



Ketenanalyse en productverkenning voor valorisatie pelagische bijvangst en bijproducten



Europees Visserijfonds,
investering in duurzame visserij

Jan Broeze
Marnix Poelman
Jeroen Kals
Eugène Rurangwa
Heleen van den Bosch

Resultaat van onderzoek door Wageningen UR IMARES en Food & Biobased Research in opdracht van de Redersvereniging voor de Zeevisserij (RVZ). Dit project is geselecteerd in het kader van het Nederlandse Operationeel Programma "Perspectief voor een duurzame visserij" dat wordt medegefinancierd uit het Europees Visserijfonds.

Rapport 1623



Colofon

Titel	Ketenanalyse en productverkenning voor valorisatie pelagische bijvangst en bijproducten
Auteur(s)	Jan Broeze, Marnix Poelman, Jeroen Kals, Eugène Rurangwa, Heleen van den Bosch
Nummer	1623
ISBN-nummer	978-94-6257-709-1
Publicatiedatum	December 2015
Vertrouwelijk	Nee
OPD-code	6236085600
Goedgekeurd door	Ben Langelaan

Wageningen UR Food & Biobased Research
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 480 084
E-mail: info.fbr@wur.nl
Internet: www.wur.nl

© Wageningen UR Food & Biobased Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for inaccuracies in this report.

Summary

Under the new EU landing obligation that has been introduced from 2015 onwards, fisheries are increasingly being required to land all the fish that they catch (of regulated species). In the pelagic fisheries, the landing obligation has been in effect since 2015 for all species caught. Fish below 'Minimum Conservation Reference Size' (MCRS) cannot be used for direct human consumption. This report presents an analysis of options for valorising by-catches in pelagic freezer-trawlers fisheries.

Prior to the introduction of the landing obligation and based on the IMARES observer programme in the years 2002-2012, the bycatch in Dutch pelagic freezer-trawler fisheries under a landing obligation was predicted to be between 6000 and 9000 tonnes per year (i.e. 3-4%). During the first year of the landing obligation, the percentages of bycatch appear to have been even lower than that.

The research started with a broad inventory of potential ways to handle pelagic bycatches within the legal framework. An expert-brainstorm and an inventory of recent product innovations were used to generate ideas of new products ranging from marketing of damaged fish for processed foods, to producing leather from skins or deriving fragrances from fish proteins.

The marketing of damaged fish for different food applications has already been put into practice by the fishing companies.

The project team and representatives from the pelagic sector selected three subjects for further analysis:

1. Silage for feed;
2. Silage in combination with extraction of bioactive peptides;
3. Mild hydrolysis for bio-active peptides.

In the silage process, protein molecules are split up into peptides and amino acids by adding acid. The silage-product can be valorised in fodder, for example as an alternative to soya meal. The analysis yielded a negative business-case for this option because soy meal is a cheaper alternative to fish silage.

The second option was to use silage in combination with the extraction of bioactive peptides. In experimental tests we found that even with minimum dosage of acid (lower limit is determined by requirements for shelf life) the degree of hydrolysis is too high and most peptides are broken down into amino acids. That means that silage in combination with extraction of bioactive peptides is not feasible.

The third option was the mild hydrolysis process. This also splits up the protein chains into smaller pieces, however through better process control relatively large amounts of valuable peptide molecules can be generated. Hydrolysis can be induced by addition of acid, but then at controlled temperature and relatively short process time (the process is stopped by neutralization). The most targeted, specific peptides can be derived by using enzymes instead of acid, but the drawback of that option is the high cost price of the enzymes.

Hydrolysates can be used as food ingredient (for example, with better technical properties than the original protein or less allergenic), as health-promoting bio-active component (in diet or as a dietary supplement) or for animal feed applications.

From cost-benefit analyses of both the animal-feed-option and human food applications follows a positive business case. However, these positive outcomes are highly dependent on prices of both the input material as the end products. For both food and feed application the market still needs to be developed. Because only little information about output prices is available, and the prices are critical for a positive business case, we recommend involving potential customers in further exploration of such opportunities.

Although not explicitly imposed by legislation, we have concluded that for producing human food applications the fish for the hydrolysis process must be stripped. This significantly increases cost prices of the input material; on the other hand product price will also be significantly higher.

Samenvatting

Onder de nieuwe aanlandplicht, geleidelijk ingevoerd door de EU vanaf 2015, wordt de visserij verplicht alle gevangen vis (van gequoteerde soorten) aan land te brengen. Voor de pelagische visserij is deze wetgeving vanaf 2015 van kracht voor alle gevangen vissoorten. Ondermaatse vis mag niet worden verkocht voor directe humane consumptie. Dit rapport presenteert een analyse naar alternatieve mogelijkheden voor verwaarding van bijvangst van pelagische visserij.

Op basis van cijfers over 2002-2012 uit het CVO/IMARES monitoring-programma voor bijvangst wordt de hoeveelheid bijvangst voor de pelagische visserij onder de nieuwe aanlandplicht geschat op 6000 tot 9000 ton per jaar (3-4% van de totale vangst). Gerealiseerde hoeveelheden in het eerste jaar van de aanlandplicht vallen lager uit dan genoemde schattingen.

Het onderzoek is gestart met een brede inventarisatie van mogelijkheden binnen de wettelijke kaders. Door middel van een expert-brainstorm en een inventarisatie van recente productinnovaties in de markt zijn ideeën gegenereerd, variërend van het gebruik van beschadigde vis voor bewerkte voedseltoepassingen tot productie van leder uit huiden of het produceren van geurstoffen uit viseiwit. Het idee van verwaarding van beschadigde vis voor voedseltoepassingen is reeds door visbedrijven in de praktijk gebracht.

Door het projectteam en vertegenwoordigers uit de pelagische sector zijn drie opties geselecteerd voor verdere analyse:

1. Silage gericht op grondstof voor diervoeders;
2. Silage met winning van bioactieve peptiden;
3. Milde hydrolyse gericht op productie van bioactieve peptiden.

In het silage-proces worden eiwitmoleculen door toevoeging van zuur opgeknipt tot peptiden en aminozuren. Het silage-product kan worden afgezet als veevoeder, bijvoorbeeld als alternatief voor sojameel. De analyse voor deze business case geeft een negatief resultaat omdat het niet concurrerend geproduceerd kan worden ten opzichte van sojameel.

Bij de tweede optie wordt silage-productie gecombineerd met winning van bioactieve peptiden. In een aantal experimenten hebben we geconcludeerd dat zelfs met minimale dosering zuur (ondergrens is bepaald door eis van houdbaarheid) de hydrolysegraad te hoog is: de meeste peptiden zijn afgebroken tot aminozuren. Dit betekent dat silage in combinatie met winning van bioactieve peptiden niet haalbaar is.

De derde optie is het milde hydrolyseproces. Ook in dit proces worden eiwitketens opgeknipt in kleinere stukken, vooral peptiden. Maar hierbij wordt het proces beter gecontroleerd, zodat relatief grote hoeveelheden waardevolle specifieke peptide-moleculen worden gevormd.

Hydrolyse kan ook worden uitgevoerd door toevoeging van zuur, maar dan bij gecontroleerde temperatuur en procestijd (het proces wordt gestopt door neutralisatie). Het meest doelgericht kunnen specifieke peptiden worden gevormd door gebruik van enzymen in plaats van zuur.

Hydrolysaten kunnen worden afgezet als voedselingrediënt (bijvoorbeeld met aangepaste technische eigenschappen), als gezondheidsbevorderende bioactieve component (in voeding of als voedingssupplement) of voor diervoedertoepassingen.

Uit kosten-batenanalyses van zowel de diervoeder-optie als voor voedsel-toepassingen volgt een positieve business case. Maar deze positieve uitkomsten zijn wel sterk afhankelijk van prijzen van zowel het ingangsmateriaal als de eindproducten. Voor zowel voedings- als diervoedertoepassing moet de markt nog worden ontwikkeld. Omdat prijsvorming nog onzeker is en de prijzen kritisch zijn voor een positieve business case, wordt aangeraden bij een eventuele vervolgonwikkeling ook mogelijke afnemers te betrekken.

Hoewel wetgeving dat niet expliciet voorschrijft, hebben we geconcludeerd dat voor humane consumptie de vis voor het hydrolyseproces moet worden gestript. Dit drijft de prijs voor het ingangsmateriaal aanzienlijk op; anderzijds zal de opbrengstprijis dan ook significant hoger zijn.

Inhoudsopgave

Summary	3
Samenvatting	5
1 Inleiding	8
2 Verwachte hoeveelheden bijvangst en nutritioneel hoogwaardige componenten	9
3 Wettelijke randvoorwaarden	11
4 Long-list van mogelijke toepassingen	12
5 Selectie van interessante ideeën	13
5.1 Opknippen van eiwitmoleculen	13
5.2 Mogelijke toepassingen van hydrolysaten en silage-producten	14
6 Uitwerking van interessante ideeën	16
6.1 Silage voor diervoeders	16
6.1.1 Kosten-baten van silage	17
6.2 Brug naar hogere verwaardig: bioactieve moleculen in silage	18
6.2.1 Experimentele analyse naar bio-activiteit in vissilage	19
6.2.2 Praktisch interessante ontwikkelingsrichting	20
6.3 Milde hydrolyse voor productie van voedselingredienten	21
6.3.1 Potentie van hydrolysaten op basis van vis	21
6.3.2 Markt en prijzen	22
6.3.3 Schaalgrootte	22
6.3.4 Kosten-baten	23
7 Conclusies en discussie	24
Literatuur	25
Bijlage 1. Resultaten analyse bioactiviteit van vissilage	27

1 Inleiding

Dit verslag geeft een overzicht van de resultaten van het onderzoek naar verwaardingsopties voor pelagische bijvangst in Nederland. Resultaten van belangrijke stappen in dat project worden hieronder gepresenteerd:

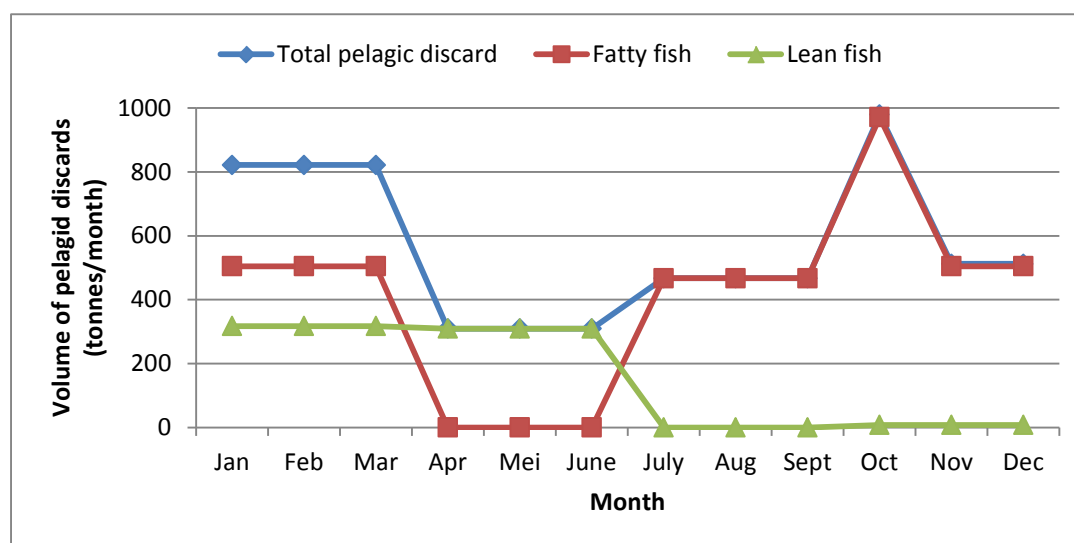
- een overzicht van verwachte hoeveelheden bijvangst
- een lijst met mogelijke verwaardingsopties (resultaat van een brainstorm-workshop met een brede groep experts)
- uitwerking van enkele opties voor verwerking (geselecteerd met vertegenwoordigers van de sector) inclusief inschatting van technische en financiële haalbaarheid.

Het project was opgedeeld in 7 stappen. De resultaten worden in de volgende hoofdstukken gepresenteerd:

1 Ketenanalyse	Bij verschillende scenario's voor verwachte hoeveelheden bijvangst is een voorspelling gemaakt voor totale hoeveelheden eiwitten en olie. Resultaten zijn gerapporteerd zijn gepresenteerd in Goudswaard (2015), en worden samengevat in hoofdstuk 2 van dit rapport.
2 Samenstelling bijvangst	
3 Mogelijke toepassingen	In een brainstorm-workshop met een brede groep experts is een lijst met interessante proces- en toepassingsopties gegenereerd. Deze resultaten worden in hoofdstuk 4 van dit rapport gepresenteerd. Op basis van deze lijst en toelichting op de ideeën zijn samen met vertegenwoordigers uit de visserijsector twee ideeën gekozen.
4 Keten-beschrijvingen	Twee ideeën (silage en hydrolyse) worden in hoofdstukken 6 en 6.3 van dit rapport uitgewerkt.
5 Praktische haalbaarheid	Wettelijke randvoorwaarden hebben een groot effect op praktische haalbaarheid; dit wordt toegelicht in hoofdstuk 3.
6 Keuze van strategieën	Bij de keus van de twee ideeën is ook een tussenvariant bedacht: technisch relatief eenvoudig, maar wel met een hoogwaardig product. Dit werd gezien als eerste stap in een gefaseerde ontwikkeling naar een vermarktbaar hoogwaardig product. Dit idee en conclusies worden in hoofdstuk 6.2 van dit rapport behandeld.
7 Strategie ontwikkeling	Op basis van de uitkomsten worden suggesties gedaan ten aanzien van verdere ontwikkeling van het idee voor hydrolyse (hoofdstuk 7).

2 Verwachte hoeveelheden bijvangst en nutritioneel hoogwaardige componenten

Op basis van historische gegevens en anticiperend op de beschikbaarheid van selectievere visserijmethoden zijn in 2014 verschillende voorspellingen voor de hoeveelheid bijvangst van de Nederlandse pelagische visserij gegeven: tussen 6000 en 9000 ton per jaar (zie voor details rapportage van Goudswaard, 2015). Een schatting voor de verdeling over het jaar is hieronder gegeven in *Figuur 1*.



Figuur 1. Verwachte verdeling van bijvangst over het jaar, uitgaande van een scenario '3% van gevangen vis' (Goudswaard, 2015).

De hoeveelheid bijvangst zal hoger uitvallen (tot verdubbeling) als ook bijvangst van vriestrawlers onder buitenlandse vlag wordt meegenomen.

De bijvangst bestaat vooral uit beschadigde vis en in mindere mate uit ondermaatse vis. Voor bijvangst van vis waarvoor NL geen quotum heeft worden oplossingen gezocht via internationaal ruilen van quota.

In het rapport van Kals *et al.* (2015) is een eerste doorkijk naar nutritioneel waardevolle inhoudsstoffen gepresenteerd. De verwachte hoeveelheden olie en eiwitten – uitgaande van 6000 tot 9000 ton vis: 1200 à 1500 ton eiwitten en 800 à 1200 olie per jaar. Het totaal bevat naar schatting orde-grootte 50 ton hoogwaardige fosfolipiden (0,5 à 1% van het gewicht van de vis).

Praktijk (na invoering van de aanlandplicht, situatie in de loop van het project, 2015)

In 2015 blijkt – volgens schattingen vanuit de self-sampling door de PFA – de hoeveelheid bijvangst substantieel lager dan voorspeld. Van de bijvangst wordt een aanzienlijk deel – beschadigde vis – alsnog afgezet als voedselproducten en via andere al bestaande kanalen (bijvoorbeeld tonijnfarms).

Voor de korte termijn heeft de Omnibus-verordening de urgentie voor alternatieve opties weggenomen, omdat het is toegestaan om in de pelagische visserij een beperkte hoeveelheid ondermaatse vis in de vangst te hebben. Dit maakt de noodzaak voor verwaarding van bijvangsten in de keten veel lager.

3 Wettelijke randvoorwaarden

Volgens de aanlandplicht moeten alle vangsten van gequoteerde vissoorten – zowel de maatse als ondermaatse vis – aangeland worden. De maatse vis (niet-doelsoorten en beschadigde vis) zal onder nationale quota vallen; regels over hoe daarmee onderling om te gaan (en eventueel quotum-overschrijding ten gunste van deze bijvangst) zijn in de maak.

Voor ondermaatse vis zijn strenge beperkingen opgesteld: ondermaatse vis-bijvangst mag alleen voor niet-direct menselijke consumptie gebruikt worden¹. Dat betekent dat vis verwerkt mag worden tot ingrediënten voor diervoeders, technische toepassingen alsook tot olie en/of eiwitconcentraten voor humane voedingsproducten.

Voor voedseltoepassing van componenten uit vis geldt dat de producent expliciet moet aantonen dat het product geen risico's oplevert. Sporen uit het maag-darmstelsel van vis kunnen leiden tot groei van *C. botulinum*, en dus tot vorming van toxische stoffen (Köse, 2010, NDA, 2011).

Daarom worden vissen groter dan 5 inch (12,7cm) voor voedseltoepassingen worden gestript voordat ze worden verwerkt. Voor productie van visolie bestemd voor humane consumptie is expliciet in wetgeving beschreven dat het uitgangsmateriaal moet 'zijn afgeleid van visserijproducten die geschikt zijn voor menselijke consumptie' (EU Verordening (EC) No 853/2004, update 12.01.2012). Daarnaast schrijft de wetgeving expliciet voor hoe het productieproces voor visolie er uit moet zien om voedselveiligheidsrisico's te beheersen. Voor gehydrolyseerde eiwitten geldt dat deze 'moeten worden vervaardigd via een productieproces dat adequate maatregelen omvat om verontreiniging zoveel mogelijk te beperken' (EU Verordening (EC) 142/2011). Deze constatering is bevestigd door gesprekspartners van verwerkende bedrijven.

¹ Voor de korte termijn zijn de regels aangepast in de Omnibus-verordening. Volgens deze verordening mag de komende jaren ook een beperkte hoeveelheid ondermaatse vis worden vermarkt. Gevolgen van deze verordening vallen buiten de doelstelling van dit project.

4 Long-list van mogelijke toepassingen

Op basis van een brainstorm en van een inventarisatie van recente productinnovaties in de markt zijn de volgende ideeën gegenereerd:

- a. **Beschadigde vis kan (en mag) worden afgezet of verwerkt voor voedseltoepassingen. In de westerse markten kan gedacht worden aan gemaksmaltijden; in ontwikkelende markten kan beschadigde vis tegen gereduceerde prijs aan consumenten of andere eindgebruikers worden afgezet.**
- b. Huiden → leer (sterker dan gangbare leersoorten)
- c. Geur- en smaakstoffen op basis van vis-eiwitten; ook attractanten ten behoeve van visvoer
- d. **Bioactieve peptiden (met gezondheidsbevorderende eigenschappen), te produceren door middel van (enzymatische of eventueel zure) hydrolyse**
- e. Vis-eiwit als allergeen-vrije (afgezien van parvalbumin) vervanging van koemelk en sojamelk (denk aan babyvoeding)
- f. Collageen voor bijvoorbeeld voeding, cosmetica of technische toepassingen
- g. Fosfolipiden voor emulsies (zoals margarine)
- h. Visolie in voeding; geur en smaak kunnen gemaskeerd worden
- i. Mineralen-vitamines-supplementen uit vis, o.a. selenium, vitamines A, D en E
- j. **Silage (auto-hydrolyse), waarbij de vissilage verder kan worden gescheiden in:**
 - eiwitten voor diervoeder (bijvoorbeeld nat voor varkens; droog voor pluimvee)
 - olie scheiden/zuiveren

5 Selectie van interessante ideeën

Vanuit de sector zelf is idee (a) in de praktijk gebracht: beschadigde vis wordt succesvol in de bestaande markt (tegen aangepaste prijs) afgezet. Dit idee wordt mede daarom hieronder niet verder uitgewerkt.

Door het projectteam en vertegenwoordigers uit de pelagische sector zijn uit bovenstaande lijst drie ideeën geselecteerd voor verdere analyse:

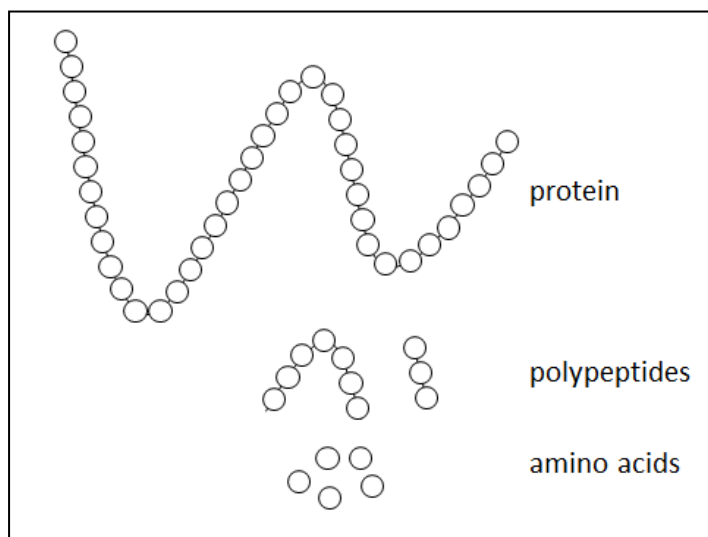
1. Silage gericht op grondstof voor diervoeders (optie j)
2. Silage met winning van bioactieve peptiden (optie d) en
3. Milde hydrolyse gericht op winning van bio-actieve peptiden.

Voor deze ideeën werd de volgende ontwikkelingsstrategie geformuleerd:

1. In eerste instantie wordt silage geproduceerd. Deze optie vergt relatief simpele technische installaties en beperkte investeringen. De silage kan rechtstreeks als grondstof voor diervoeder worden ingezet.
2. Extractie van bio-functionele moleculen uit silage. Er werd verwacht dat de silage nog significante hoeveelheden intacte peptiden zou bevatten met bio-functionaliteit. Op basis van het extract kan een markt worden ontwikkeld.
3. Hydrolyse voor productie van bio-functionele peptiden. In de voorgaande fase is een afzetmarkt ontwikkeld. Die vormt een basis om in een hydrolyse-installatie te investeren. Het product kan in de gevormde markt afgezet worden en naar verwachting ook doorontwikkeld naar hoogwaardiger afzetmarkten.

5.1 Opknippen van eiwitmoleculen

In zowel het silage-proces als het hydrolyse-proces worden eiwitten opgesplitst in (poly)peptiden en aminozuren (*Figuur 2*).



Figuur 2. Door hydrolyse en silage worden eiwitmoleculen opgeknipt in stukjes: polypeptiden en individuele aminozuren.

Bij milde hydrolyse van eiwitten worden onder invloed van water en enzymen, peptidebindingen van eiwitmoleculen verbroken. Enzymen werken als katalysator voor hydrolyse: doordat enzymen specifieke peptidebindingen kunnen verbreken, worden specifieke polypeptiden geproduceerd. Afhankelijk van de specificaties van de gebruikte enzymen, de procescondities en de mate van hydrolyse wordt een breed scala van grote, middelgrote en kleine peptiden (of uiteindelijk vrije aminozuren) gevormd met verschillende moleculaire en bio-functionele eigenschappen.

In plaats van enzymen kan ook zuur worden gebruikt om hydrolyse te bewerkstelligen. Hydrolyse met gebruik van zuur bij ongecontroleerde omstandigheden wordt ook silage genoemd. Voordelen van deze route zijn (a) lagere kosten, en (b) conserverende werking bij voldoende lage pH. Een nadeel van deze route is dat peptidebindingen willekeurig worden gebroken, waardoor de kans op het genereren van specifieke polypeptiden veel lager is dan bij enzymatische hydrolyse. Als het hydrolyseproces lang doorloopt, worden aanzienlijke hoeveelheden vrije aminozuren (waaronder bittere) gevormd. Zure hydrolyse kan eventueel worden gestopt door neutralisatie met een base; daarbij worden ook zouten gevormd.

5.2 Mogelijke toepassingen van hydrolysaten en silage-producten

Eiwit-hydrolysaten hebben – mede door de oplosbare vorm van het product – een breed scala aan relatief hoogwaardige toepassingen zoals (Van der Meer *et al.*, 2012):

- babyvoeding, klinische voeding. Hierin worden nu vooral hydrolysaten van melkeiwitten ingezet. Soja-eiwit hydrolysaten zijn in opkomst;
- aroma's (gisthydrolysaat is een bekend voorbeeld); ook direct in soepen en sauzen

- drankjes (inclusief sportdrankjes) met eiwitverrijking. Ook hier domineren zuiveleiwit en soja-eiwit hydrolysaten;
- bio-actieve eiwitten/peptiden, met mogelijke invloed op o.a.:
 - bloeddruk, hart- en vaatziekten en diabetes (obesitas, metabolisch syndroom):
 - Angiotensin Converting Enzyme (ACE)
 - DiPeptidyl-Peptidase-4 (DPP4)
 - antioxidant werking
 - antimicrobieel, antibiotica vervanging.

Dat ook specifiek uit visewit bioactieve peptiden gewonnen kunnen worden is wordt door verschillende publicaties onderbouwd; zie bijvoorbeeld Benkajul *et al.* (1997), Kim *et al.* (2000), Je *et al.* (2004).

Enkele voorbeelden van minder hoogwaardige toepassingen:

- eiwitverrijking van vaste en half-vaste producten (vaak concurrentie met “intacte” eiwitpreparaten);
- opfokvoerders (bv oplosbaar gemaakte tarwegluten door deamidering/hydrolyse);
- cosmetica zoals shampoo (oplosbaar gemaakte tarwegluten door deamidering/hydrolyse).

Product dat wordt verkregen door zure hydrolyse in luchtdichte vaten onder niet-gecontroleerde omstandigheden wordt onder de naam ‘silage’ ingezet als diervoeder.

6 Uitwerking van interessante ideeën

6.1 Silage voor diervoeders

Voor silage-productie wordt vis gehakseld, aangezuurd en bij kamertemperatuur luchtdicht bewaard. Hierdoor wordt een bruine vloeibare substantie geproduceerd dat lang houdbaar is bij kamertemperatuur. Het opknippen van de eiwitmoleculen gebeurt ongecontroleerd, en loopt lang door, waardoor uiteindelijk een groot gedeelte van de eiwitten wordt afgebroken tot vrije aminozuren. Eventueel kan via technische oplossingen een silage-proces gekozen worden dat een zekere vorm van controleerbaarheid kent. Beide processen leveren een voederproduct op met een goede opneembaarheid en met behoud van voederwaarde.

Het product kan direct als vochtrijke voeder worden ingezet ('ruwe silage') (Figuur 3), maar in veel gevallen wordt het (al dan niet gedroogd) gemengd in mengvoeders, waarbij het gedroogd ook bruikbaar wordt als visvoer.



Figuur 3. Vloeibare visilage.

Het silage-proces kan in principe al aan boord worden gestart, maar om praktische redenen ligt toepassing aan land meer voor de hand (vooraf invriezen van vis heeft geen effect op silage-kwaliteit).

Eén van de nadelen van dit proces is dat de olie in het mengsel kan oxideren. Daarom moet aan het begin van de silage-procesketen ofwel antioxidanten worden toegevoegd ofwel de olie worden gescheiden van de eiwit-fractie.

Standaard toepassing van silage is diervoer (als nat product of als component in samengestelde voeders). Het product is niet aantrekkelijk voor humane consumptie. Een aanzienlijk deel van de bijproducten van visverwerking (o.a. zalm) in Noorwegen wordt op deze wijze als veevoeder verward.

In verschillende gepubliceerde voedertesten blijkt het product in diervoer een hogere voederwaarde te hebben dan sojameel, maar iets lager dan vismeel (Ologhobo, 1988, Balios, 2003, El-Hakim *et al.*, 2007). In Nederland wordt momenteel de voederefficiëntie en potentie van toepassing in opfokvoer in de varkenssector beoordeeld.

Het proces vergt relatief beperkte investeringen, eenvoudige technologie en weinig energie. Een ander voordeel is dat deze oplossing goed toepasbaar is voor variërende vissoorten door het jaar. Voor de haalbaarheid in een keten is het van belang de olie en eiwitfractie van elkaar te scheiden. Dit scheidingsproces kan gecombineerd worden met eventuele scheiding van interessante visonderdelen, zoals huiden en wit vlees.

6.1.1 Kosten-baten van silage

Schatting van kostprijs per ton vis (uitgaande van een jaarlijkse omzet van 3500 ton bijvangst):

- € 200 voor de vis (in verband met de concurrerende prijsstelling ten opzichte van andere ruwe grondstoffen) € 50² voor hulpstoffen (zuur en antioxidant)
- andere operationele kosten zijn door Rurangwa *et al.* (2015) geschat op € 30/ton
- kosten voor investeringen zijn gering (hakselapparatuur, niet-metalen vaten, oliescheider en zeef voor de meest simpele opzet); schatting voor kosten bij afschrijving in 10 jaar: enkele tientjes per ton vis.

Totale kosten € 300 per ton vis.

Een andere bron (Ramirez, 2007) komt tot een vergelijkbare schatting voor operationele en investeringskosten. De kosten zijn veelal afhankelijk van de arbeids- en materiele investeringskosten.

De opbrengst per ton vis is geschat op:

- olie (75 kg, à € 2) € 150
- silage concentraat ongeveer 150 kg (rond € 0,50 per kg³) € 75

Totale opbrengsten € 225 per ton vis.

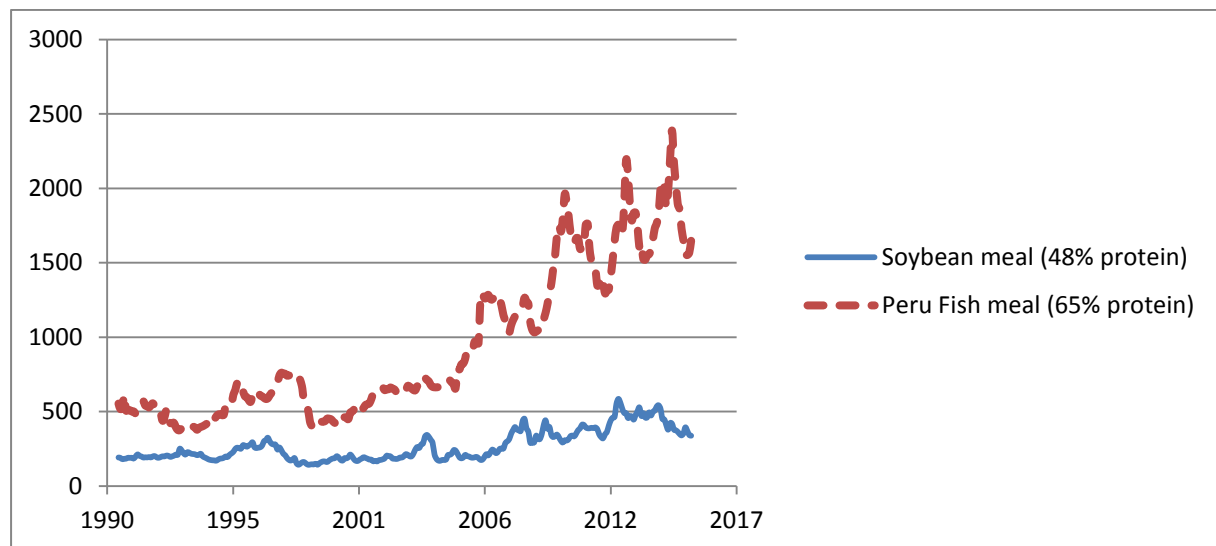
Conclusie: silage voor veevoer is silage niet rendabel als het product wordt beschouwd als alternatief voor sojameel. Een rendabele business case zou mogelijk zijn als de grondstof aanzienlijk goedkoper beschikbaar zou zijn (zoals bijproducten in een land met omvangrijke

² Rurangwa *et al.* (2015); wordt bevestigd door <http://www.faa.gov.nl.ca/agrifoods/animals/livestock/silage.html>

³ Over prijsvorming voor vissilage is heel weinig bekend in literatuur. Fagbenro (1994) laat zien dat deze vergelijkbaar was met vismeel (gecorrigeerd voor eiwitgehalte). Echter, enkele meer recente prijzen gevonden blijken de prijsstijging van vismeel niet te volgen (figuur 4). De prijzen voor vissilage blijven rond de prijs voor sojameel. Daarom is hier een conservatieve prijs-schatting gehanteerd in lijn met gegevens van Rurangwa *et al.* (2014). Ook Winther (2011) noemt een prijs van 4 à 5 Noorse kronen per kg (€0,40 à 0,50 per kg).

visverwerking en in ontwikkelende landen; niet van toepassing in Nederland) of als een hoogwaardiger product wordt geproduceerd.

Vissilage is mogelijk interessanter voor toepassing in hoogwaardige opfokvoerders. Dit is momenteel in onderzoek binnen Innofish en de varkenssector.



Figuur 4. *Prijswontwikkeling vismeel en sojameel van 1990 tot 2015 in US\$ per ton (data: www.indexmundi.com).*

6.2 Brug naar hogere verwaardig: bioactieve moleculen in silage

Zoals hiervoor geconcludeerd is, is een hogere waarde van het eindproduct nodig om de silage-route rendabel te maken. Het groeiende prijsverschil tussen vismeel en sojameel (Figuur 4) laat zien dat er significante ruimte is. De mogelijkheid is verkend van gezondheidsbevorderende bioactieve peptiden in silage. Immers, ook het silage-proces is een hydrolyse proces (hoewel een ruwe vorm).

De volgende twee ketens staan daarbij voor ogen:

1. Winning van bio-functionele fractie voor voedingstoepassingen uit silage, bestaande uit drie deeltappen:
 - I. silage als eenvoudige eerste bewerking
 - II. extractie van bioactieve moleculen/fractie uit de silage in een dedicated proces
 - III. residu van de extractie kan alsnog als veevoer-silage worden afgezet
2. Diervoeder met meerwaarde: productie van silage met daarin bio-actieve componenten. Dit past binnen het streven naar reductie van antibiotica in veevoer.

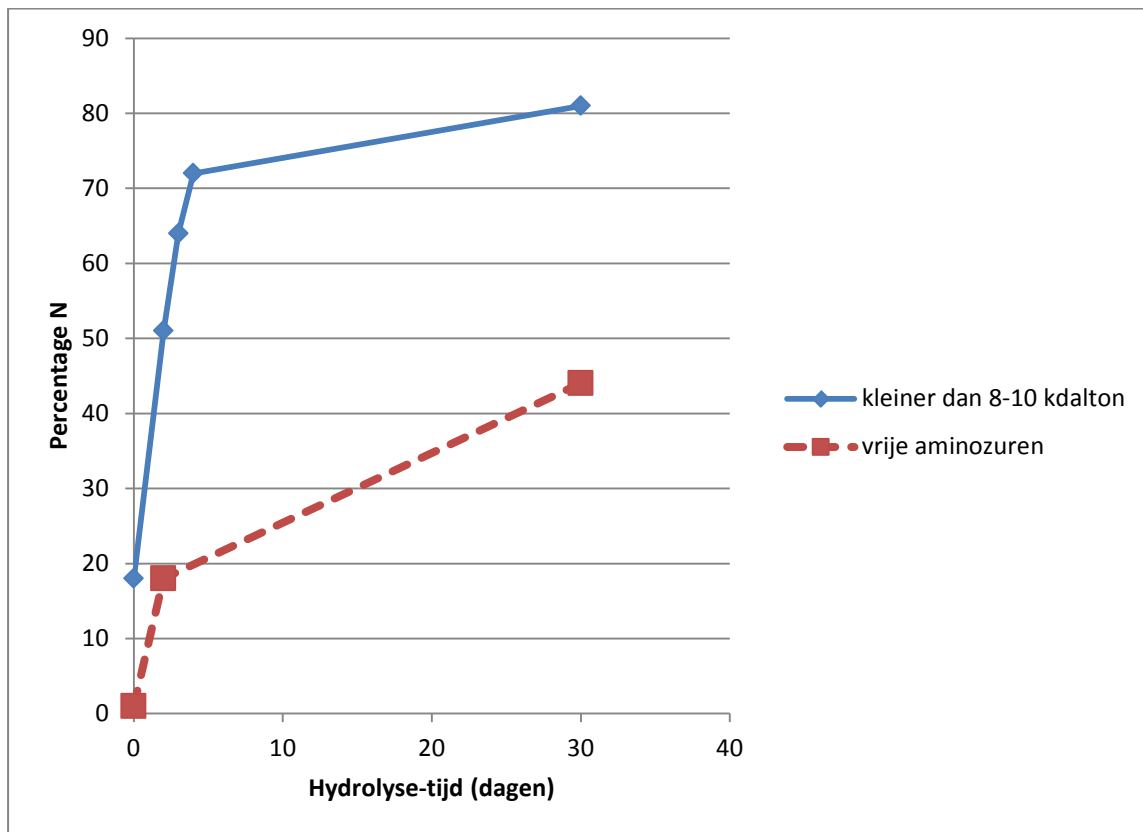
6.2.1 Experimentele analyse naar bio-activiteit in vissilage

De optie van bioactieve stoffen uit vissilage is experimenteel getest. Hiervoor is silage van pelagische vissoorten (met een standtijd van enkele maanden) gescreend. Deze silage was bereid met verschillende doseringen van zuur; variërend van wat minimaal nodig is voor conservering tot een hoge dosis.

De resultaten van de testen laten zien dat elk van de producten een heel hoge hydrolysatiegraad heeft. Het restant polypeptiden is te laag om een goede expressie voor bio-actieve peptide analyses te krijgen (details zie Bijlage 1).

Conclusie: er is geen significantie bio-activiteit aanwezig in het langdurig bewaarde silage-product. Hierdoor is er geen bioactieve peptide te extraheren, maar is er ook geen aanvullende toegevoegde waarde aan silage-product toe te kennen.

Achteraf gezien is deze uitkomst wel te verklaren. In de literatuur (o.a. Haard *et al.*, 1985) wordt aangetoond dat het hydrolyseproces na aanzuring langdurig doorloopt; de hydrolyse-graad blijft oplopen bij bewaring (Figuur 5). Enkele dagen na aanzuring zijn nog wel volop intacte peptidebindingen aanwezig maar na verloop van tijd zijn er steeds minder intacte peptidebindingen en meer vrije aminozuren.



Figuur 5. *Eiwitdegradatie in vissilage: toename van het percentage zeer korte ketens (aminozuren en korte peptides) tijdens hydrolyse. Deze toename is mogelijk doordat de langere ketens (eiwitketens en polypeptides) worden afgebroken. Data: Haard et al. (1985).*

6.2.2 Praktisch interessante ontwikkelingsrichting

Hoewel de hierboven genoemde experimenten een negatieve uitkomst opleverden, zien we op basis van Figuur 5 toch perspectieven voor productie van bioactief materiaal middels silage: mits de silagetijd beperkt is tot hooguit enkele dagen. Mits uitgevoerd onder geschikte condities (met optimale silage-tijd) voorzien we een product met goede voederwaarde in combinatie met anti-microbiële werking. Deze eigenschap kan dan gebruikt worden voor een product met een hogere economische waarde: de veehouderij is naarstig op zoek naar alternatieven voor antibiotica. Zoals eerder gemeld is anti-microbiële werking één van de verwachte bio-functionaliteiten op basis van vis-eiwit.

Toetsing van de waarde en optimalisatie vergt een nadere analyse (potentieel vervolgonderzoek). Omdat de praktische waardering ook sterk afhangt van de ambitie van de eindgebruikers ten aanzien van reductie van antibiotica-gebruik, dient dat onderzoek bij voorkeur met afnemers/eindgebruikers uitgevoerd te worden.

6.3 Milde hydrolyse voor productie van voedselingredienten

Bij deze optie wordt in plaats van de ruwe, ongecontroleerde silage-hydrolyse een milder en meer gecontroleerde enzymatische hydrolyse toegepast. De procesketen bestaat globaal uit de volgende stappen:

- verhitting van het materiaal
- malen
- enzymreactie in een tank
- scheiding van botten/graten
- olie-scheiding
- scheiding en opzuivering van eiwitfracties
- drogen van hoogwaardige producten

Een nadere toelichting is beschreven door Broeze *et al.* (2015).

Met het oog op de wetgeving is het bij keuze voor voedseltoepassingen nodig om de vis voor het proces te strippen. Dit zal de kostprijs van het uitgangsmateriaal opdrijven, maar dat kan gecompenseerd worden door de relatief hoge waarde van het product.

6.3.1 Potentie van hydrolysaten op basis van vis

Eiwithydrolysaten kunnen voor verschillende doeleinden in voeding worden toegepast. De hoogste waarde betreft bioactieve componenten (gezondheidsbevorderende stoffen). Anderzijds kunnen ze ook eiwitten vervangen in voedselproducten, waarbij de hydrolyse de beschikbaarheid/opname verbetert.

Bioactieve toepassingen

Van diverse peptiden geïsoleerd uit viseiwit-hydrolysaten is gebleken dat zij talrijke bioactieve eigenschappen hebben zoals:

- beheersing van bloeddruk, beperking van risico's van hart- en vaatziekten. Viseiwitten bevatten peptiden die het humane enzym Angiotensin Converting Enzyme 1 (ACE-1) kunnen remmen. Het enzym ACE zorgt er mede voor dat de bloeddruk stijgt; dus remming van dat enzym geeft een verlaging van de bloeddruk;
- beheersing van de bloedsuikerspiegel, bijdragend aan beperking van de kans op diabetes. Viseiwitten bevatten ook peptiden die het enzym DipeptidylPeptidase-IV (DPP4) kunnen remmen. Remming van DDP4 leidt tot verlaging van de bloedsuikerspiegel;
- versterking van het immuunsysteem en antioxidatieve werking. Vis bevat veel antimicrobiële peptiden op de huid en in de vis als bescherming tegen micro-organismen.

Recentelijk zijn er bij Wageningen UR FBR twee scans met behulp van in-vitro assays uitgevoerd aan platvissen uitgevoerd in het kader van het visserij innovatieplatform (VIP) en in samenwerking met IMARES (Poelman *et al.*, 2015). In de hydrolysaten van deze vissen zijn bioactieve peptiden gevonden met veelbelovende activiteit.

Een mogelijke niet-technologische belemmering wordt gevormd door het feit dat een eventuele gezondheidsclaim voor de Europese markt eerst goedgekeurd zal moeten worden door de EFSA

(European Food Safety Authority). EFSA heeft wel enkele claims voor omega-3 vetzuren erkend, maar nog geen ten aanzien van vis-eiwit. Deze procedure kost tijd, geld en vertraagt de introductie van dergelijke producten in de markt.

Voedseltechnologise toepassingen van hydrolysaten

De hydrolyse is een eerste stap in afbraak van eiwitten naar individuele aminozuren. Daardoor zijn gehydrateerde eiwitten gemakkelijker opneembaar en minder allergeen. Mogelijke toepassingen zijn (afhankelijk van de mate van hydrolyse) emulgeren, schuimen, geleren, waterbinding in voedselproducten en goed opneembare eiwit in sportdrankjes. Hierbij concurreren ze met hydrolysaten van melkeiwitten en plantaardige eiwitten (met name soja) (Van der Meer *et al.*, 2012).

Diervoeding en visvoer

Doelgroepvoeder: vanwege de immuno-stimulant activiteit worden vis-eiwit-hydrolysaten onder andere in voer voor larven toegepast; dit ter compensatie voor het zwakke immuunsysteem van larven.

6.3.2 Markt en prijzen

In Noorwegen produceert o.a. BioMega hydrolysaten op basis van zalm-bijproducten voor zowel diervoeders als voedingstoepassingen.

In Amerika brengt Bluewave Marine Ingredients een product op de markt (AminoMarine) voor sportdranken.

Voor veevoedertoepassingen hanteert Tasmanian Marine Concentrates (uit Australië) een prijs van \$ 2.10 tot 2.80 per kg zalm eiwit-hydrolysaat (vochtrijk veevoeder, 40%ds) (Batista & Pires, (2011). Voor voedingstoepassingen noemt He *et al.* (2015) een prijs van US\$ 20/kg; dat betreft een food-grade gesproeidroogd product.

Er is een bedrijf dat zich specialiseert in de ontwikkeling van eiwit-hydrolysaten en separatie van eiwitten (Duemiljoe, Norway). Zij claimen totaal oplossingen te leveren voor toepassing in de visserijsector. Optimalisatie van deze processen gebeurt gangbaar in R&D trajecten. Hierbij gaat het verwaardingsproces verder dan hydrolyse, maar wordt vooral gericht op scheiding van eiwitten met verschillende toepassingen. Een dergelijke ontwikkelingsrichting kan ook voor de Nederlandse visserij interessant zijn.

6.3.3 Schaalgrootte

Procesinstallaties voor (vis)hydrolyse worden door o.a. GEA Westfalia aangeboden. Een indicatieve ondergrens voor de capaciteit is 0,5 m³ vis per uur. Typische jaarlijkse capaciteit is dan 1000 tot 2000 ton ingangsmateriaal. Vanuit de bijvangst is dus ruim voldoende materiaal beschikbaar.

6.3.4 Kosten-baten

Als goedkoopste optie wordt een vochtrijk product geproduceerd (vochtgehalte rond 50%); investeringen voor deze optie kunnen beperkt worden tot minder dan M€1. Verder drogen tot een poeder vergt een sproeidroger, waardoor investeringen flink worden verhoogd (tegen M€ 2 voor een sproeidroger). Een praktisch voorbeeld: de kosten voor de installatie van Biomega (met jaarlijkse capaciteit van 10 000 ton) bedragen M€ 4 (Ramírez, 2007).

Ruwe schatting van kosten per ton vis-bijvangst⁴ bij een installatie met jaarlijkse verwerking van 3500 ton vis):

- € 200 voor de vis
- € 100 voor hulpstoffen⁵
- € 80 voor operationele kosten⁶
- € 100 vaste kosten (gebaseerd op investering van M€ 1 zonder sproeidroger, 10 jaar afschrijving en 10% kosten voor rente, verzekering en onderhoud)

Totale kosten worden hiermee geschat op € 480 per ton vis.

De baten voor een voorbeeld productie zijn:

- olie (75 kg, à € 2) € 150
- indicatief 0,2 ton hydrolysaten concentraat (à € 2): € 400

Uitgaande van 3500 ton vis volgt op basis van deze schattingen een netto jaarlijks rendement van k€ 245.

Een uitgebreide analyse naar kosten-baten van hydrolysaten voor hoogwaardiger toepassingen is veel lastiger, omdat keuzes voor procesontwerp en enzymen sterk afhangen van beoogde markt-toepassing. Een voorbeeld-uitwerking (inclusief drogen/opwaarderen via sproeidrogen) wordt gepresenteerd door He *et al.* (2015). Hun beoogde installatie is (zoals bekend voor intensieve processen met sproeidrogen) erg kapitaalsintensief. Uitgaande van 10% afschrijving op jaarbasis kan deze installatie vanaf 3000 ton/jaar vis-bijproduct break-even draaien, en bij 4000 ton/jaar volgt een return-on-investment van ongeveer 6%. Let op: in die business-case analyse wordt uitgegaan van food-grade ingangsmateriaal (vis-processing bijproduct).

⁴ Voor kost-baten van hydrolysaten productie is in de literatuur nog minder bekend dan voor silage. Dit hangt samen met het beperkt aantal initiatieven, en de grote diversiteit tussen toepassingen (variërend van gezondheidsbevorderende voedingssupplementen tot veevoer). Zelfs Batista (2011) geeft in de haalbaarheidsstudie geen kostenschatting, maar refereert slechts naar een (oude) kosten-schatting.

⁵ Genoemde prijs is indicatief; soort enzym heeft grote invloed op eigenschappen van het product. Ook de prijs van enzymen is erg soort-afhankelijk.

⁶ Schatting gebaseerd op de eerder genoemde operationele kosten voor silage. Hier liggen de kosten hoger vanwege de benodigde strakkere procesbeheersing en kwaliteitmanagement.

7 Conclusies en discussie

Het silage-proces levert een stabiel product op dat bruikbaar is als veevoer. Echter, bij lange bewaring (zeg langer dan enkele dagen) loopt de hydrolyse-graad sterk op. De waarde wordt dan vergelijkbaar met andere eiwitbronnen zoals sojameel. De marktprijs van sojameel ligt substantieel lager dan die voor vismeel. Daarom is de business-case voor afzet van deze kwaliteit silage zwak. De perspectieven voor toepassing in opfokvoer lijken beter maar dit is momenteel nog in onderzoek.

Hogere waarde is mogelijk bij een lagere graad van hydrolyse: door korte silage-tijd (praktisch: maximaal enkele dagen) kan een aanzienlijk deel van de peptiden intact gehouden worden. Naar verwachting is dan ook significante bioactiviteit aanwezig. In de literatuur hebben we een prijs gevonden die aanzienlijk boven die voor silage-prijs ligt. Mede omdat de veehouderij-sector naarstig op zoek is naar antibiotica-verters is dit mogelijk een perspectiefvolle ontwikkeling.

Middels enzymatische hydrolyse kunnen ook ingrediënten voor voedingstoepassingen geproduceerd worden. Vanuit wetgeving moet daarvoor food-grade vis worden gebruikt; dat betekent dat de vis gestript moet zijn. Kosten daarvan worden gecompenseerd door hogere waarde van het eindproduct. De hoogste waarde kan worden gegeneerd in de vorm van bioactieve peptiden. Echter, voor het verwaarden met een toegevoegde gezondheidsclaim is hierbij nog een lange weg te gaan, aangezien niet alleen het product, maar ook het proces voldoende stabiel en robuust moet zijn. Daarnaast vereist vermarkting met gezondheidsclaims een specifieke (en kostbare) voortoets binnen de Europese regelgeving.

Alle processen die genoemd zijn dienen in het licht gehouden te worden van een veranderende markt. Afzet naar de vismeel en visolie industrie lijkt het belangrijkste afzetkanaal. Met het oog op de mondiale ontwikkelingen zoals toename van visteelt is de vismeelprijs afgelopen jaren aanzienlijk gestegen en wordt verwacht dat die op niveau blijft. Voor hoogwaardige ontwikkelingen - zoals bioactieve peptiden voor voedingstoepassingen - zijn constante kwaliteit, aanvoer en zekerheid leidende factoren. Dat is minder makkelijk te verwezelijken voor bijvangst.

Korte afzetketens in Nederland zijn kansrijker, zoals silage of hydrolysaat voor veevoerders. Zeker als grondstoffen afkomstig van pelagische en demersale bijvangsten worden gecombineerd kan daarvoor voldoende schaalgrootte worden gecreëerd. Wel is het dan noodzakelijk om meerwaarde ten opzichte van andere eiwitrijke voedergrondstoffen te ontwikkelen, zoals gerichte bioactiviteit (antibiotica-verters) of in de zin van een hoogwaardig doelgroep-voeder. Omdat de waarde in de toepassing sterk afhangt van de gebruiksvorm, wordt aangeraden die praktische ontwikkeling in nauwe samenwerking met eindgebruikers vorm te geven.

Literatuur

- Balios, J. (2003): Nutritional value of fish by-products, and their utilization as fish silage in the nutrition of poultry, *Proceedings of the 8th International Conference on Environmental Science and Technology*, Lemnos Island, Greece, pp. 70-76.
- Batista, I. & C. Pires (2011): *Feasibility study Production of protein hydrolysates from sardine byproducts*, Report, Biotecmar.
- Benkajul S. & M.T. Morrissey (1997): Protein hydrolysates from Pacific whiting solid wastes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45, pp. 3423-3430.
- Broeze, J., A. van Amerongen, H. van den Bosch, J. Kals & M. Poelman (2015): *Analyse van hydrolyseketen voor pelagische bijvangst*, Wageningen UR Food & Biobased Research, Rapport.
- El-Hakim N.F.A., El-Gendy M.O.A. & Salem M.F.I. (2007): Effect of incorporation of fish silage into diets on growth performance and body composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries* 11, 101–117.
- Fagbenro, O.A. (1994): *Studies on the use of fermented fish silage in diets for juvenile tilapia, Oreochromis niloticus and catfish, Clarias gariepinus*. Ph.D. Thesis. Stirling, University of Stirling (UK).
- FDA (2011): *Fish and Fisheries Products Hazards and Controls Guidance. 4th Edition*. Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition, Washington, DC, USA
- Goudswaard K. (2015): *Van discards naar bijvangst in de pelagische visserij*. IMARES Wageningen UR, Rapport 067/15.
- Haard, N.F., N. Kariel, G. Herzberg, L.A.W. Feltham & K. Winter (1985): Stabilisation of Protein and Oil in Fish Silage for Use as a Ruminant Feed Supplement, *J. Sci. Food Agric.* 36, pp. 229-241
- He, S., C.M.M., Franco & W. Zhang (2015): Economic Feasibility Analysis of the Industrial Production of Fish Protein, *J. Bioprocess. Biotech.* 5: 191 doi: 10.4172/2155-9821.1000191.
- Haard, N.F., N. Kariel, G. Herzberg, L.A.W. Feltham & K. Winter (1985): Stabilisation of Protein and Oil in Fish Silage for Use as a Ruminant Feed Supplement, *J. Sci. Food Agric.* 36, pp. 229-241.
- Je J.Y., P.J. Park, J.Y. Kwon & S.K. Kim (2004): A novel angiotensin I converting enzyme inhibitory peptide from Alaska pollack (*Theragra chalcogramma*) frame protein hydrolysate. *J Agric Food Chem* 52, pp. 7842-7845.
- Kals J., Poelman, M., Blanco A., Goudswaard K. (2015): *De samenstelling van discards in de pelagische visserij voor valorisatie doeleinden*. IMARES Wageningen UR, Rapport C023/15.
- Kim S.K., Y.R. Choi, P.J. Park, J.H. Choi & S.H. Moon (2000): Screening of biofunctional peptides from cod processing wastes. *Journal of the Korean Society of Agricultural Chemistry and Biotechnology* 43, pp. 225-227.
- Köse, S. (2010): Evaluation of Seafood Safety Health Hazards for Traditional Fish Products: Preventive Measures and Monitoring Issues, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 10, pp. 139-160

- Ologhobo, A.D., A.M. Balogun & B.B. Bolarinwa (1988): The Replacement Value of Fish Silage for Fish Meal in Practical Broiler Rations, *Biological Wastes*, 25, pp.117-125.
- Poelman, M., J. Kals, B. van Marlen; A. van Amerongen, & H. van den Bosch (2015): *VIP Valorisatie Reststromen Vis (VRV)*, IMARES Wageningen UR, Rapport C005/15.
- Ramírez A (2007): Salmon by-product proteins. *FAO Fisheries Circular* No. 1027. Rome, FAO.
- Rurangwa, E., A. van Vuuren & M. Poelman (2014): *Fish silage as feed ingredient for fish and livestock*, IMARES Wageningen UR, Report C135/14.
- Rurangwa, E., M. Poelman, J. Broeze & H. van den Bosch (2015): *Pelagic fish discards. Technical Report on opportunities for silage valorisation*, IMARES Wageningen UR, Report C197/14.
- Winther, U. (2011): *Potensial for økt verdiskaping i lakse- og ørretoppdrettsnæringen*, Sintef, Noorwegen, rapport A19458.

Bijlage 1. Resultaten analyse bioactiviteit van vissilage

Uitgangsmateriaal: silage van olierijke vis (aangeleverd door IMARES), met 2.5, 3.0 resp. 3.5% zuur (ondergrens ingegeven door minimale dosering voor stabiel product). Zowel ‘afgedraaide’ (gecentrifugeerd) als origineel silage-materiaal (inclusief de olie-fractie) zijn beoordeeld.

Beoordeeld zijn:

- ACE-1: Angiotensin Converting Enzyme (Factor in regulatie van bloeddruk; ACE-remmers hebben naast bloeddrukdaling meerdere positieve gezondheidseffecten)
- DPP4: DiPeptidylPeptidase 4 (Breekt Glucagon-Like Peptide-1 (GLP-1) af; GLP1 zorgt ervoor dat insuline vrijkomt; remming afbraak geeft langer insuline-effect)

Als referentie zijn de waarden genoemd voor een eiwithydrolysaat – “FBR standaard” in de tabel hieronder – dat momenteel in een humane trial wordt getest voor o.a. bloeddrukdaling (details over uitgangsmateriaal zijn vertrouwelijk en kunnen hier niet worden genoemd).

In de analyses is bepaald hoeveel van de stof nodig is om een bepaalde mate van bioactiviteit waar te nemen (IC50 slaat op 50% remming). Hoe lager de benodigde dosering (waarde in de tabel), hoe hoger de werking.

In de laatste kolom van de tabel is de ‘degree of hydrolysis’ genoemd: een maat voor de afbraak van eiwitten.

Vissoort	percentage zuur	voorbehandeling	ACE-I IC50 (mg/mL)	DPP4 IC50 (mg/mL)	DH%
Schar	2.5	verse vis	>0.5	>2.5	42.2
	3.0	"	>0.5	>2.5	65.6
	3.5	"	>0.5	>2.5	58.8
	2.5	ingevroren	>0.5	>2.5	57.4
	3.0	"	0.381	>2.5	66.0
	3.5	"	>0.5	>2.5	60.8
Sardines	2.5	verse vis; olie vooraf afgescheiden	>0.5	>2.5	52.8
	3.0	"	>0.5	>2.5	52.4
	3.5	"	0.496	>2.5	37.6
	2.5	vers; olie niet vooraf afgescheiden	>0.5	>2.5	47.2
	3.0	"	>0.5	>2.5	56.7
	3.5	"	0.440	>2.5	35.7
FBR standaard 1			0.058	1.7	21.5
FBR standaard 2			0.077	1.7	NA

De degree of hydrolysis (DH) is voor alle geteste vissilage-producten erg hoog. Dat wil zeggen dat er zeer veel vrije aminozuren aanwezig zullen zijn. Voor een ACE en DPP4 remmend hydrolysaat is deze hydrolysegraad te sterk.