

Vervanging van vismeel door plantaardige eiwitten in visvoer

Guido van den Thillart, Gerjanne Vianen en Richard van Heeswijk; Instituut Biologie Leiden, Sectie Integratieve Zoologie; Van der Klaauw Laboratorium, POB 9516, 2300RA Leiden; thillart@ruisfb.leidenuniv.nl

Vervanging van vismeel door plantaardige eiwitten is noodzakelijk voor de verdere ontwikkeling van de aquacultuur. Toch is dat niet eenvoudig door te voeren vanwege het feit dat de meeste vissoorten een hoog gehalte aan dierlijke eiwitten nodig hebben voor een snelle groei. Hoewel het wel mogelijk is om een voer samen te stellen zonder vismeel, zijn de kosten van dergelijke voeders in feite te duur voor toepassing. Daarnaast bleek uit stofwisselingsonderzoek in Leiden, met cannules in de bloedbaan en in de maag, dat zelfs een ideale samenstelling van het voer niet het vereiste effect had. Met name was duidelijk dat de aminozuursamenstelling in het bloed van met vismeel gevoerde vissen een hoger gehalte aan essentiële aminozuren had, dan in het bloed van vissen die met plantaardige eiwitten waren gevoerd. Dit ondanks het feit dat essentiële aminozuren waren toegevoegd aan de laatste groep. Hieruit blijkt dat tot nu toe de opnamesnelheid van voedingsstoffen van de darm naar het bloed over het hoofd is gezien, en dat naar andere voedsel-additieven gezocht moet worden die veel trager worden opgenomen.

1. Noodzaak voor vismeel-vervanging in visvoer

Vismeel is een belangrijke component in visvoer, belangrijk omdat de behoefte van vissen aan dierlijke eiwitten erg hoog is maar vooral ook omdat vismeel duur is. Daarnaast is er behoorlijk veel oppositie tegen het leegvissen van de wereldzeeën, en heeft de vismeelproductie haar maximum al lang bereikt. Het is duidelijk dat de groei van de aquacultuur derhalve slechts mogelijk is door 2 ontwikkelingen: ten eerste zoeken naar vissoorten die minder dierlijk eiwit behoeven (zoals tilapia) en ten

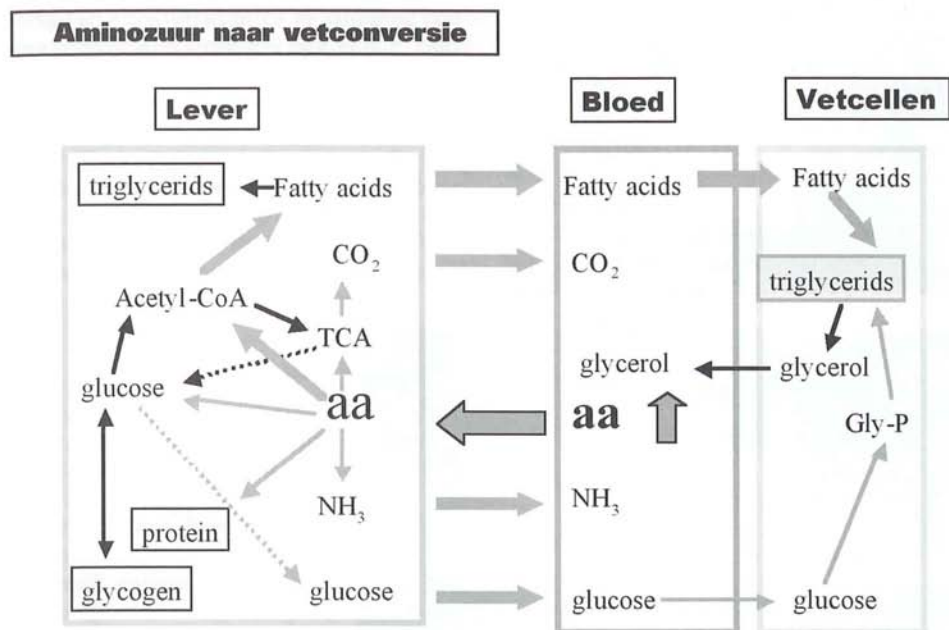
tweede door te zoeken naar vervanging van vismeel door plantaardige eiwitten. De afgelopen 3 jaar heeft de onderzoeksgroep in Leiden meegedraaid in een groot EU-project naar eiwitvervangers in vismeel. In dit project werkten onderzoeksgroepen uit Frankrijk, Spanje, Italië, Engeland, Italië, en Nederland samen. De omvang van dat project is te groot om in een kort artikel weer te kunnen geven. Er werden verschillende groei-experimenten uitgevoerd met forel en zeebrasem in Frankrijk en Spanje, waarbij de voersamenstelling werd gevarieerd en een groot aantal parameters (metabolieten,

hormonen, en diverse receptoren) werd gemeten. Van belang daarbij was niet alleen de groeisnelheid en de conversie, maar ook de mate van vervetting, geslachtsrijping, houdbaarheid (shelf life), en smaak. Daarnaast was er ook een uitgebreid marktonderzoek naar de acceptatie door mensen in verschillende landen van vissen die gevoerd worden met "planten". In dit artikel wordt ingegaan op de bijdrage van de Leidse groep in een later artikel zal informatie worden gegeven over de conclusie van het totale onderzoek.

2. Overmaat aminozuren

Eiwitten bestaan uit aaneengeschakelde aminozuren, van deze laatsten zijn er in eiwitten 20 soorten. Door volgorde van ami-

nozen in de eiwitketen en vooral ook door de vele knikken in de keten ontstaat de specifieke structuur van een eiwit. Elk organisme bestaat uit honderd-duizenden verschillende soorten eiwitten. Het blijkt dat de bruto samenstelling van eiwitten sterk verschilt tussen dieren en planten, terwijl die binnen het dierenrijk redelijk consistent is. Dat heeft grote gevolgen wanneer eiwitten als voer worden gebruikt, de aminozuurverhouding na vertering is dan verschillend. Bij de groei worden aminozuren gebruikt in grofweg dezelfde verhouding als de samenstelling van dierlijk eiwit. Dat betekent dus dat bij gebruik van plantaardige eiwitten er een overschot is dat niet gebruikt kan worden voor groei. Op basis hiervan zijn er dus 2 belangrijke vragen die gesteld moe-



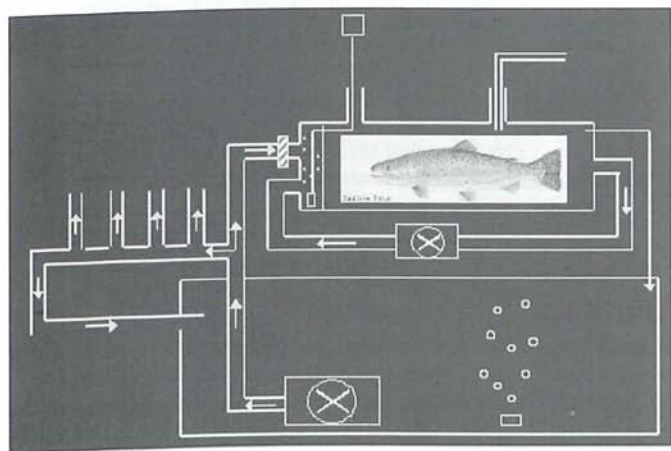
Figuur 1. Transportmodel voor voedingsstoffen die van de darm, naar de lever, en vandaar naar het vetweefsel worden vervoerd. Alle voedingsstoffen worden direct door de lever omgezet in eiwitten, of vetten. De opslag van glycogeen is zeer gering. Voor de omzetting in eiwitten is echter de juiste verhouding aminozuren nodig.

ten worden: 1. kan een overschot aminozuren in het voer efficiënt benut worden voor verbranding (energieproductie), en 2. kan de samenstelling van de eiwitten zodanig worden gemengd dat een ideale aminozuurverhouding wordt bereikt. Het antwoord op die 2 vragen blijkt stukken moeilijker dan dat het op het eerste ogenblik lijkt, voornamelijk omdat de oplossing van de ene vraag die van de andere beïnvloedt. Het is nl goed mogelijk om een ideaal mengsel te maken, waarbij dan wel suppletie met o.a. het aminozuur lysine nodig is. Maar het grote probleem is in feite de prijs. Om aan de juiste samenstelling te kunnen komen moeten vrij dure plantaardige gedeeltelijk gezuiverde eiwitten toege-

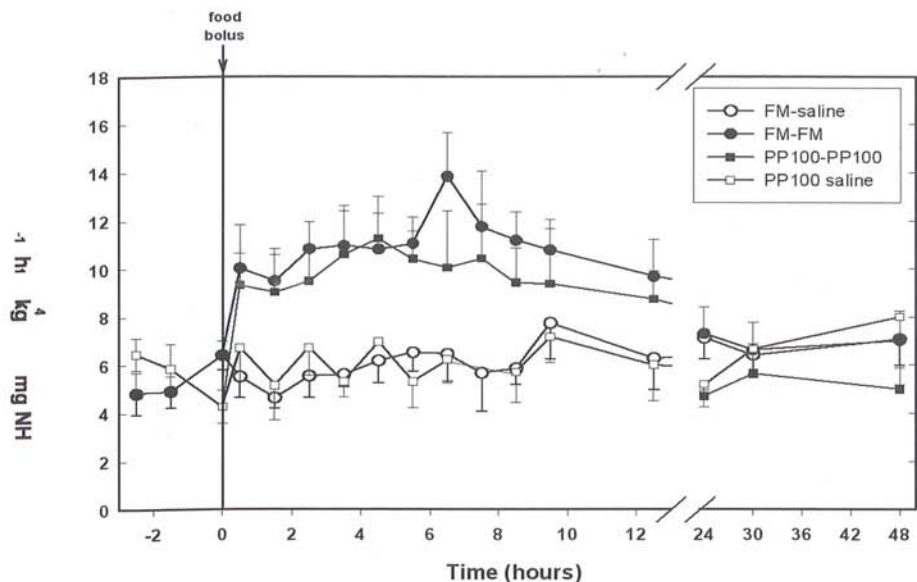
voegd worden. Dat laatste wordt echter zinloos als het eindproduct met plantaardige eiwitten even duur is als het uitgangspunt met vismeel. Voor ons was van belang te onderzoeken wat het effect is van partiële eiwitvervanging en ook welk effect dat heeft op de stofwisseling van de vissen.

3. Aminozuurstofwisseling

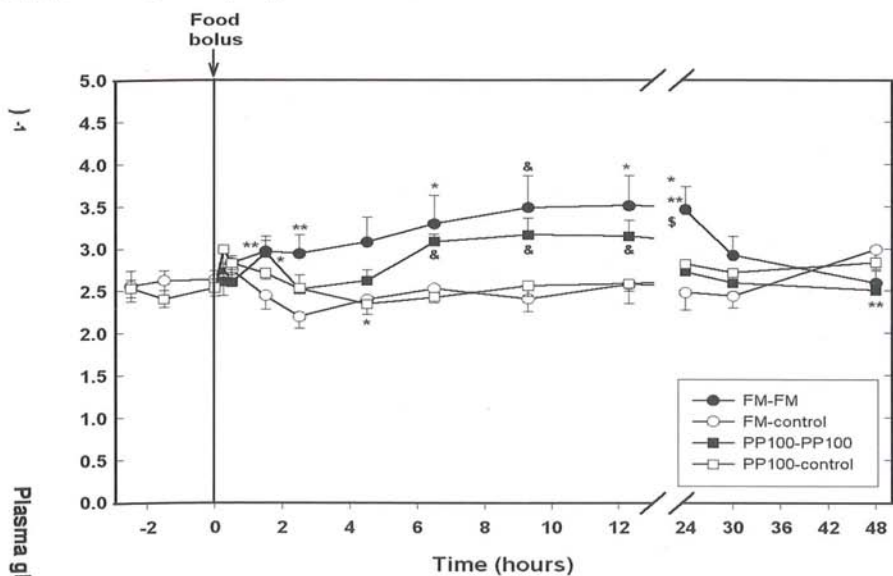
In bovenstaande figuur 1 wordt het transport van diverse voedingsstoffen in het lichaam vereenvoudigd weergegeven. Dit model geeft een handvat om wat inzicht te krijgen in de effecten van veranderingen van voedselsamenstelling. In het kort hebben we te maken met 5 compartimenten: darm, bloed, lever, vetweefsel, en rest. In de figuur worden er 3 genoemd. Voedsel komt in de darm en wordt gedurende 2-8 uur verteerd; er komt gedurende de vertering in feite een vrij constante stroom van voedingsstoffen via de darm in het bloed terecht. Die stoffen kunnen heel schadelijk zijn wanneer de concentratie toe blijft nemen. De lever haalt daarom die stoffen zeer snel uit het bloed, de efficiëntie is ca 90% bij de eerste doorgang van het bloed door de lever. De lever speelt hier dus een erg belangrijke rol. Opgenomen aminozuren



Figuur 2. Vissen werden voorzien van een catheter in de dorsale aorta en een maagsonde. De vissen werden daarna in een doorstroombak geplaatst waarin ammoniak afgifte en zuurstoepname werd gemeten. Twee dagen na de operatie wordt via de maagsonde voedsel toegediend, en kan via de catheter de opnamesnelheid en de omzetting van stoffen in het bloed worden gevolgd.



Figuur 3. Toename van de ammoniakproductie door forellen na toediening van voedsel via een maagsonde. Het voedsel bestond uit regulier voer met vismeel (FM) of uit voer waarbij al het eiwit van plantaardige oorsprong was (PP-100).



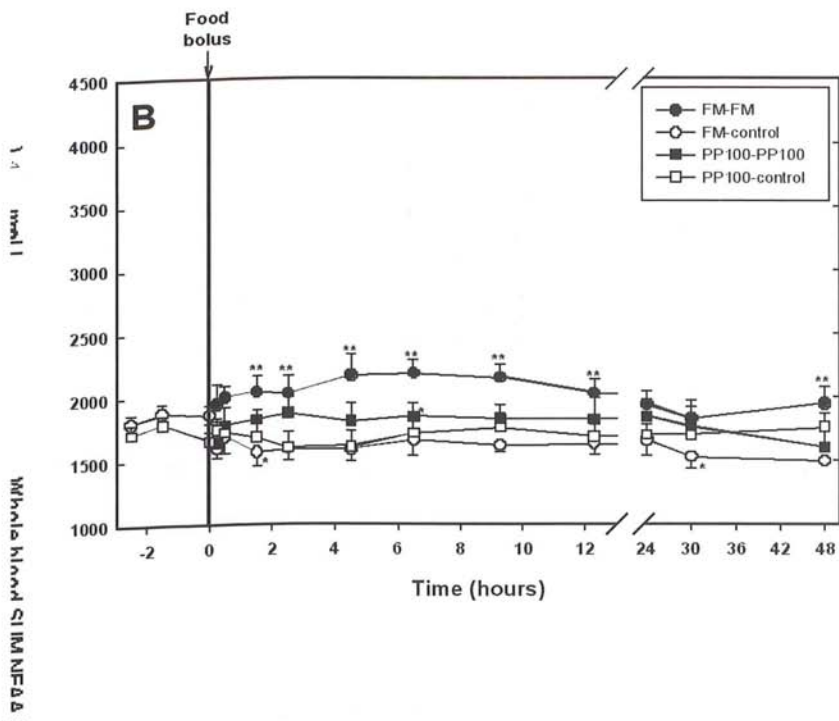
Figuur 4. Toename van de bloedglucosespiegel in forellen na toediening van voedsel via een maagsonde. Het voedsel bestond uit regulier voer met vismeel (FM) of uit voer waarbij al het eiwit van plantaardige oorsprong was (PP-100).

worden direct omgezet in eiwitten, glyco-geen, en vetten, ofwel verdwijnen richting verbranding. De richting waarin dit gaat wordt bepaald door de samenstelling van de aminozuren, de snelheid van de eiwit-synthese, en door de behoefte aan energie. Het is met name bij hoge groeisnelheden zoals die voorkomen in de aquacultuur dat de behoefte aan aminozuren (in de juiste verhouding) zeer groot is. Indien er een overschot aan aminozuren ontstaat, dan wordt vrijwel alles omgezet in vet. De opslagcapaciteit van glycogeen is zeer gering (1% van de totale energieinhoud), en door de behoefte aan vetten in het dieet wordt al gauw de drempel bereikt van

maximale verbranding. Daarbij komt dat bij een beperking van de eiwitsynthese de energiebehoefte sterk daalt. Dus het risico van vervetting is zeer groot bij overmaat aan plantaardige eiwitten.

4. Stofwissellingsmodellen

In Leiden maken we gebruik van in-vivo en in-vitro modellen om de stofwisseling van vissen te analyseren. Het in-vitro model met geïsoleerde vet- en levercellen zal een volgende keer worden besproken. In het in-vivo model gebruiken we dieren die voorzien zijn van een catheter in een bloedvat (meestal de dorsale aorta). Met name tbv dit onderzoek hebben we als eerste een



Figuur 5. Verandering van de aminozuursamenstelling in plasma van forellen na toediening van voedsel via een maagsonde. Het voedsel bestond uit regulier voer met vismeel (FM) of uit voer waarbij al het eiwit van plantaardige oorsprong was (PP-100). Uitgezet is de verhouding van essentiële versus niet-essentiële aminozuren (EAA/NEAA).

dubbel cannulatie toegepast met een tweede sonde in de maag van de vis. Via de maagsonde werd voer toegediend, en via de aorta cannule konden we vaststellen hoe snel de voedingsstoffen in het bloed kwamen en daarna weer verdwenen (zie figuur 2).

Vissen herstellen vrij snel van de operatie en reageren niet op bloedafname via de cannules. Deze opstelling werd en wordt in Leiden vaak gebruikt voor onderzoek naar stresshormonen. Uit die studies bleek dat de hormoonniveaus bijzonder laag waren en dat bij het bemonsteren geen veranderingen konden worden geconstateerd. Deze techniek is te verkiezen boven de veel gebruikte methode van bloedbemonstering via caudale punctie. Die methode heeft 2 bijzonder grote nadelen: ten eerste worden de dieren gestrest door de behandeling, waardoor allerlei metabolietniveaus veranderen, zoals van melkzuur, glucose, vetzuren, en natuurlijk ook die van diverse hormonen. Het tweede nadeel is dat een zeer groot aantal dieren nodig is om de benodigde statistisch betrouwbare resultaten te krijgen. Immers bij cannulatie is elk dier zijn eigen controle, voor elk dier kunnen we dan zien wat het effect van een bepaalde behandeling is.

5. Veranderingen van metabolieten in het bloed

In figuur 3 en 4 worden resultaten getoond van ammoniak en glucose metingen van vissen die een voerbolus kregen toegediend van normaal voer (FM) en van voer met 100% plantaardig eiwit (PP-100). Het is duidelijk te zien dat voor beide groepen de toename van de ammoniakproductie vrijwel gelijk is, terwijl de glucosespiegel van de dieren met PP-100 dieet duidelijk achterblijven. Dit kunnen we toeschrijven aan een verhoogde vetsynthese. Deze conclusie wordt ondersteund door de waarneming dat de vrije vetzuren in het plasma van PP-

100 dieren verlaagd was.

In het plasma van de vissen werden ook alle aminozuren gemeten gedurende het gehele verterings en verwerkingsproces. Een groot aantal veranderingen werd geconstateerd, die worden hier niet in detail besproken. Wel wordt in figuur 5 aangegeven hoe de verhouding van de essentiële versus de niet essentiële aminozuren verandert. Opmerkelijk is dat juist in de dieren die gevoerd werden met vismeel de verhouding stijgt, terwijl die van de PP-100 dieren niet verandert, en die van de hongerende dieren daalt. Als je bedenkt dat het juist de essentiële aminozuren zijn die cruciaal zijn voor de aanmaak van eiwitten, dan is het wel duidelijk dat vismeel veel beter is voor de vissen omdat daardoor de condities voor eiwit-synthese en dus voor groei gunstiger zijn.

6. Conclusie

Dus de hoofdconclusie van het onderzoek is dat vervanging van vismeel door plantaardige eiwitten nog niet optimaal lukt, hoewel het PP-100 dieet in de gebruikte studie een samenstelling had die vrij ideaal was. Onze analyse wijst erop dat het waarschijnlijk is dat de verteringssnelheid een sterk verstorende factor is. Alle additieven bestaan voor een belangrijk deel uit losse aminozuren die dus razend snel in het bloed worden opgenomen, en direct door de lever worden omgezet in alles behalve eiwitten. Dus in feite is het grootste deel van de additieven weinig effectief. Alternatieve oplossingen moeten in een heel andere richting worden gezocht, waarbij met name de snelheid van de opname in de bloedbaan moet worden vertraagd.

Het onderzoek in Leiden werd uitgevoerd in het kader van EU-project PEPPA: Perspectives of plant protein use in aquaculture (QLRT-199-30068) olv GvdT.