

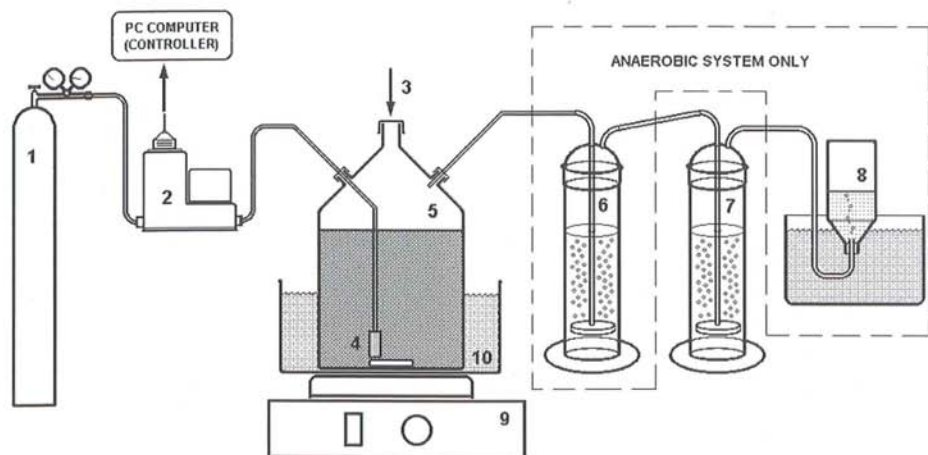
Afbraak van organisch materiaal en bacteriële biomassa in aquacultuur productiesystemen

Marc Verdegem & Beatriz Torres Beristain¹
Leerstoelgroep Visteelt en Visserij, Wageningen
Universiteit

Ophoping van mest, voerresten en ander organisch materiaal kan in de vijverteelt tot waterkwaliteitsproblemen leiden. In het laboratorium van de Leerstoelgroep Visteelt en Visserij is de afgelopen jaren onderzoek gedaan naar de omstandigheden die de afbraak van mest, voerresten en ander organisch materiaal bepalen. Dit artikel vat enkele resultaten samen.

Aquacultuur in vijvers draait rond het beheer van eutroof (= rijk aan voedingsstoffen) of hyper-eutroof water. Eutrofe systemen worden gekenmerkt door een hoge productie van vaak toxische of oneetbare algen, snelle omschakelingen tussen zuurstofrijk en zuurstofarme omstandigheden, hoge concentraties aan voedingsstoffen en veel zwevende stof waardoor licht niet diep in het water doordringt. In de aquacultuur zou, door de dagelijkse aanvoer van anorganische of organische meststoffen en voer, het gehalte aan voedingsstoffen (de trofiegraad) snel toenemen tot een onbeheersbaar niveau, maar dit gebeurt niet omdat micro-organismen ervoor zorgen dat de dagelijks aangevoerde mest- en voedingsstoffen snel worden afgebroken. De aanvoer van zuurstof in een eutroof systeem is daarbij minder dan de vraag

waardoor zuurstofrijke en zuurstofarme afbraakprocessen naast elkaar plaats vinden. De zuurstofbeschikbaarheid in visteelt-systemen is sterk plaatsgebonden. De waterkolom is in regel zuurstofrijk, de bodem daarentegen is in regel zuurstofarm. Door bezonken organisch materiaal (mest, voerresten) terug in in de waterkolom te brengen worden de zuurstofarme omstandigheden die op of in de bodem worden aangetroffen ingeruild voor zuurstofrijke condities in de waterkolom, wat invloed heeft op het afbraakproces. Daarnaast beïnvloedt de koolstof - stikstof (C:N) verhouding de beschikbaarheid van alle voedingsstoffen in de juiste verhouding voor de microorganismen. In de intensieve visteelt is voer de belangrijkste bron van organische materiaal. De vraagstelling van het onderzoek was hoe de afbraak van visvoer beïn-



Figuur 1: Experimentele eenheid opstelling: 1 - gas (zuurstof/stikstof) onder hoge druk; 2 - massa flow control meter; 3 - bemonsterings punt; 4 - luchtsteen; 5 - 2-liter mesocosm fles; 6 - H₂S opvangfles; 7 - CO₂ opvangfles; 8 - gas bemonsteringsfles; 9 - magnetische roerder; 10 - temperatuur gecontroleerd waterbad. In de aërobe eenheden was geen H₂S opvangfles aanwezig.



Figuur 2: Experimentele opstelling, met in het midden 2-l mesocosm flessen in een thermogereguleerd bad. Op de voorgrond staan de opvangflessen, bovenaan staan de massa flow control meters.

vloed wordt door zuurstofbeschikbaarheid, resuspensie (= weer in zwevende staat in de waterkolom terugbrengen) en de C:N verhouding.

Auto of hetero?

In natuurlijke systemen zoals de zee, meren of (vis)vijvers is de bacteriële productie gemiddeld hoger dan de aanmaak van organische materiaal door plantaardig plankton en andere groene planten (= primaire autotrofe productie). De primaire productie van algen in visvijvers schommelt rond $3\text{--}7 \text{ g C m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$. De bacteriële productie daarentegen varieert tussen de 3 en $20 \text{ g C m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$, met een gemiddelde aantal bacteriën (= celdichtheid) van 1.86×10^7 cellen per ml. De hoeveelheid in bacteriën vastgelegde koolstof wordt heterotrofe produktie genoemd. Hoe meer voer er wordt gegeven, des te belangrijker de rol van bacteriën in het systeem. De Heterotrofe Ratio (HR) wordt gedefinieerd als: Dagelijkse C input (mest, voer) gedeeld door de Dagelijkse autotrofe C assimilatie. Een vijver met $1750 \text{ kg vis ha}^{-1}$ heeft bij een dagelijkse voergift van 35 kg C ha^{-1} een HR van ongeveer 1. Bijgevolg zal in alle systemen met een visbiomassa hoger dan 1750 kg ha^{-1} de bacteriële productie hoger zijn dan de primaire autotrofe productie.

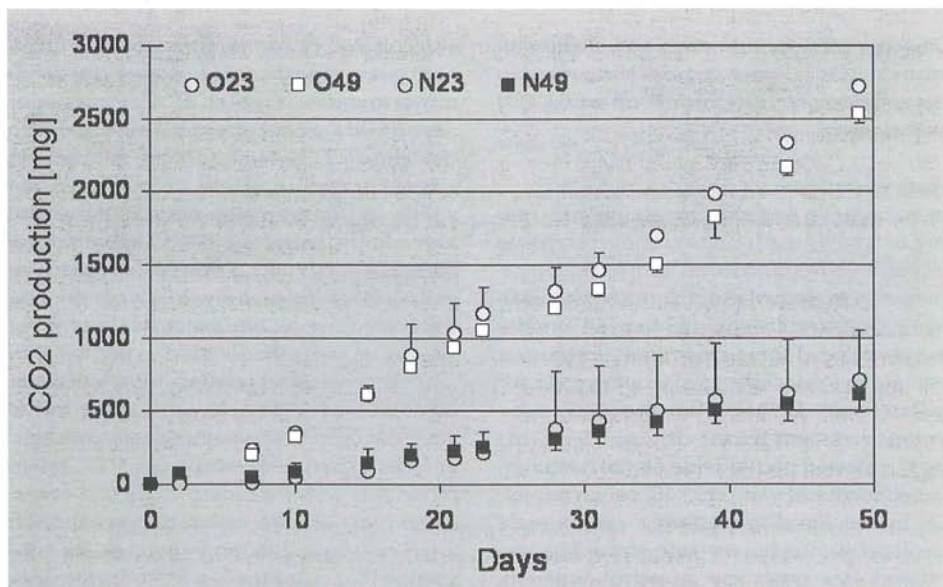
Goede verhoudingen

Tijdens het onderzoek in het laboratorium werd de afbraak van visvoer onder gecontroleerde omstandigheden in afgesloten schalen met een inhoud van 2 liter gevolgd. Een afgesloten ruimte waarbinnen de omstandigheden volledig beheerst kunnen worden wordt een micro- of mesocosmos genoemd. (Figuur 1 & 2). Eerst werd de afbraak van visvoer met verschillende C:N verhoudingen onder puur aërobe (= zuurstof aanwezig) en onder anaërobe (= zuurstofloze) omstandigheden onderzocht. Bij aërobe afbraak bleef er minder organische koolstof (C) achter in het systeem. Een

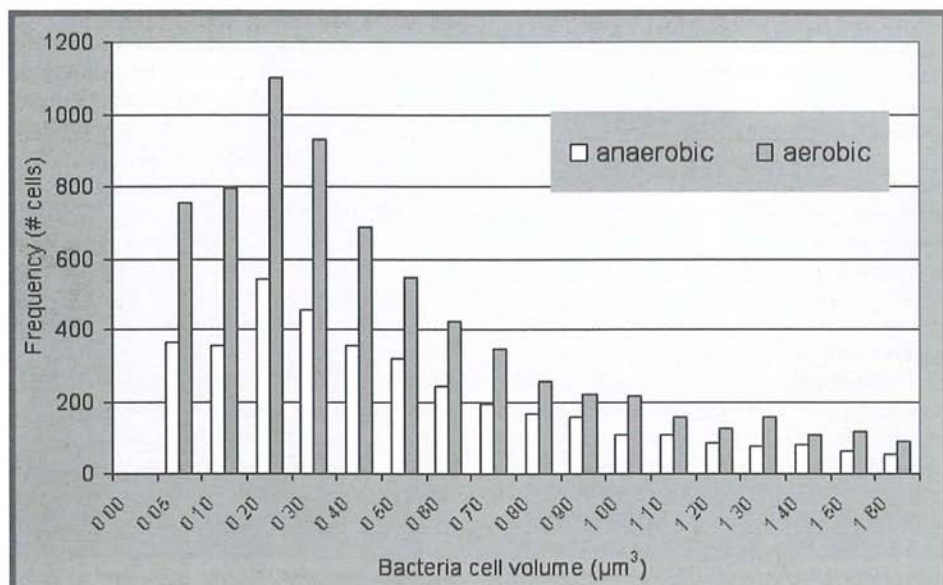
verschil in C:N verhouding tussen 6 en 13 had geen significante invloed op de C-mineralisatie (Figuur 3). Zowel onder aërobe als anaërobe omstandigheden daalde de C:N verhouding tijdens het afbraakproces, en deze afname was het snelst in zuurstofrijke omstandigheden. Meer anorganische stikstofverbindingen (NH_4^+ , NO_2^- en NO_3^-) waren aanwezig in media gevoerd met eiwitrijk voer (= lage C:N verhouding). De bacteriële biomassa was aanzienlijk hoger onder aërobe dan anaërobe omstandigheden, maar werd niet beïnvloed door de C:N verhouding in het voer. Bacteriële hoeveelheden aan het eind van het experiment waren 3.4×10^9 cellen ml^{-1} in zuurstofrijke omstandigheden vergeleken met 1.9×10^9 cellen ml^{-1} in zuurstofarme omstandigheden (Figuur 4). De hoeveelheid C vastgelegd in bacteriële biomassa was $19 \text{ g C m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$ onder aërobe condities en $8 \text{ g C m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$ onder anaërobe omstandigheden.

Zo nu en dan wat zuurstof versnelt

De koppeling tussen aërobe en anaërobe omstandigheden bepaalt in hoge mate de ophoping van N en C in het kweekmedium. Vergelijkbare hoeveelheden C werden omgezet tot CO_2 gas onder 100% aërobe omstandigheden en verschillende gradiënten van koppeling/menging van aërobe-anaërobe condities. Alleen bij 100% anaërobe omstandigheden werd minder CO_2 vrijgegeven. Dit betekent dat beperkte momenten van zuurstofbeschikbaarheid voldoende zijn om een afbraak van organisch materiaal te bewerkstelligen vergelijkbaar met 100% zuurstofbeschikbaarheid. Het 1-maal per vier dagen mengen van aërobe en anaërobe lagen gedurende 15 minuten was reeds voldoende om een vergelijkbare CO_2 productie te bewerkstelligen als bij 100% aërobe omstandigheden. Onder volledig aërobe omstandigheden werd geen nitrificatie vastgesteld, maar wel in alle situaties waar aërobe en anaërobe con-



Figuur 3: CO₂ productie (mg l⁻¹) onder aerobe en anaerobe omstandigheden. Symbolen: O = zuurstofrijk; N = zuurstofarm; 23 = 23% eiwit voer (C:N verhouding 13); 49 = 49% eiwit voer (C:N verhouding 6).



Figuur 4: Grootteverdeling en aantal bacteriën per grootteklasse aanwezig in de 2-l mesocosms onder aërobe of anaërobe omstandigheden.

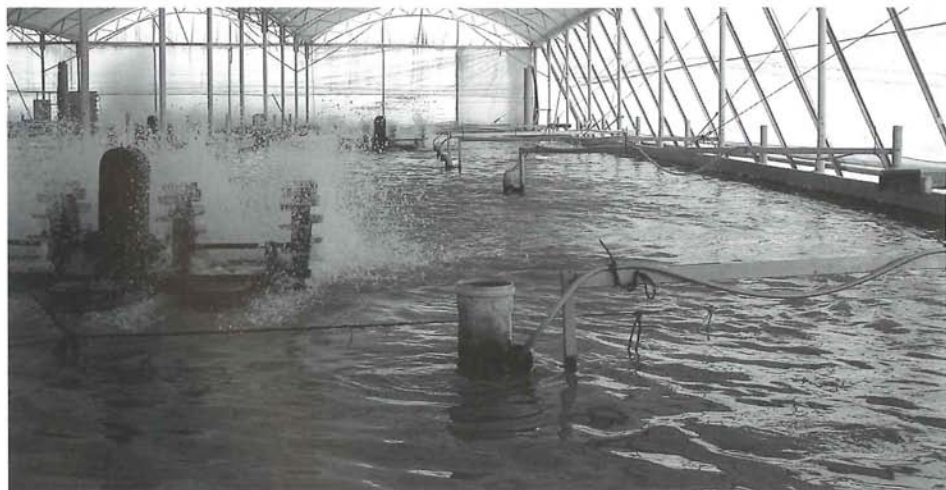
ditities naast elkaar bestonden in tijd of plaats. Trad er nitrificatie op dan werd ook denitrificatie vastgesteld. De hoogst vastgestelde stikstofverwijdering via denitrificatie was $\pm 70\%$ en werd gevonden in een behandeling waarbij 12 uur zuurstofrijke en 12 uur zuurstofarme omstandigheden elkaar afwisselden.

Conclusie

Als conclusie kan gesteld worden dat anaërobe afbraak van organische materiaal in visteelsystemen een probleem vormt als er niet op één of andere manier een koppeling plaats vindt tussen aërobe en anaërobe processen. Beheersmaatregelen die een menging bewerkstelligen tussen aërobe en anaërobe processen zullen de visproductie stimuleren en het systeem meer stabiel maken. Een voorbeeld van visteelt-productiesystemen waarin er een goede koppeling plaats vindt tussen aërobe en anaërobe omstandigheden zijn 'active suspension ponds' (ASP, figuur 5) waarin door overvloedige beluchting verhinderd wordt dat organisch materiaal bezinkt en waarin dus alle organisch materiaal in suspensie

(= zwevende in het water) blijft. ASP-systemen worden gekenmerkt door een lage waterverversing, een hoge concentratie van organisch zwevende stof in de waterkolom en een hoge bacteriële biomassa. Door het manipuleren van de C:N verhouding in dergelijke systemen kunnen grote hoeveelheden bacteriële eiwit gevormd worden. Toevoeging van 1 kg voer leidt gemiddeld tot de productie van 125 g bacteriële biomassa. Dit betekent dat de eiwitgift in het voer verlaagd kan worden en vervangen door ter plaatse geproduceerd bacteriële eiwit, wat groteweg leidt tot een verdubbeling van de eiwit-efficiëntie in systemen met vissoorten die bacteriën als voedsel opnemen. De uitdaging voor de toekomst is deze principes ook toepasbaar te maken in meer traditionele teeltsystemen zoals vijvers of tanks, die nog steeds voor meer dan 50% van de aquacultuurproductie in de wereld verantwoordelijk zijn.

¹ Op 15 april promoveerde Beatriz Torres Beristain aan Wageningen Universiteit op het proefschrift: Organic matter decomposition in simulated aquaculture ponds. Promotor was Prof. Dr. J.A.J. Verreth.



Figuur 5: Active suspension pond in operation. De 'paddle wheels' zorgen ervoor dat alle aanwezige organisch materiaal in de waterkolom blijft en niet uitzakt naar de bodem.