Musselmjöl istället för fiskmjöl i ekologiskt foder

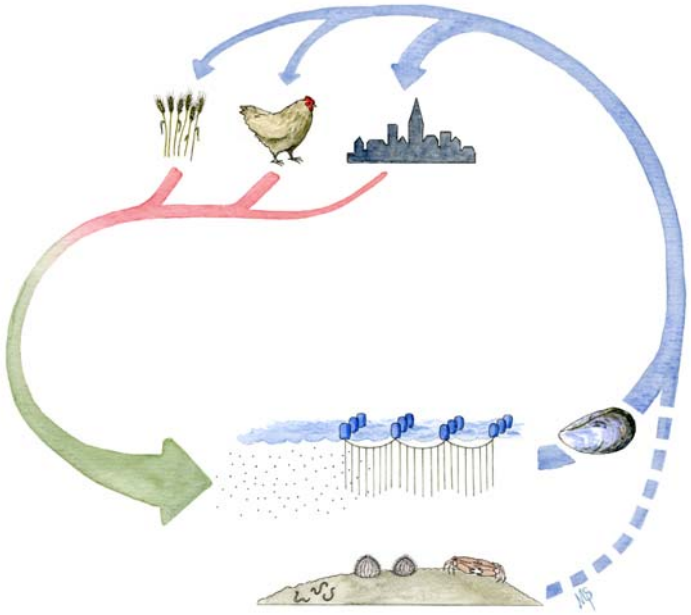
av

Sven Kollberg och Odd Lindahl
Kristinebergs Marina Forskningsstation

INTRODUKTION

Målsättning

Ett övergripande mål är att uppnå en storskalig produktion av blåmusslor på svenska västkusten för att förbättra kustvattenkvalitén. där arbetet kring musselmjöl utgör en del av verksamheten. Övergödningens negativa effekter, där jordbruket står får merparten av näringsläckaget, är välkänt sedan länge (Anon. 2003). Blåmusslor (*Mytilus edulis*) filtrerar (äter) växtplankton och minskar därmed indirekt koncentrationen av de näringsämnen som orsakar övergödning i kustvatten. Vid skörden lyfter man rent fysiskt ut näring ur havet. Av musslans levandevikt utgörs ca 0,8% av kväve och 0,05% av fosfor. Cirka 1/3 av den skördade biomassan kan inte användas för human konsumtion, men kan tas tillvara för användning inom lantbruket. Det har beräknats att 50 000 ton musslor bör kunna odlas och skördas årligen längs Bohuskusten, vilket betyder att ca 15 000 ton behöver processas för annan användning än human konsumtion (Lindahl *et.al*., 2005). Projektet har haft till syfte att bedöma om och hur denna del i så fall kan användas för framställning av foder.



Figur 1: Agro-Aqua kretsloppet av närsalter där man genom odling och skörd av blåmusslor recirkulerar näring från kust till hav. Musselodling är ett kostnadseffektivt sätt att förbättra kustvattenkvalitén och samtidigt en kretsloppsanpassad produktion av ett högvärdigt livsmedel och foder. Försök att utnyttja nedfallet av organsikt material under odlingar planeras.

Bakgrund

Vid användning av musslor som fodertillsats, måste dessa processas till mjöl för att skapa en hanterlig produkt för foderindustrin. Foder med musselmjöl är i första hand av intresse som del i ekologiskt foder för äggproduktion, när kravet på att andelen ekologiskt godkända råvaror successivt kommer att öka till 100% inom EU (Odelros, pers.kom). Förutsatt att kostnaden för musselmjöl kommer att hamna på en rimlig nivå är bedömningen att det finns en betydande potential för musselmjöl, eftersom produkten redan är efterfrågad av svenska ekologiska äggproducenter (Odelros, 2004).

Projektets målsättning var att utreda om musselmjöl kan användas för att ersätta fiskmjöl i ekologiskt foder, i första hand för fjäderfä. Projektet skulle: 1) ta fram en teknisk lösning av en anläggning för mjöltillverkning och 2) beräkna ett tillverkningspris på musselmjöl, klart för leverans till fodertillverkare.

Hypotes

En grundläggande hypotes är att musselmjöl kan produceras till ett konkurrenskraftigt pris. Avgörande för den fortsatta utvecklingen är således att undersöka om musselmjölet näringsmässigt säkert kan ersätta fiskmjöl eller andra proteinkällor i värpfoder och om det kan tillverkas och saluföras inom de ekonomiska ramar som fodermarknaden tillåter.

MATERIAL OCH METODER

Produktion av musselmjöl

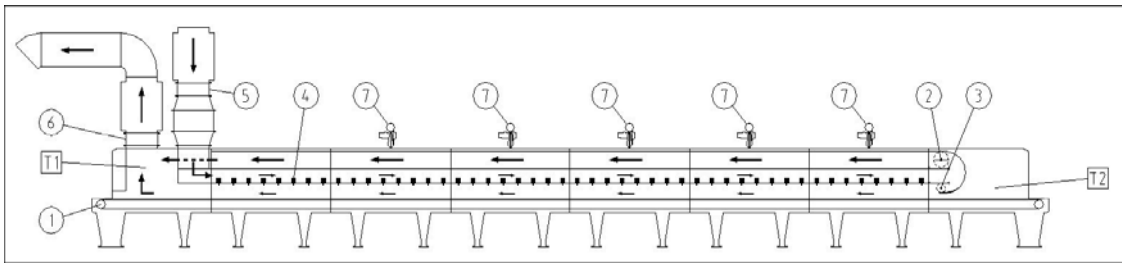
En färsk mussla består av 1/3 skal, 1/3 kött och 1/3 vatten. Mjöltillverkningen kräver att merparten (ca 90 %) av skalen avlägsnas. Den teknik, som används av Limfjordskompaniet i Nykøbing, Danmark, är ånguppvärmning under ca 2,5 minuter följt av skakning över skakgaller. Denna teknik finns kommersiellt tillgänglig men i nuläget saknar vi information om kostnaden att separera kött från skal. Därefter torkas och mjölas köttet. I de fall nedan där enbart musselköttet torkats har därför en separering först skett så att skaldelarna avlägsnats.

Musselmjöl, 80 kg, tillverkades i en första omgång i en försöksanläggning hos sillolje- och sillmjölsindustrins forskningsinstitut (SSF) i Bergen, Norge. Musselköttet värmdes till mellan 65 och 85°C, varefter vatten och fett pressades ur i en dubbelskruvpress. Vätskefasen värmdes sedan till 90°C och utfällt protein avlägsnades. Vätskan separerades i en olje- och en vattenfas (limvatten). Det senare torkades in och blandades med den först pressade kakan innan alltsammans torkades och maldes till mjöl. Processen var dyr varför det var nödvändigt att finna billigare metoder.

Efter mycket sökande stod två möjligheter till buds. I den ena torkas musselköttet med varmluft under 24 timmar med successivt ökande temperatur, från rumstemperatur till 88^{o}C. Återstående TS-halt är då ca 95 %. Den andra torkmetoden är en mer industriellt anpassad metod där hetvatten eller ånga utnyttjas i torkprocessen. Musselköttet torkas i en roterande trumma med en diameter av ca 0,6 m och längd 2,5 m. Musslorna passerade genom trumman upprepade gånger tills TS-halten nått önskad nivå, eller ca 95 %. Temperaturen steg under torkningen successivt till 95^{o}C.

Ytterligare försök med torkning har gjorts, dels med mikrovågsteknik (figur 2 och 3), dels med ”Airgrinder”-teknik (figur 4). I det förra fallet placerades kokt eller malt kött på ett 20 m långt band, som sakta passerade förbi hundra aktiva magnetroner . Temperaturen gick upp i ca 80^{o}C och behandlingstiden var en dryg halvtimme, varefter en TS-halt på 85 % uppmättes. Malt musselkött, s.k. musselmousse, torkade på samma sätt till en TS-halt på 90 % under något kortare tid. I ”Airgrindern”, där materialet torkades, maldes och delvis separerades i en och samma process, tillsattes hela färska musslor, inklusive skal. Materialet torkades i en mycket stark luftström som passerar ett torn i vilken en virvel bildas. Musslorna utsattes för kraftig nötning och samtidigt stora tryckskillnader i den roterande luftströmmen och föll ut som ett pulver som kunde separeras i olika storleksfraktioner med TS-halter på över 95 %. De olika fraktionerna analyserades på kalcium- och proteininnehåll.

Figur 2A: Mikrovågstunnel på Ragnsells i Göteborg som provades för torkning av musslor.



Figur 2 B: Principskiss av mikrovågsugn som användes för torkning av musselkött.

Figur 3: Musselkött, till vänster på väg in och till höger på vägut ur mikrovågstunneln.

Figur 4: Torkförsök i Skelleftehamn med Airgrinder-tekniken.

Försök med värphöns och slaktkyckling

Ett orienterande försök med kokt musselkött utfördes 2003 och gav lovande resultat (Kollberg och Lindahl, 2003). Lövsta Forskningscenter, SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård övertog försöksverksamheten och där pågår under 2005 - 2007 försök med att utprova musselmjölet som del av foder till både slaktkyckling och värphöns. Nedan följer en kort resumé av pågående försök.

Det man i första hand testar är om musselmjöl kan ersätta fiskmjöl inom ekologisk fjäderfäproduktion med samtidig optimering av näringsnivån. Eftersom det periodvis förekommer växtplankton som producerar och innehåller biotoxiner kan musslorna ackumulera dessa toxiner. Om det visar sig möjligt att använda även toxiska musslor vid produktion av musselmjöl skulle det innebära en mycket stor fördel för musselodlarna, som då även kan skörda under perioder med toxinförekomst. Användning av toxiskt mjöl ingår därför i försöksserien på SLU.

Djurmaterialet var i samtliga fall värphöns av hybriden LSL (Lohman Selected Leghorn) och de inredda burarna var av modell Viktorsson. Hönsen hade fri tillgång till foder men utfodrades bara en gång per dag. Hönorna vägdes vid försökets början och slut och äggproduktionen registrerades

varje dag. På SLU analyserades äggen också med avseende på deformationstal, brottstyrka, H-tal (vitans höjd) och gulans färg.

I första försöket under sommaren 2004 på SLU, startade försöket då hönsen var 16 v gamla och pågick i ca 3 månader. 12 grupper med 8 höns i varje grupp, totalt 96 höns, användes. Försöksfoderblandningarna gavs fr.o.m. 18 veckors ålder. Det ingående fiskmjölet ersattes i olika grad med musselmjöl där fyra olika försöksfoder med 0, 3, 6 och 9 % inblandning användes. Varje foderblandning utfodrades till 3 grupper á 8 hönor.

I ett andra försök på SLU (figur 5), som startade i februari 2005, var hönsen 31 v gamla och hölls så länge försöksfodret räckte (ca 8v). Detta innehöll musselmjöl producerat av toxininnehållande musslor. I denna studie användes 6 grupper med 2 höns i varje grupp, totalt 12 höns. Tre försöksfoder tillverkades och gavs till 2 grupper var; 1) 15 % inblandning av ordinärt musselmjöl, 2) 15 % inblandning av toxiskt musselmjöl och 3) konventionellt foder. Vävnad från tunntarm, körtelmage, muskelmage, lever och skalkörtel togs ut vid försökets slut för histologisk undersökning och träck samlades under försöket för analys, allt för att se om man skulle kunna finna någon inverkan av toxin.

Figur 5: Försöksuppställningen på SLU.

RESULTAT

Musselmjöl, torkning av råvara

Torkning med varmluft eller trumtorken innebär att temperaturen i båda fallen är tillräcklig för pastörisering av materialet. Varmluftstorkningen kan regleras noggrant både vad gäller tid och temperatur medan trumtorkningen innebär en något hårdhäntare behandling, där temperaturen i rörslingorna, som materialet då och då kommer i kontakt med, överstiger 100°C.

Torkning med mikrovågor är en flexibel metod, som också ger pastöriseringseffekt. Temperatur och behandlingstid kan regleras noggrant. Tre tester utfördes och försöken visade att metoden kan förfinas ytterligare. Torkningstiden är den kortaste av de tre hittills beskrivna metoderna.

I ”Air grindern” utsätts inte materialet för högre temperatur än 30°C. Det är i dagsläget osäkert om det torkade materialet trots detta ändå kan betraktas som pastöriserat genom de snabba svängningarna i tryck. Denna metod är den enda av de fyra i vilken separering av skal och mjukdelar samt torkning kan utföras samtidigt. Analyser efter det första testet visade att separeringen av skal och mjukdelar var otillräcklig, men med annan inställning av försöksparametrar kan detta troligen förbättras.

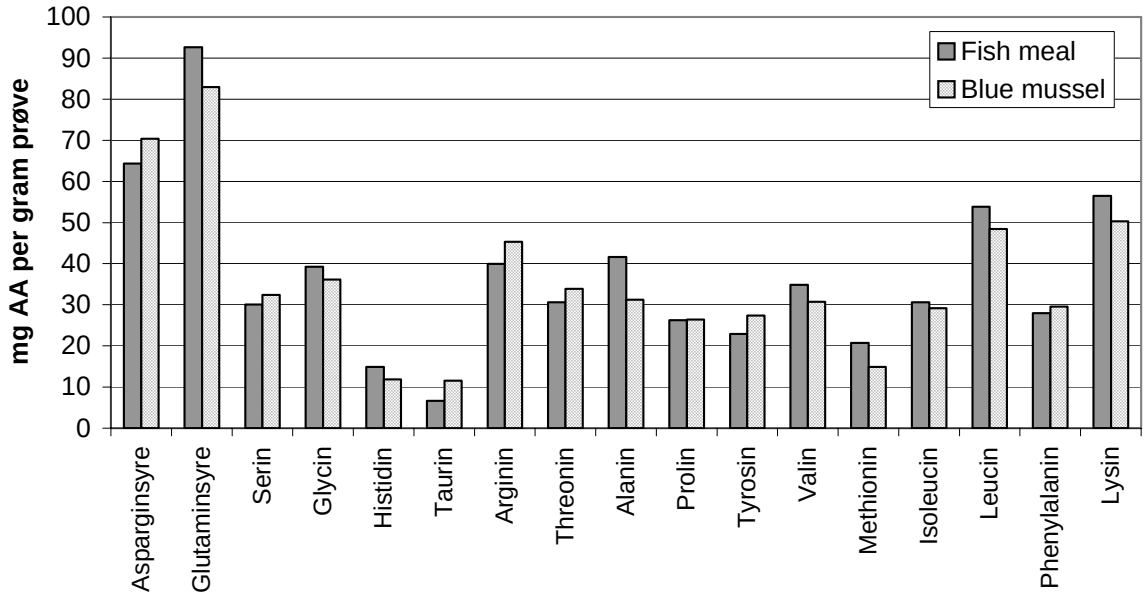
Kostnadsberäkning
Pris för separering av kött och skaldelar har inte gått att få någon uppgift om. Den metod, som idag praktiseras storskaligt innebär att musslorna hettas upp snabbt med hjälp av ånga. Denna behandling varar i 2,5 minuter. Därefter förs musslorna ut på ett skakgaller där det koagulerade köttet skakar loss från skalet varefter separeringen av skal och kött är enkel.

Torkning av köttet med varmluft eller trumtork beräknas till ca 3 kronor per kg torkad vara. I fallet med trumtorkning förutsätter detta pris dock en relativt stor volym, flera tusen ton per år. Investeringskostnaderna för trumtorken bedöms till 4-5 millioner kronor, men är okända för varmluftstorken.

Mikrovågstorken och ”Air grindern” bedöms energisnålare än de två andra med en potential för att processkostnaden kan understiga 2 kr/kg mjöl. Uppgift om investeringskostnad har inte gått att få fram, men bedöms inte som oöverstiglig.

Processekonomi
- Färska musslor inklusive leverans till beredningsprocessen betalas med 20 öre/kg. (Till odlaren betalas dessutom ett miljöstöd i storleksordningen 80 öre/kg).
- Från färsk mussla till musselmjöl berett av musselköttet minskar vikten med en faktor 20. Kötthalten är ca 25% och TS-halten på köttet ca 20%. Mjölpriset utan processkostnad blir då 4 kr/kg.
- Processkostnaden för mjöltillverkningen inklusive separering och torkning uppskattas i nuvarande läge ligga på samma nivå, dvs 4 kr/kg. Mjölpriset är nu uppe i 8 kr/kg
- Av processen erhålls också en betydande kalkfraktion, som har ett värde av ca 0:25 kr/kg
- 1 ton musslor ger ungefär 50 kg musselmjöl och 300 kg kalk
- Inköpsvärdet på 1 ton musslor är 200 kr och utgångsvärdet efter processen 50x8 + 300x0:25 = 475 kr

Musselmjölets näringsvärde
Det först tillverkade musselmjölet analyserades med avseende på fettinnehåll och proteiner och befanns vara i klass med eller t.o.m. bättre än fiskmjöl (Elwinger, pers.kom.). Fetthalten var i storleksordningen 8 % med hög andel långkedjiga fleromättade fettsyror. Proteinhalten var ca 65 %. Av särskilt intresse för ekologisk fjäderfäproduktion var att halterna metionin och cystein är relativt höga och likvärdiga med de i fiskmjöl (figur 6, tabell1). Speciellt gäller att när hönans behov av protein är täckt, skall också metionin- och cysteinbehoven vara täckta.



Figur 6: Jämförelse mellan total aminosyresammansättning i fiskmjöl och musselmjöl (Duinker *et al*., 2003).

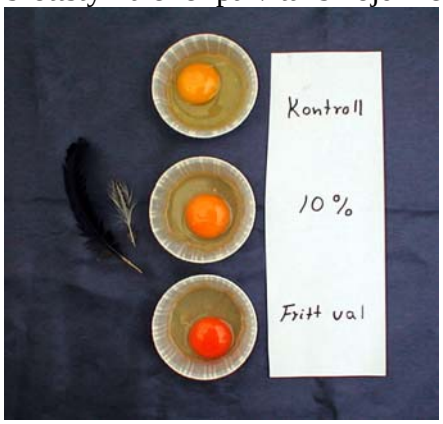
Tabell 1: Innehåll av för fjäderfä viktiga aminosyror i fisk- och musselmjöl.

	Metionin g/kg	**Cystein g/kg**
Fiskmjöl	**17,6 – 20,6**	**-**
Musselmjöl	**15,7 – 17,8**	**10,2 – 10,7**

Försök med värphöns

I den första studien, som gjordes med kokt musselkött kunde man inte notera några skillnader i produktionsresultat mellan hönor utfodrade med musslor och kontrollen. En tydlig skillnad mellan behandlingarna var dock äggulans färg, som blev starkare gul med ökad mängd musslor och som bestod t.ex. vid bak av sockerkaka (figur 7). Äggen testades också på olika sätt för smak, men ingen bismak kunde observeras, inte ens i äggen där hönorna haft fri tillgång till musselkött.

I den första studien som utfördes på Lantbruksuniversitetet kunde inga signifikanta skillnader ses när det gäller foderomvandlingsförmåga, värpprocent, äggvikt, äggmassa, skaldeformation, brottstyrka eller på vitans höjd mellan de olika försöksfodren. Det fanns signifikanta skillnader i



Figur 7: Gulan färgades när kokt musselkött förekom i fodret vilket också framkom vid bakning.

foderkonsumtion, men det verkade inte ha samband med vilket försöksfoder hönorna fick. Signifikanta skillnader fanns även i gulans färg. Gulans färg blev starkare och starkare ju mer musselmjöl som var inblandat (tabell 2).

Tabell 2: visar resultaten av den olika tillgången i fodret av musselmjöl.

Försöksfoder(% mussel-mjöl inblandning)	**0 %**	**3 %**	**6 %**	**9 %**
Foderkonsumtion (g/höna och dag)	101	95	95	99
Foderomvandlingsförmåga (foderkons./äggmassa)	2,07	1,97	1,94	2,10
Värpprocent (%)	79,1	81,7	85,1	79,1
Ägg vikt (g)	61,5	58,8	57,8	59,6
Äggmassa (g ägg/höna o dag)	48,7	48,0	49,1	47,2
Gulans färg (LaRoche skala 1- 15)	6,3	8,2	9,0	9,6

I den andra studien där mjöl innehållande toxin användes pekar de preliminära resultaten på att varken hönor eller äggproduktion påverkades. Inte heller i de histologiska undersökningarna har några tydliga förändringar kunnat iakttas som skulle kunna ha samband med musseltoxinerna. Något toxin har inte återfunnits, varken i olika organ eller i äggen. Det skall dock påpekas att toxinnivåerna i fodret låg långt under det gränsvärde som gäller för mänsklig konsumtion.

DISKUSSION

Musselmjöl

Flera omfattande försök med torkning av musselkött till musselmjöl genomfördes inom projektet under 2004/05. Mjölet har sedan använts i SLU´s försöksverksamhet som substitut för fiskmjöl i ekologiskt foder till värphöns. Vissa ekonomiska beräkningar på produktionskostnaden av mjölet har också kunnat genomföras. Av resultaten hittills kan man dra slutsatsen att musselmjöl verkar kunna ersätta fiskmjöl, både näringsmässigt och från en ekonomisk synvinkel. Beräkningarna visade vidare att för att mjölproduktionen skall kunna konkurrera med fiskmjöl måste musslorna betinga ett pris av maximalt 20-25 öre per kg råvara, inklusive transport. Detta innebär i sin tur att bara den del av musselskörden som är oanvändbar för human konsumtion kan komma i fråga. Emellertid utgör denna andel ungefär 1/3 av allt som skördas. För närvarande är den svenska musselnäringen för liten och därmed produktionen för låg för att medge en processindustri för mjöl baserad på musslor. Detta kan dock snabbt ändras, om näringen ökar i omfattning. Så tycks också ske. Den svenska produktionen beräknas bli tredubblad inom ett eller två år. Potential finns

för en produktion av 50 000 ton musslor per år. Av detta skulle då över 15 000 ton bli tillgängligt för en processindustri, vilket torde vara tillräckligt.

Det bör framhållas att en produktion av enbart fodermussla bara kan ske om odlaren erhåller ett miljöstöd, t.ex. liknande det som ges som miljöstöd inom jordbruk idag. En produktion av 5 000 ton fodermussla per år ger en mjölmängd av ca 250 ton. Med en 5 %-ig inblandning i ett fullvärdesfoder ger det en produktion av 5 000 ton foder per år, vilket skulle räcka till ungefär 1/3 del av den ekologiska äggproduktionen idag. Mjölningsprocessen kan utnyttja redan känd teknik och att sätta upp en processlinje torde inte stöta på några större problem. En värdeökning på 550 kr per 100 kg mjöl som beräknats ovan ger vid en produktion av 250 ton mjöl ett tilläggsvärde i processledet på ca 1,4 millioner kr/år. Inga försök har gjorts för att beräkna investeringsbehov och arbetskraftsbehov men processen är enkel och kan automatiseras. En realistisk bedömning är att en volym på 5 000 ton råmussla per år är ett minimikrav för att sätta upp en processlinje. Ca 1200 ton musselskal blir en restprodukt från mjöltillverkningen som med fördel kan användas för kalkning av sura jordar.

Musslor till foder

De preliminära försöken har varit lovande när det gäller användning av blåmussla i den ekologiska fjäderfäindustrin. Försöken pågår och omfattande försök med slaktkyckling och värphöns är planerade att genomföras under 2006 och avslutas 2007. Det man redan nu kan säga är, baserat på analysresultat, att musselmjöl är jämförbart med fiskmjöl, speciellt med tanke på aminosyrasammansättningen. Det är visat att karotenoiderna i musslorna ger en bra färg på äggulan. Vidare att en relativt hög inblandning av musslor i fodret inte ger någon bismak på äggen och, baserat på analysresultat av musselskal, att skalen kan ingå i en viss proportion i mjölet för att täcka hönsens kalkbehov. Huruvida en viss halt av musseltoxin kan tolereras av hönsen är fortfarande under utredning, men hittills har inte något toxin kunnat återfinnas i några organ eller i äggen när toxiska musslor använts i fodret. En orsak kan vara att, eftersom musslorna endast utgör en mindre del av fodret, vanligtvis maximalt 12%, att toxinhalten i det färdiga fodret under försöken därmed har legat under den nivå, som kan påverka hönorna.

Slutsats

Musselmjöl ser ut att kunna vara ett mycket lovande substitut för fiskmjöl i hönsfoder. För att musslor skall kunna bli en intressant produkt för foderindustrin krävs dock större volymer än de som idag produceras inom svensk musselnäring. Svensk musselodling är dock i en expansiv fas och därmed ökar volymerna av musslor, som kan användas av foderindustrin. Det är i första hand bortsorterade musslor, som i stället för att belasta musselföretagen med kostnader för destruktion, kan utnyttjas för framställning av foder i första hand till den ekologiska fjäderfäindustrin. Därmed sluts också ett kretslopp, som har börjat med näringsläckage från lantbruket, som i havet utnyttjats av växtplankton, vilka utgör musslornas huvudsakliga föda. Vid skörd av musslorna och framställning av musselmjöl har därför näringen återförts till land och lantbruket.

Samarbete

Projektet har genomförts i samarbete med docent Klas Elwinger, Dr Ragnar Tausson, Dr Lotta Waldenstedt och doktorand Lotta Jönsson på Sveriges Lantbruksuniversitet i Uppsala, med konsulent Åsa Odelros representerande ekoäggproducenterna, med musselodlingsföretagen Scanfjord AB i Mollösund och Nordic Shell Production i Lysekil. Vidare med AB Torkteknik i

Stockholm, Skånsk Hundfoder AB i Rögle, Ernesto Institoris på ATC i Gbg AB (mikrovågstorkning) och med Erik Bäcklund på Ekotek AB (Airgrinder) i Skelleftehamn.

Referenser

Anon. 2003. Havet – Tid för en Ny Strategi (The Sea - Time for A New Strategy). Statens offentliga utredningar SOU 2003:72.

Berge, G. M. and Austreng E. 1989. Blue mussel in feed for rainbow trout. Aquaculture, 81, 79-90.

Duinker A., Moen A.-G., Nortvedt R. og Sveier H. 2005 Utvidet kunnskap om blåskjell som fiskefôrressurs. Sluttrapport till Norges forskningsråd, Prosjektnr.: 150109.

Kollberg S. och Lindahl O. 2003. Försök med musslor som del av foder för ekologisk äggproduktion. Rapport inom Interreg IIIA-projekt Blåskjellanlegg og nitrogenkvoter (GS3041-45-02). 8 sidor.

Lindahl O., Hart R., Hernroth B., Kollberg S., Loo L.-O., Olrog L., Rehnstam-Holm A.-S., Svensson J,. Svensson S. and Syversen U. 2005. Improving marine water quality by mussel farming – A profitable measure for Swedish society. Ambio,Vol 34, No. 2: 131-138.

Lindahl, O. and S. Kollberg. in press. Sweden. Pages xx-xx in J. McVey, C-S. Lee, and P.J. O'Bryen, editors. The Role of Aquaculture in Integrated Coastal and Ocean Management: An Ecosystem Approach. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, 70803. United States.

Odelros, Å. 2004. Ekologisk äggproduktion – En sammanfattning av situationen i februari 2004. Rapport Föreningen för Ekologisk Fjäderfäproduktion.