

Opbevaring og konditionering af ferske muslinger

- med fokus på optimering af kvalitet og holdbarhed



Rapporten er forfattet af:

Dansk Skaldyrcenter

Ditte Bruunshøj Tørring

Carsten Fomsgaard Nielsen

Jens Kjerulf Petersen

Indholdsfortegnelse

Forord	3
Indledning.....	4
1. Forbehandling	5
1.1 Forbehandling ved fiskeri	5
1.2 Forbehandling ved opdræt	9
1.3 Alternative former for losning	12
2. Opbevaring	13
2.1 Opbevaringssystemer	14
2.2 ”The Big Trip”	20
3. Konditionering	22
3.1 Konditionering i BigBags	22
3.2 Effekt af tørlægning	25
3.3 Iltning	28
3.4 Konditionering i mindre enheder	29
4. Transport.....	31
5. Sammenfatning, effektmål og perspektivering	34
5.1 Sammenfatning	34
5.2 Effektmål.....	35
5.3 Perspektivering	37
6. Referencer.....	38
Bilag 1: Forskrift A.....	39
Bilag 2: Temperaturkurver.....	40

Forord

Denne rapport er et resultat af et samarbejde mellem Dansk Skaldyrcenter, Vilsund Muslingeindustri, Limfjordskompagniet, Centralforeningen for Limfjorden og POén for de danske muslingeopdrættere. Dansk Skaldyrcenter har været hovedansvarlig for projektets gennemførelse. Projektet er gennemført med finansiel støtte Fødevareministeriet og EU's fiskerisektorprogram EFF.

I forbindelse med afviklingen af projektet blev der nedsat en arbejdsgruppe til faglig sparring og rådgivning. Arbejdsgruppen har været indkaldt til møde 4 gange i løbet af projektperioden og bestod af følgende medlemmer:

Jette Overgaard (VMI)

Bjørn Mogensen (Limfjordskompagniet)

Kaj Lykke Larsen (Opdrætternes PO)

Benny Andersen (Centralforeningen for Limfjorden)

Ditte Tørring og Carsten Fomsgaard Nielsen (DSC)

En stor tak skal lyde til Michael Pedersen og folkene fra HF Transport for hjælp til gennemførelse af fiskepumpeforsøg. Anders, Benny og medarbejdere hos VMI i Aggersund takkes for assistance og god sparring ved gennemførelse af diverse forsøg med skrabemuslinger. Tak til Kaj Lykke Larsen og folkene hos Dansk Linemusling for lån af båd samt varmetue på de kolde dage.

Alle offentliggjorte projektrapporter fra Dansk Skaldyrcenter kan, efter godkendelse, hentes i elektronisk form på Dansk Skaldyrcenters hjemmeside www.skaldyrcenter.dk. Originale tekster og illustrationer fra denne rapport må gengives til ikke-kommercielle formål under forudsætning af tydelig kildeangivelse.

Henvendelse vedrørende denne rapport kan ske til:

Dansk Skaldyrcenter

Øroddevej 80

7900 Nykøbing Mors

Tlf.: 96 69 02 83

post@skaldyrcenter.dk

www.skaldyrcenter.dk

Forfatterne, Nykøbing Mors, d. 15. december 2010

Indledning

Blåmuslinger, der sælges til fersk konsum, indbringer producenterne en højere pris end muslinger, der bliver brugt til konserver eller frostvaremarkedet. Imidlertid har produktion af ferske muslinger hidtil udgjort en marginal del af den samlede muslingeproduktion i Danmark. Etablering af lineopdræt af muslinger som selvstændigt erhverv og senest MSC-certificering af danske skrabe muslinger har øget fokus på salg af muslinger som ferskvare. For lineopdræt er det helt essentielt for rentabiliteten i erhvervet, at producenterne opnår en højere pris. Fiskeri efter blåmuslinger undergår i disse år også forandringer, fx med omplantninger af muslinger, og det bliver i stigende grad muligt at fiske specifikt rettet mod ferskvaremarkedet. Denne tendens er yderligere forstærket af MSC-certificeringen. Samlet betyder det en væsentlig forøgelse af den danske produktion af ferske muslinger. Af "Perspektivplan for den danske skaldyrbranche 2007-13" fremgår det således, at erhvervet forventer en årlig produktion af linemuslinger i 2013 på 20.000 t og en betydende forøgelse af andelen skrabe muslinger, der går til fersk konsum, fra de i 2006-07 gældende 10%.

For at nå målsætningerne om et øget ferskvaresalg til Europa er det essentielt, at de danske ferske muslingers kvalitet og holdbarhed er på højde med eller bedre end muslinger fra konkurrerende lande, specielt fordi Danmark ligger på kanten af det store Centraleuropæiske marked. For opdrættede muslinger, der for størstedelens vedkommende sælges i bulk, gælder endvidere, at betydningen af muslingernes kvalitet stiger kraftigt, jo længere ned i Europa muslingerne skal fragtes som bulk.

Muslingers kvalitet er snævert knyttet til deres evne på at holde sig lukkede og dermed opretholde en høj vandprocent. Det er endvidere almen kendt, at stresspåvirkning af muslingerne, fx ved afrivning af byssus, har en effekt på deres overlevelse og holdbarhed (Harding et al, 2004). I dette projekt er der fokuseret på 3 centrale områder for påvirkning af muslingerne med henblik på at øge deres kvalitet:

1. **Forbehandlings betydning.** I både opdræt og fiskeri bruges der i vid udstrækning maskiner i forbindelse med høst, fiskeri og losning. Dette letter arbejdet for producenten, men kan medføre skader på muslingerne, fx i form af skal- eller byssus-skader og andre former for stressning af muslingerne. Høstmetoder, lossemetoder og videre håndtering er derfor centrale indsatsområder for en kvalitetsøgning.
2. **Opbevaring.** Opbevaringsmuligheder for levende muslinger er essentielle for at udligne fluktuationer i markedets efterspørgsel. Opbevaringssystemer skal både kunne rumme store biomasser ved høje tætheder for at mindske udgifterne og sikre, at muslingernes kvalitet ikke falder under opbevaringen.
3. **Konditionering.** Ved konditionering forstås i denne sammenhæng behandling, som gør muslingerne mere modstandsdygtige overfor den efterfølgende transport til kunder i Europa. Især er det vigtigt, at vægttab som følge af vandtab minimeres. Dels for at sikre producenternes fortjeneste og især for at sikre muslingerne mod overdødelighed. I denne sammen-

hæng er muslingernes evne til at holde sig lukkede især af betydning. Danske linemuslinger har en forholdsvis ringe evne til at holde skallerne lukkede og en træning af denne evne kan være af betydning for reduktion af vandtabet.

4. **Transport.** De danske muslingers holdbarhed under transport, især i de varme sommerperioder, er i dag ikke tilstrækkelig effektiv. For at identificere den mest effektive nedkøling af ferske muslinger inden og under transport til det sydeuropæiske marked var det derfor påtænkt at gennemføre en række forsøg. Da projektet i forbindelse med bevillingen blev reduceret i budgettet, blev transportdelen nedskaleret til kun at omhandle få forforsøg.

For alle centrale elementer gælder, at årstiden har stor betydning for muslingernes generelle kvalitet og holdbarhed efter høst/fiskeri således, at kvaliteten falder jo varmere det er. Det er imidlertid ikke klart om der er en differentiell effekt af årstid på de andre parametre af betydning for kvalitet og holdbarhed. Dette indgår i undersøgelsen. Som mål for muslingernes kvalitet og holdbarhed er der i projektet arbejdet med parametre som vægttab, overlevelse og åbningsgrader ved hhv. omgivende og kølet temperatur. Blandt andet overlevelse i luft er blevet brugt som et generelt stressindeks hos muslinger (Sukhotin, 2003; Viarengo, 1995). Prøvetagningen er beskrevet ved i forskrift A i Bilag 1.

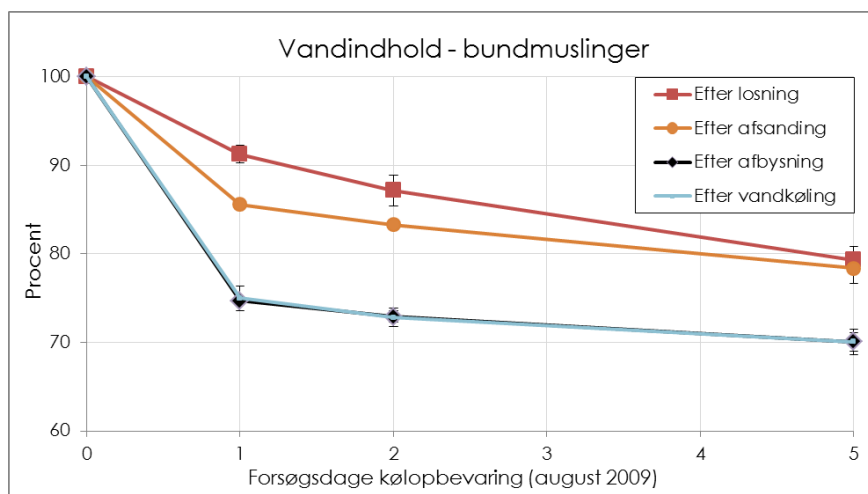
1. Forbehandling

1.1 Forbehandling ved fiskeri

Den normale arbejdsgang for blåmuslinger produceret på bunden er, at de skrabe muslinger bliver losset op i containere ved hjælp af grab umiddelbart efter, at båden kommer til kaj. Efter transport til fabrikken bliver muslingerne kørt igennem en såkaldt stentromle for at sortere større sten og affald fra, hvorefter muslingerne bliver stillet til afsanding i containere under rindende vand i mindst 1 døgn. Efter afsanding bliver muslingerne ført til proceslinien, hvor de skilles af en knivadskiller, sorteres, afbysses og nedkøles til 5°C i vandbad i ca. 1 time inden pakning. Forventeligt vil alle processer - på nær nedkølingen - medføre en stresspåvirkning af muslingerne og dermed potentielt forårsage tab i form af både døde/knuste muslinger og navnlig påvirkning af deres videre overlevelse og kvalitet eller kondition.

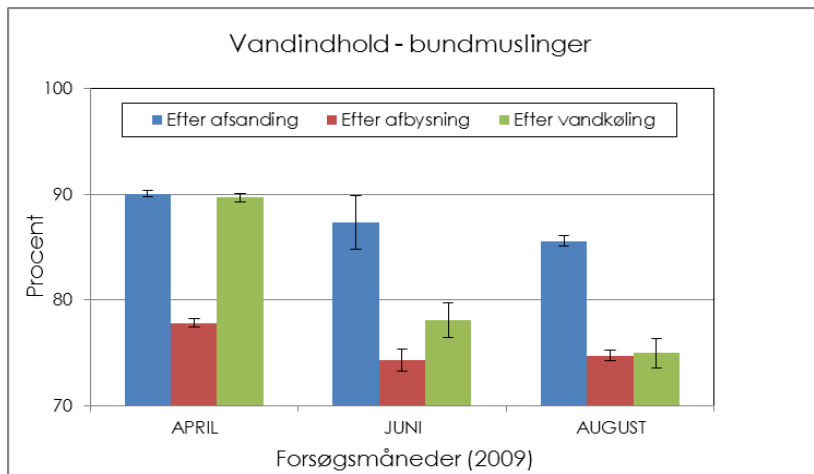
For at teste effekten af de forskellige trin i behandlingen af muslingerne fra de er fiskede, til de bliver pakket og gjort klar til afsendelse, blev der i april, juni og august udtaget blåmuslinger på forskellige stadier af processen: Umiddelbart efter losning med grab, efter afsanding, efter den afsluttende afbysning i fabrik-

ken og efter nedkøling under vand. Muslingerne blev efter udtagning holdt tørt men køligt (5°C) og testet for relativt vandindhold over tid, som indikator for muslingernes kondition. Tab af vand over tid blev målt ved at veje muslinger af ens størrelse henholdsvis 1, 2 og 5 døgn efter de enkelte led i processen.



Figur 1. Procent indhold af vand i blåmuslinger som funktion af antal dage i kølerum (5°C). Muslingerne er udtaget i august måned (omgivende vandtemperatur: 19 °C) efter forskellige behandlingstrin i forarbejdningen af ferske muslinger: Efter losning, efter afsanding, efter afbysning i proceslinien og efter nedkøling i vand. Bemærk på grafen: de to sidstnævnte behandlinger er overlappende.

Resultaterne viser overordnet, at hvert enkelt trin i processen frem til nedkøling øger muslingernes tab af vand. Størst effekt har losningen og processerne i fabrikken, mens afsandingen medfører knap så drastiske effekter. Som det fremgår af figur 1, er det største vandtab indenfor det første døgn og vandtabet er derefter jævnt aftagende. Efter 5 døgn udviskes forskellene ligeledes mellem de forskellige behandlingsstadier. I august, som er vist på figur 1, havde nedkøling i vand efter forbehandlingen ingen tydelig effekt på muslingernes kondition.



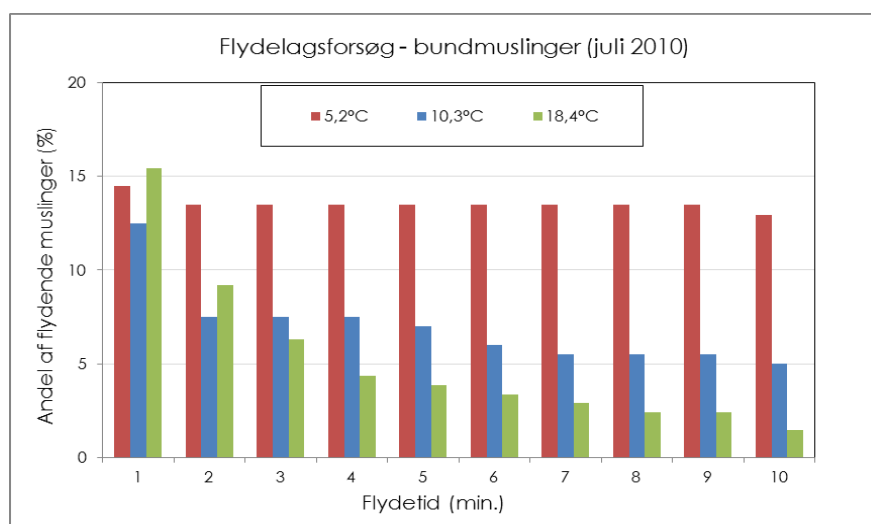
Figur 2. Procent indhold af vand i blåmuslinger 1 døgn opbevaring i kølerum (5°C) efter forskellige former for forbehandling i april, juni og august. Omgivende temperatur i fjorden var i april 11 °C, i juni 15 °C og i august 19 °C.

Temperaturen i fjorden og i luften har imidlertid betydning for effekten af forbehandlingen (figur 2). På alle behandlingstrin er der således statistisk signifikant forskel mellem behandlingerne i april og i august med mindst påvirkning af muslingerne i april. Endvidere fremgår det af figur 2, at afsluttende nedkøling af muslingerne i april og juni medfører en signifikant forbedring af muslingernes kondition. I april og juni vil der, med de nuværende arbejdsgange, således kunne pakkes færre muslinger pr kg og dermed opnås bedre fortjeneste ved at benytte afsluttende nedkøling frem for at undlade nedkøling. Den manglende effekt af nedkøling i august kan enten skyldes, at muslingerne bliver lettere stressede ved højere temperaturer, eller at forskellen mellem den omgivende vandtemperatur i fjorden og afsandingen på ca. 20°C, og de 5°C i vandbadet er så stor, at den i sig selv virker stressende eller ikke mindsker stresspåvirkningen. Det generelt stigende vandtab i alle behandlingstrin fra april til august tyder imidlertid på, at fjordvandets temperatur i sig selv medfører påvirkning af muslingerne. Dette understøttes af tidligere undersøgelser der blandt andet viser at respiration, iltforbrug og filtration hos muslingerne øges ved stigende vandtemperaturer (Fischer, 1986; Resgalla, 2007). Ved meget høje temperaturer (22 – 25 °C) er det dokumenteret at muslingernes filtration er aftagende hvilket indikerer at muslingerne er stressede (Schulte, 1975). Muligvis vil en lidt højere temperatur i nedkølingen i varme perioder – og dermed en lidt mindre temperaturforskel til fjorden – kunne øge effekten af nedkølingen.

Forsøgene viser, at industriens behandling af fiskede muslinger mindsker muslingernes kondition og at denne effekt er afhængig af sæson og antal delbehandlinger. Muslingerne bliver mest påvirket af behandlingen om sommeren, når fjordvandet er varmt. Afsluttende afkøling af muslingernes efter behandling og inden pakning kan mindske vandtabet, men om sommeren har afkøling til 5°C kun ubetydelig effekt. Om sommeren kan det anbefales at øge temperaturen i afkølingen.

Afkølingen i vand har således generelt en gavnlig effekt på de tidspunkter af året, hvor den største del af produktionen foregår (fra september-juni). I forhold til en udvidelse af sæsonen for produktion af ferske muslinger fra fiskeriet, har industrien haft et behov for at optimere afkølingen for at sikre et optimalt produkt. I den forbindelse har der været problemer under afkølingen i specielt varme perioder, idet der er observeret en betydelig fraktion af flydende muslinger i afkølingsbadet. At muslingerne flyder skyldes, at de ikke aktivt åbner op og optager vand imellem skallerne. De flydende muslinger føres kun i et vist omfang videre i produktionslinien og repræsenterer dermed et direkte tab. For at undersøge om temperaturen i afkølingen har betydning for andelen af flydende muslinger, blev blåmuslinger i juli 2010 (omgivende vandtemperatur ca. 18°C) overført direkte fra afbysningen til vandkar med henholdsvis 5°C, 10°C og 18°C. Andelen af flydende muslinger blev registreret hvert minut i 10 minutter efter overførsel.

Forsøget viste, at jo større forskellen i temperatur mellem det omgivende vand og kølekarret var, jo større var andelen af flydende muslinger (figur 3). Endvidere holdt fraktionen af flydende muslinger sig konstant ved afkøling til ca. 5°C, hvorimod andelen af flydende muslinger hastigt aftog ved de øvrige temperaturer. En afkøling i den varme periode til fx 10°C vil således kunne reducere tabet som følge af flydende muslinger med mere end 60%. Da den lave temperatur åbenbart heller ikke reducerer vandtabet (figur 2) og da nedkøling om sommeren er forbundet med betydelig omkostninger, kan det anbefales industrien, at enten foretage trinvis nedkøling eller evt. udelukkende køle til 10°C i varme perioder.



Figur 3. Andel (%) muslinger der flyder som funktion af tid ved forskellige temperaturer. Omgivende vandtemperatur var 18°C.

En række supplerende forsøg viste, at brug af en anden parameter end tab af vand som indikator for kondition eller holdbarhed, fx muslingernes åbningsgrad, ikke giver væsentlige anderledes resultater end ovenstående. Med hensyn til opbevaringsform efter behandlingen viste de supplerende undersøgelser størst forskel på opbevaring tørt ved omgivende temperatur, sammenlignet med muslinger der blev opbevaret i vand. Opbevaring i vand efter forbehandlingen – en-

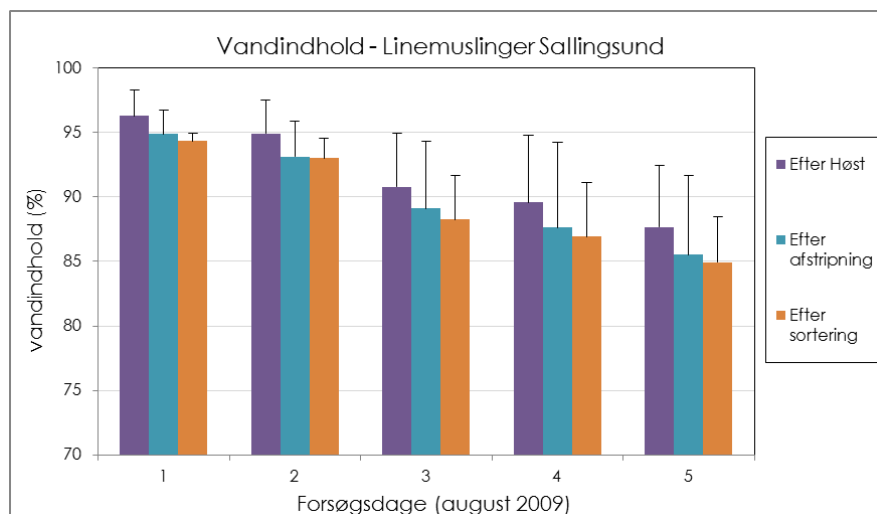
ten afkølet til 5°C eller til temperaturen i fjorden – resulterede altid i 100% overlevelse af muslingerne. Tør opbevaring – som beskrevet ovenfor men ved omgivende fjordtemperatur – resulterede i samme overordnede mønster som vist i figur 1 og 2 om end med kortere generel overlevelse og øget vandtab ved stigende temperatur.

Det er forventeligt, at opbevaring ude af vandet medfører udtørring og til slut muslingernes død, men det er af potentiel stor betydning, at muslingerne kan overleve selv hårdhændet behandling som losning, omlæsninger og afbysning ved efterfølgende længere tids (dage) opbevaring. Om opbevaring i (afkølet) vand efter behandling kan resultere i et reduceret spild og en evt. merpris for et bedre produkt i et sådant omfang, at det er økonomisk rentabelt, kan nærværende undersøgelser dog ikke dokumentere.

1.2 Forbehandling ved opdræt

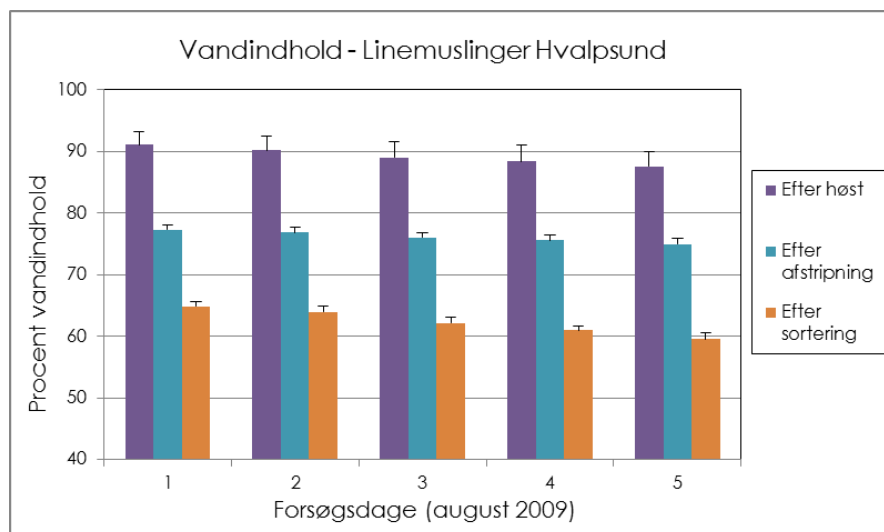
I opdræt af blåmuslinger er der, i forbindelse med høst, arbejdsgange, der som i fiskeriet påvirker muslingerne og dermed udbyttet. Udover de muslinger, der dør eller får skallen ødelagt i processen, så medfører behandlingen også en stresspåvirkning af muslingerne på lignende vis som for fiskeri. Arbejdsgangene i opdræt er forskellige og varierer mellem opdrættere, fx som følge af om der bruges enkeltstrømper eller kontinuerte strømper, men kan indeholde følgende arbejdsgange: selve høsten med efterfølgende afstripping af muslingerne fra strømperne, evt. mekanisk afstripping af muslinger fra strømperne samt, i afhængighed af renheden og ensartetheden af produktet, declumpning og sortering. Herefter bliver langt hovedparten af danske linemuslinger sendt til eksport i BigBags, og evt. yderligere behandling foregår hos modtageren.

For at teste effekten af de forskellige trin i høstprocessen blev der på tidspunkter i henholdsvis foråret (april-maj) og sensommeren (august) udtaget muslinger efter 3 forskellige stadier af behandling i 2 områder med forskellige høstsystemer: I Sallingsund, hvor der blev dyrket på enkeltstrømper, blev muslinger udtaget efter høst, hvor muslingerne håndplukkes af strømperne, efter mekanisk afstripping i konisk afstripper og efter declumpning+sortering. I Hvalpsund, hvor der dyrkes på kontinuerte strømper, blev der udtaget muslinger umiddelbart efter høst (muslingerne blev håndplukket direkte fra strømpen), efter mekanisk afstripping ved hjælp af flapper og efter declumpning+sortering. Muslingerne blev holdt tørt men køligt (5°C) og testet for relativt vandindhold over tid, som indikator for muslingernes kondition. Tab af vand over tid blev målt ved at veje muslinger af ens størrelse 1-5 døgn efter de enkelte led i processen.



Figur 4. Procent indhold af vand i blåmuslinger som funktion af antal dage opbevaret tørt i kølerum (5° C). Muslingerne er udtaget i august måned i Sallingsund (omgivende fjordtemperatur: 19 °C) efter forskellige behandlingstrin ved høst af opdrættede muslinger: Efter høst, efter mekanisk afstripping og efter sortering.

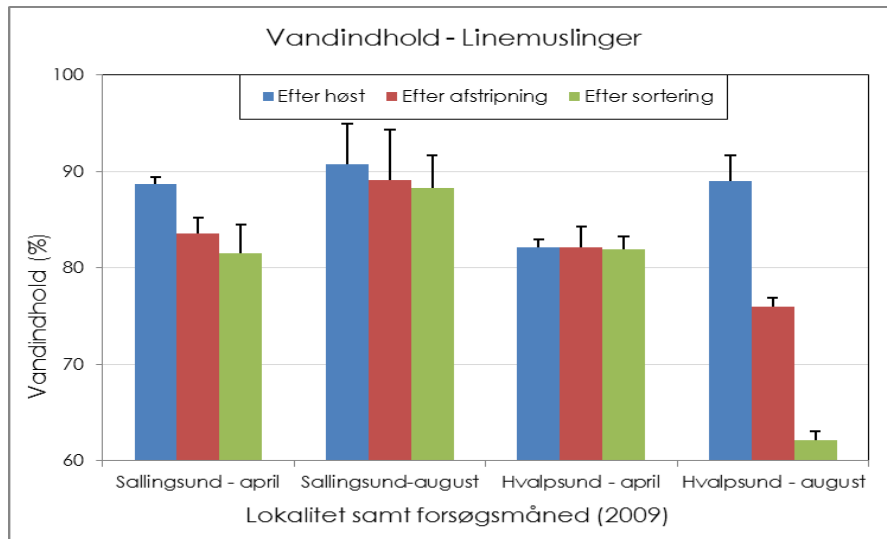
Forsøgene viste, at muslingerne som forventet taber vand over tid, men at de forskellige behandlinger ikke stresser muslingerne i betydende grad med deraf øget vandtab til følge (figur 4). I august, for muslinger høstet fra enkelt strømper i Sallingsund, var der således ikke statistisk signifikant forskel mellem muslingernes indhold af vand efter de forskellige delbehandlinger så længe muslingerne blev holdt på køl (5°C) efter behandlingen.



Figur 5. Procent indhold af vand i blåmuslinger som funktion af antal dage opbevaret tørt i kølerum (5°C). Muslingerne er udtaget i august måned (omgivende fjordtemperatur: 19 °C) i Hvalpsund efter forskellige behandlingstrin ved høst af opdrættede muslinger: Efter høst, efter mekanisk afstripping og efter sortering.

Det samme billede ses overordnet for forsøgene i foråret i både Sallingsund og Hvalpsund (figur 6). Derimod var der en tydelig og statistisk signifikant effekt af alle delbehandlinger i Hvalpsund i august (figur 5 og 6).

Der er ingen indlysende forklaring på forskellene i sæsonafhængighed mellem muslinger fra Hvalpsund og Sallingsund. Generelt har muslinger fra Hvalpsund større kødindhold og mindre skaltykkelse og skalvægt end muslinger af samme længde fra Sallingsund. Om denne forskel i kondition kan forklare den tilsyneladende øgede følsomhed i den varme periode kan denne undersøgelse ikke afgøre. Det er imidlertid "almen kendt" blandt opdrættere, at opdrættede muslinger fra området omkring Hvalpsund generelt er "svagere" om sommeren end opdrættede muslinger fra andre dele af Limfjorden.



Figur 6. Procent indhold af vand i blåmuslinger efter 3 døgn i kølerum (5°C) efter forskellige former for behandling i april/maj og august 2009. Omgivende temperatur i fjorden var i april/maj ca. 12°C og i august ca. 19°C.

Supplerende forsøg viste, at opbevaring af muslingerne ved omgivende temperatur i stedet for på køl har betydning for konditionen om sommeren både i Hvalpsund og Sallingsund samt om foråret i Sallingsund i form af øget vandtab.

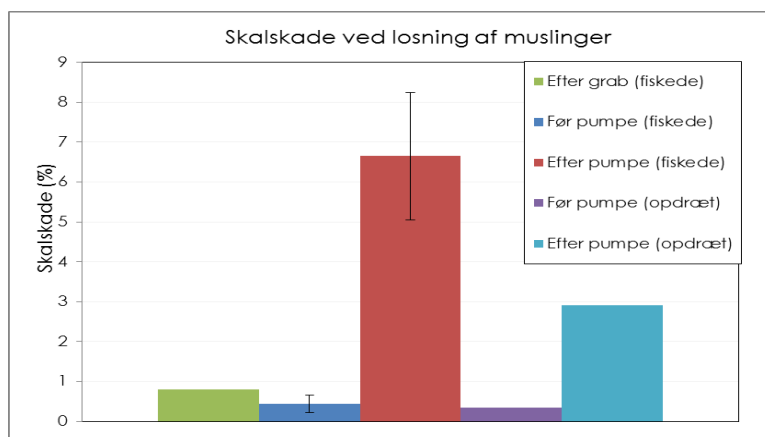
Forsøgene viser, at opdrættede muslinger generelt kan tåle den behandling de får under høst, hvis de hurtigst muligt efterfølgende bringes på køl. Imidlertid viser data, at der tilsyneladende er forskel på muslingernes tolerance for stresspåvirkning under høst om sommeren alt efter, hvorfra i fjorden de kommer. På den baggrund kan det anbefales, at muslinger fra Hvalpsund-området behandles så lidt som muligt ved høst i varme perioder.

1.3 Alternative former for losning

Den traditionelle losning af fiskede blåmuslinger foregår ved hjælp af grab og denne metode har også delvist været brugt til opdrættede muslinger. Det er velkendt, at grabben knuser en del af muslingerne, og der har været spekuleret i udvikling af mere skånsomme metoder til losning. Brug af pumper som de anvendes i fiskeindustrien har været foreslået som et alternativ.

Til at teste fiskepumpen til losning blev der gennemført 2 forsøg. I oktober blev der losset 15 t muslinger fra en fiskekutter ved hjælp af en standard fiskepumpe opereret af HF Transport, der har mange års erfaring med losning af fisk ved hjælp af pumper. I maj blev der gennemført et mindre forsøg med losning af 0,5 t opdrættede muslinger fra en høstkasse. Skadeprocenten i form af muslinger med helt eller delviste knuste skaller blev monitoreret før og efter losning og blev sammenlignet med andel knuste muslinger fra et parallelt forsøg i oktober med losning fra fiskekutter ved hjælp af grab.

Ved losningen med pumpe fra fiskekutteren var der store problemer med tilstrækkelig vandtilførsel til pumpen og losningen tog flere timer. Losningen medførte en forholdsvis stor andel (ca. 6,5%) skadede muslinger og dette var statistisk signifikant større end ved losning med grab (figur 7). Såvel praktisk som af hensyn til muslingerne er den anvendte pumpe ikke et anvendeligt alternativ. Losning af opdrættede muslinger med fiskepumpe medførte skader på ca. 3% af muslingerne. Effekten af pumpen på henholdsvis fiskede og opdrættede muslinger kan ikke sammenlignes som følge af forskelle i lossede mængder og tidspunkt.



Figur 7. Procent skadede muslinger før og efter losning med fiskepumpe for såvel opdrættede som fiskede muslinger samt efter losning med grab af fiskede muslinger. For nærmere detaljer, se teksten.

Supplerende undersøgelser viste, at losning af de fiskede muslinger medførte en stresspåvirkning, der gav øget vandtab hos lossede muslinger sammenlignet

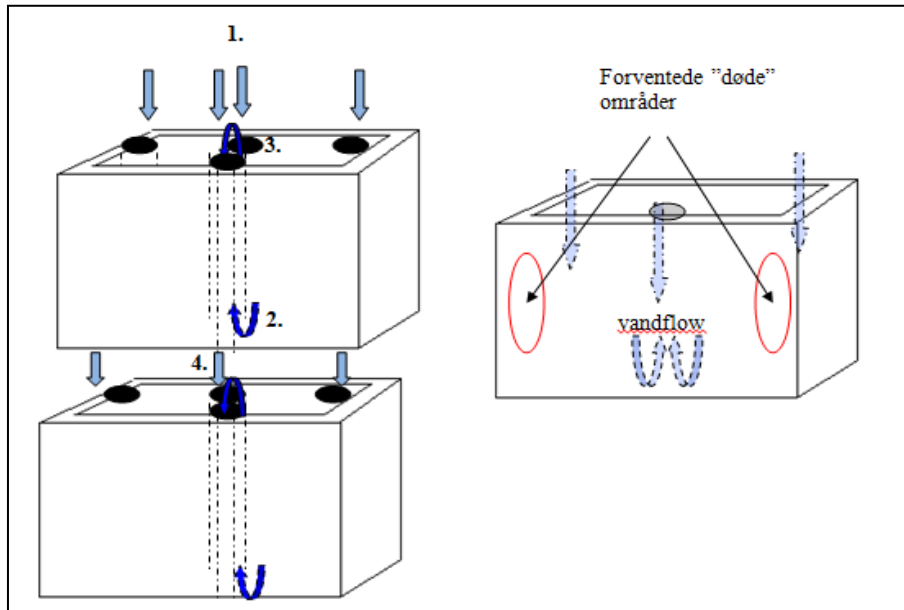
med ikke lossede muslinger. Dette var imidlertid ikke tilfældet for de opdrættede muslinger, så længe disse efterfølgende blev opbevaret nedkølet.

Den anvendte fiskepumpe er et standardredskab til brug for fisk og er ikke tilpasset muslingeindustrien. HF Transport arbejder på baggrund af erfaringerne i dette forsøg med et forslag til en ny pumpe.

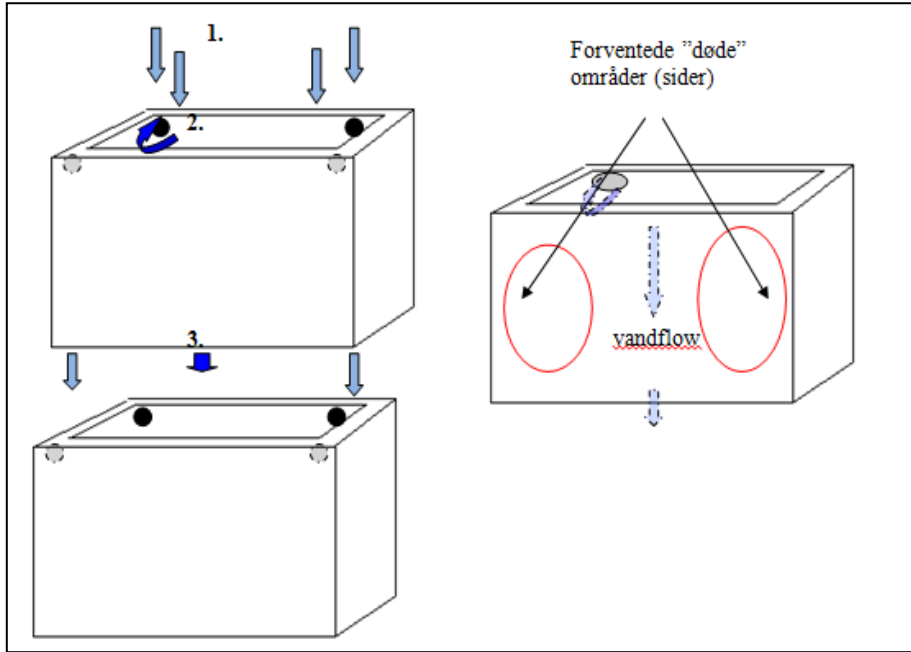
Forsøgene viser, at den traditionelle fiskepumpe er mindre velegnet til brug for losning af muslinger. En alternativ mere skånsom pumpe kan dog muligvis være velegnet om sommeren, fordi pumpens skylning af muslingerne medfører separation af påvækst, som på dette tidspunkt giver problemer i afsandingen.

2. Opbevaring

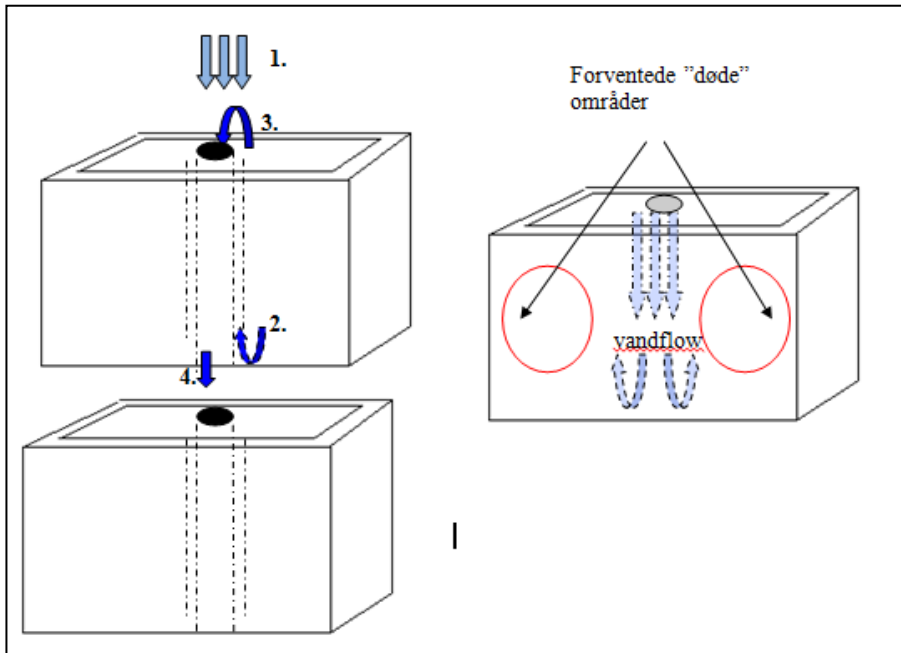
Opbevaring af høstede og opdrættede muslinger, så leveringerne kan matche markedets behov, er ikke en unik udfordring for den danske opdrætsbranche. For 20 år siden havde canadiske opdrætter ikke landfaciliteter til opbevaring af muslinger, og deres erfaringer med gabende muslinger, og deraf resulterende store vandtab og høje dødeligheder, svarer til erfaringer i den danske opdrætsbranche. Ligeledes gav de vedvarende stresspåvirkninger under den lange ubrudte høst – og sorteringsproces - anledning til utallige stressgydninger, hvilket gjorde muslingerne komplet værdiløse i salgsøjemed. Muslingeproducenter på Prince Edward Island mener i dag, at "The Big Trip" (figur 8) er altafgørende for deres muslingers nuværende meget høje kvalitet. "The Big Trip" er en cyklus med opbevaring og håndtering, som giver muslingerne tid til restitution efter de enkelte håndteringsprocesser, og dette minimerer de stressrelaterede dødeligheder betragteligt. "The Big Trip" inkluderer ikke konditionering af muslingerne, da muslingernes tendens til at åbne sig under transporten, ifølge canadierne, ikke er et stort problem efter indførsel af denne procedure.



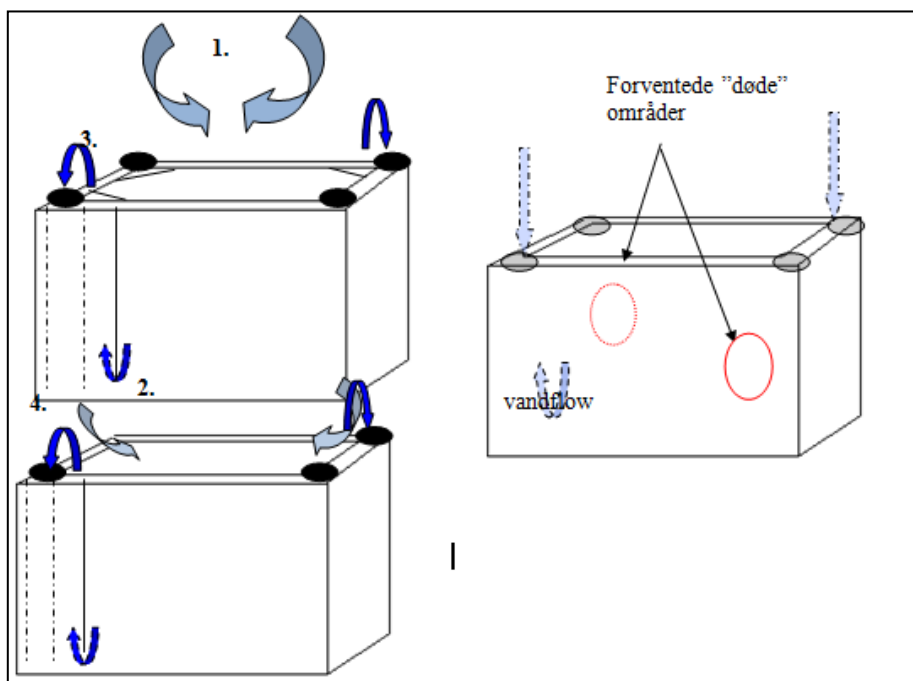
Figur 9. "Gammel LiCo-tank" Fra en ovenstående tank ledes vand ind i toppen af tanken (1).Vandet passerer herefter ned imellem muslingerne og føres ud i bunden af 4 sidestillede dobbelte stigerør. Dobbelttrørene muliggør et vandudtag ved bunden af tanken via et hul i det yderste af de to rør (2). Vandet stiger således op i mellem de to rørføringer og ud i top (3). Herfra ledes det ned i næste tank via det inderste rør (4). De forventede "døde iltfattige områder" er angivet på figuren ved røde cirkler.



Figur 10. "Ny LiCo-tank". Vand ledes ind i toppen af tanken fra ovenstående tank (1) og føres ud af tanken via 4 hjørnehuller i top (2). En gennemføring på 2 cm i bunden af tanken (under dobbeltbunden) virker som ekstra dræn (3). De forventede "døde iltfattige områder" er angivet på figuren ved røde cirkler.



Figur 11. "Shetlandstank" Vand ledes fra ovenstående tank ind i toppen af tanken (1), og passerer ned imellem de opbevarede muslinger. Herefter føres det ud i bunden via midtstillet dobbelt stigerør (2). Vandet stiger op i hulrummet mellem det to rør og ledes ud i toppen af det inderste rør (3). Derfra ledes det ned i næste tank via gennemføring i bund (4). De forventede "døde iltfattige områder" omkring det midterstillede dobbelt rør er angivet på figuren ved røde cirkler.



Figur 12. "Blå tank" Fra en ovenstående tank føres vand ind i toppen af tanken (1). Herefter passer vandet ned igennem muslingerne, og ledes ud i bunden ved 2 af de 4 hjørner (2). For at sikre at vandudtaget sker fra bunden er afgangshullerne i de 2 hjørner adskilt fra resten af tanken med en skråtstillet plade, der kun er åben ved tankens bund. Vandet stiger således op i de 2 hjørner bag den skrå pladen (3) og ledes ned i næste tank via et gennemgående hul (3). De forventede "døde iltfattige områder" omkring de to hjørner modsat vandflowet er angivet på figuren ved røde cirkler.

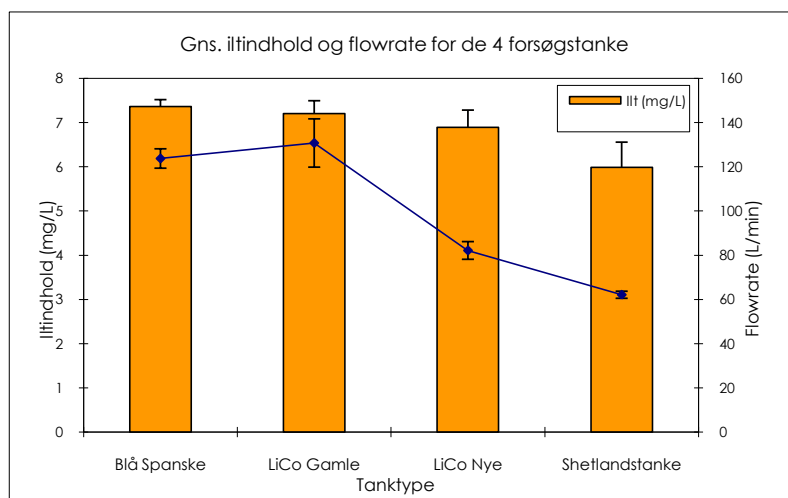
De 4 forskellige opbevaringssystemer blev testet for dels en række håndteringsmæssige egenskaber, dels for flow gennem tanken og endelig for iltindhold i forskellige dele af tankene. Den generelle anvendelsesvurdering omfattede egenskaber som: rengøring, vægt, robusthed, håndtering etc., hvor hver enkelt parameter efter tests blev ratet på en skala fra 1-3. Prøver til måling af iltindhold blev udtaget på 15 forskellige steder i de enkelte tanke, fordelt med henholdsvis 12 i siderne og 3 i midten af tanken (i forskellige højder over bunden). Flow blev målt 5 gange som maksimalt flow gennem de respektive tanke, der alle var fyldt op med 300 kg sortererede muslinger.

Resultaterne af den generelle anvendelsesvurdering er samlet i tabel 1. Den "Blå tank" fik bedst rating og udmærker sig ved at være robust, kan løftes i hjørnerne, stopper ikke til og har en god bund med glatte flader. Ulemperne ved systemet er, at de enkelte tanke er relativt tunge, de aftagelige hjørner giver ekstra rengøring og systemet er ganske dyrt. Lige så god var "Shetlandstanken", der på plus-siden er meget rengøringsvenlig, let at håndtere, men er besværlig at læsse muslingerne i som følge af det midtstillede stigerør og derfor kun bliver næstbedst i denne test. De to "LiCo-type" tanke var de dårligst ratede og mens den nye model er nem at rengøre og få bunden ud af, er det modsatte gældende for den gamle model. I den nye model sætter muslingerne sig imidlertid nemt fast i afløbsrørene og tankene bliver ikke tilstrækkeligt rene.

Tabel 1. Generel anvendelsesvurdering af 4 testede opbevaringsystemer (se tekst). Score 1 =god eller let, Score 2 = mindre god eller lidt besværlig, Score 3 = dårlig eller meget besværlig. Bemærk i den samlede score at færrest point = bedste tank

Tanktype	Rengøring tid	Robusthed	Vægt	Udformning	Håndtering	Tilpasning til kranløft	Samlet score
LiCo gammel	3	2	2	3	3	3	16
LiCo ny	1	2	2	2	3	3	13
Shetland	1	2	1	2	1	3	10
Blå	2	1	3	1	2	1	10

Resultaterne af flow- og iltmålinger er samlet i figur 13. Der var i testene en tydelig (statistisk signifikant) relation mellem maksimalt flow og iltindhold således, at de systemer, der kan lede det største flow gennem tanken, holder det højeste gennemsnitlige iltindhold. "Shetlandstanken" havde signifikant lavere vandgennemstrømning end de andre systemer og ligeledes adskilte flowet i den nye LiCo-type tank sig signifikant fra de tanke, der kunne få den største vandmasse gennem en tank fyldt med muslinger. Der var for ingen af tankene døde zoner i den forstand, at der ikke kunne måles statistisk signifikante forskelle mellem målepunkterne i de enkelte tanke.



Figur 13. Gennemsnitligt iltindhold og flowhastighed gennem 4 forsøgstanke (se tekst) over en forsøgsperiode på 15 døgn.

En række supplerende undersøgelser blev gennemført for at undersøge kvalitative parametre. I tanke fyldt med 225 kg muslinger blev der udtaget delprøver på 15 kg muslinger efter 15 døgn. Prøverne blev analyseret for andel levende muslinger, mængden af mudder/slam og andet affald samt byssusdannelse. For ingen af parametrene var der signifikant forskel mellem opbevaringssystemerne.

Forsøgene viser, at den "Blå tank" fra Spanien samlet set er den bedste både i forhold til håndtering og maksimalt flow og dermed iltindhold i vandet i tanken. I tanke med potentielt højt flow og høj grad af driftsikkerhed kan den maksimale opbevaringstid øges med 150 % i forhold til nuværende praksis.

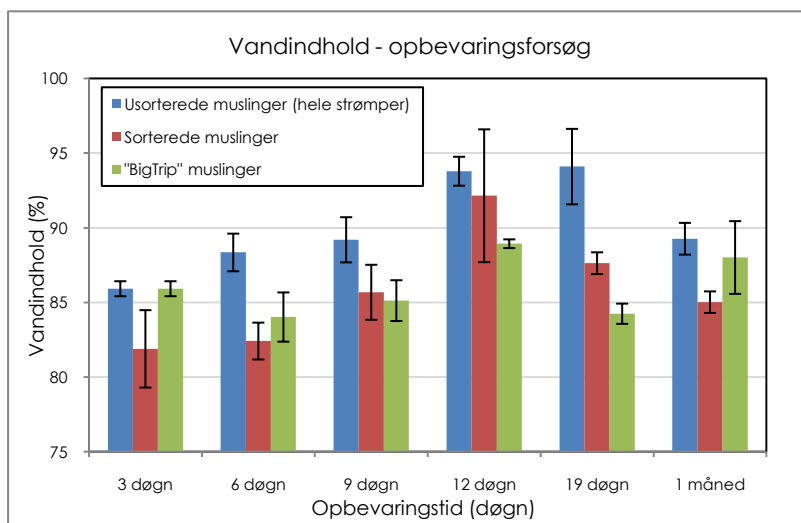
Efter at den blå tank var udvalgt som den bedste, blev der gennemført forsøg i tankene for at undersøge sammenhænge mellem mængden af muslinger, flowhastigheder og iltforhold. Forsøgene viste, at flowhastigheden gennem tankene har større betydning for iltindholdet end mængden af muslinger. Således betød en halvering af flow ved fuld biomasse (300 kg) en reduktion med 2 mg O₂ l⁻¹, mens en halvering af mængden af muslinger kun resulterede i en forøgelse af iltindholdet med 1 mg O₂ l⁻¹. Dette resultat stemmer overens med resultaterne fra test af tanke, der viste en klar sammenhæng mellem flowhastighed gennem tanken og iltindhold.

2.2 "The Big Trip"

For at teste om muslingernes kvalitet og overlevelse bliver forbedret under opbevaring som foreskrevet i "The Big Trip", blev der i oktober 2009 gennemført en serie forsøg med forskellige grader af behandling samt et egentlig "The Big Trip" forløb. Følgende parallelle forløb blev etableret:

1. 3 tanke med usorterede muslinger i hele strømper blev opbevaret i 1 måned under rindende vand.
2. 3 tanke med afstrippede og sorterede muslinger, klar til salg, blev opbevaret 1 måned under rindende vand.
3. 3 tanke blev brugt til "The Big Trip", hvor muslingerne først blev opbevaret 3 døgn usorterede i strømperne. Herefter blev de afstrippet i konisk declumper og opbevaret i yderligere 3 døgn, og endelig blev de sorteret og efterfølgende opbevaret 20 døgn som sorterede muslinger.

Muslingernes tab af vand efter 3 døgn på køl - men ude af vandet - blev brugt som kvalitetsparameter og der blev udtaget prøver hver 3. døgn.



Figur 14. Procent vandindhold som funktion af forbehandling (usorterede hele strømper, sorterede muslinger og "The Big Trip") af muslinger opbevaret i blå tanke under rindende vand ved ca. 11°C. Vandindholdet er målt efter 3 døgns tøropbevaring ved 5°C.

Generelt er den optimale opbevaringstid mellem 2-3 uger uanset forbehandling og en måneds opbevaring vil give lavere kvalitet af muslingerne (figur 14). Et ligeledes generelt mønster er som tidligere vist, at behandling resulterer i reduceret kvalitet. Således havde ubehandlede muslinger (hele strømper) signifikant højere indhold af vand end behandlede muslinger på flere af prøvetagningstidspunkterne. Den hårdeste proces er sorteringen, der både fra start i tanken for sorterede muslinger og efter sorteringen i "The Big Trip" resulterer i det laveste vandindhold. Forsøgene viser ikke en betydende effekt af at gennemføre "The Big Trip" og opbevaring af så ubehandlede muslinger som muligt synes at være mest hensigtsmæssigt.

Forsøgene viser, at muslinger kan opbevares i op til 1 måned, men at optimal opbevaringstid er omkring 2 uger. Minimal håndtering eller forbehandling af muslingernes resulterer i den højeste kvalitet.

3. Konditionering

Danske opdrættede muslinger bliver i dag primært eksporteret uforarbejdet i BigBags. Ved at afsætte muslingerne på denne måde er der nogle markeds-mæssige begrænsninger, for muslingernes tab af vand og deraf formindskede holdbarhed sætter grænser for transporttiden. Tabet af vand afhænger som beskrevet ovenfor af den behandling muslingerne udsættes for under og lige efter høsten og kan i et vist omfang mindskes ved efterbehandling. Det er derfor vigtigt at optimere muslingernes evne til at genoptage noget af det tabte vand samt sikre, at de holder sig lukkede under transporten. Specielt evnen til at lukke skallerne er af stor betydning. Med lukkede skaller mindskes vandtabet og endvidere vil åbne muslinger ofte blive mistolket som værende døde. Lukning af skallerne er i naturlige bestande af muslinger et værn mod prædatorer som søstjerne og strandkrabber eller som et værn mod udtørring for muslinger i tidevandszonen. Danske opdrættede muslinger har en kort levetid, en meget sparsom kontakt med prædatorer og er konstant vanddækkede, og har derfor erfaringsmæssigt en reduceret lukkemuskel i forhold til fx bundmuslinger (Christensen H.T, 2011 *in press*).

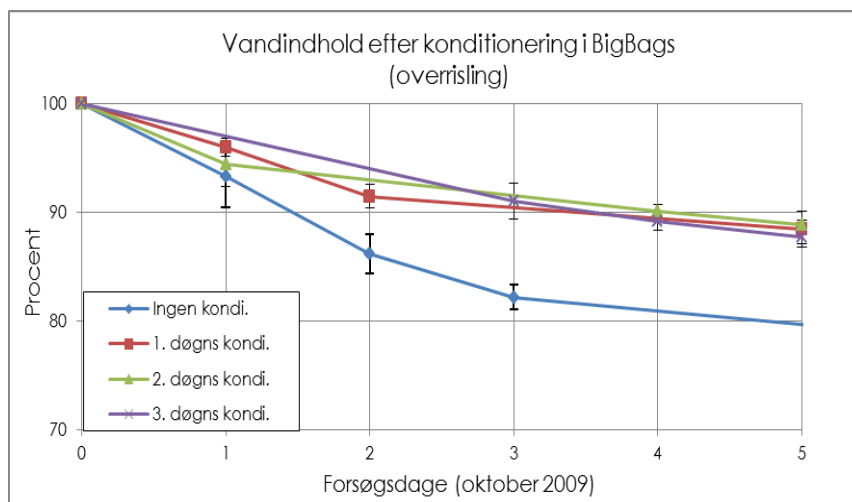
Udgangspunktet for optimering af muslingernes kondition og for øgning af deres holdbarhed har i forsøgene været BigBags, fordi de er den mest anvendte opbevaringsform under transport. Ved at lade muslingerne forblive i BigBags vil der kunne spares arbejdsgange og investeringer i nye opbevaringssystemer. Andre former for konditionering, fx i kar eller i mindre sække, er imidlertid kendt i andre lande og derfor testet separat.

3.1 Konditionering i BigBags

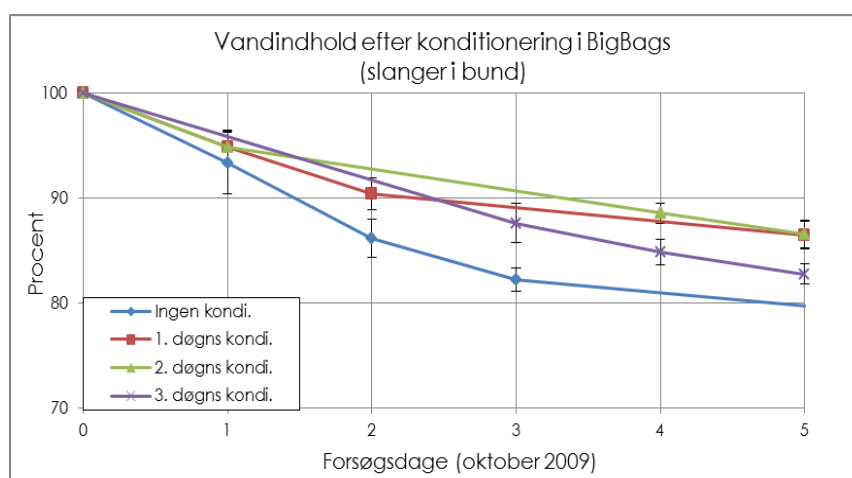
Der blev gennemført 3 typer forsøg: a) Effekt af hvordan vandet tilføres en Big-Bag; b) effekt af konditioneringstid; og c) effekt af om muslingerne er sorterede. I forsøg med overrisling blev vandet tilført ovenfra og ledt fra sækkene gennem net i bunden. I andre forsøg blev vandet ført til BigBags med fast bund gennem to slanger skubbet ned i hver side af sækken således, at vandet blev ledt fra bunden mod toppen af hver sæk og løb ud over siden af sækken. I alle forsøg blev konditioneringen gennemført i vand ved omgivende temperatur og der blev udført forsøg på to årstider med triplikater i alle forsøg. Som i tidligere forsøg blev muslingernes tab af vand efter at være blevet holdt på køl men ude af vandet - svarende til transport i kølevogn - brugt som kvalitetsparameter.

Forsøgene viste, at konditioneringen har en statistisk signifikant effekt, idet ubehandlede muslinger har et større tab af vand end konditionerede muslinger, men at det ikke gør den store forskel om muslingerne bliver konditioneret 1, 2 eller 3 døgn før de bliver testet (figur 15 og 16). Der kunne heller ikke konstateres en

større effekt af måden hvorpå vandet bliver tilført sækkene og dermed om muslingerne står permanent vanddækkede eller overrisles. Ligeledes var der ingen tydelig effekt af, om muslingerne var sorterede eller ikke sorterede før behandling (figur 17).

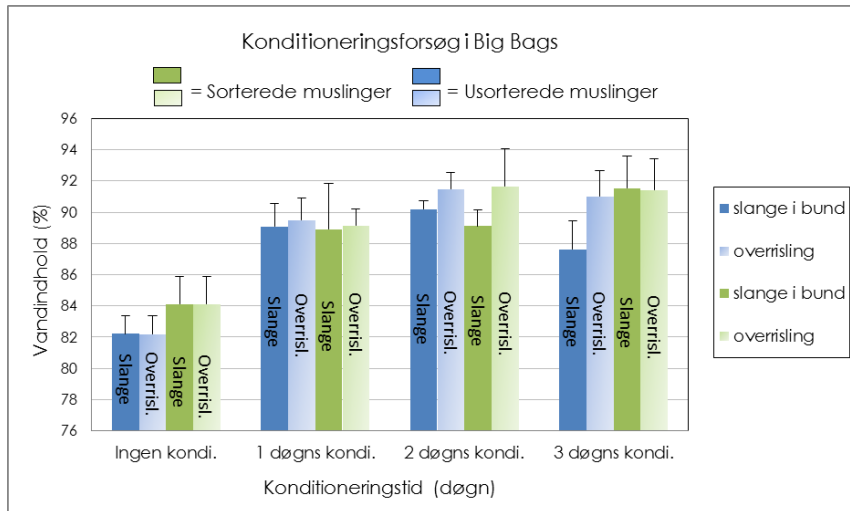


Figur 15. Vandindhold i sorterede muslinger opbevaret på køl (5°C) tørt efter konditionering i BigBags i 1, 2 eller 3 døgn som funktion af opbevaringstid (dage). Vandet blev tilført BigBags fra toppen ved overrisling. Omgivende vandtemperatur var 11°C.



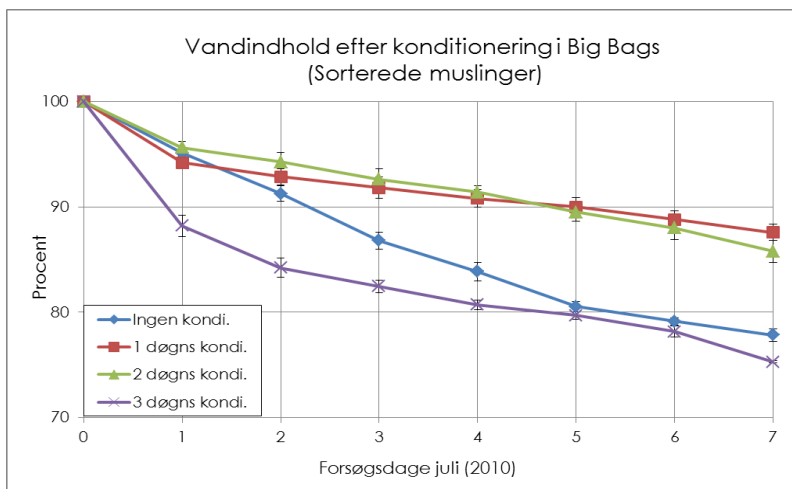
Figur 16. Vandindhold i sorterede muslinger opbevaret på køl (5°C) tørt efter konditionering i BigBags i 1, 2 eller 3 døgn som funktion af opbevaringstid (dage). Vandet blev tilført BigBags via slanger i bunden af sækkene. Omgivende vandtemperatur var 11°C.

Supplerende forsøg, hvor muslingerne efter konditioneringen blev opbevaret tørt, men ved omgivende lufttemperatur (ca. 14-15°C), viste et lignende billede som for forsøgene med efterfølgende kold opbevaring, det vil sige en signifikant effekt af konditionering, men ingen effekt af konditioneringstid eller måden vandet blev tilført sækkene.

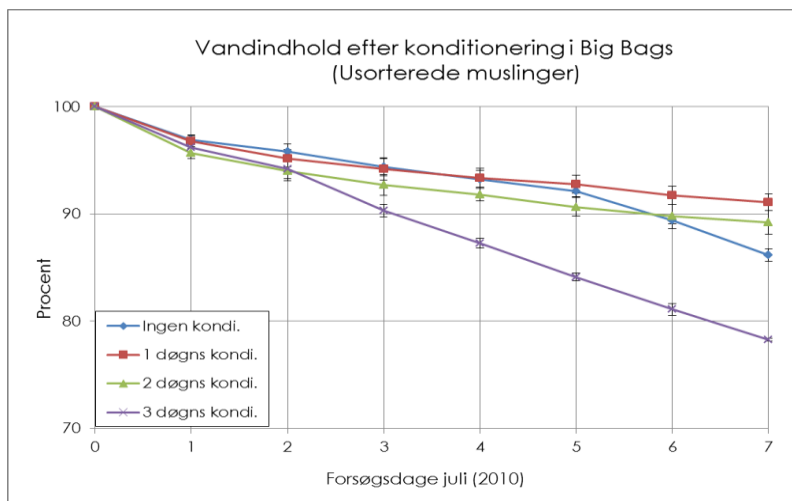


Figur 17. Vandindhold i sorteede hhv. usorteede muslinger opbevaret i 3 døgn på køl (5°C) tørt efter konditionering i BigBags i henholdsvis 1, 2 eller 3 døgn. Vandet blev tilført BigBags fra toppen ved overrisling eller gennem slanger i bunden. Omgivende vandtemperatur var 11°C.

Da der ikke kunne konstateres effekter af måden, hvorpå vandet blev tilført muslingerne, blev der i efterfølgende forsøg ved sommertemperaturer (omgivende vand 20,5°C) kun udført forsøg med overrisling. Disse forsøg viste, at effekten af konditionering i høj grad afhænger af temperatur og dermed årstid. Således var der kun en positiv effekt af konditionering for sorteede muslinger og kun ved konditionering i 1-2 dage (figur 18 og 19). Den umiddelbart overraskende manglende effekt af konditionering på usorteede muslinger kan sandsynligvis tilskrives de høje vandtemperaturer, som medfører en betydelig omsætning af påvækst, byssus og affald i sækkene. Tilsvarende skyldes den negative effekt af længere tids konditionering sandsynligvis omsætning af affald/fækalier ophobet i sækkene over tid. Der blev ikke målt ilt i sækkene, men øget omsætning vil medføre et øget iltforbrug, og med kraftig påvækst og meget affald vil vandet løbe langsommere gennem sække med sorteede muslinger end med usorteede muslinger.



Figur 18. Vandindhold i sorteede muslinger opbevaret på køl (5°C) tørt efter konditionering i BigBags i 1, 2 eller 3 døgn som funktion af opbevaringstid (dage). Vandet blev tilført BigBags fra toppen ved overrisling. Omgivende vandtemperatur var 20,5°C.



Figur 19. Vandindhold i usorterede muslinger opbevaret på køl (5°C) tørt efter konditionering i BigBags i 1, 2 eller 3 døgn som funktion af opbevaringstid (dage). Vandet blev tilført BigBags fra toppen ved overrisling. Omgivende vandtemperatur var 20,5°C.

Der blev i august ved en vandtemperatur på omkring 21°C gennemført supplerende forsøg, der skulle afgøre om tørlægning af sækkene ville øge effekten af konditionering. Forsøgene viste ingen entydig effekt af dræning af BigBags.

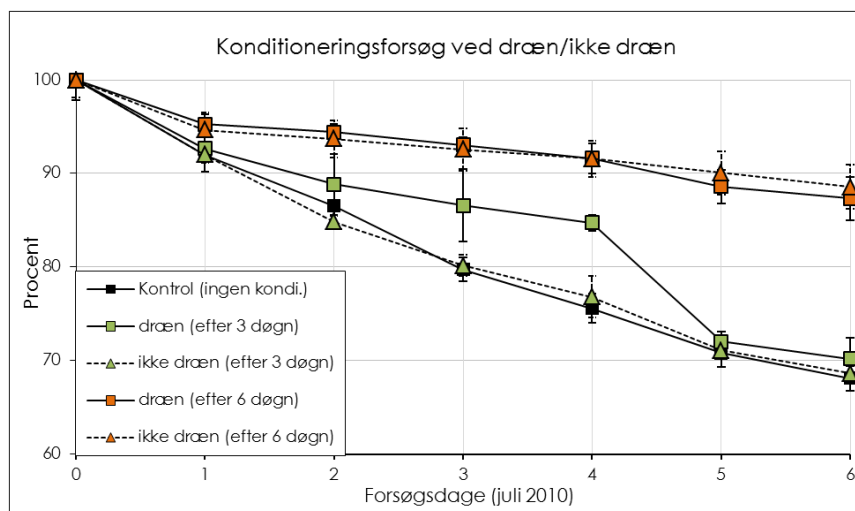
Forsøgene viser, at konditionering i BigBags har en effekt og at tidspunktet for 10% tab af vand kan forlænges til 4 døgn efter høst. Længden af konditioneringen i BigBags har ingen eller ringe betydning, på nær i de meget varme sommerperioder hvor konditioneringstiden ikke må være længere end 2 døgn. Måden hvorpå vandet tilføres sækkene har heller ikke større betydning for det efterfølgende vandtab, hverken ved moderate eller høje omgivende temperaturer.

3.2 Effekt af tørlægning

En bærende ide ved konditionering er at træne muslingerne og i særlig grad deres lukkereflex. I Irland lægges line-muslinger med succes i netbure i tidevandszonen efter høst for at konditionere dem. På den baggrund var der forhåbninger om, at muslingernes gennem tørlægning kan trænes til en øget evne til at lukke sig og dermed en øget holdbarhed/kondition.

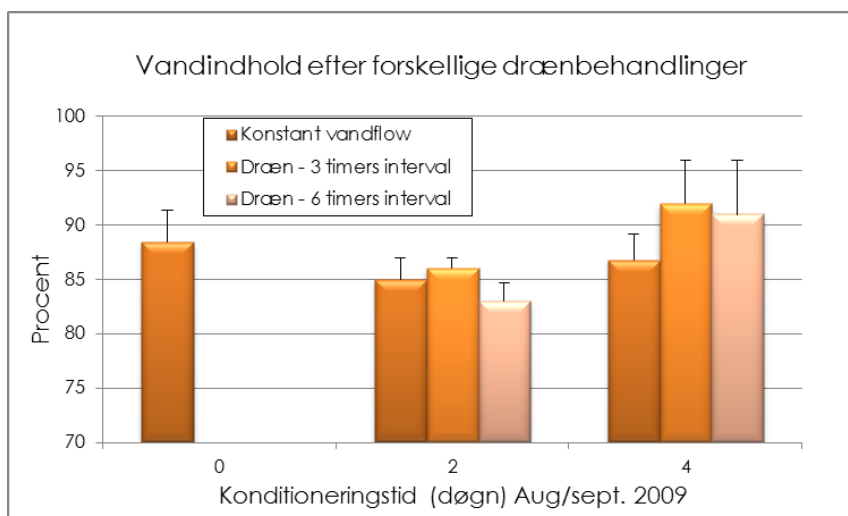
For at teste effekten af tørlægning blev der gennemført forsøg i spanske tanke på Limfjordskompagniets anlæg, der giver mulighed for konstant at pumpe store mængder vand over muslingerne. Forsøgene blev gennemført om sommeren, hvor der er de største problemer med opdrættede muslingers holdbarhed. Hø-

stede, sorterede muslinger blev fyldt i tankene. Vand blev ført til tankene enten konstant, med 1 times daglig tørlægning eller med intervaller mellem tørlægning og vandækning på 3 eller 6 timer. En kontrol (ingen kondi.) blev udtaget ved forsøgsstart til vandtabsregistrering. Muslingerne i tankene blev konditioneret i 2, 3, 4 eller 6 døgn og efter konditionering overført til opbevaring tørt men afkølet (5°C). Tab af vand blev brugt som parameter for muslingernes kondition. Forsøgene blev gennemført i henholdsvis august-september og juli som triplikater.



Figur 20. Vandindhold i sorterede muslinger opbevaret tørt og koldt (5°C) som funktion af opbevaringstid for henholdsvis ikke konditionerede (kontrol) muslinger og muslinger konditioneret i henholdsvis 3 og 6 døgn med og uden 1 times daglig tørlægning.

Ved at holde muslingerne på vand i tankene kunne der selv i den varme periode opnås en effekt af konditionering. Således medførte 6 dages konditionering med og uden én daglig dræningsperiode en klar reduktion i muslingernes tab af vand ved den efterfølgende opbevaring tørt og koldt (figur 20). Tilsvarende var der en effekt af 3 dages konditionering med én daglig tørlægning. Derimod medførte konditionering i 3 døgn uden tørlægning ingen effekt. Denne indikation af en positiv effekt af tørlægning af muslingerne kunne i imidlertid ikke bekræftes ved at lægge flere intervaller med tørlægning ind i konditioneringsperioden (figur 21). Således medførte perioder med 6 timers tørlægning en reduceret holdbarhed og kondition sammenlignet med kontinuerlig vandflow og flere, men korterevarende, tørlægninger pr. døgn. Interessant nok var der en tendens til bedre kondition hos muslinger, der havde været konditioneret længst tid (4 vs. 2 døgn). Tilsvarende effekter blev observeret i parallelle forsøg med usorterede muslinger, om end forskellen mellem de forskellige perioder med tørlægning/ikke tørlægning var mindre tydelig.



Figur 21. Vandindhold i sorte muslinger opbevaret tørt og koldt (5°C) i 3 døgn efter konditionering i 2 og 4 døgn ved henholdsvis konstant vandflow, tørlægning samt vanddækning med 3 og 6 timers intervaller

Resultaterne af konditionering i BigBags og i spanske tanke i den varme sommerperiode med vandtemperaturer i fjorden på op til 21°C er delvist modstridende. Således var der i varme perioder små effekter af konditionering i BigBags og kun ved kortere tids konditionering. Det modsatte var tilfældet i tankene. I tankene kunne der heller ikke konstateres effekter af sortering, modsat forsøgene i sækkene. Denne tilsyneladende forskel kan tilskrives to forhold: Tankene (ca. 300 kg) kan rumme en betydelig mindre biomasse af muslinger end sækkene (ca. 900 kg), og der er derfor et større effektivt flow forbi den enkelte musling i de mindre tanke. Dermed vil der være mindre materiale til biologisk omsætning, større bortskylning af fækalier og deraf følgende større iltindhold omkring den enkelte musling og især i midten af opbevaringsenheden.

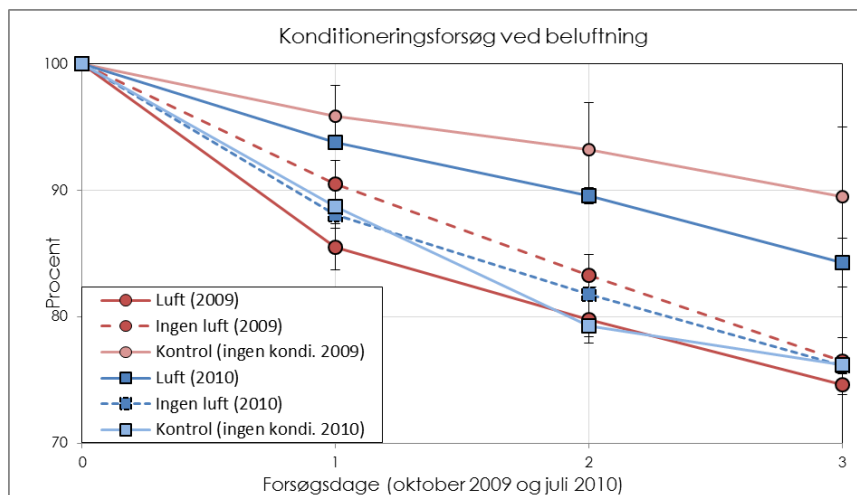
Den vigtigste parameter ved konditionering er, at muslingerne sættes under vand, hvorimod det har mindre eller ingen betydning for effekten af konditioneringen om der sker tørlægninger under konditioneringen.

3.3 Iltning

Problemer med at få tilstrækkelig vandtilførsel til muslingerne og omkostningerne ved at pumpe store mængder vand gør det vigtigt at se på andre muligheder for at optimere forholdene for muslingerne under konditionering. Her er iltning af konditioneringsvandet gennem beluftning af vandet en oplagt mulighed.

Der blev gennemført forsøg til belysning af effekten af iltning af vandet ved hjælp af luftpumper. Forsøgene blev gennemført på sorterede muslinger i spanske tanke med ca. 300 kg muslinger i hver tanke. I alle tanke var der et flow af vand, men i et sæt forsøgstanke blev vandet desuden iltet gennem perforerede luftslanger placeret under tankens dobbeltbund således, at forsøgstanke blev forsynet med ca. 50 l luft/min. Det blev sikret, at den udstrømmende luft var jævnt fordelt over tankens bund og dermed potentielt gennem hele forsøgstanke. Der blev ikke foretaget målinger af ilt i tankene. Muslingerne blev konditioneret 6 døgn i tankene og efterfølgende opbevaret tørt og koldt (5°C). Muslingernes indhold af vand efter den tørre opbevaring blev brugt som parameter for deres kondition. Forsøgene blev udført i oktober 2009 ved en omgivende vandtemperatur på 11°C og i juli 2010 ved vandtemperaturer på 20,5°C og på begge tidspunkter som triplikater.

Resultaterne af forsøgene er samlet i figur 22 og er ikke entydige og adskiller sig delvist fra de andre konditioneringsforsøg. Således var der ingen effekt af iltning af vandet i efteråret, men derimod om sommeren, hvor muslingernes kondition endvidere generelt var bedre efter konditionering end i forsøgene om efteråret.



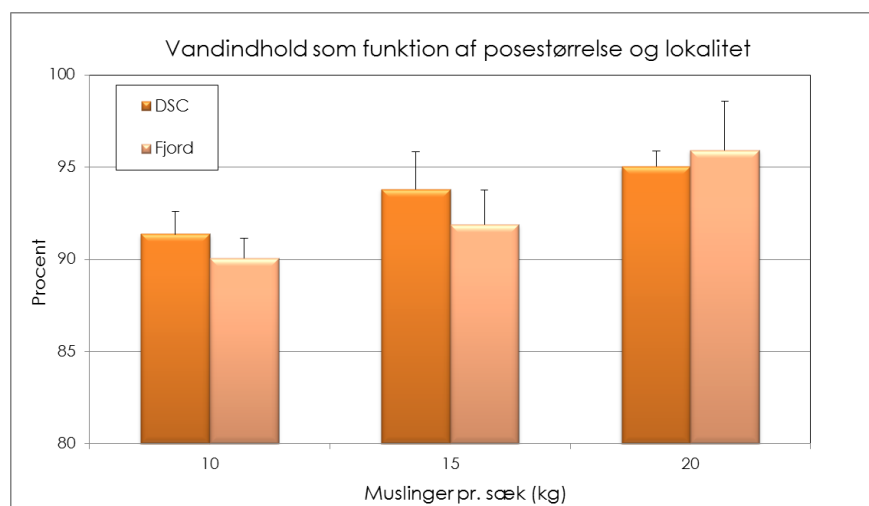
Figur 22. Vandindhold i sorterede muslinger opbevaret tørt og koldt (5°C) som funktion af længden af opbevaring (1-3 døgn). Muslingerne var konditioneret med og uden iltning af vandet ved vandtemperaturer på henholdsvis 11°C og 20,5°C.

Den tilsyneladende effekt af iltning af vandet ved høje vandtemperaturer kan være et artefakt, og det anbefales at yderligere test af effekten af iltning bliver gennemført.

3.4 Konditionering i mindre enheder

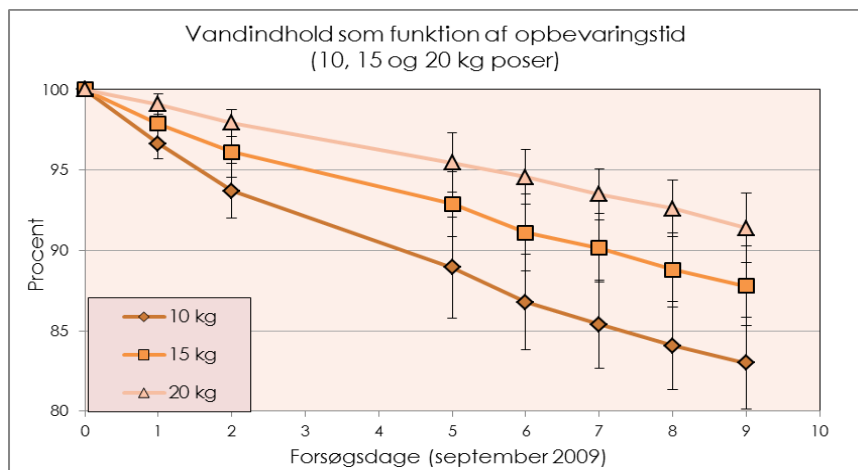
Fra opdrættere blev DSC gjort opmærksom på, at der i Frankrig er positive erfaringer med konditionering i sække på 10-20 kg. De franske erfaringer pegede endvidere på, at konditioneringen helst skal foregå i muslingernes naturlige miljø. Netop med henblik på det franske marked, som danske opdrættere i et vist omfang har været afskåret fra, som følge af afstand, var det ønskeligt at teste de franske erfaringer på danske muslinger.

For at teste både sække som opbevaringsenhed samt om fjordbaseret konditionering er bedre en landbaseret konditionering, blev der gennemført en række forsøg. Høstede muslinger fra Sallingsund blev efter sortering pakket i kartoffelsække, som anvist af franske muslingeimportører, af henholdsvis 10, 15 og 20 kg. For at sammenligne materialetype blev der desuden pakket 10 og 15 kg sorterede muslinger i blå sække fremstillet af et lidt hårdere og mere fleksibelt plastikmateriale (VMI-sække). Ti sække af hver størrelse og type blev genudhængt i Sallingsund i 12 døgn efter anvisning fra franskmændene. Til sammenligning blev 10 sække opbevaret i spanske kasser med maksimalt flow i Limfjordskompaniets anlæg i samme periode. Forsøgene blev gennemført i september ved omgivende vandtemperaturer på 12,5°C. Efter 12 døgn konditionering blev halvdelen af de genudhængte – og landopbevarede sække sendt til Frankrig. Resten blev opbevaret koldt (5°C) og tørt på DSC svarende til transport i kølevogn og efterfølgende opbevaring i køledisk. Muslingernes indhold af vand under den efterfølgende opbevaring koldt og tørt blev brugt som parameter for effekten af behandlingen.



Figur 23. Vandindhold i sorterede muslinger opbevaret tørt og koldt (5°C) i 5 døgn efter konditionering i 12 døgn som funktion af posestørrelse og om konditioneringen er foregået på liner (fjord) eller i kasser på land (DSC). Data fra forskellige typer af sække er puljet. Den omgivende vandtemperatur var ca. 12,5°C.

Der kunne i forsøgene ikke dokumenteres en signifikant effekt af hverken pose-type eller om der blev konditioneret ved genudhængning på liner eller i kasser på land (figur 23). Forsøgene viser således, at der ikke er grund til at udføre det ret omfattende arbejde, der er forbundet med genudhængning. Som det fremgår af figur 23, havde muslingerne et ganske højt indhold af vand, selv efter 5 døgn opbevaring tørt og konditionering i sække synes således at være en god metode til konditionering af muslinger.



Figur 24. Vandindhold i sorterede muslinger opbevaret tørt og koldt (5°C) efter konditionering i 12 døgn i sække som funktion af størrelsen af sækken. Data for type af sæk og opbevaring på liner eller i kasser er puljet.

Selv efter få dage var der en tilsyneladende signifikant forskel på konditionen i muslingerne i afhængighed af størrelsen af sækken med den bedste effekt på konditionen i de største sække (figur 24). Det er ikke indlysende, hvorfor større sække er en bedre enhed end de mindre sække, da mindre sække forventeligt vil give større passage af vand forbi den enkelte musling. Denne trend var imidlertid konsistent mellem både type af sæk og om muslingerne blev konditioneret på land eller på linerne. Under alle omstændigheder er muslingernes kondition på-faldende høj sammenlignet med de andre konditioneringsforsøg.

Konditionering i sække af 10-20 kg muslinger giver en stor effekt på holdbarhed og med størst effekt i 20 kg sække. Der er ingen særskilt effekt af at konditionere på liner sammenlignet med på land. Konditionering i sække er imidlertid forbundet med en betydelig arbejdsindsats.

På tværs af de forskellige forsøg med konditionering har der været to overordnede tendenser: Konditionering giver øget holdbarhed, og konditioneringen forløber bedst jo mindre konditioneringsenheden er. Der har været ikke helt sammenfaldende varighed af konditioneringen i de enkelte forsøg, da de disse er ud-

sprunget af forskellige konkrete problemstillinger, men overordnet har konditioneringen givet mindre vandtab i små enheder sammenlignet med store enheder. Ud fra et håndteringssynspunkt er dette problematisk, da små enheder som regel vil betyde mere håndtering og dermed en fordyrende arbejdsgang.

Effekten af konditionering bliver generelt set større, jo mindre opbevaringsenheden er. Valg af enhed skal derfor være en afvejning af effekten af konditioneringen i relation til arbejdsindsatsen ved omfordeling til mindre enheder.

4. Transport

I forsøgene i de foregående kapitler er der taget udgangspunkt i, at muslingerne efter behandling bliver transporteret eller opbevaret ved en temperatur på 5°C. Alle forsøg er derfor foregået i nedskaleret format i mindre netposer, hvor det er sikret, at muslingerne rent faktisk blev opbevaret ved 5°C. For muslinger pakket i net eller andre mindre enheder vil dette også gøre sig gældende på operationel basis og dermed vil forsøgene være dækkende for virkeligheden. Opbevaring af muslinger i netposer af ca. 1 kg, som brugt i forsøgene, er imidlertid ikke nødvendigvis dækkende for transport i BigBags af opdrættede muslinger.

Projektet omfattede oprindeligt en separat del omhandlende transport, men denne del blev sparet væk ved den endelige bevilling. For at teste effekten – i mindre skala – af transport blev 3 BigBags fyldt med høstede, usorterede muslinger og opbevaret 3 døgn i en kølecontainer ved 5°C. Vandtemperaturen på høsttidspunktet var ca. 20°C og sækkene med muslinger blev behandlet som under normale høstomstændigheder. Efter 3 døgn opbevaring i kølecontaineren, hvor lufttemperaturen varierede med mindre end 0,5°C blev temperaturen i midten af BigBags målt til 18°C og mængden af døde muslinger var 10%. Logisk betragtet er det ikke uventet, at diffusionen ind i en BigBag fyldt med muslinger er lav og utilstrækkelig til at køle kernen væsentligt, når der samtidig er en omsætning af organisk materiale i sækken. Men forsøget illustrerer, at transport på køl i BigBags ikke i sig selv holder alle muslingerne afkølede, og kan forklare nogle af de problemer, som opdrætterne har haft med transporter til Frankrig i den varme periode.

En oplagt måde at reducere problemet på er at afkøle muslingerne inden de bliver sat på lastbilen. Der er to kendte former for isnedkøling af muslinger – slurryis eller flageis. Slurryis er en tyndflydende saltvandsis, som, alt afhængig af blandingsforholdet mellem is og saltvand, fordeler sig ned imellem muslingerne. Flageis er traditionelle isflager som i dag anvendes i blandt andet fiskeindustrien. For at undersøge om der er forskel mellem de to typer af is for muslingernes

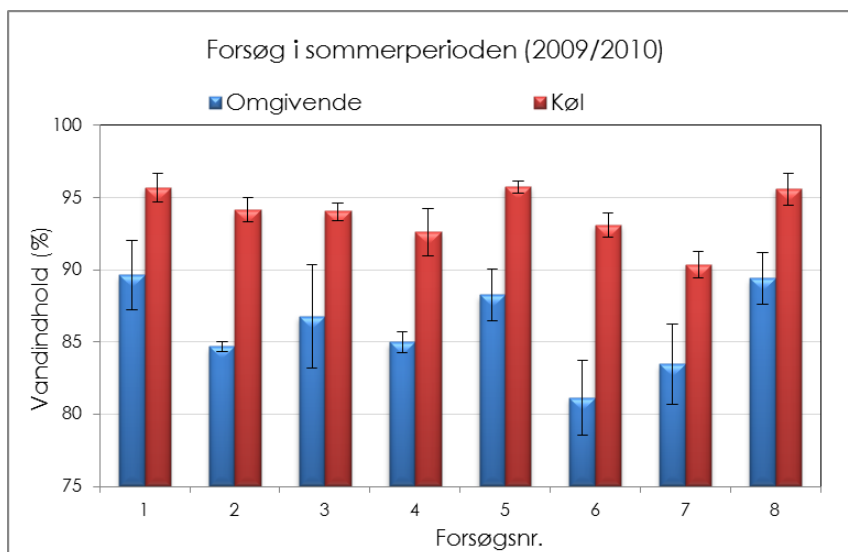
holdbarhed, blev der gennemført test, hvor ca. 400 kg høstede, sorterede muslinger blev pakket i spanske kasser med hhv. flageis og slurryis med forskellige blandingsforhold (3 lag/toplag/ingen is). For hver type af isblanding blev der pakket 1 kasse og kasserne blev efterfølgende placeret i kølecontainer ved 5°C i 3 døgn. Efter 3 døgn blev kernetemperaturen målt og der blev udtaget muslinger til opbevaring koldt (5°C) men tørt. Tab af vand over tid blev brugt som mål for muslingernes kondition.

Muslingerne havde 3 døgn efter afslutning af forsøget i containeren (= 6 døgn efter høst) tabt 15-18 % vand, men der var ingen statistisk signifikant effekt af type af is.

Tilsvarende transportforsøg, dog uden anvendelse af is, i BigBags fra august 2010 viste at kernetemperaturen i BigBags efter 3 døgn køletransport når op på 18°C. Der vil givetvis være forskelle mellem BigBags og spanske kasser testet i disse foreløbige forsøg, fordi de spanske kasser indeholder en mindre biomasse.

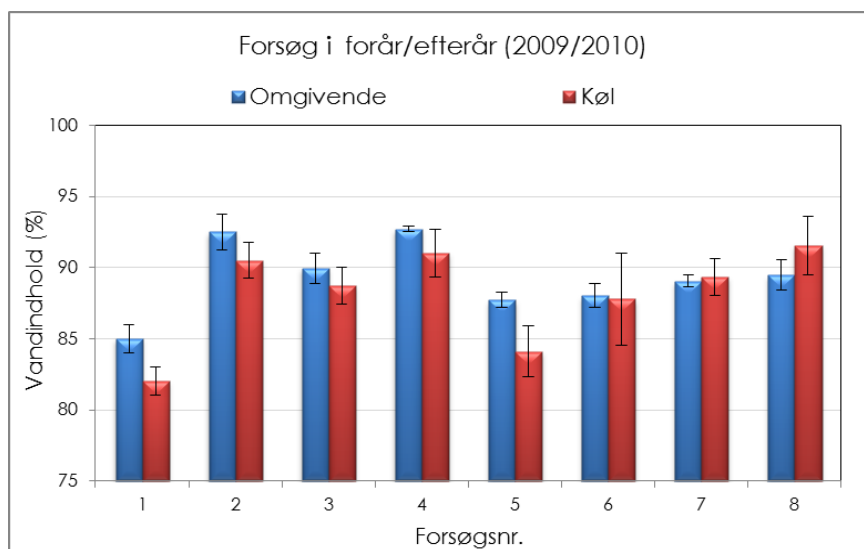
Forsøgene viser, at opbevaring i kølecontainer i større enheder som BigBags i den varme sommerperiode ikke i sig selv sikrer, at alle muslingerne bliver tilstrækkeligt afkølede. I den varme sommerperiode kan det derfor anbefales at nedkøle muslingerne inden transport eller pakke i mindre enheder. Nedkølingsforsøg med forskellige istyper og i forskellige lag kan ikke dokumenteres alene at være tilstrækkelig til at forbedre muslingernes holdbarhed under transport.

Hvis opbevaring i kølecontainer under transporten kun har begrænset effekt er det naturligt at overveje om det i den kolde periode overhovedet er nødvendigt at transportere i kølecontainer. I samtlige konditioneringsforsøg blev der testet for effekten af behandlingen, både for muslinger der efterfølgende blev opbevaret tørt og koldt (5°C) svarende til transport i kølecontainer, og muslinger opbevaret tørt og ved omgivende temperatur. Om sommeren med høje vandtemperaturer havde muslingerne generelt signifikant dårligere kondition ved opbevaring ved omgivende temperatur sammenlignet med kold opbevaring (figur 25). Ved lufttemperaturer på omkring 12 - 15°C, hvilket svarer til en vandtemperatur på ca. 8 - 12°C, resulterer forskellene mellem køling og ikke køling imidlertid kun i mindre og ikke særligt entydige forskelle i muslingernes kondition (figur 26).



Figur 25. Vandindhold i muslinger opbevaret tørt i 3 døgn på hhv. køl (5°C) og ved omgivende temperatur. Vandtemperaturen lå i forsøgsperioden mellem 19 – 21 °C. De medtagne forsøg er udvalgt tilfældigt iblandt de forsøg som er gennemført i projektets sommerperioder.

Når de omgivende vandtemperaturer når op mellem 12 og 14 °C, er forskellene i muslingernes vandtab ved hhv. omgivende og kølede temperaturer ikke helt entydige. Generelt viser resultaterne at der ikke er nogen forskel på muslingernes vandtab indenfor temperaturintervallet på 12 – 14 °C. Betragter man de konkrete forsøg omkring konditionering i mindre enheder á 10 – 20 kg sække (foregående kapitel), viser det sig dog at muslingerne herfra har signifikant mindre tab af vand, når de bliver opbevaret på køl (5 °C) ift. en opbevaring ved omgivende temperaturer.



Figur 26. Vandindhold i muslinger opbevaret tørt i 3 døgn på hhv. køl (5°C) og ved omgivende temperatur. Vandtemperaturen lå i forsøgsperioden mellem 8 og 12 °C. De medtagne forsøg er udvalgt tilfældigt iblandt de forsøg som er gennemført i projektets forårs- og efterårsperioder.

Forsøgene viser, at behovet for nedkøling af muslingerne ikke har den store effekt på muslingernes vandtab når de omgivende temperaturer ligger under ca. 12 °C. Derimod bekræftes det at behovet for nedkøling er strengt nødvendigt i de varme sommerperioder (19 – 21 °C), hvis man vil undgå et stort vandtab.

5. Sammenfatning, effektmål og perspektivering

5.1 Sammenfatning

På baggrund af industriens behov for at udvide markederne for ferske muslinger til en større del af Europa, blev det overordnede formål med projektet defineret som:

”at udvikle metoder til forbedring af dansk producerede muslingers kvalitet og holdbarhed i forbindelse med afsætningen til det europæiske ferskemarked. Desuden havde projektet til formål at optimere opbevaringsfaciliteter til ferske muslinger.”

Til belysning af formålet er der blevet gennemført en række forsøg med effekt af forbehandling, opbevaring, konditionering og transport på blåmuslingers holdbarhed og kvalitet målt som dødelighed, skallernes åbningsgrad og muslingernes kondition målt som tab af vand efter behandling. Da skallernes åbningsgrad viste inkonsistente resultater og dødelighed gav samme billede som muslingernes kondition, blev tab af vand efter behandling brugt som parameter i alle undersøgelser.

Industriens behandling af fiskede muslinger fra de bliver losset til de er pakkede medfører en stresspåvirkning, som får muslingerne til at tabe vand. Faldet i kondition kan mindskes ved at køle muslingerne i vandbade efter behandling dog således, at der ikke må være for stor forskel mellem omgivende temperatur og kølevandets temperatur. Testede alternativer til losning viste sig ikke at være hensigtsmæssige eller at forbedre muslingernes kondition.

For opdræt gælder, at muslingerne generelt set kan tåle den behandling de får under høst, men at der er betydelige gevinster for muslingernes kondition og

overlevelse ved at foretage en efterfølgende behandling eller konditionering af muslingerne. Til opbevaring og konditionering af muslingerne blev en række forskellige enheder testet. Generelt er såkaldte blå spanske kasser den bedste enhed til opbevaring i længere tid. Kassen er både nem at håndtere og rengøre og sikrer, med et høj vandflow og en god fordeling af vandet, at alle muslinger i kassen får en hurtig fornyelse af vandet omkring sig. Under de rette forhold kan muslingerne opbevares i op til 1 måned uden væsentligt tab af kvalitet.

Al håndtering af muslingerne i forbindelse med høst og sortering medfører en stresspåvirkning og tab af holdbarhed og kondition. Imidlertid kan en del af tabet overkommes ved at konditionere muslingerne efter håndteringen. Konditionering kan foregå i alle typer opbevaringsenheder som BigBags, tanke og i mindre sække af 10-20 kg muslinger og vil i alle typer give forbedrede resultater sammenlignet med ingen konditionering. Konditionering er bedst ved konstant vandflow uanset om dette kommer rislende ovenfra eller ved at vandet kommer fra bunden af opbevaringsenheden og dermed konstant overdækker muslingerne. Generelt giver konditionering i små enheder de bedste resultater.

I den varme periode viser forsøgene, at opbevaring i kølecontainer ikke nødvendigvis er nok til at holde muslingerne afkølede. I den varme sommerperiode kan det derfor anbefales at nedkøle muslingerne inden transport eller pakke i mindre enheder. Nedkølingsforsøg med forskellige istyper og i forskellige lag kan ikke dokumenteres alene at være tilstrækkelig til at forbedre muslingernes holdbarhed under transport.

Ved lufttemperatur omkring eller under 12°C er transport i kølecontainer ikke nødvendig da nedkøling under transport ingen forbedrende effekt har på muslingernes kondition og overlevelse.

5.2 Effektmål

Indenfor rammerne af projektet blev der opstillet en række effektmål, som skulle være opfyldt senest ved afslutningen af det samlede projekt:

1. Effektmål: *"At opnå en væsentlig reduktion af behovet for overpakning vha. kvalitetsoptimering og forlængelse af holdbarhed."*

Forsøgene har vist, at det er muligt at reducere vandtabet og dermed mindske behovet for overpakning, men at behandlingen skal afstemmes med årstiden. Effektmålet er følgelig opfyldt.

2. Effektmål: "At klarlægge høst – og losningsmetodernes effekt på muslingernes kvalitet og holdbarhed."

Der er dokumenteret effekter på de forskellige stadier af høst eller losning. Effektmålet er opfyldt.

3. Effektmål: "At undersøge om en oppumpning af muslingerne er mere skånsom end de eksisterende metoder."

Forsøgene viser, at losning af muslinger med brug af eksisterende fiskepumper ikke er et brugbart alternativ til de nuværende metoder. Effektmålet er opfyldt.

4. Effektmål: "At identificere velegnede opbevaringsfaciliteter til ferske muslinger."

Der er blevet gennemført forsøg med forskellige kendte opbevaringssystemer og et system skiller sig ud som mest anvendeligt til opbevaring. Effektmålet er opfyldt.

5. Effektmål: "At identificere de nøglefaktorer, der er betydende for en optimal opbevaring."

Nøglefaktorer ved opbevaring er blevet identificeret som vandflow omkring den enkelte musling og tid mellem behandlinger. Effektmålet er opfyldt.

6. Effektmål: "At implementere en metode til landbaseret konditionering af ferske muslinger."

Landbaseret konditionering er blevet testet med forskellige opbevaringsformer og med forskellige typer behandling. De metoder, der gav bedst resultat, var mest arbejdsintensive og konditionering skal derfor opvejes mod indsatsen. Effektmålet er opfyldt.

7. Effektmål: "At dokumentere konditioneringens betydning for den samlede kvalitet og holdbarhed."

Forsøgene viser entydigt, at konditionering øger kvalitet og holdbarhed af muslingerne. Effektmålet er opfyldt.

8. Effektmål: "At udpege den mest velegnede nedkølingsmetode af ferske muslinger under transport."

Forsøgene viste, at hvis muslingerne er nedkølede, is specielt den varme sommerperiode, øges holdbarheden og kvaliteten af muslingerne. Opbevaring i store enheder, fx BigBags, i kølecontainer nedkøler ikke i sig selv alle muslingerne. Det kan ikke dokumenteres at anvendelsen af flage- eller slurryis kan sikre nedkøling og dermed øge holdbarheden. Effektmålet er delvist opfyldt.

5.3 Perspektivering

Projektet har peget på nogle områder, hvor en ny praksis kan give en bedre holdbarhed af muslingerne. Dermed er der skabt mulighed for enten at nedbringe omkostninger og undgå spild, eller at øge holdbarhed og dermed værdien af muslingerne. Dette gælder for resultaterne for den industrielle forarbejdning af fiskede, ferske muslinger. På dette område kan der ved supplerende forsøg givetvis optimeres yderligere, og resultaterne peger på nogle mulige veje.

For opdrættede muslinger er nogle af fokusområderne, så som supplerende forsøg med nedisning af muslinger efter høst om sommeren, lige til at gennemføre. Tilsvarende ville nedkølingsforsøg med tempereret vand inden transport være et oplagt emne. Andre, så som en egentlig konditionering eller længere tids opbevaring tilpasset efterspørgslen, vil kræve samarbejde mellem opdrættere og den danske industri eller betydelige investeringer og er næppe realiserbare på kort sigt. Konditionering på linerne er også en mulighed, men er så arbejdskrævende, at det næppe bliver lønsomt.

En konditioneringsbehandling af opdrættede muslinger efter høst, selv i den simpleste form vist i projektet, vil være et første skridt i en værdiforøgelse af produktet. Selvom situationen for opdrætserhvervet i Danmark ved årsskiftet 2010-11 ikke umiddelbart er til investeringer, peger resultaterne imidlertid alligevel på nogle områder, hvor selv en beskeden indsats vil kunne gøre danske muslinger mere holdbare og dermed mere konkurrencedygtige på et skærpet marked og øge muligheden for transport over længere afstande. Det kan derfor anbefales, at opdrætterne bliver mere opmærksomme på denne del af produktionen, og enten gennem samarbejde med industrien eller med andre opdrættere, skaber mulighed for konditioneringsbehandlinger som skitseret i rapporten.

6. Referencer

Christensen, H.T *et al.* (2011) *in press Helgoland Marine Research*: Comparative study of predatory responses in blue mussels (*Mytilus edulis* L.) produced in suspended long line cultures or collected from natural bottom mussel beds.

Harding, J.M *et al.* (2004) *Aquaculture* (231, side 315 – 326): Evaluation of the neutral red essay as a stress response indicator in cultivated mussels (*Mytilus* spp.) in relation to post-harvest processing activities and storage conditions.

Resgalla, Jr.C *et al* (2007) *Brazilian Archives of Biology and Technology* (50, side 543-556): The effect of temperature and salinity on the Physiological rates of the mussel *Perna perna* (Linnaeus 1758).

Schulte, E.H. (1975) *Marine Biology* (30, side 331-341): Influence of algal concentration and temperature on the filtration rate of *Mytilus edulis*.

Sukhotin, A.A *et al.* (2003) *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* (284, side 129-144): Influence of age and size on pumping activity and stress resistance in the marine bivalve *Mytilus edulis* L.

Viarengo, A. *et al.* (1995) *Marine Environmental Research* (39, side 245-248): Stress on stress response: A simple monitoring tool in the assessment of a general stress syndrome in mussels.

Bilag 1: Forskrift A

Forskrift A

Efter hver behandling blev der udtaget muslinger til efterfølgende bestemmelse af kvalitet og overlevelse. Til bestemmelse af vandtab blev muslingerne lagt i netposer af 1 kg og opbevaret tørt. Muslingerne blev lagt på henholdsvis køl (5°C) eller ved omgivende temperatur. Til bestemmelse af overlevelse blev muslingerne pakket i 1 kg. poser og derefter lagt på vand (5°C) eller placeret i vand ved omgivende temperatur. Muslinger til bestemmelse af åbningsgrader blev lagt enkeltvis på en bakke

Der blev således udtaget følgende ved hvert forsøg/behandling:

3*1 kg muslinger til opbevaring på køl, tørt.

3*1 kg muslinger til opbevaring ved omgivende temperatur, tørt.

3*1 kg muslinger til opbevaring på køl, vand.

3*30 stk. muslinger til opbevaring i vand ved omgivende temperatur

1*30 stk. muslinger opbevaring på køl, tørt (til åbningsgrader)

1*30 stk. muslinger til opbevaring ved omgivende temperatur, tørt (til åbningsgrader).

Varighed af opbevaringsperioden i tør tilstand var på mellem 7 og 14 dage alt afhængig af muslingernes tilstand. Opbevaring i våd tilstand varede 1 måned for både de kølede og de muslinger der blev opbevaret ved omgivende temperatur. Vægt, åbningsgrad og dødelighed for de "tørre" muslinger blev så vidt muligt registreret dagligt.

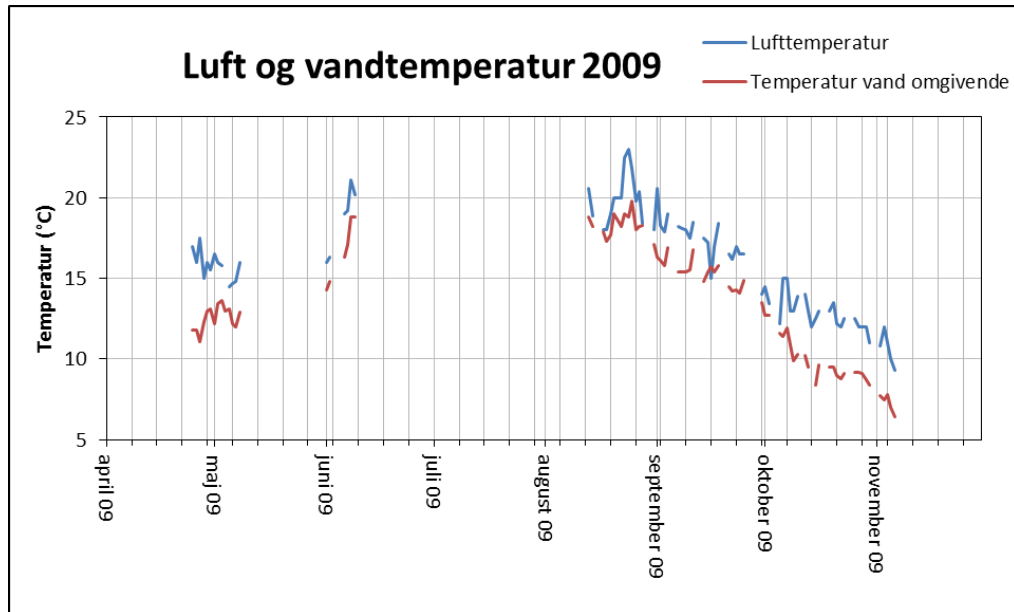
Dødelighed for muslinger opbevaret på vand blev registreret efter henholdsvis 7, 14 og 30 dage.

Muslingernes til bestemmelse af åbningsgrad blev målt med en lineal for hver af de 30 individer opbevaret på henholdsvis køl og ved omgivende temperatur.

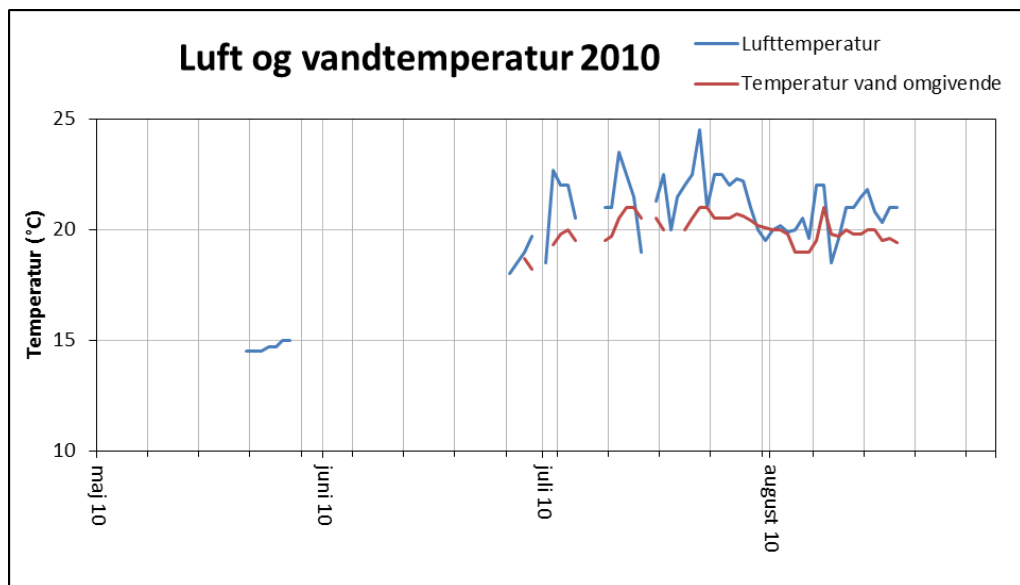


Forsøgsopsætning med muslinger i poser (1 kg.) og 30 stk. muslinger til bestemmelse af åbningsgrad.

Bilag 2: Temperaturkurver



Figur A. Luft og vandtemperatur i forsøgsperioden 2009. Temperaturmålingerne blev taget i forsøgshallen hvor muslingerne befandt sig under forsøgene.



Figur B. Luft og vandtemperatur i forsøgsperioden 2010. Temperaturmålingerne blev taget i forsøgshallen hvor muslingerne befandt sig under forsøgene.