

□□□



Alternativ till fiskbaserat foder till karnivora fiskar

Alternative to fish based feeds to carnivorous fishes

av

Felicia Andersson

**Institutionen för husdjurens
utfodring och vård**

**Examensarbete 322
15 hp C-nivå**

**Swedish University of Agricultural Science
Department of Animal Nutrition and Management**

Uppsala 2010



Alternativ till fiskbaserat foder till karnivora fiskar

Alternative to fish based feeds to carnivorous fishes

av

Felicia Andersson

Handledare: Torbjörn Lundh

Examinator: Jan Erik Lindberg

Nyckelord: Lax, Regnbågslax, fiskfoder, växtbaserat

Detta arbete har genomförts inom ramen för kursen EX0553, Kandidatarbete i Husdjursvetenskap – C15. Kursen består i huvudsak av en handledd litteraturgenomgång som leder fram till ett examensarbete inom huvudområdet husdjursvetenskap. I kursen ingår undervisning i att söka och värdera vetenskaplig litteratur samt i muntlig och skriftlig presentation.

**Institutionen för husdjurens
utfodring och vård**

**Examensarbete 322
15 hp C-nivå
Kurskod: EX0553**

**Swedish University of Agricultural Science
Department of Animal Nutrition and Management**

Uppsala 2010

Abstract

To meet the increased demand of fish for human consumption, because of the increased in population, the number of fish farmers has grown worldwide. In Europe it is popular to eat carnivorous fish such as salmon, rainbow trout, pike, perch and pike perch. To culture these species means that fish has to be brought up from the sea to become feed such as fish meal and fish oil. The use of secondary fish in the diet is the best way to meet the nutritional demands of carnivorous fish. However, the oceans are running out of small fish and secondary fish are now a scarce commodity. Therefore, plant-derived fish feeds have become more interesting. But there is a problem to meet the nutritional demands in these feeds and anti-nutritional factors can also be a big problem. This study focuses on plant-derived fish feed for the two most common cultured carnivorous fishes in Europe; salmon and rainbow trout.

Sammanfattning

För att möta den ökade efterfrågan på fisk som uppkommit, på grund av ökad befolkningsmängd i världen, har fler fiskodlingar växt fram. I Europa är det populärt med karnivora fiskarter som lax, regnbåglax, gädda, abborre och gös. Att odla dessa arter innebär att man måste fiska upp foderfisk för att kunna tillgodose deras näringsbehov. Brist på foderfisk har medfört att priset på odlad fisk har ökat markant och man har börjat titta på alternativa fodermedel, bland annat proteinfodermedel från växtriket. Det kan finnas problem med antinutritionella substanser och brist på framför allt lysin i vegetabiliska fodermedel. I den här litteraturstudien behandlas främst vegetabiliska proteinfodermedel till de två populäraste karnivora fiskarterna, lax och regnbåglax.

Introduktion

Redan i mitten av 1900-talet började man varna för att jordens fiskebestånd höll på att ta slut om man inte minskade överfiskningen i många vatten. Torsken var nära att utrotas helt och många andra fiskarter hotades då deras populationsstorlek började bli för liten. Som ett alternativ till fiske växte vattenbruk, med mussel- och fiskodlingar fram. Produktionen av odlad fisk har ökat markant de senaste 30 åren (Roberts et al., 1995; FAO, 2009) och 2006 var 47 % av all konsumerad fisk odlad (FAO, 2009).

Kritik har riktats mot odlingen av karnivora fiskarter, då det har inneburit att man fiskar upp foderfisk, bland annat sardiner och annan småfisk, vilka man gör fiskmjöl och fiskolja av och använder som foder till karnivora fiskarter. Detta innebär att man tar upp vild fisk utan att veta hur stort beståndet är. Det finns en konkurrens mellan produktion av fiskfoder och människans behov av fisk som föda, speciellt i sydöstra Asien. Många fiskarter som tas upp för produktion av fiskfoder, till exempel sardiner, makrill och ansjovis kan konsumeras direkt av människan. Behovet av småfisk till humankonsumtion förväntas öka i och med befolkningsökningen (Naylor et al., 2000).

Därmed är inte problemet med utfiskningen av vilda fiskbestånd löst utan bara flyttad mellan fiskarter. På grund av detta har man på senare tid börjat undersöka alternativa fodermedel, bland annat växtprotein som ersättning till fiskprotein. Frågan är om fiskarna kan tillgodogöra sig proteiner från växter. Finns det problem med att utfodra karnivora fiskar med växtproteiner. En annan fråga är ifall det är ekonomiskt och miljömässigt hållbart, det vill säga att det inte kostar för mycket att producera och inte tar för mycket av naturresurserna eller marken i anspråk eller om det kan ha påverkan på den marina miljön. Syftet med den här litteraturstudien var att sammanställa den information som finns om vegetabiliska

proteinfodermedel till karnivora fiskar. Fokus ligger på de två vanligaste odlade karnivora fiskarterna; lax (*Salmo salar*) och regnbågslax (*Oncorhynchus mykiss*). Anledningen till detta är att dessa två fiskarter är de mängdmässigt största bland odlade karnivora fiskarter och flest studier har gjorts på dessa.

Fiskodling

I dagsläget är 43,5 miljoner människor helt eller delvis engagerade i den primära fisknäringen och det fiskas mellan 90 och 95 miljoner ton per år. Ökade priser på mat och energi, till följd av klimatförändringar och befolkningsökning kommer leda till förändringar i fiskerinäringen och inom vattenbruket. Hur dessa förändringar kommer att se ut är ännu för tidigt att säga (FAO, 2009). År 2007 var den totala produktionen i EU 6 443 804 ton fisk och skaldjur varav 1 311 246 ton utgjordes av odlad fisk. Av den totala produktionen av odlad fisk utgjordes 48 % av saltvattenfisk och 23 % av sötvattenfisk (Eurostat, 2009).

Odlingsformer och reproduktion

Vattenbruk är odling av alla akvatiska organismer, från alger till musslor och fisk. Det rekommenderas olika odlingsystem beroende på vilken organism man odlar (Lovell, 1998). De olika odlingsformerna beror på hur mycket av omgivningen i och runt kassarna eller bassängerna man påverkar i de dammar och vattendrag där odlingen sker. Odlingsystemen kan vara allt från att låta vattnets näringsämnen vara det enda som passerar igenom kassarna och förser de odlade fiskarna med föda (extensivt vattenbruk) till att högintensiva system med recirkulerande vatten. Ju högre nivå på odlingsystemet, desto viktigare är det att födan är näringsrikt och bra komponerad för maximal tillväxt. De olika nivåerna är; extensivt där ingen näring tillförs, näringstillförsel (gödsling) där kalium, fosfor och kväve tillsätts (Avault, 1996), stödutfodring där icke komplett foder ges till fiskarna förutom vattnets naturliga näringsämnen, intensivt system med balanserad foderstat och högintensivt system med stort innehåll av koncentrerad protein- och näringshalt (Lovell, 1998).

Vildlevande regnbågslaxhonor har svårt att föröka sig på hösten för att det inte fanns några lekplatser, detta var tidigare ett problem då man inte kunde avla fram nya generationer året runt och man kunde få brist på rom, därför har man börjat hålla egna avelsdjur med könsmogna individer i en temperaturkontrollerad miljö. Vanligaste befruktningmetoden är torrbefruktning där man samlar honans rom och blandar med mjölke från flera olika hanar (Europeiska kommissionen, 2010).

När regnbågslarverna kläcks hålls de i fiberrör med cirkulerande vatten. De har med sig en gulesäck som kan jämföras med kycklingarnas, vilken innehåller den näring de behöver den första tiden. Ynglen simmar sedan till ytan där de handmatas med små flingor som innehåller olja, vitaminer och protein. När de uppnått en vikt på ca 50 gram flyttas de sedan ut till bassänger intill sjöar eller i kassar ute i vattnet där de får växa till sig tills de uppnår önskad slaktvikt (Europeiska unionen, 2010).

Reproduktion av lax sker på samma sätt som för regnbågslax, man blandar avelshonors rom med hanarnas mjölke. Det som skiljer uppfödningen av lax mot uppfödningen av regnbågslax är att när laxens larver kläcks sker detta i sötvatten, när de är redo att bli smolt flyttas de över till en tank med saltvatten där de får tillväxa i två år (Europeiska unionen, 2010).

I konventionellt bruk får fiskarna foder baserat på ca 50 % fiskmjöl och fiskolja och resten består av olika spannmål, ärtväxter, mineralsalter och vitaminer (Europeiska Kommissionen, 2010). Fiskar har ett högre behov av protein tidigt i utvecklingsstadiet än senare (Lovell,

1998). Laxen och regnbågslaxen får även astaxanthin som tillsats som ger dem sin typiska laxrosa färg (Europeiska kommissionen, 2010). Astaxanthin är en karotenoid som inte kan syntetiseras av laxen *de novo*. De tas också upp dåligt i mag-tarmkanalen hos fisk (Ytrestøyl et al., 2006). Användandet av astaxanthin är inte tillåtet om man odlar ekologiskt, inte heller soja som kan vara genmodifierat eller spannmål som inte är ekologiskt odlat (KRAV, 2010).

Fiskens fysiologi

Födans sammansättning skiljer sig påtagligt, både vad gäller morfologisk och kemisk struktur samt i näringssammansättning, mellan olika fiskarter. Specialiseringen på olika födoämnen innebär därmed skärskilda anpassningar i intag, digestion och absorption av näringsämnen. Fiskarna kan vara herbivora, karnivora eller omnivora (Jobling, 1995)

Fiskars fysiologi påminner mycket om landlevande djurs (Bild 1). Vissa fiskar saknar dock magsäck eller använder endast magsäcken som ett förvarningsrum innan födan når tarmkanalen (Evans, 1998). Karnivora fiskar har en magsäck med väldigt elastiska muskelceller vilka kan expandera och fisken kan då ha stora mängder mat i sin magsäck (Jobling, 1995). En del herbivora fiskarter har, precis som fjäderfä, en muskelmage med neutralt pH och en lång tarmkanal (Evans, 1998). Muskelmagen bryter ner cellväggen hos bakterier och olika sorters alger (Jobling, 1995). De fiskar som har ett magtarmsystem som liknar de landlevande djuren som använder magen som en kammare där den primära enzymatiska nedbrytningen av fodret sker med hjälp av pepsin som bildats av magkörtlarna (Evans, 1998). Pepsinnivån i karnivora fiskars tarmkanal är högre medan trypsin- och kymotrypsinnivån är lägre än hos herbivora fiskarter. Det mesta av den enzymatiska nedbrytningen sker i tarmkanalen med hjälp av sekretoriska celler från tarmepitelet och enzymer från sköldkörteln. Tarmkanalen hos karnivora fiskarter är kortare än hos omnivora och herbivora. Detta beror på att fiskar som äter foder med mycket växtfiber behöver längre tid på sig att tillgodogöra sig tillräckligt med näringsämnen från födan (Evans, 1998).

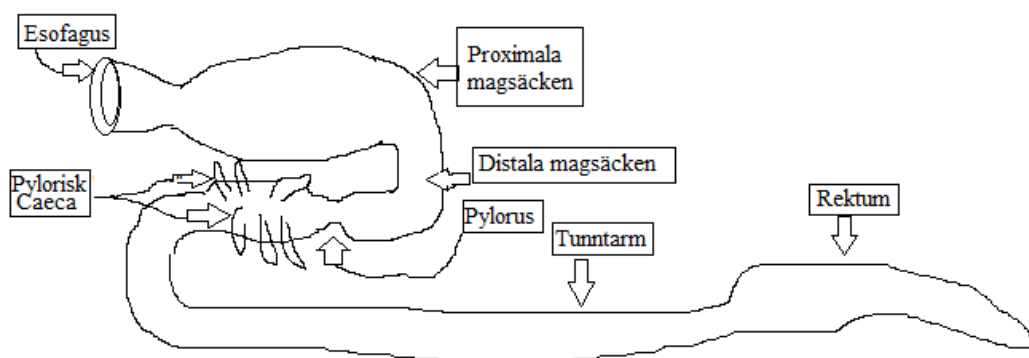


Bild 1. Bilden visar en generell bild på magsmältningssystemet hos fisk från esofagus till rektum. Bilden fritt ritad från Jobling (1995).

Fiskarnas näringsbehov

Näringsbehovet hos fiskar liknar mycket det hos landlevande djur. Några skillnader är dock att energibehovet är lägre medan proteinbehovet är högre hos fiskar än hos landlevande djur (Lovell, 1998).

Karnivora fiskar har ett behov av proteinrikt foder, med lågt fiberinnehåll och höga halter av de essentiella aminosyrorna lysin och metionin (Naylor et al., 2009). Däggdjur har ett behov av protein i fodret på 12 - 25 % medan karnivora fiskar har ett behov av 40 - 55 % protein i

fodret (Evans, 1998). Växtproteiner kan oftast tillgodose fiskarnas proteinbehov, men växter innehåller oftast höga halter av fiber och andra icke-nedbrytbara ämnen. Växtproteiner har låga halter av lysin vilket måste tillsättas på syntetisk väg ifall fodermedlet är helt växtbaserat (Naylor et al., 2009). I det vilda får karnivora fiskar tillgång till den organiska syran taurin som finns i muskelvävnaden hos djur, denna sulfonsyra finns inte i växtbaserade fodermedel. Även om inte taurin är en essentiell organisk syra rekommenderas det att tillsättas i fodret för maximal tillväxt (Brotons Martinez et al, 2004). Taurin syntetiseras från metionin via cystein med hjälp av enzymet L-cystein-sulfinat decarboxylas. Enzymets aktivitet varierar under olika arters utveckling och därför kan taurinhalten påverka olika arter beroende på i vilken utvecklingsfas de är (Brotons Martinez et al, 2004).

Fiskmjöl och fiskolja har en unik sammansättning bestående av högvärdigt animaliskt protein, essentiella aminosyror, fetter och de livsnödvändiga fleromättade fettsyror, omega 3 och omega 6. Fiskmjöl innehåller även mineraler och vitaminer från tillsatsmedel vilket har gjort det så bra till fodermedel till bland annat lax. Tack vare teknikens utveckling med metoder för processning av olika fodertyper och biprodukter från växtriket är det möjligt att inom fiskodlingen komponera bra foder med hög kvalitet av växtproteiner (Adelizi et al., 1998; FAO, 2007).

Karnivora fiskar växer oftast sämre på fodermedel från växter eftersom de ofta kan innehålla antinutritionella substanser, har låg proteintillgänglighet på grund av högre fiberinnehåll och lägre smaklighet vilket kan medföra att fiskarna inte äter lika mycket som om de hade fått fodermedel baserad på fiskmjöl (Tibetts et al., 2006, Gatlin III et al., 2007). Espe et al. (2007) gjorde ett experiment för att öka det växtbaserade fodrets smaklighet genom att tillsätta fisk- eller bläckfiskhydrolysat samt pressvattnet som blir kvar när man pressat ut all olja ur fisken. De mätte sedan lysinhalten och kunde inte finna någon signifikant skillnad i vare sig foderintag eller lysinhalt. Däremot såg man en signifikant skillnad i energianvändningen, då fiskar uppfödda på växtproteinfoder använde mindre av energin från fetter än fiskar uppfödda på fiskmjölsfoder (Espe et al, 2007).

Fodret man ger till fiskar finns i olika former, pelletterat, malet eller krossat. Malet och krossat foder ges främst till yngel och larver medan pellets normalt ger till växande och fullvuxna fiskar. Pellets finns dessutom i två olika former, den packade formen som sjunker till botten om den inte hinner bli uppäten av fiskarna innan och den extruderade formen som flyter på vattenytan (Avault, 1996).

Näringsupptag

Det finns skillnader i prolin/glukos förhållandet mellan de olika fiskgrupperna. Prolin/glukos förhållandet är ett index över tarmkanalens absorption av proteiner och kolhydrater. Mätningar visar att karnivora fiskar har högre prolinupptag än vad herbivora fiskarter har samt att karnivora fiskarter har en större grad av transport av aminosyror (Evans, 1998). Näringsämnet tas upp via enterocyter (tarmceller) i tarmens epitel via absorption. Absorptionen kan vara aktiv eller passiv beroende typ av näring som ska upptas.

Evans (1998) beskriver upptaget av protein, fett och kolhydrater hos fisk. Proteinet i fodret upptas som fria aminosyror, peptider eller hela proteinkomplex. Aminosyrorerna upptas med hjälp av ett aktivt, natriumlänkat bärarprotein. Aminosyrorernas transport in i cellen är driven av natriumgradienten över cellmembranet. Di- och tripepsider behöver inte hydrolyseras innan de tas upp i cellen då dessa kan transporteras in direkt via ett bärarprotein. Transporten behöver dock ett aktivt protonlänkat protein. Längre peptidkedjor och proteiner kan absorberas till enterocyten via pinocytos eller tas upp direkt i blodomloppet. Kolhydrater tas upp via

aktiv jontransport till enterocyten. Natriumjonerna fungerar som sekundära transportmekanismer genom att öka gradienten utanför cellmembranet. Monoglycerol och långa fettkedjor absorberas passivt på enterocytens borstiga topp när gallsalter släpps ut i lumen. Korta fettsyrokedjor tas dock upp direkt (Evans, 1998).

Vilka fodermedelsalternativ finns

Växtproteiner

De vanligaste växterna som används som proteinfodermedel är sojaböna (*Glycine max*), korn (*Hordeum Vulgare*), majs (*Zea mays*), bommulsfrön (*Gossypium*), ärtväxter (*Fabaceae*) och raps (*Brassica napus ssp*), då främst den framodlade sorten Canola. Dessa växter odlas och behandlas precis som vanligt ute på åkrarna för att sedan skördas och i slutändan kunna ges som foderpellets (Folke & Kautsky, 1992, Naylor et al., 2000, Francis et al., 2001, Gatlin III et al., 2007).

Fiskfoder till intensiva fiskodlingar är ett av de dyraste foder som framställs jämfört med andra foder i intensiva system som fjäderfä- och grisproduktion (Folke & Kautsky, 1992). Det är därför viktigt att se till att alternativa fodermedel inte bara täcker fiskarnas näringsbehov utan även är ekonomiskt försvarbart för fiskodlaren. Sojaböna (*Glycine max*) och vete (*Triticum aestivum*) innehåller alla önskvärda egenskaper i näringsammansättning för att fisken ska kunna tillväxa bra och förse konsumenterna med högvärdigt fiskkött. Soja och vete är dock väldigt dyrt i förhållande till andra spannmål och måste därför blandas ut tillsammans med andraspannmål, vilket måste tas hänsyn till för att inte få brist på viktiga näringsämnen som essentiella aminosyror (Gatlin III et al., 2007).

De antinutritionella substanserna som finns, främst i baljväxter, är också ett problem som måste tas hänsyn till när man gör växtbaserat foder (se tabell 1). Trots att fiskmjöl och fiskolja är dyrt och det fiskas upp mer fisk för foder till karnivora fiskarter i odling än vad som tas upp för direkt humankonsumtion finns det de som hävdar att det är mer lönsamt än att fiska upp vilda karnivora fiskar för direktkonsumtion (Naylor et al., 2000).

I en studie gjord av Watanabe et al. (1997) utfodrades regnbågslax med olika foder. Fiskarna utfodrades tre gånger i veckan upp till vecka tolv och två gånger i veckan från vecka 13 – 20, varje gång fick fiskarna äta sig mätta. Syftet med studien var att analysera ifall tillväxten hos regnbågslaxen skiljde sig mellan grupper som utfodrades med kontroldiet innehållande 68 % fiskmjöl och olika experimentdieter där fiskmjöl helt tagits bort och ersatts med olika växtproteiner. Studien pågick i 20 veckor och visade att regnbågslaxen kunde tillväxa lika bra på experimentdieter utan fiskmjöl, som på kontroldieten. De observerade en liten skillnad i viktnedgång hos fiskar som utfodrades med mer än 23 % sojaproteinkoncentrat (SPC), vilket kan innebära att det finns en gräns för hur mycket SPC ett fiskfoder kan innehålla (Watanabe et al., 1997). Naylor et al., (2009) tar upp möjligheterna att använda biprodukter från köttindustrin som andra alternativ än fisk- och växtprotein, så som blodmjöl, benmjöl eller fjäderfämjöl men påpekar även förbudet mot att använda animaliska biprodukter inom EU.

Fördelar och nackdelar med olika fiskfoder

Fördelar med växtproteiner i foder till fisk är att det minskar risken för utfiskning av vilda fiskbestånd samtidigt som det kan vara ett billigare alternativ än fiskmjöl och fiskolja. Som nämnts tidigare i texten kan antinutritionella substanser vara ett problem när man gör växtbaserat proteinfoder till karnivora fiskar. Det är oftast förekomsten av olika antinutritionella substanser som leder till att fisken inte tillväxer som önskat på växtbaserade foder och inte enskilda substanser (Francis et al., 2001). Det är därför viktigt att tänka på vilka

växter som innehåller de olika antinutritionella substanserna, men även vilka aminosyror, vitaminer och andra önskvärda egenskaper som kan finnas. Man behöver också korrekt värmeprocessning av fodret för att denaturera de icke önskvärda substanserna som exempelvis trypsininhibitorer och viss tillsats av mineraler kan behövas för att komponera ett bra foder till fiskarna (Tibbetts et al, 2006). Fiskar har inte ett lika stort behov av mineraler i sitt foder som landlevande djur då fiskar kan ta upp vattenlösliga mineraler från sin omgivning (Lovell, 1998).

Många antinutritionella substanser inaktiveras i och med upphettning när fodret tillverkas, medan andra kräver mer avancerad processning (Kaushik et al, 1995). Andra alternativ är att fermentera fodret för att få bort bland annat soja-globuliner, men även vatten-etanol denaturering med hög temperatur kan användas (Lallés, 1993). Det kan finnas nackdelar i att använda fiskmjöl och fiskolja då foderfisken kan innehålla PCB eller andra giftiga ämnen som är svåra att bryta ner eller ta bort vid behandling av foder, jämfört med växtbaserat foder där man vet vilka bekämpningsmedel som använts och deras påverkan i odlingen (WHO, 2004; Naylor et al, 2009).

Tillgängligheten av näringsämnen beror på deras koncentration, kemiska struktur samt närvaro och interaktion av andra födoämnen. Fytat är ett exempel på en komponent i fodermedel från växtriket som hämmar upptaget av fosfor men framför allt upptaget av två- och trevärda joner (Storebakken et al., 1998).

Antinutritionella substanser

Antinutritionella substanser är ämnen som hämmar upptag eller nedbrytning av andra näringsämnen.

Det största problemet med växtbaserat proteinfoder är att de kan innehålla antinutritionella substanser (se tabell 1), vilket kan vara en orsak till att fiskarna inte alltid tillväxer lika bra på växtproteinfoder som foder gjort på fiskmjöl (Tibbetts et al., 2006).

Tabell 1. Tabellen visar de vanligaste förekommande antinutritionella substanserna, samt deras påverkan och förekomst. Källor: Francis et al., 2001; Gatlin III et al., 2007

Antinutritionella substanser	Påverkan	Förekomst
Tanniner	Förhindrar näringsupptag genom att binda till enzymer eller andra komponenter i födan, vanligtvis proteiner eller mineraler. Minskar även upptaget av vitamin B12. Interagerar med andra antinutritionella substanser.	En grupp fenoliska ämnen som förekommer i flertalet växter
Östrogena ämnen	Binder till könshormonsreceptorer istället för kroppsegna könshormon och blockerar dess funktion.	Baljväxter, spannmål
Alkaloider	Minskar smakligheten på fodret genom att ha en bitter smak. Kan även vara giftigt.	Ärtväxter
Proteasinhibitorer	Inhiberar trypsin, vilket kan minska tillväxt.	Baljväxter
Saponiner	Giftiga, hämmar tillväxt.	Baljväxter
Gossypol	Negativa effekter på tillväxt, abnormaliteter på vitala organ, t.ex tunnrarm, påverkar reproduktionen. Bildar proteinkomplex och kan hämma upptag av aminosyror.	Bomullsfrö
Fytat	Binder tvåvärdiga metalljoner och gör de otillgängliga för enkelmagade djur. Minskar fosforupptaget.	Sojaböna, Raps (Canola), Korn
Glukosinolater	Hydrolyser av glukosinolater inhiberar jodupptaget och påverkar sköldkörtelfunktionen negativt.	Raps (Canola)
Oligosackarider	Binder gallsalt och förhindrar matsmältningsenzymer och upptag av substrat i tunntarmen.	Spannmål, vissa baljväxter
Lektiner	Koagulerar blodkroppar, binder till tarmepitel och hindrar näringsupptaget, minskar även enzymaktiviteten i tarmarna.	Sojaböna

Övriga problem

Storbakken et al. (1998) gjorde en studie på atlantlax (*Salmo Salar*) där man undersökte inverkan av fytasbehandling i fodret. Man jämförde fytasbehandlat sojabaserat foder med fiskbaserat foder och icke fytasbehandlat sojabaserat foder. Resultaten av studien visar att tillsättning av fytas ökar proteinnedbrytningen och proteinretentionen i sojabaserat foder jämfört med sojabaserat foder som inte fytasbehandlats. Kväveutsläpp från fiskarnas faeces var lägre i det behandlade sojafodret jämfört med faeces från fiskarna som ätit av det icke behandlade sojabaserade dieten. Lägst utsläpp hade dock de fiskar som fått det fiskbaserade fodret vilket beror på nedbrytbarheten och tillgängligheten av animaliska proteiner (Storbakken et al., 1998).

Att fiskarna inte äter tillräckligt för god tillväxt är också ett problem som existerar till viss grad, detta beror främst på smakligheten vilket kan förbättras genom att tillsätta ämnen som ökar dess smaklighet (Storbakken et al., 1998).

Miljöpåverkan

Intensiv fiskodling har medfört stora förändringar på den marina miljön, bland annat med eutrofiering (övergödning), förgiftning och skövling av mangroveskog ibland annat i Indonesien för att göra plats åt nya fiskodlingar. Detta har påverkat ekosystemet och det vilda beståndet negativt och gjort att man inte kan bruka det som förr (Folke & Kautsky, 1992; Naylor et al., 2000). Karp (*Cyprinus carpio*) och andra herbivora färskvattenfiskar odlas oftast i dammar, i stora delar av världen, med integrerade jordbruksekosystem, där det organiska överflödet går tillbaka till åkern från vilken växterna odlats (Naylor et al., 2000). Det har även påvisats positiva samband mellan mangroveskog och vattenbruk. Mangroveskogen behövs för att kunna filtrera och ge näring åt vattnet där fiskarna odlas och därför är man beroende av att mangroveskogen finns kvar (Rönnbäck, 1999). Återinförande av fisk i extensiva fiskodlingar kan innebära miljöskydd och återuppbyggnad på många sätt. Extensiva system, system där fiskarnas enda näring kommer från vattnet kassarna ligger i är beroende av att den marina miljön inte är förgiftad eller för näringsfattig eller övergödd. Extensiva system är ett bra sätt att koppla samman ekonomi och bevarandet av våtmarker, Om den omgivande miljön inte är bra visar detta sig i form av minskad foderintag hos fiskarna och därmed minskad tillväxt (Focardi et al., 2005). Många sötvattenfiskpopulationer hade även kunnat bli hotade som ett resultat av utfiskning om man inte använt sig av industriellt kläckta larver för återinsättning (Focardi et al., 2005).

Det händer då och då att fiskar från kassarna i vattnet rymmer, något som troligtvis beror på yttre påverkan som kollision med båtar eller hål i burarna, tekniska problem eller felaktigt användande av tekniken. Det är ännu inte utvärderat vad rymningar har för effekter på de vilda fiskbestånden, men de kan påverkas på flera olika sätt, bland annat genom att förändra ekosystemet, de vilda fiskarnas kondition och vildpopulationens hållbarhet. De konkurrerar med den vilda fisken om foder och kan sprida parasiter och sjukdomar som normalt inte finns hos den vilda fiskpopulationen (FAO, 2007).

Diskussion

Litteraturstudien har främst behandlat de problem som kan finnas med olika fodermedel inom fiskodlingen. Foder till fiskar är den största kostnaden i framförallt semiintensiva och intensiva odlingssystem (Avault, 1996). En fördel med att byta ut fiskmjöl och fiskolja i fodret skulle kunna vara att minska produktionskostnaden i fiskodlingen. Naylor et al. (2009) tar dock upp de delade meningar som finns om vilket foder som är mest ekonomiskt. Focardi et al. (2005) skriver att det ökade priset på fiskolja och fiskmjöl har lett till att många odlare

tvungats övergå till växtbaserade foder. Även om det växtbaserade fodret är billigare så skulle det kunna innebära en förlorad inkomst då fiskarna inte växer lika bra och inte når den önskvärda slaktvikten lika snabbt. Många artiklar motsäger detta då resultaten visat att fiskarna växer lika bra och lika snabb på växtbaserade som på det fiskbaserade fodren. Det kan dock behövas mer forskning på olika alternativa fodermedel, till exempel blodmjöl, musselmjöl och andra biprodukter från livsmedelstillverkningen och om dessa innehåller ämnen som försvårar fiskarnas tillväxt. En intressant vinkling av proteinfoder gjort på växter skulle kunna vara att kolla vilka inhemska oljeväxter man skulle kunna använda sig av som ett alternativ till den kritiserade sojan. Detta kan även gälla om man i större utsträckning skulle vilja öka produktionen av herbivora fiskarter som tilapia. Raps och åkerböna är alternativ man tittar på i husdjursproduktionen, så varför inte även i fiskodlingen? Växternas näringssammansättning och näringsinnehåll beror på växtart och ibland även i vilket utvecklingsstadium växten är skördad och hur växtsäsongen varit. Skillnaden i priser mellan olika spannmål kan också variera från år till år vilket kanske påverkar mängden av de olika växterna man blandar in. Ett fiskfoder baserat på växter, till exempel med mycket soja och vete, kan därför skilja från år till år när det gäller mängden olika spannmål och närvaro av essentiella aminosyror, fetter och andra viktiga egenskaper. Skulle man till exempel använda mindre soja och vete ett år på grund av priset och blanda in högre mängd av annan spannmål med lägre lysin- och metioninhalt kanske detta skulle påverka tillväxten just det året (detta under förutsättningen att det inte skulle gå att balansera fodret helt och hållet). En möjlig lösning skulle vara att inte helt ta bort fiskmjöl ur fodret till de karnivora fiskarna utan göra en kombination av fisk- och växtbaserat foder. Naylor et al., (2009) skriver att den största förändringen kan göras innan fiskarna blivit vuxna, 95 % av födan som konsumeras av fisken under dess livstid sker nämligen under uppväxten från larv till vuxen.

Många studier har mest tagit upp ifall man delvis ersätter fiskmjöl eller fiskolja med växtproteinfodermedel istället för att helt tagit bort fiskprotein. I de studier där man helt ersatt fiskmjöl och – olja har sojabönan varit den huvudsakliga proteinkällan, men då detta är ett dyrt foder, och dessutom ofta kritiserat av konsumenter vilka är oroliga över förekomsten av genmodifierad soja, skulle det vara intressant att titta på vilka andra växter man kan använda till proteinfodermedel och helst då växter som kan odlas i landet där odlingen av fisk och skaldjur sker.

Teknikens utveckling har medfört att man nu kan göra bra fiskfoder på andra fodermedel, till exempel växtbaserade foder med soja eller vete, än foderfisk vilket verkar lovande om man nu kommer tvingas använda andra fodersammansättningar än just fiskbaserade. Både Adelizi et al., (1998) och FAO (2007) skriver att tack vare tekniken kommer fiskodling komma kunna utvecklas ytterligare.

Fiskodling i sig innebär vissa miljöpåverkningar och användandet av växtfoder kan innebära ytterligare påfrestningar på landmiljön, som erosion och markpackning, samt påverkan på den marina miljön då man bland annat flyttar kväve från åkermark till vattendrag. Intensiv fiskodling innebär även risk för eutrofiering, vilket kan leda till algblooming (Folke & Kautsky, 1992). Integrerade system kan vara en lösning på övergödningproblemet då dessa system återför näringsämnen till marken fodret är odlat på (Naylor et al., 2000). Nackdelen är dock att man använder vissa växtarter som inte odlas i landet där fiskodlingen finns i. Sojabönan kan inte odlas i Sverige och måste importeras från bland annat Brasilien, detta innebär långa transportsträckor och att marken i Brasilien inte får tillbaka den näring som går förlorad då sojabönan skeppas hit. För att odla de kvantiteter av soja som begärs av omvärlden skövlas många hektar regnskog och många regnskogslevande arter hotas av

utrotning. Sojabönan är även känslig mot angrepp och det används stora mängder pesticider och andra typer av bekämpningsmedel mot skadegörare.

Dock har det i EU blivit hårdare kontroller när det gäller användandet av växtbekämpningsmedel och andra kemikalier, samt i hur och var vattenbruken i Europa utformas och sköts (Europeiska kommissionen, 2010; FAO, 2007). Om vi skall fortsätta äta karnivora fiskarter i den utsträckning vi gör, samtidigt som den huvudsakliga växtproteinkällan är soja, kommer vi få räkna med att sojaproduktionen kommer öka ytterligare.

Att diskutera påverkan på mangroveskog kan tyckas irrelevant då litteraturstudien främst är inriktad på frågor som rör de två vanligaste fiskarterna som odlas och konsumeras i Europa; atlantlax och regnbågslox. Jag anser dock att det är viktigt att veta att konsumtion av andra fiskarter inte behöver innebära att vi minskar belastningen på våra hav. Rönnbäck (1999) har dessutom ett bra exempel på hur vattenbruk kan ha en positiv inverkan på miljön då man insett mangroveskogens betydelse och numera jobbar man för att behålla mangroveskogen och dess förmåga att ta upp näringsämnen från omgivningen. Även Focardi et al. (2005) tar upp positiva effekter av extensiva fiskodlingar då detta innebär att fiskodlaren ser en koppling mellan ekonomi och marin miljö.

En annan fördel, som bland annat WHO skriver om i sin regionala rapport 2004, är att PCB och andra miljögifter inte finns i odlad fisk som utfodras med växtproteiner då dessa inte förekommer i våra odlade marker. Detta gör att gravida kvinnor kanske kommer få möjligheten att kunna äta fisk och därmed dra nytta av fiskköttets många nyttigheter. Däremot finns risken att de fetter vi känner igen som nyttigast, ω -3 och ω -6, kommer att ändras när man utfodrar med annat än fiskmjöl och fiskolja och hur detta kommer påverka de egenskaper vi gillar måste det göras vidare forskning på.

Biprodukter från köttproduktionen kan användas till alternativa fodermedel istället för växtproteiner, till exempel benmjöl, köttmjöl, blodmjöl, fjäderfämjöl och likande. Naylor et al., (2009) påpekar dock att i Europa ligger ett förbud mot att använda animaliska biprodukter i foder. Ett tänkbart alternativ som kan vara godkänt är att använda sig av musselmjöl dock finns det ingen forskning på hur fiskarna påverkas av att äta musselmjöl. Ett problem som skulle kunna uppkomma är att många miljögifter som finns i musslorna, då de filtrerar vattnet, finns kvar även i fodret och slutligen i fisken. Då kommer man ändå inte undan problemet med miljögifter i fisk och kan inte längre erbjuda det till gravida kvinnor. Därför behövs forskning på användandet av musselmjöl i fiskproduktionen.

Francis et al. (2001) tar upp, förutom de antinutritionella substanserna listade i tabell 1, andra antigena föreningar, dessa är inte antinutritionella eller alltid oönskade, men kan fungera som allergener, exempel på detta är oligosaccharider. De antigena föreningarna kan påverka och missbilda tarmvilli, skada tarmslemmet, ge icke-specifika och specifika immunologiska effekter och medföra en onormal passage genom mag-tarmkanalen. Glycin och betaconglycin är två föreningar som kan fungera som allergener i fiskarna och som finns framförallt i sojabönan. Antigena föreningar kan vara en anledning till varför karnivora fiskar inte tillväxer maximalt, trots att man tagit bort de antinutritionella substanserna (Francis et al., 2001).

Övriga aspekter som inte tagits upp i litteraturstudien är bland annat risken med olika mykotoxiner, hur produktionen av spannmål kommer att ändras om man börjar ersätta fiskbaserade foder med växtbaserade foder till karnivora fiskar. Vad kommer konsumenterna att tycka om detta och vilka miljöeffekterna kommer det medföra med ökad andel växtbaserat foder. FAOs rapport ” World review of fisheries and aquaculture” (2010), nämner

konsumenternas ovilja till att äta odlad fisk. Detta beror främst på okunskap enligt rapporten och oron över den ökade miljöbelastningen. Ekologiskt odlad fisk är populärare eftersom detta innebär att kemikalier och tillsatser inte får användas, varken när man producerar fodret eller under tiden man föder upp fisken. Ytrestøyl et al. (2006) tar upp artiklar som nämner användandet av astaxanthin. Att laxen och regnbågslaxen har sin typiska färg är en viktig kvalitetsindikator enligt många konsumenter. Det har enligt artikelförfattarna kommit klagomål från norska fiskodlare att när man inte utfodrar med astaxanthin blir den rosa färgen i köttet inte lika stark vissa tider på året (Ytrestøyl et al., 2006). KRAV godkänner dock inte denna tillsats i sina produkter och därför får konsumenter som köper KRAV-odlad lax räkna med att deras produkter inte har samma färg som man normalt är van vid (KRAV, 2010).

Det är dessutom dyrt att processa många växtproteinfodermedel för att göra de användbara för fiskarna i fiskodlingen. Men med dagens situation, framför allt i Japan, då foderfisk blir allt mer utfiskat, kanske pris inte spelar någon roll. Vill man kunna äta karnivora fiskar i samma utsträckning som det görs idag får man nog räkna med ökade produktionskostnader och även ökade kostnader för konsumenten (Naylor et al., 2009).

Användandet av taurin och fytas som Brotons Martinez et al. (2004) respektive Storbakken et al. (1998) skriver om är tillsatser som bör finnas i fodret när man utfodrar för att behålla en bra produktion även om man inte utfodrat med traditionellt fiskfoder. Fytasbehandling används främst för att öka proteintillgängligheten i växtbaserat foder till fisk, vilket är intressant då det används i övrig köttproduktion främst för att öka tillgången på fosfor. Att det inte används i lika stor utsträckning för att öka tillgängligheten på fosfor beror på att fiskar inte har ett lika stort behov som landlevande djur, Mineraltillsatserna som redan ges är tillräckliga för fiskarna och de kan tillgodogöra sig mycket mineraler från sin omgivning.

FAO (2010) nämner också hur viktigt det är att få konsumenterna att inse att fiskodlingen kan vara lösningen på att minska världssvälten. Fiskodlingen kan förse många människor med fet och proteinrik föda relativt snabbt. Det finns nu certifikat och krav på hantering och uppfödning av fisk vilket kommer att minska de negativa sidor fiskodling kan ha på miljön.

Slutsats

Slutsatsen av litteraturstudien blir frågeställningen ifall man verkligen ska föda upp karnivora fiskar i samma utsträckning eller om man istället ska börja föda upp och äta mer av de fiskar som lättare kan tillgodogöra sig växtproteinfodermedel. Forskning ur både etiska-, ekonomiska-, miljömässiga och produktionsaspekter måste göras.

Referenser

- Adelizi P. D, Rosati, R. R, Warner K, Wu Y.V, Muench T. R, White M. R, Brown T.B, 1998. Evaluation of fish-meal free diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture Nutrition 4, 255 – 262.
- Avault J, W, 1996. Fundamentals of Aquaculture, a step-by-step guide to commercial aquaculture, 336, 384 – 410. AVA Publishing Company Inc, Baton Rouge, Louisiana, United states of America.
- Brotons Martinez, J, Chatzifontis S, Divanach P, Takeuchi T, 2004. Effect of dietary taurin supplementation on growth performance and feed selection of sea bass *Dicentrarchus labrax* fry fed with demand-feeders. Fisheries science 70, 74 – 79.
- Espe M, Lemme A, Petri A, El-Mowafi A, 2007. Assessment of lysine requirement for maximal protein accretion in Atlantic salmon using plant protein diets. Aquaculture 263, 168 – 178.

- Eurostat, Aquaculture Statistics – 2007, no. 83/2009.
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/> Mars 2010.
- Europeiska kommissionen, fisheries, farmed fish and shellfish, Mars 2010.
http://ec.europa.eu/fisheries/marine_species/farmed_fish_and_shellfish/index_en.htm
- Evans, D, H, 1998. The Physiology of fishes (2nd ed. Eds., Evans, D, H), 43 – 61. CRC Press LLC, Boca Raton, New York.
- FAO, Food and Agriculture Organization, Cage aquaculture, regional reviews and global overview, 2007, 129 - 154
- FAO, Food and Agriculture Organization, World review of fisheries and aquaculture.
<http://fao.org>. Mars 2010
- Folke C, Kautsky N, 1992. Aquaculture with its environment: Prospects for sustainability. Ocean & Coastal Management 17, 5-24
- Francis G, Makkar P. S H, Becker K, 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. Aquaculture 199, 197 – 227.
- Gatlin III M. D, Barrows T. F, Brown P, Dabrowski K, Gaylord T. G, Hardy W. R, Herman E, Hu G, Kroghdahl Å, Nelson R, Overturf K, Rust M, Sealey W, Skonberg D, Souza J E, Stone D, Wilson R, Wurtele E, 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. Aquaculture research 38, 551 – 579.
- Jobling, M, 1996. Environmental Biology of fishes, 1776 – 177. Chapman & Hall, 2 -6 Boundary Row, London.
- Kaushik J. S, Cravedi P. J, Lalles, P. J, Sumpter J, Fauconneau B, Laroche M, 1995. Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture 133, 257- 274.
- KRAV, Juni 2010. <http://www.krav.se>
- Lallés, J,P, 1993. Nutritional and antinutritional aspects of soyabean and field pea proteins used in veal calf production: a review. Livestock Production Science, 34 (1993) 181-202.
- Lovell, T, 1998. Nutrition and feeding of fish (2nd ed, eds. T, Lovell), 2 -9, 13 – 30, 70 – 86. Kluwer Academic Publishers, Boston, Dordrecht, London.
- Naylor L. R, Goldburg J. R, Primavera H. J, Kautsky N, Beveridge C. M. M, Clay J, Folke C, Lubchenco J, Mooney H, Troell M, 2000. Effects of aquaculture on world fish supplies. Nature 405, 1017 – 1024.
- Naylor L. R, Hardy W. R, Bureau P. D, Chiu A, Elliott M, Farrell P. A, Forster I, Gatlin M. D, Goldburg J. R, Hua K, Nichols D. P, 2009. Feeding aquaculture in an era of finite resources. In: PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences) vol. 106, no. 36, 15103 – 15110.
- Roberts R. J, Muir J. F, 1995. 25 years of world aquaculture: Sustainability, a global problem. In: Sustainable Fish farming (eds. H. Reinertsen, H. Haaland), 167 -181. CRC Press.
- Rönnbäck P, 1999. The ecological basis for economic value of seafood production supported by mangrove ecosystems. Ecological Economics 29, 235 – 252.
- Storbakken T, Shearer D. K, Roem J. A, 1998. Availability of protein, phosphorous and other elements in fish meal, soy-protein concentrate and phytase-treated soy-protein-concentrate-based diets to Atlantic salmon *Salmo Salar*. Aquaculture 161, 365 – 379.
- Tibbetts M. S, Milley E. J, Lall P. S, 2006. Apparent protein and energy digestibility and alternative feed ingredients by Atlantic cod, *Gradus Morhua* (Linnaeus, 1758). Aquaculture 261, 1314 – 1327.
- Watanabe T, Verakunpiriya V, Watanabe K, Kiron V, Satoh S, 1997. Feeding of rainbow trout with non-fish meal diets. Fisheries Science 63, 258 – 266.

WHO, World Health Organization, Food and Health in Europe, a new basis for action, 2004. WHO regional publications. European series 96. www.who.int. Maj 2010.

Ytrestøyl T, Struksnæs G, Rørvik K.-A, Koppe W, Bjerkeng B, 2006. Astaxanthin digestibility as affected by ration levels for Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture* 261, 215 – 224.

Nr	Titel och författare	År
314	Samband mellan högt hull innan könsmognad och mjölkors förmåga att producera mjölk Relationship between high body condition before onset of puberty and the dairy cow's ability to produce milk 15 hp C-nivå Lottie Björkegren	2010
315	Effekten av olika andelar grovfoder och kraftfoder i foderstaten på mjölkproduktion, välfärd och hälsa hos mjölkkor The effect of different forage and concentrate ratios on milk production, welfare and health in dairy cows 15 hp C-nivå Susanna Herlitz	2010
316	Effect of plant maturity at harvest of haylage on digestibility and faecal particle size in horses fed foragedominated diets 30 hp E-nivå Emelie Wickström	2010
317	Methane production of dairy cows fed cereals with or without protein supplement and high quality silage 30 hp E-nivå Christina Yunta Bernal	2010
318	Bacterial contamination of eggshells in conventional cages and litter floor systems for laying hens in Jordan 15 hp C-nivå Sophie Jenssen Söderström	2010
319	The effect of hoof trimming on dairy cows' behaviour, locomotion and production 30 hp E-nivå Jeanette Back	2010
320	Effect of excessive inorganic phosphorus supplied by abomasal infusion on inorganic phosphorus metabolism in dairy cows 30 hp E-nivå Kamyar Mogodiniyai Kasmaei	2010
321	Impact of veterinary assistance on the health of working horses in Nicaragua 30 hp E-nivå Elina Willgert	2010

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15 eller 30 högskolepoäng) samt större enskilda arbeten (15-30 högskolepoäng) vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges Lantbruksuniversitet. En förteckning över senast utgivna arbeten i denna serie återfinns sist i häftet. Dessa samt tidigare arbeten kan i mån av tillgång erhållas från institutionen.

DISTRIBUTION:
Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Box 7024
750 07 UPPSALA
Tel. 018-67 28 17
