



Reproduktion och odling av ål

The reproduction and culture of eel



av

Pernilla Norberg

**Institutionen för husdjurens
utfodring och vård**

**Examensarbete 303
15 hp C-nivå**

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

Uppsala 2010



Reproduktion och odling av ål

The reproduction and culture of eel

av

Pernilla Norberg

Handledare: Torbjörn Lundh

Examinator: Jan Erik Lindberg

Nyckelord: Ål, reproduktion, odling, könsmognad.

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 303
15 hp C-nivå
Kurskod: EX0553**

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

Uppsala 2010

Sammanfattning

Syftet med den här litteraturstudien var att ta reda på vad det finns för möjligheter och svårigheter att producera ål i fångenskap. Med nya hållbara metoder att föda upp konsumtionsål skulle utfiskningen av glasålar minska i världen och man skulle kunna fortsätta äta den goda rökta ålen med gott samvete.

Det finns välutvecklade metoder för att inducera könsmognad hos han- och honålar. Detta utförs genom att injicera hormoner och man kan därför fråga sig om det är hållbart i en produktion för framtiden. Efter kläckning av larverna finns flera viktiga faktorer att ta ställning till, så som utfodring och optimal hållning av ålarna. Även ägg- och mjölke kvaliteten spelar en stor roll när det gäller att hålla ålarna vid liv.

Abstract

The aim with this study was to find out how far we have come to develop reproduction strategies in eel culturing. If we could develop methods to obtain fully grown eels in capture, the decrease of the small glass eels would diminish. That would make it possible for us to consume delicious smoked eel without having a guilty conscience. There are well developed methods to induce sexual maturity with hormone injections in male and female eels, but is it sustainable to use hormones in eel production? When the small eels are hatched the production of eels also faces problems with feeding and keeping them in an optimal environment. Even egg and milt quality plays a big role in keeping the eels alive.

Introduktion

Ålen har haft och har än idag stor betydelse för vattenbruk och humankonsumtion i världen, främst i Japan. Även i Sverige är ål en delikatess som ofta pryder julbordet i olika former. Ål är en mycket fet fisk (cirka 33 % fett) som därför gör sig bra rökt men också som grillad eller kokt. Den europeiska ålen *Anguilla anguilla* är i dagsläget rödlistad av Artdatabanken (Artdatabanken, 2010). Det vilda ålbeståndet har minskat betydligt under de senaste åren och det finns motsättningar vad gäller produktion av ål. Fiske och odling är beroende av vildfångad ål eftersom det inte finns tillräckligt utvecklad teknik för att föda upp dem i fångenskap. Länderna i EU har fått i uppgift att planera en utförlig förvaltningsplan för ål vad gäller bland annat andelen utsättning och odling av ål för konsumtion (Jordbruksdepartementet, 2008). Odling av ål sker genom uppförökning av vildfångad så kallad glasål (*se fig. 1*). Produktion av ål för konsumtion är därmed beroende av att viltlevande ålar fångas. Fångsten av glasål har minskat drastiskt under de senaste 25-30 åren och man är därför väldigt angelägen att hitta en metod för att föda upp ålyngel i fångenskap samt lyckas hålla dem under rätt förutsättningar för tillväxt. Detta för att säkra produktionen av konsumtionsål men också för att öka möjligheterna för vidare utsättning av glasål och därmed öka beståndet av viltlevande ål. Cirka 10 000 ton ål produceras per år i Europa, vilket betyder att det krävs en fångst på 30 ton glasål för att vattenbruket av ål ska gå runt. Priset på glasålen måste hållas under 700 €/kg för att produktionen ska vara lönsam i alla led (Lovatelli & Holthus, 2008). Priset på glasål är beroende av tillgången på vildfångad glasål och det minskade beståndet är en av anledningarna till att priset gick upp och många ålodlare lade ned sina företag under 90-talet. Idag finns endast ett par odlingar kvar i Sverige. Varav en av dem är Scandinavian Silver eel AB i Helsingborg.

Många experiment har gjorts på ål och dess reproduktion och man har lyckats föda upp preleptocephalilarver (förstadiet till leptocephalilarven) till glasål i fångenskap. Detta genom induktion av hormoner för könsmognad och befruktning (Kagawa *et al.*, 2005). Det finns också behov av ny kunskap och teknik för uppfödning av dessa larver. Man vet mycket lite om ålens biologi. En anledning är den långa generationscykeln hos ål. En annan anledning är den långa vandringen över atlanten som små larver på 3.6 mm och upp till 60 mm (Tanaka *et al.*, 2001). Syftet med denna litteraturstudie var att ta reda på vad det finns för kunskap om reproduktion hos ål och vad det behövs forskas mer om för att artificiellt föda upp ål för konsumtion. Nya kunskaper inom detta område skulle kunna minska den pågående utfiskningen av ål.

Bakgrundsfakta

Olika arter

Det finns flera olika arter av ål och en av dem är den europeiska ålen *Anguilla anguilla*. Det finns även indikationer på att den europeiska ålen också förekommer i en korsad variant med den amerikanska ålen *Anguilla rostrata* (Lovatelli & Holthus, 2008). Cirka 75-80 % av världens totala produktion av ål sker i Japan och under 70-talet började man importera europeisk ål då fångsten av den japanska ålen (*Anguilla japonica*) försämrades och därför ökade i pris. Produktionen av den europeiska ålen fungerade dock inte så bra som väntat, då denna visade sig vara känsligare för de högre temperaturerna och den lägre syrehalten under sommarhalvåret. Det resulterade bland annat i högre sjukdomsfrekvens och därmed minskad överlevnad (Heinsbroek, 1991).



Fig. 1. Glasålar med en längd på 70 mm och transparent färg. Bild från Silver eel AB.

Global produktion av ål

Det är främst glasålar och små gulålar som används inom vattenbruket. Större gulål och silverål fiskas för humankonsumtion. Fördelen med odlad ål är att den är mindre känslig för stress och har färre kroppsskador. Den odlade ålen lämpar sig också bättre till rökning eftersom den har en högre fetthalt än den vildfångade ålen (Lovatelli & Holthus, 2008). Den odlade ålen har heller inte den påtagliga "dysmaken" som fiskad ål ofta har. Men enligt fiskaren John Berglund (2010 personligt meddelande) har rökningprocessen en mycket stor betydelse på produktkvaliteten på fisken.

Odling av japansk ål i Japan

”Greenhousefarming” i Japan är ett vanligt sätt att odla ål. Fisken hålls i tankar inne i växthusliknande hus som håller en bra temperatur samt återför näringsämnen som dunstat med vattnet. Glasålen hålls i en så kallad ”nursurydamm” från december-april. Tankarna är 10-50 m² i storlek och temperaturen ökas från 25°C till 28°C under en veckas tid (Heinsbroek, 1991). Efter 5 dagar sker den första utfodringen. Röd mask *Tubifex tubifex* har varit ett vanligt basfoder, men nu används fryst fisk och då speciellt krill (Lovatelli & Holthus, 2008). Efter 1-2 veckor får glasålarna en blandning av den frysta fiskpastan samt Tubifex.

Efter 20-25 dagar flyttas de största ålarna till en egen damm, därefter sorteras ålarna efter storlek var 15-25 dag (Heinsbroek, 1991). På sommarhalvåret kan ålarna flyttas till utomhusdammar. Heinsbroek (1991) påstår att det är väldigt viktigt att vara noggrann med att analysera vattenkvaliteten i dammarna. Kvävehalten ska ligga på rätt nivå för att fisken ska tillväxa i en normal takt. Tydligt är en dålig vattenkvalitet den största anledningen till hög dödlighet i ålodlingar och fiskarna är väldigt känsliga mot olika sjukdomar som sätter sig på bland annat gälarna och försämrar deras syreupptag. Dåligt flöde av nytt vatten påverkar vattenkvaliteten genom att rester från foder och avföring blir kvar och skapar högre halter av nitrit. Enligt Heinsbroek (1991) ökar glasålarna i vikt med ca 1g per månad under de första 2-3 månaderna och efter 6-18 månader väger de ålar som överlevt 180-200 g och är då redo att säljas för konsumtion. Under dessa månader sorterar man ålarna efter storlek varje månad.

Enligt Heinsbroek (1991) har den japanska ålen bättre tillväxt än den europeiska, med en bättre foderomvandlingsförmåga samt är mindre känslig mot förändringar i omgivande miljö.

Odling av europeisk ål i Japan

Den europeiska ålen växer långsammare jämfört med den japanska ålen och tål inte lika hög vattentemperatur. Vid uppfödning av europeisk glasål i Japan sker temperaturhöjning under 8 dagar från 20-24°C i dammar som är 40-80 m². Den första sorteringen sker först vid 40-100 dagar och därefter flyttas ålarna till dammar i storleken 200 m². Utfodringen av ålarna sker innan sorteringen och är densamma som för den japanska ålen med en fryst pasta av bland annat krill. Under den senare delen av uppfödningen värms inte vattnet utan det kan variera från 12-22 °C. Sorteringen sker varannan månad och efter 3 år har de ålar som överlevt nått en marknadsvikt på 180-200 g (Heinsbroek, 1991).

Odling av europeisk ål i Europa

Vid uppfödning av den europeiska ålen i Europa hålls glasålarna i små tankar (1-3 m²) från december till maj i 25°C vattentemperatur. Fodret består av torskrom och glasålarna utfodras 3 dagar efter hemkomst (Heinsbroek, 1991). Sorteringen av ålen görs efter 40-60 dagar, därefter var 4-6 vecka. Den europeiska ålen når en vikt på 5-10 g först efter 6-12 månader. Endast runt 50 % av ålarna överlever så länge. Gelin (2010 personligt meddelande) påstår att det finns tre viktiga faktorer vid odling av den europeiska ålen. Det är att sortera ålen efter storlek var 6-7 vecka för att undvika konkurrens om foder och därmed kannibalism. Utfodra ålarna med ett foder med hög kvalitet, som är baserat på fiskmjöl och fiskolja samt vitaminer. Den tredje viktiga faktorn är att hålla 25° C i bassängerna.

Ål i Sverige

Fiske

I Sverige fiskades 673 ton ål år 2007 av 393 fiskare (Jordbruksdepartementet, 2008). John Berglund är en av cirka 30 fiskare i Mälaren (2010 personligt meddelande). Han kan i dagsläget sälja sin ål vidare för 40 kr/kg (plus moms) levande ål. För bara några år sedan kunde han få dubbelt så mycket betalt. Utsättning av glasål i Mälaren tror fiskaren själv är en stor anledning till hans ökade fångst det senaste året.

Det krävs licens för att fiska ål och då tillåts man att fiska 120 dagar i ett streck. Man skulle kunna fiska ål nästan året runt men under vintern tycks de vila i dyn på botten. Lönsammast är det under sommarhalvåret och John Berglunds pappa fiskar från juni-september med bottengarn som vittjas med jämna mellanrum. Ålfisket har en väldigt stor betydelse för Berglunds företag, och han oroar sig för att det ska bli helt förbjudet att fiska ål i framtiden.

Produktion

Scandinavian Silver eel AB är en av få ålodlare i Norden. De har i år köpt in glasål från Frankrike och dessa inköp görs en gång om året. Varifrån glasålen köps varierar med vilka fångster fiskarna i länderna fått samt pris och leverans av ålen. Enligt Gelin (2010 personligt meddelande) ska 35 % av glasålsfångsten användas till återutsättning i vatten som kan ge fisken en trygg uppväxt. Detta görs för att möjliggöra för den viltlevande ålen att vandra tillbaka till lekplatserna i Sargassohavet. EU har bestämt att hela 65 % av den fångade ålen ska gå till utsättning år 2013 (Gelin, 2010 personligt meddelande). Vid utsättning av glasål är det viktigt att undvika eventuella vandringshinder. Hela 150 ton silverål dör i vattenkraftverkens turbiner varje år i Sverige. Glasålen som kommer till Silver eel AB får först gå igenom karantän vilket tar 10 veckor. Sedan kan ålen säljas vidare eller sättas ut då man kontrollerat dem för olika typer av virus och andra sjukdomar. Priset på glasål som gått igenom karantän ligger på 5 kr/styck plus moms enligt Gelin (2010 personligt meddelande). Efter 1,5 år kan de skörda ålen som då väger cirka 200 gr. Det är hela 75-80 % hanålar i odlingen och de växer långsammare än honålar. För att få en honål upp till 1 kg tar det cirka 3-4 år i bassängen. Cirka 90 % av konsumtionsålen på Silver eel AB exporteras till Holland som efterfrågar just små hanålar till rökning så därför har man inget behov av att föda upp dem mer än till 200 gr. Det är annars väldigt enkelt att få en glasålspopulation till att bli endast honålar, detta görs genom att utfodra dem med östradiolrik föda (Okamura *et al.*, 2009). Ålen har en otroligt bra foderomvandlingsförmåga, av 1,3 kg foder får man ut hela 1 kg ålkött (Gelin, 2010 personligt meddelande). I figur 2 visas utfodring av Silver eels ålar. Glasålen som kommer till Silver eel är 70 mm lång och väger cirka 0,3 g. Liksom beskrivet i Okamura *et al.*, (2009) kan man på Silver eel aldrig observera gulålstadiet, då odlad ål blir silvrig direkt under tillväxt. Gelin (2010 personligt meddelande) säger också att rekordet för att hålla ållarver vid liv i fångenskap i Europa är endast 18 dagar, medan man i Japan kommit mycket längre och kan nu producera ålar från larv till vuxen silverål. Gelin, (2010 personligt meddelande) kommenterar att artificiell befruktning och uppfödning skulle vara aktuellt för företaget om det fanns möjlighet. Kunskap och pengar är det som fattas och först om många år kan det vara möjligt.

Silver eel AB omsätter 15 000 000 kronor/året och producerar 150 ton konsumtionsål/år.



Foto: Richard Fordham

Fig. 2. Utfodring av de så kallade ”dancing eels”.
Bild från Silver eel AB.

Reproduktion

Biologisk cykel

Den europeiska ålen reproducerar sig i Sargassohavet i höjd med Cuba och äggen följer med strömmen upp längs med Nordamerikas ostkust där de befruktas och sedan kläcks (*se fig. 3*). Preleptocephalilarven är det första stadiet hos ål. Därefter utvecklas dessa till leptocephalilarver. Leptocephalilarverna följer med golfströmmen till Europa samtidigt som den utvecklas till glasål. Detta kan ta 2-3 år. Glasålen har enligt Gelin (2010 personligt meddelande) en transparent färg, väger cirka 0,3 g och mäter 70 mm (*se fig. 1*) När glasålen når kusterna vandrar den upp i sjöar och vattendrag och förvandlas till gulål. Storleken på gul och silverål kan variera men kan också vara densamma. Annars är det färgen som skiljer dessa åt säger Berglund (2010 personligt meddelande).

Under cirka 5-12 år mognar ålen sexuellt och vandrar sedan tillbaka till Sargassohavet under hösten som könsmogen silverål, redo för lek (Tanaka *et al.*, 2001). Man tror att ålens reproduktiva förmåga kommer under vandringen mot Sargassohavet och det är denna process man vill inducera artificiellt när det gäller odling av ål i fångenskap (Lovatelli & Holthus, 2008). Troligen dör ålen efter att den har lekt. Vilket ger den en ungefärlig livslängd på 15-25 år. Man har dock funnit ål i gamla vattenbrunnar som uppskattas vara upp till 150 år gamla. Det är dock svårt att exakt kartlägga ålens alla livs-stadier samt mognaden och vandringen då ålarna inte påträffas helt enkelt under dessa stadier vid vandringen (befruktade ägg, nykläckta larver samt mogna ålar) (Tanaka *et al.*, 2001).

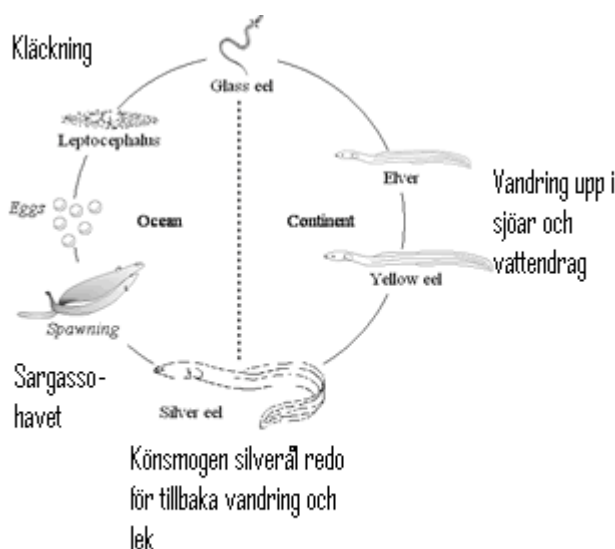


Fig. 3. Biologiskcykel hos ål
(Bild från ICES, 2007, <http://www.ices.dk/marineworld/eel.asp>).

Befruktning

Lek

Det finns mycket lite litteratur om hur ålen reproducerar sig i det vilda. Många studier har bevisat att ålen utvandrar från Sargassohavet och någon gång under ett senare skede i livet återvänder för lek (Lovatelli & Holthus, 2008). Men man vet mindre om hur själva leken går till. Dou *et al.*, (2007) genomförde ett experiment med att kartlägga ”naturlig” lek i fångenskap hos japansk ål för att få en uppfattning om hur det går till i det vilda. De fann tydliga tecken på att hon- och hanålar leker i större grupper, rör vid varandra samt simmar tillsammans innan ovulering och ejakulering sker, detta har tidigare bara varit teorier. Allt observerades i stora tankar med en videokamera.

Artificiell befruktning

Larver

För att minska hotet mot glasålarna i världen krävs det nya metoder för att artificiellt ta fram glasål i fångenskap. Forskning på ål och dess reproduktion har bedrivits flitigt de senaste 30 åren men ändå har man inte funnit det optimala tillvägagångssättet att ta fram glasålar som överlever och kan användas till uppfödning och därefter konsumtion.

Att artificiellt få fram preleptocephalilarver från ägg är väl känt för forskare inom branschen. De första som lyckades se hur transformationen av preleptocephalilarv till leptocephalilarv går till var Tanaka *et al.*, (2001). Ålarna man använde sig av i försöket kom från odlad ål som man befruktat artificiellt. Könsmodnaden hos föräldraålarna inducerades genom att injicera SPE (laxhypofys extrakt) i honorna samt humant chorionic gonadotropin (hCG) i hanarna. Tanaka *et al.*, (2001) observerade efter 8 dagar att larverna fått digestionsförmåga och gulesäcken var tömd. När larverna var 100 dagar hade de fått tänder och kropparna hade förändrats till mer bladliknande leptocephalilarver med en längd på 23,7 mm. Dödligheten hos larverna var hög genom hela försöket. Efter 50 dagar hade endast 2-3 % överlevt och efter 100 dagar var det ännu färre. Den högsta dödligheten observerades under dag 10-15, vid öppning av digestionskanalen hos larverna hade de som dött tomma tarmar. Eftersom de inte

observerat något virus eller annan sjukdom förmodades att dödligheten efter 10-15 dagar berodde på ofullständigt foderintag under första fodergivan efter att gulesäcken tömts (Tanaka *et al.*, 2001). Försöket visade även att tillväxten hos de artificiellt framställda larverna var långsammare jämfört med viltlevande larver. Detta kan enligt forskarna bero på fodrets sammansättning, begränsade foderintag och lägre vattentemperatur än i den naturliga miljön. Forskarna pekar på att framtida forskning borde läggas på att utveckla ett foder som passar larverna samt fastställa ljusbehov och lämplig temperatur nivå (Tanaka *et al.*, 2001).

Glasålar

Kagawa *et al.*, (2005) var de första som lyckades få fram glasål artificiellt genom att så som i det tidigare försöket injicera SPE. Det var den japanska ålen som användes i försöken. Ålhonorna fick 20 mg hypofysextrakt vardera varje vecka och totalt injicerades varje hona 8-13 gånger. Detta gjorde att äggcellerna i äggstockarna mognade och kunde genomgå så kallad vitellogenesis, vilket innebär att äggcellerna förses med näringsämnen (gulesäck) som larverna ska överleva på före och efter de har kläcks.

Tidigare hade man endast fått fram preleptocephalilarver som överlevde några dagar efter kläckning. Detta kunde bero på dålig kvalitet på ägg och mjölke (sädesvätskan hos hanfisken) samt dålig sammansättning av näringsämnen i gulesäcken. Senare försök har visat att bland annat C-vitamin halten i äggcellerna hos den japanska honålen har en stor betydelse för äggkvaliteten. Försöket påvisade en positiv korrelation mellan C-vitaminhalten i äggen och äggkläckningsförmågan samt larvöverlevnaden (Furuita *et al.*, 2009).

Under försöket av Kagawa *et al.*, (2005) injicerades honorna även med en steroid för könsmognad och ovulering som kallas DHP (17, 20- β -dihydroxy-4-pregnen-3-one). När äggcellerna genomgår vitellogenesis så mognar äggen och ovulering kan ske vilket gör det möjligt för hanar att befrukta äggen med sin mjölke.

Kagawa *et al.*, (2005) inducerade även könsmognad hos hanålar med hjälp av hCG. Efter den 11:e injiceringen under en 6 veckors period producerade ålarna mjölke med tillräcklig volym för att befrukta äggen. Experimentet visade också att hCG påverkade spermatozoernas omgivande vätskerum, vilket förenklar deras rörelseförmåga.

Därefter genomfördes den artificiella befruktningen genom att man spädde ut spermatozoerna med artificial seminal plasma (ASP) och lät dem stå i kylen en dag innan mjölken placerades på äggen. Mjölken späds ut med ASP för att minska behovet av mogna hanar till försöken (Kagawa *et al.*, 2005).

Ohta *et al.*, (1997) gjorde ett liknande försök att inducera könsmognad hos den japanska ålen. De använde sig av en ASP för utspädning som hade samma pH värde som mjölken hos artificiellt könsmogna hanålar. I detta försök visade det sig att det inte bara är ägg- och mjölkekvaliteten som spelar roll vid befruktningen utan också tidpunkten för tömning av ägg efter ovulering. Ohta *et al.*, (1997) påvisade att äggkläckning och fertilitet sjönk 6-9 timmar efter ovulering. De kunde samtidigt påvisa att en direkt tömning av ägg efter ovulering också gav varierade resultat i fertilitet (antal befruktade ägg) och äggkläckningsförmåga.

Enligt Kagawa *et al.*, (2005) kläcktes äggen i 22-23 gradigt vatten efter 40 dagar och preleptocephalilarverna fick digestionsförmåga efter bara några dagar. Efter 18 dagar mätte larverna 8,1 mm och 56 % av larverna hade överlevt. Larverna utfodrades med en blandning av hajäggspulver, sojaböna, krilleextrakt, mineraler och vitaminer. Larverna tillgodo gjorde sig detta foder och efter 250 dagar genomgick leptocephalilarverna (på 50-60 mm) metamorfos och blev till glasål.

Mjölke kvalitet

Att behandla hanålar med hCG har genom flera försök visat sig vara effektivt för spermernas kvalitet och rörelseförmåga (Kagawa *et al.*, 2005). Det vanligaste sättet att avgöra kvaliteten på hanarnas spermier är att objektivt bedöma rörelseförmåga under mikroskop samt mäta koncentrationen av spermier (Asturiano *et al.*, 2006). Andra metoder är att kontrollera mitokondriell funktion i cellerna, morfologisk struktur och cellmembranens genomsläpplighet av främmande ämnen. Asturiano *et al.*, (2006) testade spermernas viabilitet genom Hoechst infärgning. De celler som var döda visade klarblå infärgning av spermiehuvudet medan de som levde inte blev lika kraftigt infärgade. Vidare användes ASMA (Sperm class analyzer ®) för att bedöma spermernas morfologiska struktur. Med denna metod analyserades olika mått på spermernas huvud. Försöket tyder på att dessa metoder är användbara, då ökad kvalitet hos spermerna var kopplade till huvudets form och överlevnad på spermerna. Vilket i sin tur verkar vara kopplad till den 9:e veckans injiceringar av hCG som troligen är den optimala behandlingstiden med tanke på spermernas kvalitet (Asturiano *et al.*, 2006).

Europeisk ål i försök

Det har varit svårare att artificiellt producera ållarver från den europeiska ålen. Palstra *et al.*, (2005) genomförde ett experiment som gick ut på att inducera mognad hos både hon- och hanålar. Försöket gick också ut på att kontrollera mognad hos äggcellerna med hjälp av att karakterisera olika steg i utvecklingen. Detta gjordes genom att mäta graden transparens hos äggen samt deras diameter. Resultaten jämfördes sedan med tidigare försök på japansk ål. Till försöket fångades hon- och hanålar från en sjö i Nederländerna. Hanålarna behandlades liksom i det tidigare exemplet med hCG för att inducera könsmognad. Dessa blev sedan handtömnda på mjölke. Med hjälp av mikroskop kunde forskarna observera spermernas rörelseförmåga och de bästa hanarna valdes ut för befruktning.

Honorna injicerades varje vecka med 20 mg hypofysextrakt från karp (CPE, carp pituitary extract). I slutet av behandlingen inducerades själva ovuleringen genom att man på 8 olika ställen i äggstockarna injicerade DHP lösning. När honorna fått stora mjuka magar testade man dem för ovulering och samlade ägg genom tömning för hand. Därefter blandades äggen och mjölken i en petriskål.

De befruktade äggen placerades i en vattentank med 20 graders temperatur. Av alla ägg som fanns i tanken flöt 90 % av dem på ytan, de resterande sjönk till botten och togs bort. Det var endast hos ägg från 2 av 9 lyckosamt befruktade honor som embryonalutveckling kunde observeras och detta skedde 32 timmar efter befruktningen. Det utvecklades 1500 embryon från den ena honan och 100 embryon från den andra, men 100 timmar efter befruktningen dog det sista embryot. Dödligheten hos honorna under experimenten var tyvärr väldigt hög. Det kan ha berott på ett virus som visade sig ha angripit en del av ålarna (Palstra *et al.*, 2005). Forskarnas slutsats är att den europeiska ålen överlag är mindre känslig mot extrakten som injicerades för könsmognad och de visade också en större variation i respons än i tidigare försök med japansk ål. Palstra *et al.*, (2005) konstaterade också att det inte spelade någon roll om de använt SPE (salmon pituitary extract), som i det tidigare försöket av Kagawa *et al.*, (2005), istället för CPE (carp pituitary extract).

Silverstadiets påverkan på könsmognad

Det finns många faktorer som påverkar ålens mognad. Silverfärgen hos vild ål är ett tecken på könsmognad. Försök av Okamura *et al.*, (2008) indikerade att färgen på ålen är ett mått på hur långt äggstockarna och äggcellerna var i utvecklingsstadiet. Samma resultat erhöles efter liknande arbete av Durif *et al.*, (2006) där ålar som gått längst i silver metamorfos visade bäst respons på könsmognad med behandlingarna av CPE. Det finns också skillnader i att

behandla odlad ål med könsmognadshormoner än vildfångad. Enligt Durif *et al.*, (2006) var även längden på ålen kopplad till den gonada statusen, då bäst resultat visades upp av honålar som var längre än 700 mm. Detta bekräftar att äldre ålar med silvrigare och längre kroppar har rätt förutsättningar för reproduktion. Under försöket användes vildfångad japansk ål i olika stadier: Gul, sent gul, silver och sent silver. De gula och sent gula ålarna dog efter injiceringarna av SPE medan de silvriga och sent silvriga mognade och ovulerade normalt. De sent silvriga ålarna fick signifikant fler ägg vid ovuleringen samt en snabbare ovuleringsvar. Det fanns dock ingen skillnad på fertilisering (antalet ägg som befruktades) och kläckningsförmågan mellan de silvriga och de sent silvriga ålarna. Eftersom de sent silvriga ålarna verkade vara mindre känsliga mot SPE injektionerna och överlevde hela försöket är sent silverstadiet hos ål det som Okamura *et al.*, (2008) påstår är bäst att använda vid artificiell befruktning. Odlad ål får aldrig den gula färgen i fångenskap (Okamura *et al.*, 2009) men kan ändå injiceras med SPE med god respons på könsmognad. Detta beror troligen på att feminiserade odlade glasålar mognar snabbare än vildfångad och är mindre känsliga för mänsklig hantering och stress.

Ögon index som könsmognadsstatus

Det behövs bättre metoder för att ta reda på när äggen är mogna och redo för ovulering. Tidigare har man bara kunnat uppskatta detta genom storlek och ålder på honorna. En ganska ny metod har testats av japanska forskare (Okamura *et al.*, 2009), där det visade sig vara en positiv korrelation mellan ögonens storlek på honan och den gonada statusen (äggstockar och äggcells mognad) på honans könsorgan. De undersökte också om ögonstorleken kunde ha någon korrelation med kläckningsförmåga och larvöverlevnad. I försöket användes odlade feminiserade ålhonor av arten japansk ål. Östradiol-17- β blandas in i fodret till glasålar för att på detta sätt få alla individer till att bli honålar. Uppförelsen av de 302 försökshonorna skedde i en färskvattens damm med 26 gradigt vatten under 12-56 månader. Honorna delades in i två grupper. En grupp fick hormonbehandling som tidigare med SPE och en grupp blev dissekerade för att mäta deras gonadstatus. Detta mättes genom så kallad gonadosomalt index ($GSI = \text{gonadernas vikt (g)}/\text{BW (kroppsvikt i gram)} \times 100$). Man mätte sedan honornas horisontella och vertikala ögondiameter, med 0,1 mm noggrannhet. De injicerade honornas gonadstatus mättes genom uppskattning av "bodyweight index" i procent där $BWI = \text{BW}/\text{initial BW} \times 100$. Den initiala kroppsvikten är vikten på honorna innan behandlingen. Med BWI bestäms viktökning i relation till fiskens utgångsvikt). När BWI nådde 110 % togs äggceller ut genom genitalöppningen för att undersöka äggens mognadsgrad. Mognadsgraden bestämdes genom att med stereomikroskop titta på äggcellerna som då mätte 750 μm i medeldiameter. Med detta mått på äggcellerna konstaterades att vitellogenesis skett. Resultaten av ögonstorlek jämfördes mot GSI, ålder mot GSI och total kroppslängd mot GSI. Försöket visade att ögonstorleken var korrelerad med GSI och att det var en mer användbar metod än där ålder och kroppslängd användes som mått på könsmognad. Försöket visade samtidigt att det inte fanns någon korrelation mellan ögonindex och kläckningsförmåga samt ögonindex och larvöverlevnad (Okamura *et al.*, 2009). Ögonindex kan troligen också kunna användas för att bestämma silverstadiet hos odlade ålar, då detta är ett tecken på könsmognad och odlad ål visar otydlig morfologisk skillnad från gulål till silverål (*se fig. 4*).



Fig. 4. Odlad silverål, då gulålstadiet aldrig är synligt.
Bild från Silver eel AB.

Ocytstimulering genom simning

Palstra *et al.*, (2007) har genom försök observerat stimulering av europeiska honålar äggceller genom rörelse av fisken. En längre tids simmande visade att ålar mognar i takt med avverkad simmad längd. Redan efter en veckas observationer hade de simmande honorna fått större äggstockar och äggceller. De oljedroppar som bildas vid vitellogenesen visade sig också öka i antal, vilket främjar omgivningen för den befruktade äggcellen.

Ögonindexet på honor som simmat i 2-6 veckor visade sig också öka och detta är som nämnts tidigare ett sätt att avgöra ålens gonadstatus (Okamura *et al.*, 2009). Tidigare studier med ålar som vandrar i vatten (Durif *et al.*, 2006) antyder att det inte är tillräckligt med att ålen ska simma långt. Den måste också vara i rätt silverstadium för att bli könsmogen. Under försöket gjordes tester med vildfångad vandrande ål. Gulålar som inte nått silverstadiet var inte mottagliga för hormonellbehandling överhuvudtaget.

Diskussion

Tidigare indikationer på gruppreproduktion hos ål styrks av resultat från Dou *et al.*, (2007) som observerat lek av flera honor och hanar i grupp.

Ett problem som ofta dyker upp när det gäller att hålla de små ållarverna levande är deras förmåga att bryta ned föda samt att hålla rätt temperatur och ljusstyrka i dammarna. Känsligaste tiden för larverna är runt 10-15 dagar. Mer forskning behövs för att kunna få hela ålens livscykel under kontroll, från befruktning till könsmogen silverål Tanaka *et al.*, (2001). Det är också viktigt att använda rätt art av ål, t.ex. passade inte den europeiska ålen i japansk produktion och klimat (Heinsbroek, 1991), den växer långsammare och tål inte lika hög temperatur som den japanska. Den europeiska ålen växer till marknadsvikt (cirka 200 g) på 18 månader (Gelin, 2010 personligt meddelande) medan den japanska ålen växer till marknadsvikt på 6-18 månader (Heinsbroek, 1991).

Det krävs bättre metoder för att bestämma äggcellernas mognad hos honålar för att kunna förutspå när det är dags för ovulering samt tömning av äggceller, då detta verkar vara viktigt för den artificiella befruktningen. Ohta *et al.*, (1997) visade att tömning och tidpunkt för artificiell befruktning av äggceller påverkar fertilitet och äggkläckning. Efter 6-9 timmar observerades en minskning i fertilitet och äggkläckning vilket betyder att artificiell befruktning bör ske dessförinnan. Dessutom påverkas äggkvaliteten bland annat av innehållet av C-vitamin (Furuita *et al.*, 2009).

I de försök som hittills gjorts har flera olika hormoner används. På hanålar har det humana chorionic gonadotropin (hCG) använts med lyckade resultat (Tanaka *et al.*, 2001). Antalet injiceringar med hCG på hanålar bör beaktas i reproduktionsförsök med ål. Asturiano *et al.*, (2006) konstaterade att spermernas kvalitet var som bäst efter 9:e injiceringen och hCG förbättrar spermernas förutsättningar att få rörelseförmåga (Kagawa *et al.*, 2005).

Att objektivt bedöma mjölken är ett sätt att avgöra kvaliteten (Kagawa *et al.*, 2005). Det finns dock andra metoder för att avgöra mjölkekvaliteten och Asturiano *et al.*, (2006) hävdar att ASMA- och Hoechst-infärgning är bra metoder som styrker spermernas mognad genom morfologiska och cellaktivitets mätningar. Enligt Kagawa *et al.*, (2005) har behandling med CPE (carp pituitary extract) och SPE (salmon pituitary extract) likartade mognadseffekter på ål och kan båda användas för inducering av könsmognad.

I framtiden bör försöken med artificiell befruktning och larver enligt Okamura *et al.*, (2008) göras på vildfångad ål i sent silverstadium. Detta för att dessa ålar visar högst överlevnad. Samtidigt borde försöken riktas åt att kunna föda upp ålens hela livskedja i fångenskap och då är det en bra start att undersöka ål med goda egenskaper för det man vill förbättra eller få djupare förståelse i. Föräldradjuren till framtidens försök borde väljas ut bland annat efter bedömning av ögonindex (Okamura *et al.*, 2009), silverfärg (Okamura *et al.*, 2008, Durif *et al.*, 2006) eftersom dessa metoder verkar ge bäst resultat. Ögonindex verkar också vara en skonsam och billig metod för att avgöra gonadstatus hos honålar (Okamura *et al.*, 2009). Denna metod är dessutom användbar för att skilja gulål från silverål då gulålen inte är mottaglig för hormonbehandlingar som ska inducera könsmognad (Durif *et al.*, 2006).

Palstra *et al.*, (2007) visar att teorin om att ålar mognar under deras vandring över Atlanten stämmer. Försöket gav tydliga resultat på att ålarnas könsorgan växer i takt med avverkad vandring i vattnet, även ögonindexet ökade.

Jag tror att en artificiell produktion av ål från sitt grundstadium skulle kunna öka ålpopulationen världen över eftersom det nu fiskas tonvis med glasål varje år och som sedan säljs till främst Asien. Utsättning av ål har ju visat en bättre fångst de senaste åren, åtminstone för fiskarna runt Mälaren (Berglund, 2010 personligt meddelande). Dessutom skulle kanske fler fiskare få tillåtelse att fiska ål och försörja sig på det. Fiskaren jag pratade med (Berglund, 2010 personligt meddelande) har en stor andel av sin inkomst i just ålfisket och skulle drabbas ekonomiskt om det blev total förbud med ålfiske, liksom ett 30-tal andra fiskare i Mälaren. Produktion av glasål skulle därför gynna fler än bara odlarna själva.

Jag tror också att priset på glasål och konsumtionsål skulle kunna minska till en rimlig nivå och kunna ligga mer stadigt utan att fluktuera upp och ned så kraftigt. Kanske skulle fler små företagare kunna odla ål igen vilket skulle kunna vara gynnsamt för utvecklingen av landsbygden. Det skulle också vara bättre ur miljösynpunkt då ålen inte skulle behövas transporteras till restauranger över hela Europa.

Det krävs mer forskning kring hela produktionskedjan av ål, från larv till konsumtionsfisk. I Europa har man fortfarande inte kommit särskilt långt men EU satsar 3,5 miljoner € på forskning på reproduktion hos ål enligt Gelin (2010 personligt meddelande). Det behövs mer utveckling av foder till ållarverna, då detta tycks vara en viktig faktor för reproduktionskedjan hos ål. Jag tycker att ett optimalt foder till larverna under tillväxt ska bestå av ingredienser som är lätt tillgängliga och inte kräver att man är beroende av exempelvis hajägg (Kagawa *et al.*, 2005). Det ger inte ett hållbart ekosystem och är inte heller hållbart ur ekonomisk synpunkt. Jag tror också att hormonbehandlingar för att inducera könsmognad och påverka könsdifferentieringen kan vara ett problem i framtiden. Förutom att jag tror att det inte kan vara ekonomiskt hållbart för en mindre producent så har jag svårt att se att det skulle godkännas av EU. Dessutom är det kanske inte helt rätt och enkelt att använda sig av andra fiskars hypofyser (exempelvis lax- och karphypofyseextrakt) för att inducera andra fiskarters reproduktion.

Stor vikt tycks läggas på honornas reproduktiva förmåga. Jag tycker slutligen att fler försök bör utföras på hanarnas mjölke kvalitet, då det är den andra viktiga hälften i en befruktningsprocess. Genom att satsa mer på att studera ålens naturliga beteende vid lek kanske forskare skulle kunna göra det möjligt att få ålar som reproducerar sig i fångenskap och därigenom kunna använda larverna för vidare uppfödning. Då skulle det problematiska steget med att befrukta i rätt tid underlättas och kanske skulle ägg- och mjölke kvaliteten förbättras då ålarna inte utsätts för samma stress.

Referenser

- Artdatabanken (april, 2010) <http://www.artdata.slu.se/rodlista/RodSvar.cfm>
- Asturiano. J.F., Marco-Jiménez. F., Pérez. L., Balasch. S., Garzón. D.L., Peñaranda. D.S., Vicente. J.S., Viudes-de-Castro. M.P., Jover. M. 2006. Effects of hCG as spermiation inducer on European eel semen quality. *Theriogenology* 66, 1012-1020.
- Berglund, J. april 2010. Personligt meddelande. Fiskare, "Fiskar'n i Borgåsund".
- Dou. S.Z., Yamada. Y., Okamura. A., Tanaka. S., Shinoda. A., Tsukamoto. K. 2007. Observations on the spawning behaviour of artificially matured Japanese eels *Anguilla japonica* in captivity. *Aquaculture* 266, 117-129.
- Durif. C., Dufour. S., Elie. P. 2006. Impact of silvering stage, age, body size and condition on reproductive potential of the European eel. *Marine Ecology Progress Series* 327, 171-181.
- Furuita. H., Unuma. T., Nomura. K., Tanaka. H., Sugita. T., Yamamoto. T. 2009. Vitamin contents of eggs that produce larvae showing a high survival rate in the Japanese eel *Anguilla japonica*. *Aquaculture Research*, 40, 1270-1278.
- Gelin, C. April 2010. Personligt meddelande. Scandinavian Silver eel AB.
- Heinsbroek, L.T.N. 1991. A review of eel culture in Japan and Europe. Department of Fish Culture and Fisheries, Agricultural University Wageningen, the Netherlands. *Aquaculture and Fisheries Management* 1991. 22, 57-72.
- Jordbruksdepartementet. Förvaltningsplan för år, 2008/3901. Bilaga till regeringsbeslut. Regeringen, 2008-12-11. Nr 21.
<https://www.fiskeriverket.se/sidorutanformenyn/sokresultat.4.70e0ced410e4101406780002251.html?query=fiskeanstr%C3%A4ngning&startnr=80&nrperpage=20>, februari 2010.
- Kagawa. H., Tanaka. H., Ohta. H., Unuma. T., Nomura. K., 2005. The first success of glass eel production in the world: basic biology on fish reproduction advances new applied technology in aquaculture. *Fish Physiology and Biochemistry*, 31, 193-199.
- Lovatelli, A., Holthus, P.F. 2008. Capture-based aquaculture. Global overview. *FAO Fisheries Technical Paper*. No 508. Rome, FAO. 2008. 298 p.
- Ohta, H., Kagawa, H., Tanaka, K., Inuma, N., Hirose, K. 1997. Artificial induction of maturation and fertilization in the Japanese eel, *Anguilla japonica*. *Fish Physiology and Biochemistry* 17, 163-169.
- Okamura. A., Oka. H.P., Horie. N., Utoh. T., Yamada. Y., Mikawa. N., Tanaka. S., Tsukamoto. K. 2009. Assessing sexual maturity of feminized Japanese eel *Anguilla japonica* by measuring eye size. *Aquacult Int* 17, 91-99.
- Okamura. A., Yamada. Y., Horie. N., Utoh. T., Mikawa. N., Tanaka. S., Tsukamoto. K. 2008. Effects of silvering state in induced maturation and spawning in wild female Japanese eel *Anguilla anguilla*. *Fisheries science* 74, 642-648.
- Palstra, A.P., Cohen, E.G.H., Niemantsverdriet, P.R.W., van Ginneken, V.J.T., van den Thillart, G.E.E.J.M. 2005. Artificial maturation and reproduction of European silver eel: Development of oocytes during final maturation. *Aquaculture* 249, 533-547.
- Palstra. A., Curiel. D., Fekkes. M., de Bakker. M., Szeékely. C., van Ginneken. V., van den Thillart. G. 2007. Swimming stimulates oocyte development in European eel. *Aquaculture* 270, 321-332.
- Tanaka. H., Kagawa, H., Ohta, 2001. Production of leptocephali of Japanese eel (*Anguilla japonica*) in captivity. *Aquaculture* 201, 51-60.

Nr	Titel och författare	År
294	Distillers Dried Grains with Solubles as a protein source for broiler chickens 30 hp E-nivå Ylva Freed	2010
295	Effects of peat and wood shavings as bedding on the faecal microflora of horses 30 hp E-nivå Louise Hübinette	2010
296	Inverkan av SPC på induktion av protein AF och produktionsresultat hos slaktkyckling 30 hp D-nivå Jessica Lundqvist	2010
297	Bacterial contamination of eggshells in aviary system and conventional cages in Jordan 15 hp C-nivå Åsa Karlsson	2010
298	Calcium homeostasis at calving in cows milked prepartum 30 hp E-nivå Sabine Ferneborg	2010
299	Placantan och livmoderns samspel och inverkan på utvecklingen av mjölkkörtelvävnad The interplay between uterus and placenta and their effect on mammary gland development 15 hp C-nivå Carolin Engström	2010
300	Krafftoders påverkan på hästars prestation The impact of concentrates on exercise performance of the horse 15 hp C-nivå Jonna Kangas	2010
301	Mykotoxiner och deras effekt på hästens hälsa Mycotoxins and their effects on horse health 15 hp C-nivå Helen Pilskog	2010
302	Olika mastitpatogeners inverkan på mjölk kvalitet och juverhälsa Different mastitis pathogens impact on milk quality and udder health 15 hp C-nivå Sara Andersson	2010

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15 eller 30 högskolepoäng) samt större enskilda arbeten (15-30 högskolepoäng) vid Institutionen för husdjuren

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
