brede scope van haar activiteiten. Nu het laatste jaar van het Proefproject Zeeuwse Tong in zicht komt, is het nuttig en noodzakelijk de balans op te maken van zeven jaar onderzoek en ontwikkeling. Hoe ver zijn we gevorderd in kennis en inzicht, en in het valoriseren hiervan?

Deze vraag dringt des te meer nu zich binnendijks vestigingsmogelijkheden aandienen voor kwekers, waaronder het Kustlaboratorium en de locatie Colijnsplaat, en de eerste geïnteresseerde ondernemers zich melden. Het succes van deze pioniers zal mede afhankelijk zijn van de mate waarin zij kunnen rekenen op effectieve ondersteuning in de vorm van beschikbaarheid van goede en goedkope uitgangsmaterialen, adequate grondstoffen (waaronder voeders, meststoffen), efficiënte machines en werktuigen, en robuuste houderij-systemen. Hoever zijn we in de ontwikkeling hiervan, waar bevinden zich lacunes en wat zijn speerpunten voor een volgende stap in de ontwikkeling van een gecontroleerde productie van zeevoedsel en zilte gewassen?

Zeeuwse Tong

Het project Zeeuwse Tong ging officieel op 26 juni 2007 van start met de oprichting van Stichting Zeeuwse Tong. In een eerste fase van twee jaar werd de haalbaarheid van binnendijkse zoutwater aquacultuur beoordeeld vanuit verschillende invalshoeken: technisch-biologisch, economisch en als opgave voor ruimtelijke en maatschappelijke inpassing. De resultaten gaven aanleiding tot een tweede fase: het Proefproject Zeeuwse Tong dat eindigt einde 2013. Doel van het Proefproject is om onder realistische omstandigheden de technische en economische haalbaarheid van de innovatieve bedrijfsconcepten (het gemengd zilt bedrijf en de geïntegreerde nursery) te testen, om technische en economische kennis over de nieuwe bedrijfvormen te verwerven, en deze kennis vervolgens te verspreiden.

Voor het gemak zal hierna aan beide fasen gerefereerd worden met de term Project Zeeuwse Tong. Per teelt wordt in onderstaande de stand van kennis en techniek doorgenomen.

Kweek van tong

De kweek van zeetong vormt de focus van het Project Zeeuwse Tong. Belangrijke argumenten voor de keuze van tong waren: het natuurlijk voorkomen in onze delta, het economische belang van de soort voor de visserijsector, de hoge marktprijs, de aanwezigheid van afzetkanalen, en de beschikbaarheid van kennis van de kweek. Deze argumenten zijn nog steeds valide. Onder de vissoorten voorkomend in de Nederlandse kustwateren en de Noordzee zijn tong, tarbot en griet de soorten met een onverminderd hoge marktprijs en daarom aantrekkelijk voor kweek. Kennis van de kweek van tong is mede dankzij het project Zeeuwse Tong op essentiële punten sterk verbeterd. De uitdaging is om die kennis nu om te zetten in commerciële kweek.

Het model voor de productie van de Zeeuwse Tong gaat uit van 1. vermeerdering en kweek van pootvis binnen, goed geconditioneerd en gecontroleerd, en 2. de doorkweek van deze pootvis buiten, in zoutwater-doorstroomvijvers in combinatie met zagers, schelpdieren en zilte gewassen.

Uitgangsmateriaal

Commerciële kweek begint bij de beschikbaarheid van pootvis van goede kwaliteit en een acceptabele kostprijs. Het bestaande protocol voor de productie van pootvis is gebaseerd op voeding met een combinatie van *Artemia* en droogvoer op basis van vismeel en visolie. Met dit protocol kunnen honderdduizenden visjes per jaar geproduceerd worden. Duidelijk is evenwel dat de kwaliteit hiervan op een aantal punten verbeterd moet worden voor een rendabele kweek. De kennis en mogelijkheden zijn er om dit te realiseren.

Belangrijke tekortkomingen van de pootvis zijn: een trage ontwikkeling, een scheve man-vrouw verhouding, diverse pigmentatieafwijkingen, en een geringe tolerantie voor stress. Dit laatste bleek uit een zeer grote uitval na overzetten van de pootvisjes van de *nursery* naar de doorkweek. Een experiment nog in samenwerking met de voormalige tongkwekerij Solea BV gaf al aan dat deze hoge uitval fors verminderd kon worden door visjes te supplementeren met verse zagers. Sindsdien is de waarde van zagers in de voeding van pootvis van tong steeds duidelijker geworden: opkweek van tong vanaf het larvale stadium in zagervijvers resulteerde in twee opeenvolgende jaren (2011 en 2012) in een spectaculaire groei: in één zomerseizoen van 6 maanden bereikten visjes buiten een gewicht van gemiddeld meer dan 50 g. Met het protocol van Solea BV duurde dit, binnen, twee keer zo lang. Ook gecontroleerde voerproeven met doorkweek van vissen vanaf 50 g tot 400 g hebben de uitzonderlijk hoge voerwaarde van verse zagers bevestigd. Bij een optimale watertemperatuur is op een zagerdieet in 12 maanden tijds vanaf *hatching* een gewicht van 230 g haalbaar, terwijl daar in de kwekerij van Solea BV de dubbele tijd voor nodig was.

Uit onderzoek in het verleden was al bekend dat in de vrije natuur tonglarven voornamelijk leven van de larven van borstelwormen (waartoe zagers behoren) en copepoden. Het ligt dan ook voor de hand het bestaande protocol voor pootvisproductie te verbeteren door het gebruik van deze twee voedselsoorten. Belangrijk voordeel is dat met beide in Zeeland unieke ervaring bestaat: grootschalige productie van zagerlarven gebeurt routinematig door het bedrijf Topsy Baits; de grootschalige kweek van copepoden wordt momenteel ontwikkeld door Stichting Zeeschelp t.b.v. de productie van pootvis van tarbot. De voorbereiding van een coöperatief broedhuis voor tarbot en tong is dus een logisch vervolg op deze ontwikkelingen, mogelijk gemaakt dankzij een subsidie van OP-Zuid.

Een hardnekkig probleem in de kweek van platvis zijn pigmentatieafwijkingen. Deze betreffen zowel de rug- als buikzijde. De oorzaken hiervan zijn complex. Uit de recente literatuur komt het beeld naar voren van een uiting van stress. Dat zou betekenen dat verminderd dierwelzijn, als gevolg van inadequate voeding, slechte huisvesting of anderszins, tot abnormale pigmentatie aanleiding kan geven. Inadequate huisvesting speelt zeker een rol gegeven het feit dat de aanwezigheid van substraat abnormale pigmentatie van de buikzijde in sommige gevallen kan voorkomen. Opmerkelijk in dit verband is de waarneming dat tonglarven opgekweekt in zagervijvers na één groeiseizoen nauwelijks pigmentatieafwijkingen vertoonden. Voor de ontwikkeling van het coöperatief broedhuis betekent dit dat niet alleen aandacht nodig is voor de voeding, maar ook voor de omgeving waarin vislarven tot ontwikkeling komen.

Ook op het gebied van de voortplanting van tong heeft het Project Zeeuwse Tong belangrijke vooruitgang geboekt. Tot nu toe was de Noordzeetong een "wilde", d.w.z. niet-gedomesticeerde vissoort. De soort kon in gevangenschap worden voortgeplant en opgekweekt, maar de ouderdieren waren uit het

wild afkomstig. Anders dan de wilde ouderdieren bleken nakomelingen hiervan (G1 dieren) tot voor kort moeilijk tot voortplanting te komen. In een experiment waarbij diverse groepen ouderdieren gehouden werden bij een temperatuurregime met een lagere wintertemperatuur, bleken vissen wel tot productie van bevruchte eieren te komen. Een voldoende lage watertemperatuur gedurende enige maanden lijkt dus essentieel voor een succesvolle voortplanting. Deze veronderstelling zal in 2013 opnieuw getoetst worden.

Succesvolle voortplanting van G1 vissen opent de weg naar een selectieprogramma dat van generatie op generatie genetische verbetering van de populatie op zal leveren. Dit is cruciaal voor een commerciële kweek. Een dergelijk programma past uitstekend bij de vorming van een coöperatief broedhuis. Voorwaarde is een goede definitie van het houderijsysteem en daarmee verbonden de vaststelling van de criteria voor selectie. Resultaten van onderzoek tonen aan dat er een duidelijke interactie bestaat tussen genotype en houderijsysteem. Voor een vijverteelt kan dus een ander genotype (ras) nodig zijn dan voor een recirculatieteelt binnen. Selectie op groeisnelheid lijkt een voor de hand liggend criterium omdat een snellere doorgroei tot marktrijp gewicht de kweek van tong eerder rendabel zal maken.

Voeding

Uit onderzoek uit het verleden was al duidelijk dat tong een extreme soort is binnen het spectrum van platvissen: extreem qua gedrag, anatomie en fysiologie. Onderzoek binnen Zeeuwse Tong heeft dit beeld versterkt. Zo is tong extreem gevoelig gebleken voor verschillen in behandeling van het voedsel: verse zagers blijken het beste voedsel momenteel voorhanden, gevriesdroogde zagers hebben een zelfde waarde als verse, terwijl geblancheerde zagers niet veel beter zijn dan gangbaar visvoer.

Deze afhankelijkheid van niet of mild bewerkt voedsel vraagt om een fysiologische verklaring. Onderzoek binnen het Project Zeeuwse Tong heeft aangetoond dat het ijzermetabolisme hierbij mogelijk een rol speelt. Dit inzicht is van essentieel belang voor het samenstellen van adequate voeders voor tong. De receptuur daarvoor is momenteel in ontwikkeling. Welke ingrediënten van dierlijke en plantaardige herkomst bruikbaar zijn, zal nog moeten blijken. Duidelijk is dat een carnivore vis als tong een dieet met minimaal 50% eiwit vraagt. Ruwe plantaardige grondstoffen komen daarmee nauwelijks in aanmerking, eiwitconcentraten wel. Zagers voldoen ook aan deze eis maar hebben een aantal nadelen.

De vraag is in welk volume en tegen welke prijs zagers in de toekomst beschikbaar komen voor bereiding van een tongvoer. De marktprijs zal met name afhangen van de vraag naar zagers voor diverse toepassingen, terwijl de beschikbaarheid afhankelijk is van de groei van het areaal van binnendijkse kweek. Productie van zagers, al dan niet in mengteelt met andere soorten, vergt veel ruimte: met het huidige productieniveau in de orde van 1 – 2 kg vers product per m², is de opbrengst per ha 2-4 ton zager-drogestof per ha. Met een voederconversie van 1 (1 kg droog voer voor 1 kg tong) is de te verwachten visproductie dus van dezelfde orde: 2-4 ton per ha. Een productie van 100 ton tong puur op basis van een zagerdieet zou dus 25 – 50 ha vijverareaal vergen. Uit deze theoretische berekening is duidelijk dat de groei van het volume tong gekweekt op een dieet van uitsluitend zagers, op de korte termijn beperkt wordt door de groei van het productieareaal voor zagers. Hoewel dit tong geproduceerd op basis van zagers tot een exclusief (duurzaam) product kan maken, is het verstandig wegen te onderzoeken om de beperkte beschikbaarheid van zagers beter te benutten. Dat is in principe mogelijk door een mengvoer te ontwikkelen dat slechts voor een deel uit zagers bestaat.

De eerste ervaringen met een mengvoer op basis van zagers zijn teleurstellend. In een voederproef met voeders met verschillende niveaus van inclusie van zagers bleek dat het voer dat geen zagers bevatte, maar volgens de normen nutritioneel volwaardig was, zo slecht gegeten werd dat vissen vermagerden. Een toenemend zageraandeel verbeterde de groei, maar de maximale groei werd alleen bereikt op het dieet dat voor 100% uit zagers bestond. Een positief resultaat van dit experiment was de constatering dat gevriesdroogde zagers eenzelfde voedingswaarde hebben als verse zagers. Dat betekent dat milde vormen van drogen verse zagers om kunnen zetten in een droog product met dezelfde eigenschappen als verse zagers. Verbetering van de samenstelling van een mengvoer zal vooral gezocht moet worden in de kwaliteit van de overige, niet-zager, bestanddelen.

Machines en werktuigen

Aan het begin van het project werd als belangrijk technische knelpunt aangeduid de techniek van oogsten van tong uit vijvers. Aanvankelijk werd de oplossing gezocht in een aangepast pulskor-systeem. De technische en financiële bezwaren die hieraan kleven, waren aanleiding om het afvissen met fuiken uit te proberen. Bij een juiste keuze van het type fuik blijkt dit behoorlijk succesvol mits de

watertemperatuur niet te laag is. Mechanisatie van de visvangst is daarmee voorlopig geen prioriteit in de ontwikkeling van een vijverteelt.

Houderijsysteem

Het gangbare houderijsysteem voor platvis in Nederland, zoals ook toegepast door de voormalige tongkwekerij Solea BV, is een recirculatieteel. Daarbij worden vissen binnen gehouden in hoge dichtheid in gestapelde, ondiepe raceways zonder substraat. Door een intensieve waterbehandeling wordt het gebruik van water en ruimte geminimaliseerd. Zeeuwse Tong experimenteert met een andere houderijvorm: de kweek in zoutwatervijvers buiten, in mengteelt met zagers die het voedsel vormen voor de tong. Beide vormen hebben zowel technische als financiële voor- en nadelen. Belangrijk verschil is de investering. Aanleg van vijvers kost tussen de 10 en 20 Euro per m²; de investering in een loods bedraagt al snel enkele honderden Euro's per m².

Opkweek binnen heeft als voordeel meer controle over de watertemperatuur waardoor continue groei van vissen mogelijk is; nadelen zijn een relatief dure infrastructuur en verminderd dierwelzijn door het ontbreken van substraat (zand). Stapeling van bassins is nodig om een voldoende hoge productie per m² vloeroppervlak te bereiken. Toepassing van zand is technisch lastig in deze gestapelde raceways.

Voor opkweek buiten volstaan relatief goedkope vijvers. Voor een vijverteelt is echter alleen een éénjarige kweek toepasbaar omdat de watertemperatuur 's winters veelal beneden de kritische waarde van 3 °C daalt. De koppeling met zagerkweek in vijvers met een zandbodem geeft meer ruimte aan natuurlijk gedrag, waaronder het zich ingraven overdag en het jagen op natuurlijk voedsel. Voor een éénjarige doorkweek in vijvers moet er pootvis beschikbaar zijn van voldoende formaat om in één seizoen tot een marktrijp gewicht te komen. Dit eindgewicht zal altijd lager zijn dan bij huisvesting binnen mogelijk is.

De uitdaging voor de toekomst is om een mengvorm te ontwikkelen van een binnen- en buitensysteem dat de voordelen van beide houderijvormen combineert: lagere huisvestingskosten met de mogelijkheid zwaardere vissen te produceren met een hogere marktprijs per kilo. Zulke systemen bestaan in de kweek van tong nog niet. Inspirerende voorbeelden van nieuwe gemengde huisvestingsystemen zijn de ontwerpen die onderzoekers van Wageningen – UR gemaakt hebben voor de pluimveehouderij. Een voorbeeld is de Rondeel stal die inmiddels door een aantal ondernemers in praktijk toegepast wordt. Deze stal is een combinatie van binnen- en buiten-huisvesting met veel aandacht voor dierwelzijn.

Samenvattend

Pootvis van tong van goede kwaliteit en een acceptabele prijs is op dit moment nog niet beschikbaar. De ontwikkeling van een coöperatief broedhuis voorziet in proefproducties volgens een nieuw protocol vanaf 2012. De beschikbaarheid van nieuwe voedselsoorten (zagerlarven en copepoden), beter passend bij de natuurlijke voedselkeus van tong, maakt dit initiatief kansrijk. Om tot een voldoende lage kostprijs te komen zullen opschaling en vervanging van arbeid vermoedelijk essentieel zijn. Aan de ontwikkeling van het coöperatief broedhuis moet een selectieprogramma gekoppeld worden.

Zagers blijken een excellent voer om tong in korte tijd uit te laten groeien tot een marktrijp gewicht. Bovendien is met behulp van zagers een teelt mogelijk zonder gebruik te maken van vismeel en visolie. Dit kan een belangrijk onderscheidend kenmerk zijn van Zeeuwse Tong. De beschikbaarheid en kostprijs van zagers stelt evenwel restricties aan de mogelijke groei van het aanbod van Zeeuwse Tong. Om die reden is de ontwikkeling van een mengvoer op basis van zagers en andere grondstoffen wenselijk. De receptuur hiervoor komt naar verwachting in 2013 beschikbaar. Dit moet opgevolgd worden door de implementatie van een productieproces dat een voer oplevert van vergelijkbare kwaliteit als zagers tegen een acceptabele kostprijs.

Om tot een flexibeler productie van tong van groter formaat te kunnen komen is het noodzakelijk een nieuw houderijsysteem te ontwikkelen dat de voordelen van een vijverteelt combineert met de voordelen van een kweek binnen.

Pootvis die opgroeit in zoutwatervijvers buiten met een natuurlijk voedselaanbod lijkt uitermate geschikt voor *restocking*: het uitzetten in het buitenwater, waaronder de Oosterschelde. Onderzoek moet uitwijzen of er een niche is voor deze pootvis, en of de overleving zodanig is dat een *restocking* programma financieel levensvatbaar is.

Kweek van zagers

Zagers spelen een sleutelrol in het Project Zeeuwse Tong. Zagers zijn een rijke bron van hoogwaardig eiwit en meervoudig onverzadigde vetzuren en zijn op dit moment het beste voedsel voor tong gebleken, zowel voor de opkweek als de doorkweek.

Er zijn verschillende aanwijzingen dat zagers ook andere, specifieke effecten hebben. Zo blijken borstelwormen een rijke bron van antimicrobiële stoffen, en is wetenschappelijk aangetoond dat voeding van zagers een positief effect heeft op de darmflora en darmgezondheid van tong. Dit kan betekenen dat zagers een rol kunnen spelen vergelijkbaar met een dagelijkse cocktail van probiotica of antibiotica. Dit gegeven kan hele nieuwe toepassingen van zagers opleveren, aangezien wereldwijd naar vervangers van antibiotica, voor mens en dier. Als dit te realiseren is, betekent dit een enorm markt potentieel, en daarmee een verhoging van de haalbaarheid van binnendijkse aquacultuur.

Zagers zijn daarnaast onmisbaar gebleken in het onderhoud van zoutwatervijvers. Zonder de vraat van zagers hebben ondiepe zoutwatervijvers de neiging dicht te groeien met macro-algen (wieren). Dit leidt tot verstikking van schelpdieren. De kweek van schelpdieren in vijvers zonder inzet van zagers, zoals in de *claires* in Frankrijk, is dan ook een continue strijd tegen veronkruiding door wieren.

Ook in vijvers die bedoeld zijn voor de productie van micro-algen dreigt het gevaar dat micro-algen verdrongen worden door macro-algen. Een mengteelt van micro-algen en zagers stabiliseert de algenteelt.

Uitgangsmateriaal

Voor het Project Zeeuwse Tong treedt Topsy Baits op als leverancier van zagerlarven. Voor de kweek van zagers is een gebruikelijke zaaidichtheid enkele miljoenen zagerlarven per vijver van 1000 m². In de traditionele zagerkweek zijn er 7 vijvers van 1000 m² per ha. De behoefte aan zagerlarven komt daarmee op ca. 20 miljoen larven per ha land.

Voor de opkweek van tonglarven m.b.v. zagerlarven gaat het om een veelvoud van deze aantallen. Theoretisch zijn er 40.000 zagerlarven nodig om een tonglarfje op te kweken van ei tot en met de metamorfose. Voornoemd getal van 20 miljoen larven correspondeert dus met een voedselbehoefte van 500 stuks tonglarven. Kortom, productie van zagerlarven voor gebruik als voedsel zal dus veel grootschaliger moeten zijn dan sec de productie van zagerlarven voor de doorkweek. Het is denkbaar dat hiervoor een gespecialiseerde kweek van paairijpe ouderdieren moet worden ontwikkeld. Berekeningen geven aan dat dit rendabel kan zijn.

Voeding

Tot nu toe worden zagers (bij)gevoerd met een voer van Coppens bestemd voor de kweek van karpers. Dit voer bestaat volgens de fabrikant uit: sojaschroot, ontdopt getoast, tarwe, tarwegries, vismeel, maisgluten, visolie en gist en heeft een eiwitgehalte van ruim 30%. De prijs bedraagt momenteel €1100 Euro per ton excl. btw. Er zijn dus minstens twee belangrijke motieven om te zoeken naar een alternatief: verduurzaming van de kweek (vervanging van vismeel en visolie door plantaardige grondstoffen), en verlaging van de kostprijs door over te schakelen op een goedkoper voer. Aangezien zagers omnivoren zijn komen in principe allerlei plantaardige en dierlijke grondstoffen in aanmerking: pellets van lucerne en gras, tarwe- en mais-gistconcentraten uit de productie van bio-ethanol, wieren, en reststoffen uit de verwerking van agrarische grondstoffen.

Eén daarvan is de reststroom van het bedrijf Zeelandia, in hoofdzaak bestaande uit afgeleiden van graanproducten. Dit restproduct is een eerste voederproef getest en vergeleken met het voer van Coppens. Voorlopige resultaten wijzen uit dat het product goed gegeten wordt, maar een lagere voederconversie heeft dan het standaard voer van Coppens. Dit was te verwachten gezien het veel lagere eiwitgehalte van het restproduct (ca 15%). Momenteel worden monsters van zagers en voer geanalyseerd om een definitief oordeel te kunnen geven over de waarde van het product. Vervolgens is de vraag hoe het restproduct, mogelijk in combinatie met andere materialen, verwerkt kan worden tot pellets van 2 mm. Mogelijk kan dit met voordeel gecombineerd worden met een productielijn voor tongvoer.

Machines en werktuigen

Mechanisatie van de kweek van zagers staat nog in de kinderschoenen. De inzaai van larven gebeurt handmatig en voor de oogst is weliswaar een machine ontwikkeld, maar deze heeft een aantal belangrijke tekortkomingen: de oogstnelheid is veel te laag, het gezamenlijk oogsten van zagers en schelpen levert teveel breuk op, en de arbeidsomstandigheden tijdens het oogsten zijn verre van ideaal.

In het Project Zeeuwse Tong wordt momenteel een eerste stap gezet naar de ontwikkeling van een verbeterde versie van de oogstmodule in samenwerking met Machinefabriek Bakker. Deze module moet gekoppeld kunnen worden aan een (varend/rijdend) platform voorzien van een eigen krachtbron en GPS. Idealiter is dit een platform dat geschikt is voor alle voorkomende werkzaamheden in vijverteelten van zagers, schelpdieren en vis. Ontwikkeling van doelmatige mechanisatie is onmisbaar voor de economische haalbaarheid van binnendijkse kweek.

Houderijsysteem

Om zagers mechanisch te kunnen oogsten wordt in de huidige kweek gebruik gemaakt van folievijvers voorzien van een zandlaag van 20 cm dik. Zonder folie en zand zouden de kosten voor aanleg van zagervijvers gehalveerd kunnen worden. Het heeft daarom grote voordelen om een kweekstelsel te ontwikkelen waarbij folie en zand overbodig zijn. Hiervoor is vereist dat we zagers gecontroleerd uit hun gangen kunnen lokken om ze vervolgens vanuit de waterkolom te oogsten.

Eerdere pogingen om zagers m.b.v. elektrische pulsen uit de bodem te jagen, analoog aan het pulsvissen, waren niet succesvol. Een vruchtbaarder aanpak lijkt gebruik te maken van migratiegedrag dat zagers vertonen. Het is al lang bekend dat zagers massaal uit hun gangen komen en de waterkolom opzoeken in het voorjaar, voorafgaand aan het paaien. Uit observaties op het Proefbedrijf Zeeuwse Tong aan de uitstroom van zagervijvers blijkt dat zagers in alle ontwikkelingsstadia dergelijk migratiegedrag kunnen vertonen. Zelfs zagertjes van 60 mg per stuk blijken massaal 's nachts de waterkolom in te bewegen. Het lijkt erop dat dit een reactie is op hoge dichtheden, maar onbekend is welke signalen dit gedrag uitlokken. Wanneer migratiegedrag uitgelokt kan worden, zou dat de zagerkweek niet alleen eenvoudiger maar ook productiever kunnen maken.

De ervaring leert dat zagers als larven in hoge dichtheden ingezaaid kunnen worden. Door spontane zelfdunning nemen de dichtheden gedurende de kweek af met verlies van reeds geproduceerde biomassa. Door nu zelfdunning te vervangen door mechanische dunning is de opbrengst van een zagervijver flink te verhogen. Uit een model dat in het kader van Project Zeeuwse Tong ontwikkeld is, blijkt de potentiële opbrengst mét mechanische dunning een factor drie hoger te zijn dan zonder dunning haalbaar is. Nog onduidelijk is hoe in de praktijk dit opbrengstpotentieel het beste benut kan worden. Een aantrekkelijke optie is daarom een systeem te ontwikkelen waarbij periodiek een deel van de overtollige zagers vanuit de waterkolom geoogst kan worden. Hiervoor is onderzoek nodig naar de regulering van zelfdunning in zagerpopulaties en naar ingrepen om deze te manipuleren.

Verwerking

Zagers die op dit moment door Topsy Baits geproduceerd worden, worden eerst handmatig geschoond en vervolgens vers of diepgevroren verhandeld. Om zagers beter geschikt te maken voor toepassing in visvoerders is het nodig het verse product om te zetten in een droog poeder. Hiervoor is om te beginnen een milde droogstap vereist. Vriesdrogen geeft een goed resultaat maar is duur. Alternatieven zijn sproeidrogen of 'refractance window' drogen.

Samenvatting

De kweek van zagers is van alle binnendijkse teelten de meest beproefde. Toch is er onmiskenbaar behoefte aan verdere ontwikkeling. Dit betreft de volgende onderwerpen:

1. Toepassing van zagers als vervanger van antibiotica in dierlijke productiesectoren.
2. Massa vermeerdering van zagers voor de productie van zagerlarven als voer voor tonglarven
3. Productie van vis-vrij zagervoer
4. Ontwikkeling van een universeel platform voor mechanisatie van de kweek
5. Alternatief oogststelsel voor zagers op basis van geïnduceerde migratie.
6. Ontwikkeling van een verwerkingslijn voor vers geoogste zagers tot een universeel toepasbaar droog poeder.

Kweek van schelpdieren en micro-algen

Het kweken van schelpdieren gebeurt traditioneel in open water onder natuurlijke omstandigheden, en is daarmee afhankelijk van de omgeving voor productie en toevoer van voedsel, van natuurlijke broedval voor de voorziening van uitgangsmateriaal, en is ten prooi aan natuurlijke vijanden. Wereldwijd is er een trend naar meer controle over de kweekcyclus via de productie van broed in *hatcheries* en *nurseries* en via broedinvang met behulp van collectoren. Inmiddels is gebleken dat schelpdieren ook binnendijks kunnen worden gekweekt van broed tot eindproduct.

Binnen het Project Zeeuwse Tong wordt ervaring opgedaan met de kweek van schelpdieren, waaronder diverse soorten tapijtschelpen en venusschelpen, oesters (Japanse en platte), en mosselen.

Tapijtschelpen

In het Project Zeeuwse Tong is aangetoond dat binnendijkse kweek van de Aziatische Tapijtschelp (*Ruditapes philippinarum*) technisch haalbaar is en economisch rendabel. Om binnendijkse kweek niet afhankelijk te laten zijn van één soort bodemschelpdier is verbreding van het assortiment wenselijk. De Aziatische Tapijtschelp is wereldwijd de meest geteelde en best groeiende soort. Er zijn echter andere soorten, waaronder de Europese Tapijtschelp (*Ruditapes decussatus*), met een hogere marktwaarde. Laatstgenoemde soort heeft evenwel een tragere groei en meer uitval. Volgens recente literatuur zou dit het gevolg zijn van aneuploidie.

Japanse Oesters

Ervaringen uit het Proefproject Zeeuwse Tong laten zien dat het mogelijk is binnendijks een kwalitatief hoogwaardige Japanse oester te kweken in een relatief korte tijd, vanaf larve 18 maanden. Belangrijk knelpunt voor een rendabele kweek is de hoge uitval als gevolg van besmetting met het Oestervirus. Het uitvalpercentage bij de teelt in hangcultuur (in mandjes) blijkt evenwel zeer te kunnen verschillen tussen mandjes in een zelfde vijver, in een extreem geval van 2 tot 83% in één jaar tijds. Onduidelijk is wat de oorzaak is van deze grote variatie in uitval en of het mogelijk is het teeltklimaat in de mandjes zo te manipuleren (bijv. door geforceerde verversing) dat de uitval tot een acceptabel niveau gereduceerd wordt.

Platte oesters

Kleinschalige experimenten op Proefbedrijf Zeeuwse Tong laten zien dat ook de platte oester binnendijks goed kan groeien. Nog onduidelijk is of deze oesters vrij blijven van aantasting door *Bonamia*.

Mosselen

In de pilot van Koninklijke Maatschap Wilhelminapolder en Viskwekerij Neetje Jans wordt ervaring opgedaan met de binnendijkse hangcultuur van mosselen gevoed met algen die op zout grondwater groeien.

Wereldwijd zijn er ca 60 schelpdiersoorten in cultuur gebracht. Voor gematigde condities zoals in Europa betreft dat een 30-tal soorten en het is dus relevant na te gaan hoe een grotere productdiversiteit kan worden gerealiseerd, temeer daar er soorten zijn die een relatief hoge marktwaarde hebben. Dit vereist nader onderzoek naar de productiemogelijkheden van broed en naar de verdere *grow-out*.

De pilots van Zeeuwse Tong omvatten verschillende kweeksystemen van relatief intensief in bassins met geforceerde algentoevoer, in bassins met natuurlijke algenproductie op basis van de reststoffen van andere culturen, en er is een relatief extensieve vijverteelt op basis van grondwatertoevoer. De systemen hebben gemeen dat de levenscyclus van de schelpdieren beheersbaar is, hetgeen de mogelijkheid tot selectie en veredeling met zich meebrengt, en dat ze leven van lokaal geproduceerde algen, waardoor de kwaliteit van het dieet kan worden geoptimaliseerd. Deze mogelijkheden kunnen verder worden ontwikkeld door een aantal opties nader uit te werken, waarbij de toepassing zich niet beperkt tot de omstandigheden in Nederland:

1. verdergaande intensivering door recirculatieteelten uit te bouwen op basis van algen – schelpdieren – micro-organismen – nutriënten;

2. verdergaande extensivering door schelpdierkweek te koppelen met kustbeheer en natuurontwikkeling (wisselpolders, gebruik inlagen, claires, alternatief gebruik zoutpannen);
3. buitendijkse integratie van teelten;
4. optimaliseren binnendijkse kweek.

Voor de verdere ontwikkeling van een meer of minder gecontroleerde schelpdierkweek zijn in elk geval de volgende onderwerpen van gemeenschappelijk belang.

Uitgangsmateriaal

Productie van schelpdierbroed op experimentele en commerciële schaal vindt plaats in hatcheries zoals die van Roem van Yerseke. Optimalisatie van de schelpdierbroedproductie is echter van belang om de economische rentabiliteit van broedhuizen te vergroten. Daarnaast heeft onderzoek in het buitenland laten zien dat ook de groeisnelheid en resistentie tegen ziektes verbeterd kan worden door middel van genetische selectie bij de ouderdieren. Kweek van schelpdierbroed onder gecontroleerde omstandigheden maakt het mogelijk een selectieprogramma te initiëren waardoor de kweek van schelpdieren rendabeler wordt omdat de schelpdieren in kortere tijd en met minder uitval de lengte bereiken om op de markt gebracht te worden.

Een duidelijke knelpunt in de kweek van Japanse oesters is de uitval door besmetting met het oestervirus. Deze uitval is zo grillig en op sommige momenten zo hoog dat een bedrijfszekere kweek van Japanse oesters binnendijks niet haalbaar is. Ook elders in en buiten Europa richt het virus grote schade aan aan de oesterkweek. Uitkomsten van Frans onderzoek (IFREMER) tonen aan dat het mogelijk is door selectie een Japanse oester te kweken met een behoorlijke resistentie tegen het Oestervirus. Gezien het grote economische belang van een resistente oester is het noodzakelijk deze weg ook in Zeeland uit te proberen. Ook onder de tapijtschelpen komen virusziekten voor.

Algenteelt

Teelt in gesloten systemen

Voor de voeding van schelpdierbroed worden micro-algen gekweekt in gesloten systemen: fotobioreactoren in verschillende uitvoering. Gangbaar is een teelt in zakken. Als alternatief wordt door het Project Zeeuwse Tong in het SeaLab van Hogeschool Zeeland een teelt in een buizenreactor onderzocht. Na aanvankelijke problemen met besmetting functioneert deze fotobioreactor naar tevredenheid. Onderzoek richt zich nu op de optimale teeltomstandigheden voor een maximale productie. De volgende stap in deze ontwikkeling moet zijn de opschaling naar praktijkschaal. Naast de toepasbaarheid van algen voor schelpdierproductie is een succesvolle fotobioreactor in principe ook inzetbaar voor de productie van algen voor de kweek van copepoden (t.b.v. tong- en tarbotlarven), en de productie van algen als ent voor vijverteelten.

Teelt in open vijvers

Binnendijkse kweek van schelpdieren vereist een groot aanbod van microalgen om een goede groei en productie van schelpdieren te kunnen realiseren. In het Project Zeeuwse Tong zijn verschillende vormen van vijverteelt ontwikkeld en getest: een teelt m.b.v. zout grondwater, een teelt op de reststoffen van zager-visvijvers tot een teelt van geselecteerde algen waarbij kunstmest wordt toegediend. Om schelpdierkweek op land rendabel te maken zal de productie van algen in alle type systemen geoptimaliseerd moeten worden. Optimalisatie van algenproductie zal leiden tot een hogere opbrengst van schelpdieren en/of een reductie in de kostprijs.

In alle systemen is het nodig de onderlinge afstemming en de sturing van nutriëntenstromen te verbeteren zodat een robuust productiesysteem ontstaat. Om de efficiëntie van geïntegreerde systemen te bepalen, en te vergroten, is het van belang een helder inzicht te hebben in de nutriëntenstromen (voedingsstoffen) tussen soorten, de opname - en conversie-efficiëntie voor iedere soort en de verliesposten in het systeem. In vijversystemen zijn hierbij ook de bentische processen van groot belang omdat voerresten, feces en ander organisch materiaal accumuleren op de bodem wat via remineralisatie beschikbaar kan komen voor primaire productie (algen), of in het geval van stikstof via nitrificatie-denitrificatie verdwijnt uit het systeem. Dit zijn complexe processen waar nog weinig aandacht aan besteed is. Inzicht in nutriëntenbalansen kan leiden tot verbeterd hergebruik van nutriënten, reductie van de verliesposten en daardoor een hogere rentabiliteit en een verbeterde duurzaamheid. Daarnaast zijn de tot dusver behaalde resultaten een momentopname van een systeem dat nog niet in evenwicht

is. Zo is het proefbedrijf gestart met een schoon sediment in de vijvers. Onder invloed van het gebruik treedt hierin vastlegging van voedingsstoffen op en ophoping van slib. Naarmate het sediment verzadigd raakt, wordt de behoefte groter de toevoer van nutriënten te beperken en nog meer het accent te leggen op hergebruik van nutriënten. Ophoping van slib vergt waarschijnlijk een periodieke mechanische verwijdering en een beslissing met betrekking tot een verantwoord gebruik van dit slib.

Het voedsel van filterende schelpdieren bestaat uit planktonisch materiaal. In gecontroleerde teelten wordt gebruik gemaakt van levende algen die ter plaatste worden geproduceerd. Dit is arbeidsintensief en kwetsbaar. Er is daarom behoefte aan voeding die aan de vereisten voor de schelpdieren voldoet en die geconserveerd en getransporteerd kan worden. Resultaten op dit gebied laten zien dat geformuleerd voedsel kan worden gebruikt maar nog te duur is. Hier ligt dus een belangrijke uitdaging

Machines en werktuigen en houderijsysteem

In de oestercultuur is er een verschuiving van bodemcultuur naar kweek in de waterkolom, in zakken op rekken of in mandjes hangend in de waterkolom. Beide hebben als voordeel t.o.v. de bodemcultuur minder uitval door predatie, een betere vorm van de oester, en een snellere groei. Beide teeltwijzen hebben evenwel last van wier-aangroei en zijn daarnaast zeer arbeidsintensief. Om een goede vorm te bereiken en vastgroeien te voorkomen dienen mandjes zeer frequent (eenmaal per twee weken) geschud en gereinigd te worden. Beide teeltwijzen zijn niet geschikt om te mechaniseren. Rekening houdend met 1000 – 2000 mandjes per ha oesterkweek leidt dit tot een hoge arbeidsbehoefte. Er is dus behoefte aan het ontwerpen van een nieuw systeem waarbij de kweek volledig gemechaniseerd kan worden.

De teelt van zilte gewassen

De teelt van zoutminnende en zouttolerante gewassen betreft een beperkt aantal soorten: zeekraal, lamsoren en zeekool. De belangstelling voor deze groenten is duidelijk groeiend.

Onderzoek in het kader van Zeeuwse Tong heeft zich geconcentreerd op zeekraal en met name op de knelpunten in de teelt. Die zijn: een onbetrouwbare opkomst, een hoge onkruiddruk en als gevolg daarvan een geringe mechanisatiegraad, een hoge arbeidsbehoefte en een hoge kostprijs.

De teelt van zeekraal vraagt bijzonder veel arbeid. Vooral het handmatig oogsten en schonen kosten veel tijd. Schonen moet grondig en nauwkeurig gebeuren omdat anders geen eerste klas product afgeleverd kan worden. Gebrek aan uniformiteit van het gewas en aanwezigheid van veel onkruid verhogen beide de arbeidsbehoefte. Zeekraal is daardoor een dure groente met prijzen van meer dan €10 per kg in de detailhandel. De verwachting is dat de vraag naar zeekraal toe zou kunnen nemen als de kostprijs gereduceerd kan worden. Dit vereist om te beginnen terugdringing van de arbeidsbehoefte. Dat is mogelijk door een combinatie van meer uniform uitgangsmateriaal, voorbehandeld en gepilleerd zaad, en mechanische oogst.

Uitgangsmateriaal

Zaad van zeekraal wordt in de regel door telers zelf van hun eigen percelen of uit het wild verzameld, maar daarnaast ook geleverd door Serramaris in België. Zeekraal blijkt botanisch gezien een mengsel van verschillende soorten met verschillen in groeiwijze. Door één soort en één planttype te selecteren is een meer uniform gewas te realiseren. Een uniform gewas heeft meerdere voordelen. Een uniforme, snelle voorjaarsontwikkeling, een uniforme hergroei na snijden en een uniforme, late bloei verhogen de productie en een snelle ontwikkeling helpt bij de onkruidbeheersing. Een uniform gewas is bovendien een voorwaarde voor een mechanische oogst.

Het huidige plantmateriaal bestaat in de regel uit ter plaatse gewonnen zaad waarop nog geen enkele selectie heeft plaats gehad. Zilte gewassen, waaronder zeekraal en lamsoren, behoren tot de 'kleine' gewassen waarvoor grote zaadbedrijven tot nu toe nog weinig belangstelling hebben getoond. De beschikbaarheid van goed uitgangsmateriaal is dan ook geen vanzelfsprekendheid. Anders dan bij gangbare akkerbouwgewassen heeft er nog geen veredeling van deze gewassen plaats gevonden.

Teelt

Hoewel zeekraal tot de meest zouttolerante planten van Nederland behoort, is voor een goede kieming in het voorjaar een korte periode met zoet water nodig. Dit geldt ook voor lastige zilte onkruiden als de zilte spurrie. Toch zijn er uit gedetailleerd onderzoek naar de kieming van zeekraal en zilte schijnspurrie interessante verschillen gebleken in de reactie op de wisseling van zoet en zout. Door snel te kunnen wisselen van zoet naar zout kan de teler de kieming van onkruid onderdrukken zonder de kieming van het gewas te remmen. Dit veronderstelt wel een grote controle over de saliniteit van het perceel.

Een andere manier om meer uniformiteit te bereiken is het gebruik van voorbehandeld en gepilleerd zaad. Deze techniek wordt momenteel uitgezocht en zal in 2013 op veldschaal getest worden.

Naast uniform zaad is voor een uniform gewas ook een uniforme bodem nodig. Voor een goede groei heeft de ondiep wortelende zeekraal permanent een vochtige bodem en dus regelmatige bevoeiing nodig, er mag echter geen water op de bodem blijven staan, in dat geval sterven de planten af. Ongelijkmatige indringing van water door ongelijkmatige bevoeiing of door ongelijkmatige bodem kan gemakkelijk leiden tot verschillen in vochtigheid en tot verschillen in nutriëntenhuishouding.

Mechanisatie

Op dit moment wordt zeekraal nog vaak handmatig geoogst. Apparatuur voor het oogsten van bladgroentes (spinazie rucola) moet aangepast worden voor toepassing in de zeekraalteelt. De slappe bodem van zeekraalvelden vereist o.a. een ander type aandrijving.

Bemesting

Zilte gewassen passen in de kringloop van een gemengd zilt bedrijf. De stikstofbehoefte voor optimale groei blijkt heel hoog. Onderzoek is nog gaande om vast te stellen in hoeverre de stikstofbehoefte gedekt kan worden uit stikstof aanwezig in het effluent van vis- en zager- en schelpdiervijvers.

Afzet

Het gebruik van zeekraal beperkt zich momenteel tot het gebruik als groente. Nieuw onderzoek naar de effecten van zout op de samenstelling van zilte planten (halofyten) geeft aan dat er andere toepassingen ontwikkeld kunnen worden.

Halofyten kunnen onder invloed van zoutstress inhoudsstoffen synthetiseren, die mogelijk een belangrijke functie kunnen vervullen als gezondheid bevorderende inhoudsstof, voedingssupplement, antioxidant of antibioticum. Gezien de waterige omstandigheden waarin sommige halofyten, zoals zeekraal, kunnen verkeren, is het denkbaar dat deze planten ook een robuust afweermechanisme hebben ontwikkeld tegen micro-organismen, middels accumulatie van inhoudsstoffen met een fungicide of antibacteriële werking.

Bij halofyten is nog relatief weinig onderzoek gedaan naar de aanwezigheid en samenstelling van inhoudsstoffen en effecten van omgevingsfactoren daarop. Voor zeekraal is al wel beschreven dat de plant polyfenol, beta-caroteen en ureides bevat en dat de concentraties daarvan stijgen bij toenemende zoutconcentratie in het irrigatiewater. Ook bevat zeekraal relatief veel omega-3-vetzuur in de spruit. Dit biedt interessante aanknopingspunten voor meer onderzoek naar ophoping van inhoudsstoffen in halofyten en de meerwaarde voor (industriële) gebruik, bijvoorbeeld als:

- basis voor voedingssupplementen,
- als vervanger van antibiotica in diervoeders
- als schimmelwerende component in folies waarin voedsel wordt verpakt.

Om deze nieuwe toepassingen te ontwikkelen is kwantitatief onderzoek nodig naar aard en aanwezigheid van hoogwaardige inhoudsstoffen in zeekraal en andere halofyten (zoals zeeaster, zeekeel, zeebiet, etc) onder invloed van zilte teelt, waaronder effecten van zoutconcentraties, nutriëntengiften en groeistadium, en de gebruikswaarde ervan. Inhoudsstoffen met mogelijk interessante meerwaarde zijn: omega-3 vetzuren en de verhouding met omega-6-vetzuren (voor humane voeding), polyfenolen, carotenen (antioxidanten), terpenen (fungicides), en bioactieve en antimicrobiële peptiden.

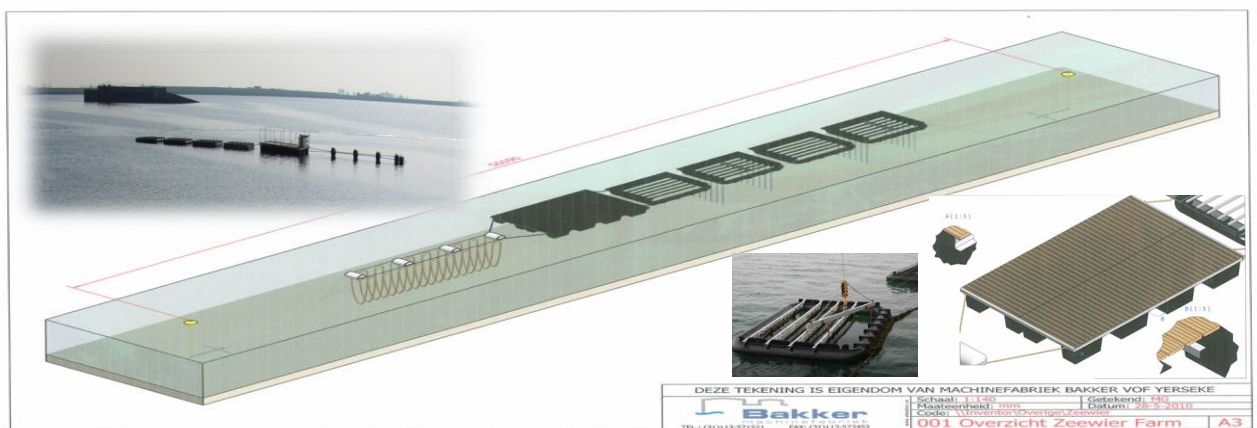
Mogelijke partners in dit onderzoek zijn diervoederbedrijven (Nutreco, Agrifirm, For Farmers (veevoeding), de voedingsindustrie (Unilever), Natuurproducten Nederland (NPNO en de supplementenindustrie).

De teelt van zeewier in de Oosterschelde (Schelphoek)

Op 7 juli 2011 werd in Zeeland de eerste zeewierboerderij (de Wierderij) geopend. De Wierderij is een proeflocatie voor zeewieronderzoek met de focus op de economische haalbaarheid van zeewierteelt in Nederland. De Wierderij is mede tot stand gekomen door de essentiële rol van Economische Impuls Zeeland en financieel mogelijk gemaakt door de Provincie Zeeland. Plant Research International/ Wageningen UR is de aangewezen partner voor het wetenschappelijke onderzoek, waarbij samen wordt gewerkt met het SBIR consortium 'de Duurzame Zeeboerderij'. De eerste drie 3 jaar wordt naar de teeltomstandigheden gekeken, die verschillende inheemse zeewiersoorten verlangen, en wordt de economische haalbaarheid getoetst voor nieuwe toekomstige bedrijfsvormen. De verworven kennis wordt samengevat in een teelthandleiding voor ondernemers.

Teeltsysteem

De Wierderij is gevestigd in de Oosterschelde, specifiek in de Schelphoek, een oude werkhaven. Deze locatie biedt een unieke onderzoeksmogelijkheid voor zeewierteelt, omdat alle noodzakelijke factoren voor de teelt van zeewieren aanwezig zijn, zoals voldoende stroming, getij en voedsel. Hiernaast ligt het vlot vrij beschut, waardoor veilig onderzoek uitgevoerd kan worden. De Wierderij is landschappelijk ingepast in de omgeving en bestaat uit een werkvlot, 4 kunststofmodules met stalen balken en een longline module (afbeelding 1). De zeewieren worden aan horizontale en verticale touwen bevestigd en aan de stalen balken over de module opgehangen. Gewerkt wordt tot een waterdiepte van 3m.



Afbeelding 1. Installatie

Uitgangsmateriaal

Nederland kent een reeks van verschillende zeewiersoorten, waarbij meestal onderscheid wordt gemaakt tussen groenwieren, bruinwieren en roodwieren. Binnen dit onderzoek is de focus gelegd op 4 verschillende zeewieren, *Ulva lactuca* (groenwier), *Undaria pinnatifida* (bruinwier), *Saccharina latissima* en *Laminaria digitata* (bruinwier). Dit zijn allemaal inheemse zeewiersoorten die economisch van groot belang kunnen zijn. Met name de eiwitten, suikers, hydrocolloïden en geleermiddelen, zoals alginaten (E 401-406), Carrageen (E407) en agar (E06) uit deze zeewieren zijn erg interessant. Maar ook de overige inhoudsstoffen zijn niet te verwaarlozen, zoals de combinatie van vitamines en sporenelementen.

Ulva lactuca (Zeesla)

Ulva lactuca is een groenwier dat met name in de zomermaanden groeit (mei- sep) op een diepte van 50cm- 1m. Onder de juiste condities, een temperatuur van 15-25°C, voldoende voeding en licht kan dit zeewier massaal groeien. Binnen twee weken kan een oogstrijp zeewier geproduceerd worden van ca. 50cm in lengte. De oogstcyclus was in 2011 1 keer per 14 dagen, waardoor op een kleine kweekoppervlakte vele kilo's geproduceerd konden worden. In 2012 kon het resultaat van 2011 niet bereikt worden, veroorzaakt door een koud voorjaar waardoor *Ulva* pas laat in het seizoen begon met groeien. Hiernaast blijkt het aantal zonuren essentieel te zijn voor een goede groei.

In de zomermaanden wil niet alleen dit zeewier goed groeien, maar bevinden er zich ook veel andere organismen in de Oosterschelde die een plaag kunnen vormen voor *Ulva*. Met name vlokreeften (*Gammarus* spp.) kunnen de opbrengst van *Ulva* sterk reduceren als gevolg van vraat.

Voor *Ulva* wordt nog gezocht naar een optimaal teeltsysteem. Tot op heden worden kleine fragmenten van vegetatief vermeerderde thallus (blad) gebruikt als uitgangsmateriaal, gekweekt in het Wageningen lab Agro Marien. De kleine thallus fragmenten worden tussen de kunststof lijnen geknoopt en groeien zo uit tot grotere thallus fragmenten. Deze methode is echter te arbeidsintensief voor commerciële toepassing. Daarbij komt, dat thallusfragmenten naar mate ze groter worden makkelijk afscheuren, waardoor biomassa verloren gaat.

Voor de toekomst wordt gezocht naar een methode om *Ulva* te laten sporuleren en de sporen meteen op te vangen op de lijnen. Hierdoor scheurt het materiaal minder makkelijk en wordt het proces minder arbeidsintensief. Deze methode is nog in ontwikkeling.

Undaria pinnatifida (Wakame)

Undaria hoort bij de bruinwieren en groeit het hele jaar rond behalve in aug-sept op een diepte van 50cm-2m. *Undaria* groeit goed in een groot temperatuurbereik en onder verschillende licht spectra. Hierdoor groeit *Undaria* zowel in zomer als winter goed. Daarnaast bleek uit ons onderzoek dat dit zeewier van de vier het minst last heeft van belagers. *Undaria* maakt sinds 2012 deel uit van het onderzoek door in 2011 voor het eerst spontaan te zijn gaan groeien op de testlocatie (dit bruinwier is vermoedelijk met ballastwater meegekomen en heeft zich nu in de Oosterschelde gevestigd). Er is een monster genomen om de opbrengst te bepalen in het voorjaar van 2012. De opbrengst werd bepaald op 10t/ha. Deze opbrengstbepaling is gedaan met een beperkte steekproef en de verwachting is dat we in 2012 en 2013 een hogere opbrengst kunnen halen.

Ook voor dit zeewier is de optimale teeltmethode nog in ontwikkeling. Tot op heden worden kleine plantjes verzameld en overgebracht naar lijnen. Mits de zeewieren zich tijdig hechten, zijn ze robuust tegenover stromingen etc. en scheuren de plantjes niet van de lijnen. Plantjes die echter niet op tijd hechten, hebben geen kans van overleving. Momenteel wordt er met verhoogde prioriteit onderzoek gedaan naar de reproductiecyclus en de opkweek van de sporen om minder afhankelijk te zijn van wild materiaal.

Saccharina latissima (Suikerkelp)

Saccharina behoort net zoals *Undaria* bij de bruinwieren, maar dit zeewier is aangepast aan lage temperaturen. *Saccharina* groeit uitsluitend in de wintermaanden bij temperaturen tussen 5 en max. 15°C. Het beste groeiresultaat is bereikt op een diepte tussen de 50cm en 2m. De planten kunnen het best in oktober- november geïnstalleerd worden op de testlocatie. Binnen 6 maanden groeien de plantjes tot ruim 2m lange plantjes met een gemiddelde breedte van 50cm. April- mei is het moment voor de oogst. Wanneer later wordt geoogst breekt het zeewier sneller af dan wat er aan groei bijkomt en gaat biomassa verloren. Hiernaast heeft *Saccharina* veel last van belagers in de zomer, met name Bryozoa een mosdiertje dat zich hecht op het thallus van de plant; dit leidt tot lichtlimitatie en afbraak van biomassa. Hiernaast heeft *Saccharina* last van spookkreeften, vlokreeften, zeepokken, zeesterren en andere algen die aan de uiteindes (oudste gedeelte van de plant) groeien.

Via Hortimare, een bedrijf dat zich heeft gespecialiseerd in het maken van zeewieruitgangsmateriaal, worden sporen geleverd. De sporen bevinden zich op dunne lijnen die door PRI over worden gebracht op dikkere lijnen en op de testlocatie geïnstalleerd worden. Deze methode is eenvoudig en werkt goed. De onzekerheden zijn op dit moment nog te vinden in de kwaliteit van het uitgangsmateriaal welke kan variëren en de plantafstand. De plantafstand is op dit moment nog niet te beïnvloeden omdat de dunne lijnen in een medium met miljoenen sporen worden gelegd en deze spontaan hechten op de lijnen. Hierdoor varieert de opbrengst op dit moment tussen de 5- 10t/ha per teeltseizoen, mede afhankelijk van het oogstmoment.

Laminaria digitata (Vingerwier)

Laminaria volgt een gelijke groeicyclus als *Saccharina latissima*. Het enige verschil is dat dit zeewier in het voorjaar minder last heeft van belagers en dus tot eind mei geteeld kan worden. Maar ook dan wordt de concurrentiedruk te groot en moet het zeewier geoogst worden. De opbrengst is vergelijkbaar met *Saccharina latissima*.

Voeding (of gewasbehoefte)

Zeewierteelt is wel bekend in Aziatische landen. Hier worden sinds decennia zeewieren geteeld, met name langs de kust op netten of lijnen. Voor deze intensieve teelt wordt er vaak gebruik gemaakt van extra bemesting, waardoor in sommige gebieden de hele kust geëutrofiëerd raakt en het marien kustecosysteem volledig wordt verstoord.

In Nederland willen we in samenspel met de natuur komen tot een economisch bedrijfs perspectief, wat een duurzame teelt van zeewieren mogelijk maakt. Er wordt dan ook geen gebruik gemaakt van een extra bemesting maar er wordt gekeken welk zeewier in welke periode van het jaar op welke plek in Nederland geteeld kan worden, op grond van nutriënten die aanwezig zijn door toedoen van menselijke activiteiten. Zo zijn we ook gekomen tot ons zeewierkeuze voor de testlocatie in de Oosterschelde. De gekozen soorten bieden ook potentie voor de Noordzee.

Met name groeien zeewieren net zoals landplanten op stikstof en fosfaat. Natuurlijk mogen andere micro- en macroelementen niet ontbreken; een goede ijzervoorziening bleek bijvoorbeeld essentieel voor zeewieren. Om de voedselbehoefte van zeewieren nog beter in kaart te brengen worden er 4 keer per jaar watermonsters ter plekke van de testlocatie genomen om de voedingsstromen te evalueren. Dit is ook noodzakelijk om mogelijke milieueffecten voor andere in dit gebied levende organismen in kaart te brengen (zie beneden).

Hiernaast is een teelt van zeewieren denkbaar in gebieden die geëutrofiëerd zijn met te veel stikstof en fosfaat. Hierdoor vindt een natuurlijke zuivering door de zeewieren plaats, waardoor ecosystemen weer kunnen herstellen.

Milieu impact

Omdat de teelt in de Oosterschelde plaats vindt, is het belangrijk naast teeltomstandigheden ook de milieueffecten te bestuderen. Er wordt gekeken naar de invloed van zeewierteelt op de bodemstructuur en organismen rond de testlocatie. Door grootschalige zeewierteelt en het niet op tijd oogsten van het materiaal zou afbraak van het zeewiermateriaal plaats vinden, waardoor extra sedimentatie plaats kan vinden wat een negatief effect zou kunnen hebben op bodemorganismen. Ook de robuustheid van het teeltsysteem speelt hierbij een grote rol. Het milieuonderzoek wordt twee keer per jaar uitgevoerd door een onafhankelijk bedrijf, "de Stichting Zeeschelp". Tot nu toe konden er geen negatieve gevolgen geconstateerd worden. Wel bleek dat zeewierteelt in het voorjaar een kraamkamer voor vis biedt.

Machines en werktuigen

Voor de teelt van zeewieren zijn geen dure constructies nodig. Voor grootschalige zeewierteelt wordt uitgegaan van een systeem van enkele lijnen, drijvers en verankeringen. Kosten zitten echter in de oogst en het stormbestendig maken van het systeem. Voor de oogst zou een machine (oogstschip) moeten worden ontwikkeld om effectief te werk te kunnen gaan. Hiernaast streven we ernaar om vroege verwerkingstappen bijvoorbeeld het drogen van het zeewier ter plekke uit te voeren, om klimaat neutraal te kunnen werken. Deze ontwikkelingen zijn er op dit moment nog niet.

Verwerking

Er zijn aanwijzingen dat zeewier in het dieet van paarden, schapen, en varkens een gezondheidsbevorderende werking heeft zonder dat we per dier weten welke inhoudsstoffen daar precies voor verantwoordelijk zijn. Daarnaast is dit inmiddels ook in de kweek van zalm vastgesteld; dit is belangrijk omdat dit zou kunnen leiden tot vervanging van antibiotica. Dit zal de komende jaren onderwerp van studie zijn. Maar niet alleen als dierlijk voedsel zijn zeewieren geschikt ook in de humane levensmiddelenindustrie kunnen zeewieren een belangrijke rol spelen.

Zeewieren kunnen gedroogd worden en in de vorm van poeders verwerkt worden. Hiernaast bestaat er ook een behoefte aan vers materiaal met name voor restaurants etc.. Ook kunnen inhoudsstoffen uit het zeewier worden gewonnen voor voedingscomponenten. Binnen dit project worden verschillende eiwitextracties onderzocht en zijn de eerste doorbraken bereikt.

Toekomst perspectieven

Met de komst van de Wierderij in 2011 is ook meteen in Zeeland een aantal initiatieven in het Zeeuws bedrijfsleven op gang gekomen, waarbij zeewieren geteeld op de wierderij als een van de grondstoffen hebben gediend. Daaraan was de voorwaarde verbonden dat dit op het etiket vermeld staat 'met zeewier in Zeeland geteeld op de Wierderij'. Dit moet uitmonden in een reeks van Zeeuwse streekproducten met een gegarandeerde herkomst voor wat betreft (een deel van de) grondstoffen; als het ware een 'Appellation Controlée'. Het betreft een zeewierazijn en -mosterd (Spennekot, Kerkwerve), een zeewierwodka (Kampen destillateurs, Bruinisse), en zeewiergerechten (Restaurant Scherp,

Middelburg). De bedoeling is om het komend jaar de reeks van mogelijke producten uit te breiden en daarbij niet alleen naar het MKB te kijken. De firma Northseaweed is opgericht in Zeeland met als doel om de afzet van geteeld zeewier verder te ontwikkelen. Samen met de Economische Impuls Zeeland wordt gekeken naar mogelijkheden van zeewier als eiwitbron met name voor bedrijven in Zeeland. Voorts is Economische Impuls Zeeland samen met Wageningen UR bezig om zeewier als groene grondstof onder de aandacht te brengen van de chemische sector in Zeeland. Tenslotte wordt hard gewerkt aan de totstandkoming van een commerciële zeeboerderij voor de kust van Zeeland (vlakte van Borsele) in de windluwe zone tussen enerzijds het Thornton Park (Vlaanderen) en een geprojecteerd windpark op zee (vlakte van Borsele). De ruimte die hier is ongeveer 50 km², ofwel in termen van zeewierproductie 30.000 ton eiwit, 60.000 ton koolhydraten (inclusief alginaat) en 6.000 ton meervoudig onverzadigde vetzuren naast vele andere stoffen. Het belang hiervan voor de Zeeuwse economie is duidelijk: niet alleen een nieuwe, groene grondstoffenstroom, maar ook een nieuw perspectief voor de Zeeuwse visserij, voor de Zeeuwse kenniseconomie op het gebied van bioraffinage en een nieuw perspectief voor Zeeuwse krimpregio's (West Zeeuws Vlaanderen). Hiernaast worden er toekomstperspectieven gezien voor de combinatie van aquacultuur en zeewierteelt, waarbij zeewieren binnen recirculatiesystemen dienen als biofilter. Door het gezuiverde water en de zeewierbiomassa wordt een extra waarde toegevoegd aan de aquacultuurbedrijven. Ook wordt zeewierteelt al lang niet meer gezien als uitsluitend buitendijkse activiteit, maar wordt er ook gezocht naar mogelijkheden om zeewieren binnendijks te telen, zoals in het Kustlaboratorium. In het nieuwe Zeeuwse initiatief van Stichting Het Zeeuws Landschap kunnen zeewieren gecombineerd worden met aquacultuur en dienen als biofilter, tegelijkertijd kan de markt van vers- en streekproducten bediend worden. Om een sector rond zeewierteelt op te bouwen moet, zoals dat bijvoorbeeld ook bij het Zeeuwse project de Zeeuwse Tong het geval is, gewerkt worden aan kennisoverdracht. Daartoe wordt binnen het groen onderwijs een aansluitende onderwijskolom ontworpen van AOCs, HBO-instellingen en Wageningen Universiteit. Op dit moment wordt daaraan gewerkt via de formulering van minoren voor HBO (Hogeschool Zeeland en van Hall Larenstein) en Wageningen Universiteit, en lesmodules voor AOCs. Met betrekking tot dit laatste zal worden samengewerkt met ondermeer de EDUDELTA te Goes. De Wierderij kan in de toekomst een belangrijke rol vervullen ten behoeve van deze onderwijskolom om studenten van de verschillende opleidingen in al dan niet gezamenlijke projecten aan verschillende facetten van zeewierteelt te laten werken. Met de totstandkoming van de wierderij heeft Zeeland hiertoe de aanzet gegeven. Het ligt in het voornemen om de Wierderij in de toekomst te blijven gebruiken niet alleen om kleinschalig zeewier te telen, maar ook als leerwerkplaats voor het onderwijs.

Samenvatting

Een jaar zeewierteelt op de Wierderij heeft laten zien dat er een groot potentieel is voor de ontwikkeling van een zeewiersector. Met name *Ulva lactuca* en *Undaria pinnatifida* bieden grote kansen om als streekproduct verwerkt te worden. *Saccharina latissima* en *Laminaria digitata* worden meer gezien voor de grootschalige winning van componenten uit het zeewier, zoals suikers en alginaten voor diverse economische toepassingen. De komende jaren moet gewerkt worden aan een uitbreiding van de zeewierteelt buiten- en binnendijks. Hiernaast moet de economische haalbaarheid nog beter in kaart moeten worden gebracht.

De kennis en ervaring die verworven is binnen een jaar zeewierteelt, is enorm. De eerste resultaten ogen dan ook positief. Maar er zijn nog een aantal onzekerheden die verder onderzocht moeten worden. Het kweken van kwalitatief hoogwaardig uitgangsmateriaal is cruciaal voor de teeltzekerheid; met name hier is nog kennis nodig om dit proces te optimaliseren. Daarnaast is een efficiënte oogstechniek cruciaal voor het slagen van een economisch rendabel bedrijfsconcept. Ook op dat gebied zal dus de komende jaren meer onderzoek moeten worden gedaan.