



UIT

NORGES
ARKTISKE
UNIVERSITET

Fakultet for biovitenskap, fiskeri og økonomi, Norges fiskerihøgskole

Torsk fanget på ulike tider av året

- *Vekt- og kvalitetsendringer når torsken levendelagres uten føring*

Oline Alfredsen

Masteroppgave i fiskeri- og havbruksvitenskap

Studieretning: Sjømatvitenskap (60 stp.)

Mai 2016



Forord

Med denne oppgaven avslutter jeg mine fem år ved Norges Fiskerihøgskole og en master i fiskeri og havbruksvitenskap. Tiden ved universitet har vært fantastisk og ikke minst alle de flott menneskene jeg har møtt i løpet av tiden på fiskerihøgskolen. Det vil bli rart og litt skummelt å forlate det trygge studielivet her i Tromsø.

I den forbindelse er det flere personer jeg gjerne vil takke. Min kjære veileder Margrete Esaiassen som har hjulpet meg med mere en bare oppgaven gjennom det siste året. Tatiana Ageeva fra Nofima som har kommet med gode innspill og ideer for å gjøre oppgaven beder. Jeg vil også takke mine samboere gjennom flere år, Ada Christine Haatuft og Lise Magnus Tarlebø som har gjort oppholdet i Tromsø helt fantastisk.

Jeg takker også alle på Norway Seafoods bruk i Båtsfjord som har hjulpet meg med den praktiske gjennomføringen av min oppgaven. Det var alltid kjempe hyggelig å tilbringe et par dager på anlegget hos dere hver måned. En spesiell takk til gutta fra levendelagrings anlegget som har jobbet over sin vanlige arbeidstid for å får merder og fisk på plass for meg.

Vil også takke mine med studenter for lange og lite produktive lunsjs- og middagspauser. Uten slike avbrekk ville oppgaveskrivingen vært kjempe kjedelig.

Tromsø, 18. mai 2016

Oline Alfredsen

Sammendrag

Torskefiskerier har gjennom alle tider vært en viktig næring i Norge. De store sesongvariasjonene i tilgang på ferskt råstoff er utfordrende, og fiskerinæringen har begynt å se seg om etter løsninger på denne utfordringen. Ved å fange torsk levende og sette den i merd får hvitfisknæringen muligheten forlenge sesongen, planlegge produksjonen og binde seg til langsiktige kontrakter på levering av ferskt råstoff. Norway Seafoods er en av bedriftene som driver med levendelagringen av torsk, og i samarbeid med dem har jeg skrevet min masteroppgave.

Hensikten med denne masteroppgaven var å undersøke endringer i torskemuskelen og fysiologiske faktorer under 16 ukers levendelagring av torsk som var fanget under gyttesesongen og om sommeren.

Resultatene i oppgaven viste at kondisjonsfaktoren, K-faktor, for torsk som ikke føres reduseres i løpet av en lagringsperioden på 16 uker, noe gjenspeiler seg i økt vanninnhold og pH i muskelen. Fisk lagret på sensommeren fikk mulighet til å beite på blåskjell noe som påvirket K-faktoren til å stabilisere seg for prøvegruppe 2 de siste lagringsukene. Uavhengig av tilgangen på naturlig åte var fisken mager etter 12 ukers lagring. Fra prøvetaking etter 12 uker i merd ble det observert flere fisker med endret muskel tekstur. Fileten fra disse fiskene var unormalt melkehvite og en slimete konsistens og ble målt høyt vanninnhold i disse filetene. Selv om K-faktor stabiliserer seg for gruppe 2, reduseres HSI gjennom hele lagringsperioden for begge prøvegruppen.

Gonadeutviklingen påvirkes ikke sulteiden og utviklingen av gonader startet utover sensommeren. Her er sesongvariasjonen i fisken biologs som spiler en større rolle enn lagringstiden med lite mat. Lagringsperiode uten mat gir jevn økning i muskel pH.

For drypptapet var det antall dager lagret på is som var en påvirkende faktor ikke lagringsperioden i merd som var en avgjørende faktor. Lavere muskel-pH etter 10 dager enn 5 dager lagret på is forklarer det økende drypptapet.

Summary

Cod fisheries has always been an important industry in Norway. The large seasonal variations in the supply of fresh material is challenging, and the fishing industry have begun to look for solutions to this challenge. By capturing cod alive and put it in seacages the fish industry gets an opportunity to extend the season, plan production and committing to long-term contracts for delivery of fresh materials. Norway Seafoods is an enterprise that operates with live storage of cod, and in cooperation with them, I've written my thesis.

The purpose of this thesis was to investigate changes in cod muscle and physiological factors during 16 weeks of live storage of cod caught during the spawning season and summer.

The results in this thesis showed that the condition factor, K - factor, in cod not fed reduced during a storage period at 16 weeks, which is reflected in increased water content and pH in the muscle. Fish saved in late summer had the chance to feed on mussels which affected the K-factor to stabilize the last storage weeks in the trial group 2. Regardless of the availability of natural bait the fish was thin after 12 weeks of storage. From sampling after 12 weeks it were observed more fish with altered muscle texture. Fillet of these fish were abnormally milky white, had slimy consistency and measured high water content. Although K- factor stabilizes for group 2, HIS reduced throughout the storage period for both test group.

Development of gonads is unaffected by hunger and development of gonads began in late summer. Here is seasonal variation in fish biologist who slats a greater role than the storage time with little food. Storage period without food provides steady increase in muscle pH.

For drip loss was the number of days stored on ice which was an influencing factor not the storage period in a seacage. The muscle han an lower pH after 10 days than 5 days stored on ice, which can explains the increasing drip loss.

Innholdsfortegnelse

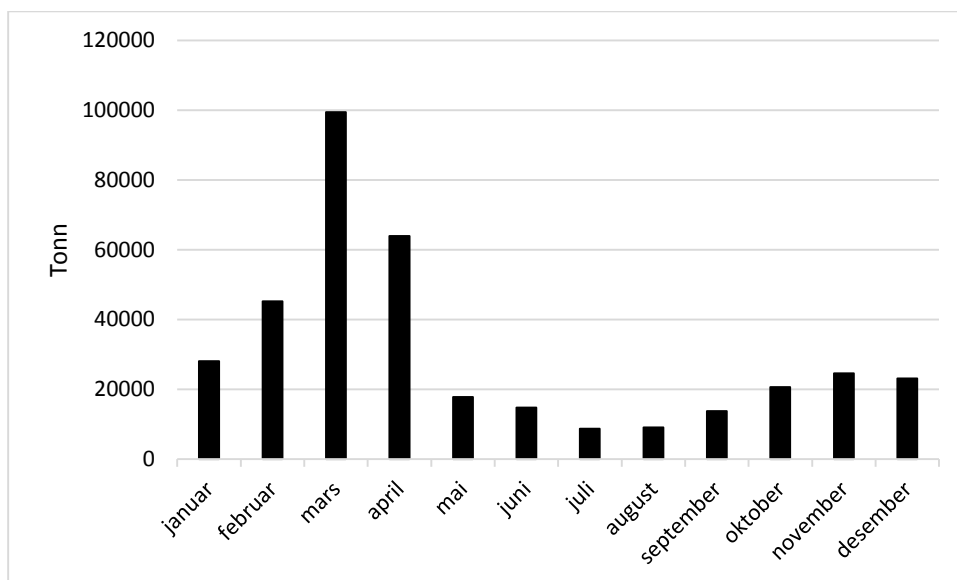
1	Introduksjon	6
2	Bakgrunn	7
3	Teori	9
3.1	Sesongvariasjon hos torsk (<i>Gadus morhua</i>)	9
3.2	Sulting av torsk	12
3.3	Oppbygging av fiskemuskel	13
3.3.1	Muskelsammentrekning	15
3.4	Rigor mortis	16
3.5	Variasjon i muskel-pH.	17
3.6	Vannbindingsevne, væsketap og vanninnhold.	18
3.7	Pre-rigor filetering og forkortning av torskefilet.	19
4	Materiale og metode	21
4.2	Råstoff	21
4.3	Slakting og filetering	21
4.4	Undersøkelser av fileter	22
4.4.1	Vekttap og krymping	23
4.4.2	Måling av muskel-pH	23
4.4.3	Vanninnhold i filet	23
4.4.4	Bedømming av indre skader på filet.	24
4.5	Statistiske analyser	24
5	Resultat og diskusjon	25
5.2	Observasjoner	25
5.2.1	Torsk som ikke fores spiser	25
5.2.2	Indre skader	26
5.2.3	Ytre skader	27
5.2.4	Teksturforandring i filet gjennom lagringsperiode uten fôring.	28
5.3	Reduksjon i kondisjon under levendelagring	29
5.3.1	Kjønnsforskjeller i reduksjon av kondisjonsfaktor	30
5.4	Endringer i gonadosomatiks indeks (GSI) gjennom levendelagringsperioden .	31

5.4.1	Kjønnsforskjeller i gonade utvikling	32
5.5	Reduksjon av heptosomatisk indeks (HSI) hos levendelagret torsk.....	34
5.6	Måling av muskel-pH	35
5.7	Drypptap fra filet lageret i 5 og 10 dager.....	37
5.8	Prosentvis vanninnhold i filet under lagringsperioden.....	38
5.9	Krymping av filet under lagring.....	40
5.10	Vekttap i prosent gjennom lagringsperioden.....	42
6	Konklusjon	44
7	Referanser	45
8	Vedlegg	48

1 Introduksjon

Fiske og fangst har alltid vært en viktig næring i Norge, og er det fortsatt. I Norge har vi en lang kystlinje slik at matfatet er rett utenfor døra. Måten vi har klart å utnytte dette på har gjort oss til en av verdens største sjømatnasjoner.

Torsken har alltid vært en av de viktigste kommersielle artene i Norge. I 2015 ble det fisket cirka 472 mill. tonn torsk, dette tilsvarer en verdi på 5.6 mrd kr (Råfiskelaget, 2015). Torskens biologi og vandringsmønster danner grunnlaget for store svingninger i tilgangen på ferskt torskerastoff gjennom året. Hovedtyngden av norsk torsk (*Gadus morhua L.*) fanges i perioden fra januar til april (Figur 1.).



Figur 1. Kvantum torsk levert på sluttseddel pr måned gjennom 2015. Data hentet fra Råfisklagets statistikkbank (Råfiskelaget, 2015).

Det sesongbaserte torskefiskeriet i Norge bidrar til store variasjoner både i volum og kvalitet. Hvert år blir opptil 70% av fersk torsk lever før påske, dette fører til at markedet oversvømmes av fisk og prisen synker. Mens i andre deler av året er landinger av ferskt torskerastoff i mindre skala, noe som fører til betydelig økt pris. I tillegg, ustabile torskeleveranser, gjør det vanskelig for produsentene i hvitfisknæringen å planlegge produksjonen og å inngå langsiktige avtaler med ferskfiskmarkedet. Sesongen for torskefiske kan ende brått, og med lite arbeid utenfor sesongen er det vanskelig for bedrifter å ha faste ansatte. Dette fører til store økonomiske kostnader i form av opplæring av personalet og til en usikkerhet hos de ansatte. I høysesongen

er det høye lønninger med mye overtid, og i løpet av en uke kan det snu slik at ansatte blir permittert over lengre perioder. Dette har gjort at hvitfiskindustri har blitt en veldig usikker arbeidsgiver (Dreyer, Nøstvold *et al.* 2006). Levendelagring og fangstbasert akvakultur vil kunne gjøre det mulig å planlegge produksjonen og å binde seg til langsiktige kontrakter i forhold til levering (Dreyer, Nøstvold *et al.* 2006). Dette vil kunne skape en økonomisk vekst i hvitfisknæringen og øke kvaliteten på det flotte produktet norsk torsk.

2 Bakgrunn

Levendelagring og fangstbasert akvakultur betyr at fisk fanges og transporteres levende til land, hvor den blir overført først til restitusjonsmerd og der etter lagringsmerder. Her kan den holdes levende i opptil 12 uker med eller uten fôr. Fiskeredskapet som brukes i levendefangst av torsk er stort sett snurrevad. Snurrevad er skånsomt redskap, den samler og fanger fisken på en tidsperiode fra 30 til 45 minutter. Den korte fangsttiden bidrar til en høy overlevelsesprosent blant fisken.

Fisken blir tatt om bord enten ved hjelp av sekkeløft eller vakuumpumpe. Ombord på fartøyet vil fisken bli sortert eller satt rett i føringsrom. Ved en kjapp inspeksjon av fangsten kan mannskapet plukke ut fisk som allerede er død eller har synlige ytre skader som svømmeblære klemt ut av munnen, gass i øynene og klemskader. Fisk med skader representerer både en økonomisk risiko, en smittevei og mulig brudd på dyrevelferdsloven. Sorteringen skal også fjerne arter som ikke er tiltenkt levendelagring, spesielt hyse og sei som er lite robuste.

Føringsrom er flatbunnete tanker hvor fisken står frem til overføring til restitusjonsmerder. Her er det viktig med stort areal på grunnflaten og god vanntilførsel for å unngå trengsel og lave oksygennivåer.

Overføring til restitusjonsmerd skjer ved hjelp av håv eller pumping. En restitusjonsmerd er flatbunnet merd som er regulerbar i vannsøylen. Her restitueres fisken i 24-48 timer. Torsk som er sliten eller stresset vil legge seg på bunnen. Derfor er en flatbunnsmerd viktig for å unngå klemskader eller at fisken dør av oksygenmangel. Etter et par døgn i restitusjonsmerd kan fisken overføres til lagringsmerder hvor de kan stå til de skal slaktes ut (Isaksen & Midling, 2009).

Levendelagring og fangstbasert akvakultur er utviklet med prøve- og feilemetoden opp gjennom årene. Og det var ikke før i 06.01.15 at forskriftene for fangstbasert akvakultur trådte i kraft.

I følge norsk lov skilles det mellom *levendelagring* og *fangstbasert akvakultur* etter hvor lang tid fisken holdes i lagringsmerd:

-fisk kan holdes i mellomlagringsmerd i inntil 12 uker før den må slaktes eller overføres til akvakulturanlegg. (Forskrift om utøvelse av fisket i sjøen. Kap. XVIII , forskrift av 22. desember 2004)

-fangstbasert akvakultur: villfanget fisk som skal holdes levende i sjø i mer enn 12 uker og fôres før den slaktes (Forskrift om fangstbasert akvakultur, Forskrift av 15 desember 2014)

Reglene som i dag gjelder for levendelagring under 12 uker er følgende:

- Forskrift om utøvelse av fisket i sjøen kap. XVIII , Forskrift av 22. desember 2004.
 - Forskrift om krav til fartøy som skal fiske og føre fangsten levende, Forskrift av 22. desember 2005.
 - Forskrift om tiltak som krever tillatelse fra Kystverket, jf. § 1 h jf. bokstav a
- For lagring av torsk over 12 uker gjelder følgende regler:

- Forskrift om fangstbasert akvakultur, Forskrift av 15 desember 2014.

Torsk kan gå i merd i fire uker før de må tilbys fôr. Grunnlaget for denne reglen er basert på erfaring. Det letteste er å fôre torsken med de naturlige byttedyrene som sild og lodde, da tørrfor har vist seg å være vanskeligere å få torsken til å spise. Grunnet stigende priser på sild og lodde kan det bli dyrt å fôre for mye på torsken. Fram til 2015 ble torsk som stod i merd lengre enn 12 uker regulert av Akvakulturloven. Akvakulturloven er et omfattende regelverk med mange krav til lokaliteten og behandlingen av fisken. For å gjøre det mulig å satse på levendelagring utarbeidet Det Kongelige Nærings- og Fiskeridepartement en ny forskrift for fangstbasert akvakultur. Formålet for forskriften er formulert som følger:

«Formålet med denne forskriften er å tilrettelegge for fangstbasert akvakultur og bidra til utjevning av tilbudet av fersk fisk av god kvalitet gjennom året. Formålet er også å ivareta god fiskehelse og fiskevelferd»

I tillegg til et mere tilpasset regelverk innførte departementet kvotebonus i 2013. Kvotebonus fungerer slik at fiskerne for hvert tonn levert levendefangst som leveres, trekkes et halvt tonn fra kvota. Det betyr at fiskere i teorien kan fiske 50% mer på sin eksisterende kvote. I 2015 leverte norske fiskere cirka 6000 tonn levendelagret fisk, noe som er en stor økning fra 2013,

hvor det ble levert i underkant av 2000 tonn (Nofima, 2015). I tillegg til bonusen, satses det stort på utvikling av levendelagring. Norges forskingsråd har investert 29 millioner kroner i et forskningsprogram om levendelagring kalt CATCH som skal strekke seg over fire år. Formålet med prosjektet er å fange den maksimale bærekraftige verdien av vill Atlantisk torsk basert på levendelagring. Dette er et vitenskapelig tverrfaglig prosjekt som skal gi flere svar i et fiske som har utviklet seg mye gjennom prøve- og feilemetoden.

Norway Seafoods AS er en av bedriftene som ønsker å satse på levendelagring, og i den forbindelse ønske de å få mere kunnskap om hvordan fisken kondisjon og kvalitet endret seg under levendelagring.

Hensikten med denne masteroppgaven var å undersøke endring under 16 ukers levendelagring av torsk som var fanget under gytesesong og sommeren. Det ble fokusert på endring i fysiologiske faktorer som lengde, vekt, kondisjonsfaktor, levervekt og gonadevekt, samt filetkrymping, vanninnhold og pH i muskelen.

3 Teori

For å kunne si noe om hva som skjer med torsk som går uten mat i 16 uker er det viktig å forstå hvordan torsken (*Gadus morhua*) forandrer seg i forhold til omgivelsene, sesongen, tilgjengeligheten på mat og hvordan den fysiologisk er bygget opp. Dette kapitlet presenterer den teoretisk bakgrunnen for dette.

3.1 Sesongvariasjon hos torsk (*Gadus morhua*)

Som nevnt i innledningen er fiske etter torsk veldig sesongpreget. Det som skaper sesongvariasjonene i torskefisket er vandringsmønsteret, reproduksjonssyklusen og variasjonen i tilgangen på mat (Schwalme & Chouinard, 1999). Disse faktorene er nært knyttet til hverandre.

Norge har i hovedsak to typer torsk, den vandrende nordøstarktiske torskestammen, også kjent som skrei, og den mere stasjonære kysttorsken. Den nordøstarktiske torskestammen vandrer til gytefelt for å gyte og tilbake til Atlanterhavet etter gyting (Figur 2) (Michalsen, Johannes & Bogstad, 2008). Gytefeltene strekker seg fra Stavanger i sør til Finnmark i nord, men de viktigste gytefeltene ligger utenfor Lofoten. Gytetiden for torsk er hovedsakelig fra slutten av januar til mai. (Skreitokt, 2006).



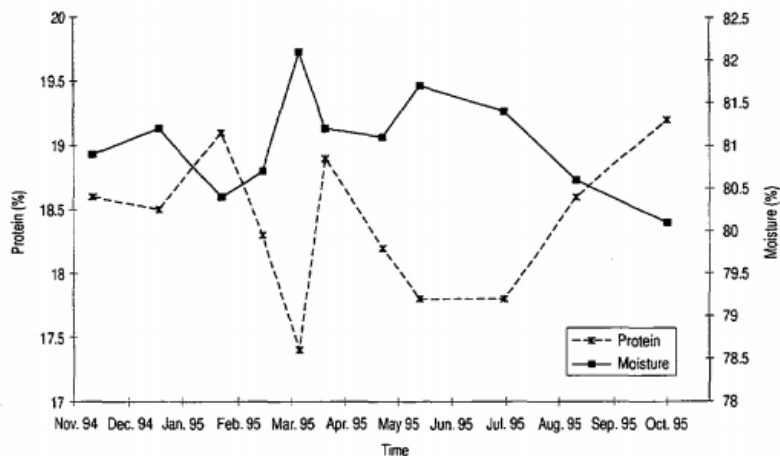
Figur 2. (Ageeva, 2015)

For en kjønnsmoden torsk starter hoved produksjonen av gonader i oktober/november og ender ved gyting i januar/april. Så i løpet av året varierer størrelse på gonadene veldig hos kjønnsmoden torsk. Studier har vist at gonadene til torsk kan varieres fra 10 % av den totale kroppsvekten i mars og helt ned i under 1 % på sensommeren (Mello & Rose, 2005).

Det er ikke bare gonadene som endrer seg i løpet av året, også lever og fiskemuskelene forandres eksempelvis i pH, fett, proteiner og vanninnhold (Ingolfsdottir, Stefánsson & Kristbergsson, 1998). For torsk er leveren lagringssted for lipider, og under produksjonen av gonader er det fra leveren torsken henter ekstra energi. Derfor går ofte leverindeksen, hepatosomatisk indeks, HSI, ned i forkant av gytesesongen (Schwalme & Chouinard, 1999. Mello & Rose, 2005).

Det vises også forskjell i kondisjonsfaktoren (K-faktor) hos torsk i løpet av året, noe som ofte sammenfaller med gonadeutviklingen. K-faktoren hos fisk er et mål på forhold mellom vekt og lengde og beregnes etter følgende formel: $K=100*(W/L^3)$ hvor W er total eller sløyd vekt i

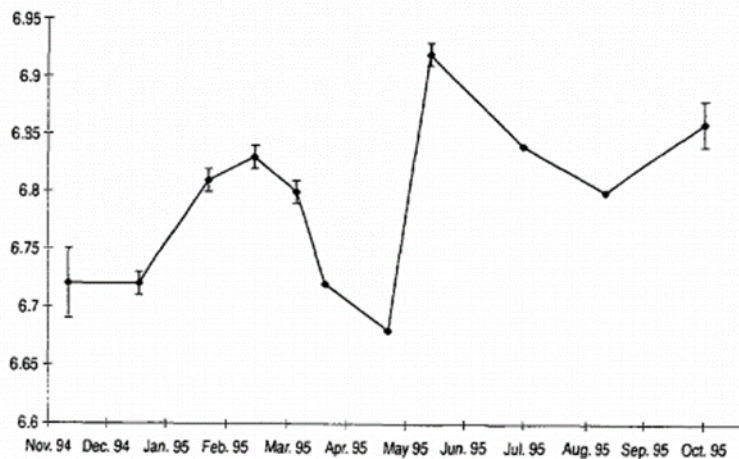
gram og L er lengde i cm (Ricker, 1975). Torskemuskel består i hovedsak av protein og vann (Lambert & Dutil, 1997). Studier har vist at torskens K-faktor for sløyd fisk vil ofte synker fram til gyting men øker raskt utover sommeren og stabiliserer seg utover høsten mens K-faktor for rund fisk øke fram mot gytesesong hvor den vil gå ned når fisken er utgytt (Mello & Rose, 2005). Leverindeksen (HSI) sammen med K-faktoren gir et godt uttrykk for energilagrene i torsk i løpet av året (Guderley, Lapointe *et al.* 2003).



Figur 3. Sesongvariasjon i protein og vanninnhold i torskemuskel hentet fra (Ingolfsdottir, Stefánsson & Kristbergsson, 1998)

Det tydelig at vanninnhold og protein i fiskemuskel endrer seg i løpet av året (Figur 3). Proteininnholdet i muskulaturen har sitt bunnpunkt i mars, samtidig som vanninnholdet er på sitt høyeste. Dette støtter opp om at torsken bruker reservelagrene opp under gytesesongen. Guderley (2003) og Love (1988) beskriver i sine forsøk at torsk som har brukt opp energilagrene av fett og karbohydrater begynner å tære på proteiner i muskelen, som igjen fører til at vanninnholdet i muskelen øker.

Sesongvariasjon kan også vises i muskel-pH. Muskel-pH har vist seg å synke under produksjon av gonader og øke gjennom våren, og synker gjennom sommeren, før den til slutt begynner å synke utover høsten og vinteren (Figur 4).



Figur 4. Sesongvariasjon i pH i torskemuskel målt etter 4 dager lagret på is (Ingolfsdottir, Stefánsson & Kristbergsson, 1998)

3.2 Sulting av torsk

Alle dyr kan møte begrensninger i tilgangen på næring i naturen. Derfor har de utviklet ulike taktikker for å takle perioder uten mat. Hvilke prioriteringer de ulike dyreartene gjør er forskjellig, men det vanligste tegnet på sult er tap av kroppsmasse (McCue, 2010). Det er vist at dyr som har en vekselvarm kroppstemperatur overlever lengre sulteperioder enn varmlodige dyr (Stewart & Fleming, 1973). De fleste fisker er vekselvarme, altså er kroppstemperaturen det samme som omgivelsene. Fisk har evnen til å bryte ned store deler av energireserver og kroppsmassen for å overleve en eventuell periode med lite næring (Takama, Love & Smith, 1985).

Torsk (*Gadus morhua* L.) vil derfor respondere på sult ved å bruke opp lever- lipider, deretter muskel- og leverglykogen og til slutt muskelproteiner (Guderley, Lapointe *et al.* 2003). I et sulteforløp vil torsken tape glykogen og lipider i leveren som blir delvis erstattet med vann (Black & Love, 1986), og torsk vil få en nedgang i HSI. Etter at energilagrene av muskel- og leverglykogen er brukt opp vil proteinet brytes ned i muskulaturen som en siste energiresurs. Nedbrutt proteiner blir erstattet med vann (Love, 1988) og det blir en nedgang i K-faktoren.

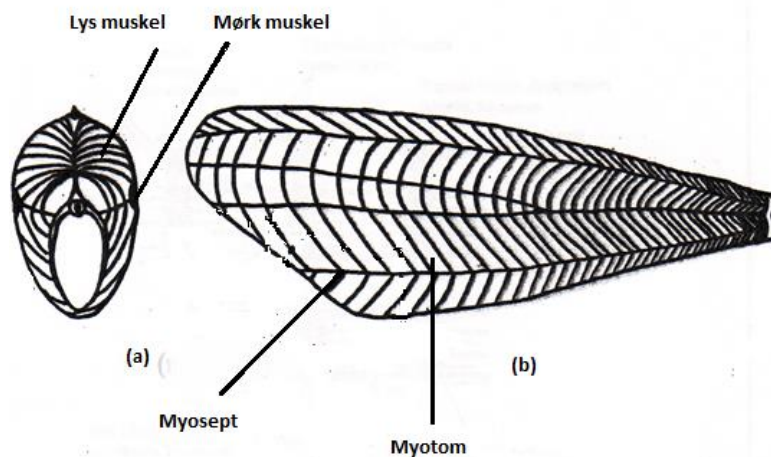
Når sulteperioder sammenfaller med utviklingen av gonader vil nedgangen i energilagrene og muskelmasse være mer kritisk (Idler & Bitners, 1960), grunnet økt energiforbruk ved produksjon av gonader.

I en rapport fra Fiskeriforskning om sulting av oppdrettstorsk, viser forsøket at hunfisk har en lavere gonadeproduksjonen under sulting enn hunfisk som er fôret i samme periode, mens hanfisk ikke viser noen forskjell i gonadeproduksjon hos sultet eller foret fisk (Esaiassen, Akse *et al.* 2006). Kjønn kan derfor ha noe å si på hvordan fisken reagerer på sulting (McCue, 2010).

3.3 Oppbygging av fiskemuskel

For å forstå hvordan de ulike variasjonene påvirker torsken gjennom en levedelagringsperioden er det viktig å vite hvordan den er bygget opp. Fisk lever i et nesten vektlost miljø i havet, og har en ganske karakteristisk måte å bevege seg på. Dette gjenspeiles i hvordan muskulaturen er bygget opp.

Fiskemuskel består av to hovedtyper muskel; lys (hvit) muskel og mørk (rød) muskel. (Olsen, 2007). Hvit muskel har anaerob metabolisme og brukes til raske bevegelser over et kort tidsrom. Mørk muskel har rik blodtilførsel og bruker aerob metabolisme som gjør det mulig med aktivitet over lengre tid. Andelen av de forskjellige muskel typene varierer i forhold til hvilken art det er. Hos torsk (*Gadus morhua* L.) består hoveddelen av fileten av hvit muskel, hvor den mørke muskelen strekker seg langs sidelinjen på kroppen like under skinnet (Figur 5a) (Bremner & Hallett, 1985). Torsk lager fett hovedsakelig i lever, fettprosenten i lys muskel og mørk muskeltype er henholdsvis 0,8 og 1,8. Torsk er derfor en mager fisk i forhold andre arter som makrell eller laks (Olsen, 2007).

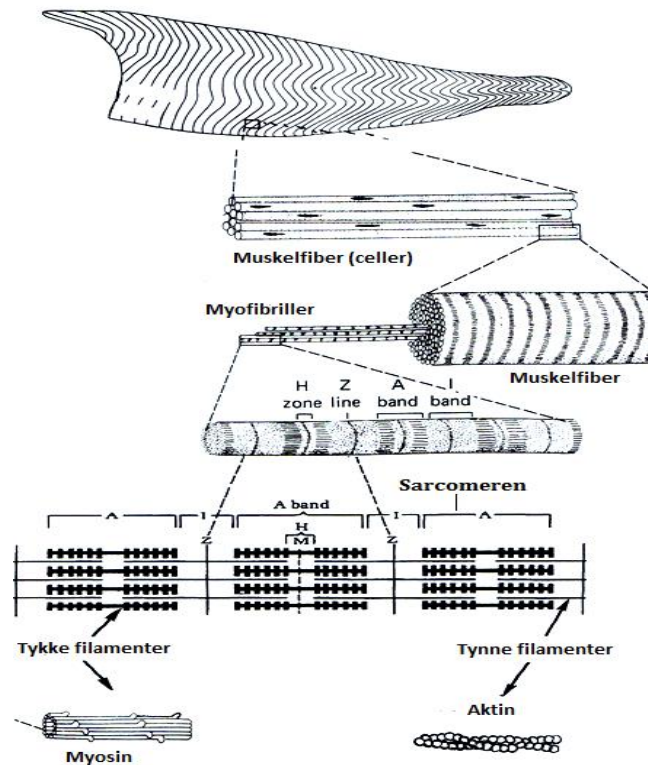


Figur 5. (a) Plassering av ulike type muskelvev. (b) Strukturen til fiskefilet. Linjene i figuren symboliserer myocommata (bindevev) som skiller myotomene (muskel segmentene) fra hverandre. Deler av figuren fra (Eskin & Shahidi, 2012)

Oppbyggingen av muskelen i beinfisk består av muskelsegmenter, myotomer (Olsson, Olsen & Ofstad, 2003). Myotomer har en karakteristisk W-form, de er adskilt med en tynt lag av bindevev, myosepta, som også er kalt intracellulært bindevev (IMCT). Myosepta består i hovedsak av kollagenfibre som også festet til skjelettet og skinnet (Figur 5b) (Bremner & Hallett, 1985).

Hver myotom består av muskelfibre. Muskelfiberen består av gruppe proteintråder kalt myofibriller. Myofibrillen er bygget opp av tynne og tykke filament, aktin og myosin (Figur 6). De tykke myosinfilamentene (Figur 6) har flere hode- og haleregioner (Small, Fürst & Thornell, 1992). Hodet inneholder strukturer og bindingssteder for aktin og ATP-aser som gir midlertidig bindingsevne til aktinfilamentene. ATP-asen splitter ATP som ligger mellom aktin- og myosinfilamentene og skaper energi (Huss, 1995). Aktinfilamentene er bygget opp av en tropomyosin proteinkjede hvor kuleformede aktin monomer har kveilet seg samme til en heliks struktur. Utenpå aktinfilamentene finne proteinet troponin som består av tre sub-enheter med ulik funksjon; Troponin C regulerer kalsium, troponin I hemmer sterk ATP-ase aktiviteten som binder aktinet og myosinet sammen og troponin T er tilknyttet området der troponin bindes sammen tromomyosinet (Foegeding, Lanier & Hultin, 1996) . Dette er viktige mekanismer i muskelsammentrekning (Figur 7).

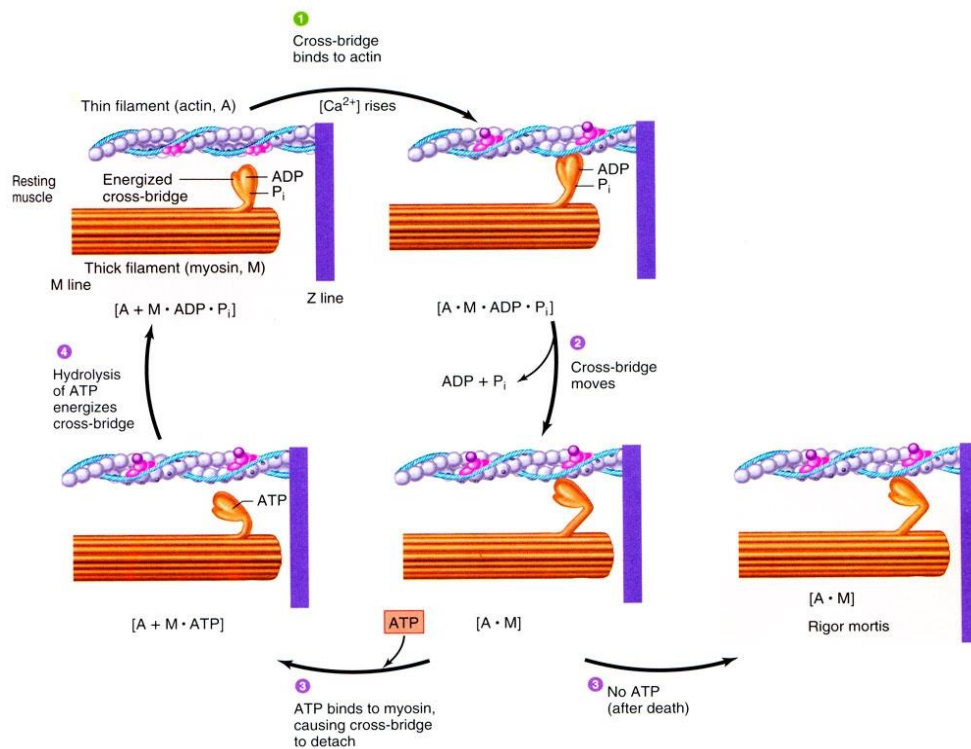
Det er myofibrillen som gir muskelen det tverrstripete designet med mørke og lyse bånd, henholdsvis A- og I-bånd. Både aktin og myosin er tilstede i A-båndet mens det kun er aktin tilstede i I-båndene. I midten av A-båndene ligger H-sonen, et område uten overlapping av aktin og myosin i en avslappet muskel. H-sonen er delt av M-linjen som knytter sammen og bidrar til å holde posisjonen til myosinfilamenter i en sarkomer. En sarkomer er en kontraktile enhet i myofibrillen og det er materialet mellom to Z-linjer. Z-linjen deler I-båndet slik at de tynne filamentene strekker seg i begge retninger (Widmaier, Strang & Raff, 2006). Det er sarkomeren som endrer seg i lengden under muskelsammentrekninger.



Figur 6. Skjematisk fremstilling av fiskemuskel samt oppbygging og struktur av en myofibrill modifisert av (Olsen, 2015).

3.3.1 Muskelsammentrekning

Muskelsammentrekningen starter med en nerveimpulser som frigir Ca^{2+} fra sarkoplasmatiske retikulum til myofibrillen. Når konsentrasjonen av Ca^{2+} øker aktiveres bindingssetet for ATP-aser på myosinfilamentet (Huss, 1995). Når de tykke og tynne filamentene kobles sammen skjer dette ved at de reaktive hodene på myosinfilamentene kobler seg til aktinet. Videre trekker settene av aktinfilamentene fra Z-linjen mot hverandre og skaper en muskelkontraksjon (Widmaier, Raff & Strang, 2010). Reaksjonen reverseres når Ca^{2+} pumpes tilbake til sarkomatisk retikulum, ATP-asen stoppes. Ved tilstedeværelse av ATP vil aktomyosinet løses opp og muskulaturen blir avslappet (Huss, 1995).



Figur 7. Muskelsammentrekning før og etter død (Widmaier, Raff & Strang, 2006).

3.4 Rigor mortis

Når en fisk dør vil hjertet stoppe og dermed stoppes også oksigentransporten til muskelvevet. Cellene går over til anaerob metabolisme. Hoved produksjonen av energi skjer nå via anaerobes nedbrytes av muskelglykogen via glykolysen (Amlacher,1961). I glykolysen blir et glukosemolekyl omdannet til 2 pyruvat og videre til ATP-molekyler. Ved anaerob forhold vil pyruvat brytes ned til melkesyre(Cappeln & Jessen, 2001).

Mengden dannet energi i muskel avhenger av mengden glykogen lagret i muskulaturen. *Rigor mortis* (dødsstivhet) oppstår når reservelagrene av glykogen og kreatinfosfat er brukt opp, og ATP ikke lenger re-syntetiseres i (Huss,1995). Kreatinfosfat er et energilager som benyttes ved et raskt energibehov via refosforlyring av ATP. Om fisken er stresset under fangst eller i en slakteprosess vil disse lagrene være oppbrukt ved slaktning. Når ATP ikke lenger er tilgjengelig for å løse bindingen mellom aktin og myosin, vil det skapes et permanent aktomyosinkompleks (Cappeln & Jessen, 2001). Det er denne låsen av aktin og myosin som gjør fisken lite bevegelig.

Hva som skjer når muskel går ut av *rigor* er mye diskutert men det ikke aktomyosinet som løses opp. Noen mener at det er aktinfilamentenes forankring til Z-linjen som går i oppløsning (Haard, 1992). Mens andre mener det er nedbrytning av proteiner som binder muskelfibrene til

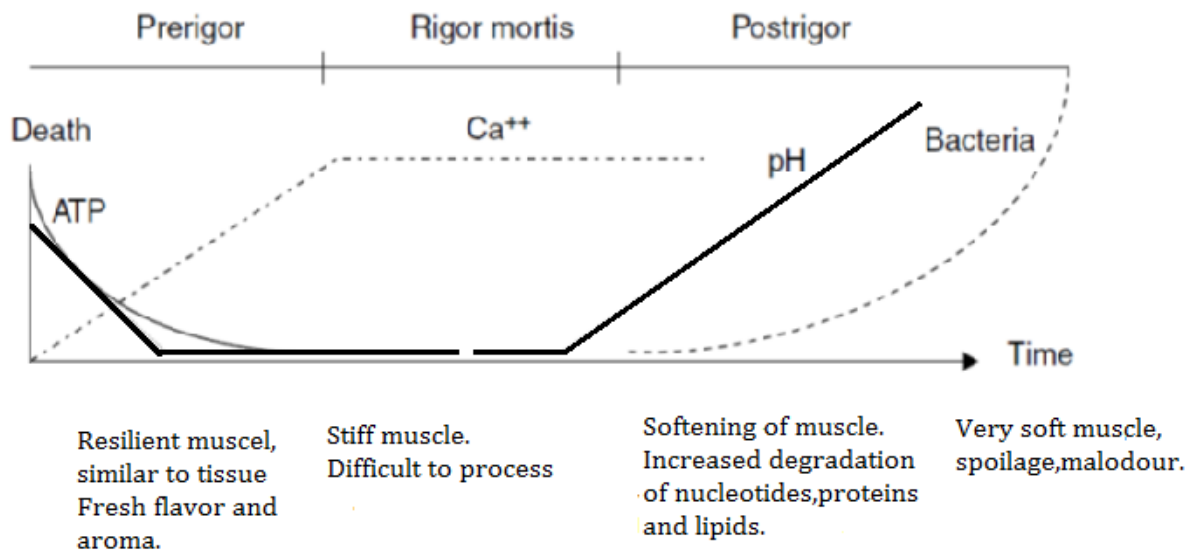
bindevevshinnen (Skjervold, 2002). Tiden for *rigor mortis* påvirkes av fiskeart, størrelse på fisken, lagringstemperatur, stress før avlaving og energilager (Haard, 1992).

3.5 Variasjon i muskel-pH.

Muskel-pH i fisk har vist seg å påvirke mange kvalitetsparameter. Reduksjon i pH kan påvirke graden av fiskemuskelens vannbindingsevne (Solberg, Hegli et al. 2001), farge (Kristoffersen, Tobiassen *et al.* 2006), filetpalting (Love, 1988) og bakterievekst ved lagring (Mørkøre, 2005).

Tradisjonelt sett var det produksjonens av melkesyre i muskelen man trodde forårsaket fall i pH etter død. Nyere forskning viser at det i hovedsak er hydrolyse av ATP og ADP som gir H⁺ og derav fall i pH (Robergs, Ghiasvand & Parker, 2004). Allikevel har mengden melkesyre i muskulaturen en sammenheng med reaksjon i muskel-pH. Dette skyldes at det nærmest er en lineær sammenheng mellom ATP- produksjon i glykolysen og mengden produsert melkesyre (Foegeding, Lanier & Hultin, 1996). Melkesyre kan også produseres gjennom høyaktivitet og stress før slaktning. Derfor er riktig behandling av fisken i en fangstsituasjon eller slakteprosess veldig viktig av hensyn til kvaliteten på sluttproduktet.

Hos torsk er utviklingen i muskel-pH *post mortem* relativt godt dokumentert. Rett etter død har det blitt målt en pH på 7,2-7,5 for ustresset torsk (Sørensen, Tobiassen *et al.* 2005). *Post mortem* muskel-pH reduseres i løpet av noen dager og stabilisere seg omkring 6,8 for vill torsk (Mørkøre, 2005) og 6,2-6,6 for oppdrettstorsk. I forsøket gjort av Midling (1997) var muskel-pH på levendelagret loddetorsk ved slaktetidspunkt 7,8 og etter 2 dager stabilisert seg på cirka 6,8. Hastigheten på nedgang i muskel-pH har en sammenheng med temperatur og initial pH. Ved sakte reduksjon til ultimat pH vil *rigor mortis* inntreffe på et senere tidspunkt (Figur 8). Ved riktig *post mortem* behandling av fisken kan *pre rigor* fasen for torsk vare opptil 24 timer. Dermed er det mulig å filetere fisken *pre-rigor* (Sørensen, Tobiassen *et al.* 2005).



Figur 8. *Post mortem* forandringer i fiskemuskel (Martinez, Olsen *et al.* 1997).

Under lagring vil bakteriell nedbrytning føre til dannelse av aminer som igjen fører til økt muskel-pH (Figur 8). Under islagring vil lav muskel-pH minske bakteriell nedbrytning men lav muskel-pH fører også til at fileten er mere utsatt for vanntap (Mørkøre, 2005).

Når torsk går gjennom en sulteperiode vil torsken bryte ned fett- og glykogenreserver før proteinene brytes ned (Love, 1988). Det har blitt observert at nedgangen i glykogen innholdet har en sammenheng med hvor lav ultimat pH blir. Akkurat hvor lenge fisken må sultes for at det skal bli en nedgang i glykogennivået er diskutert. I Esaiassen (2006) ser man en signifikant høyere muskel-pH i sultet oppdrettstorsk enn i fôret oppdrettstorsk. Muskel-pH etter 5 dager på is, for torsk sultet i hundre dager, var 6,5 mot 6,3 for fôret torsk (Esaiassen, Akse *et al.* 2006). På levendelagret loddetorsk som ble sultet i 14 dager, ble det målt muskel-pH på 7,8 ved slaktning, og videre stabiliserte den seg på 6,9 etter et par dager (Akse & Midling, 1997).

3.6 Vannbindingsevne, væsketap og vanninnhold.

Muskelens vannbindingsevne er en essensiell kvalitetsparameter både kommersielt sett og i forhold til spiseopplevelsen. Under lagring vil fileten tape væske, noe som fører til vekttap. Dette vil føre til tap i fortjeneste for produsentene. I tillegg, fileten oppleves som uappetittlig for konsumentene. Muskel med lav vannbindingsevne kan oppleves om fibrig og seig (Olsson, Olsen & Ofstad, 2003).

Torskemuskel består av cirka 80 % vann (Love & Lavéty, 1977) og vannet er tilstede i muskelen på tre ulike måter; bundet til makromolekyler, tiltrukket av andre molekyler eller i fri form. Endring i muskelcellene samt reduksjon i pH vil kunne reduserebindingen av vann og føre til drypp tap.

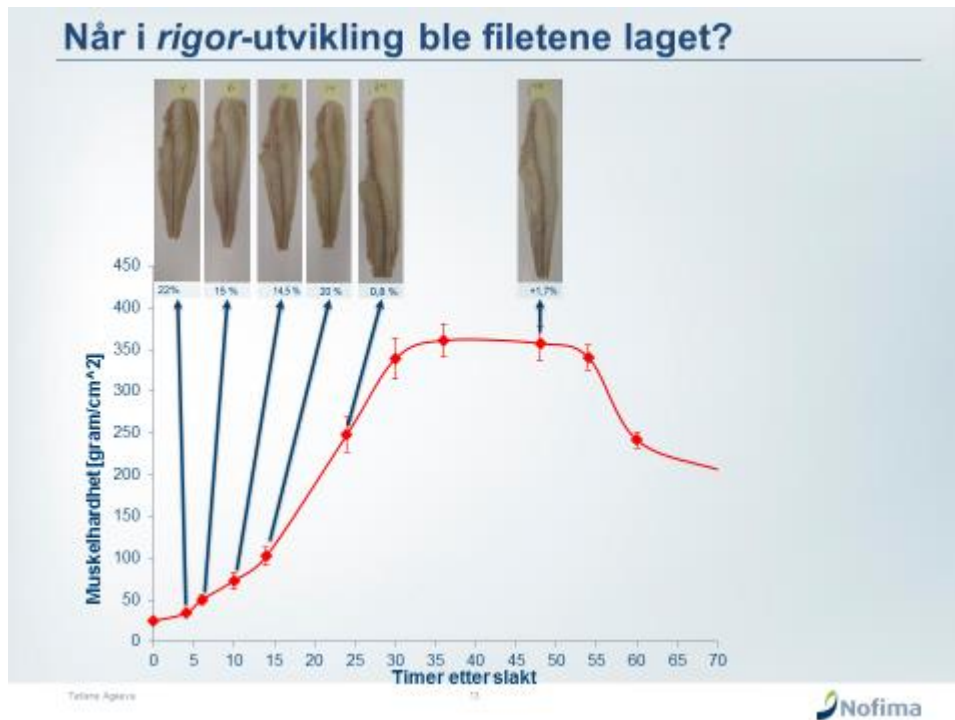
Ved dødsstivhet vil muskelfibrene trekke seg sammen, som resultat blir cellevæsken presset ut i ekstracellulært matrix og denne cellevæsken blir lett til drypptap (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005). I tillegg, påvirker pH i muskelen dens evne til å binde vann. Reduksjonen i pH påvirker strukturen i proteinene, som er svært pH sensitive siden strukturen består av svake syrer og baser. Ved pH over eller under proteinets isoelektriske punkt vil proteinene ha en nettoladning som fører til frastøtning mellom sidekjedene i proteinstrukturen. Dette gir en åpen proteinstruktur med høy vannbindingsevne. Ved det isoelektriske punktet, når nettoladningen til proteinet er nøytralt, vil frastøtningen mellom sidegruppene i proteinet vil være minimal. Det isoelektriske punktet i fiskemuskel er mellom pH 4,5 og 5,5 (Huss, 1995). Dette vil gi et kompakt protein med liten vannbindingsevne (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005). I følge Mørkøre (2005) vil sulting av oppdrettstorsk gi en økning av vannbindings evne i muskelen, mens ved kjønnsmodning av villtorsk vil vannbindingsevnen avta. I forbindelse med lagringstid vil vannbindingsevnen reduseres under lagring og det vil forkomme drypptap.

Som tidinger nevnt i kapitel 3.1 påvirker perioder med lite mat vanninnholdet i muskelen. Denne prosessen fører til en opphopning av intracellulære oppløste stoffer som gir økt vanninnhold i muskel (Guderley, Lapointe *et al.* 2003). Det har også blitt vist i forsøk av oppdrettstorsk sultet i 120 døgn (Esaiassen, Akse *et al.* 2006) og villtorsk sultet i kun 2 uker (Akse & Midling, 1997) at vanninnholdet øker gjennom en sulteperiode. Under lagring har forsøk vist at vanninnholdet i muskelen endrer seg *post mortem*. Vannbindingsevnen reduseres og det vil forekomme drypptap (Esaiassen, Nilsen *et al.* 2004).

3.7 Pre-rigor filetering og forkortning av torskefilet.

Pre-rigor filetering har blitt brukt i laksenæringen i flere år og produktene som er blitt filetert på denne måten har høy kvalitet. Ved å filetere før dødsstivheten inntreffe vil filetproduktet få en økt holdbarhet på 3-5 dager (Einen, Guerin *et al.* 2002). Dette fordi fisk som slaktes *post rigor* må ligge i 3-5 dager før de blir fileterte. Når en muskel fileteres *pre rigor* har muskelen ingen motstand ved sammentrekning, så ved å fjerne skinn og bein vil det kunne oppstå en større sammentrekning i fiskemuskel under *rigor* enn om fisken var hel under *rigorforløpet*.

At det oppstår en større sammentrekning fører til en forkorting av fileten. (Kristoffersen, Vang *et al.* 2007).



Figur 9. Sammenheng mellom filetkrymping og når under *rigorforløpet* filet blir produsert. *Rigor* utviklingen fremstilles som *post mortem* endringer i muskelhardhet på torsk som har vært sultet i 12 uker (Ageeva, 2015).

Filetkrymping kan variere av flere årsaker, eksempelvis fiskeart, fiskens næringsstatus og behandling av fisken. Fileteringstidspunktet syntes og være en avgjørende faktor for filetforkortelse. Dess tidligere i *pre rigor* fasen fisken blir filetert dess høyere energinivå er det i muskelen som i sin tur resulterer i høyere krympeprosent, se figur 9 (Ageeva, T.2016; pers. med.). Hvor stor forkortning som skjer med filet hos torsk har vist seg å variere fra 12 (Kristoffersen, Tobiassen *et al.* 2006) til 30 % (Aune, Olsen *et al.* 2014). Når fileten går ut av *rigor mortis* vil den prosentvise sammentrekningen av fileten reduseres med noen prosent (Kristoffersen, Vang *et al.* 2007).

4 Materiale og metode

Forsøket ble utført ved Norway Seafoods anlegg i Båtsfjord, og på laboratorium ved Norges fiskerihøgskole, Tromsø i perioden 29.04.15 til 10.10.15.

4.2 Råstoff

Torsk ble fanget med snurrevad av M/S Kildin LJYT i uke 18 og 26 utenfor kysten av Finnmark. Fisken ble satt i restitusjonsmerd. 2-3 dager etter levering ble cirka 160 torsk fra hvert fangsttidspunkt satt i egen merd med not-pose for videre lagring.

Første fangsttidspunkt var 28.04.15, denne fisken omtales videre som gruppe 1. Dette var en av de første gangene levende torsk ble levert til dette anlegget og det var en del problemer rundt dette. Når fisken skulle pumpes fra båt til restitusjonsmerd vred slangen seg. Pumpen ble ikke slått av og fisken ble stangende og klemt inne i røret. Etter opphold i restitusjonsmerd ble fisken ble satt i not-pose med dybde på 3 meter.

Gruppe 2- råstoff ble fanget 28.06.15. Det var annet mannskap på M/S Kildin under fangst og levering av gruppe 2. Etter opphold i restitusjonsmerd ble fisken ble satt i not-pose med dybde på 4 meter.

4.3 Slakting og filetering

For hvert fangsttidspunkt (gruppe 1 og 2) er det gjennomført 5 uttak. Det ble tatt ut cirka 16 fisk på hvert uttakstidspunkt. Det første uttaket ble utført så nært dag 0 etter fangst som mulig (ca 1 dag), mens de 4 påfølgende ble utført med 4 ukers intervall, henholdsvis 4, 8, 12, og 16 uker etter fangst.

Ved uttak ble fisken fanget med håv, bedøvet med slag til hode og avlivet ved bløgging med gjellekutt på merdkanten noen kilometer fra Norway Seafoods fiskebruk. Fisken ble lagt direkte i kar med sjøvann etter bløgging hvor de blødde ut i cirka 30 min. Karet ble heist ombord i båt og ført til bruket i Båtsfjord. Ved ankomst hos Norway Seafoods fiskebruk i Båtsfjord ble fisken lagt på is og sløyd.

Følgende biologiske parametere ble registrert:

- Lengde i cm
- Rund vekt
- Sløyd vekt
- Levervekt
- Gonadevekt
- Vekt mage/tarm
- Kjønn

Observasjoner gjort under fileteringen slik som skader, lus og mageinnhold ble også notert. Videre ble all fisk filetert og skinnnet for hånd av meg. Filetene ble individmerket, og høyre og venstre filet ble hold adskilt. Filetene ble lagret individuelt i solide plastposer, og lagt på iset i flykasse. Filetene ble sendt med fly til Tromsø og oppbevart på is inntil videre prøveuttak. På bakgrunn av de biologiske parameteren ble kondisjonsfaktor, gonadosomatisk- og hepatosomatisk indeks beregnet:

$$\text{Kondisjonsfaktor } Kr = 100 * \frac{\text{Rund vekt}}{\text{lengde}^3}$$

$$\text{Kondisjonsfaktor } Ks = 100 * \frac{\text{Sløyd vekt}}{\text{Lengde}^3}$$

$$\text{Gonadosomatisk indeks; } GSI = 100 * \frac{\text{Gonadevekt}}{\text{Rund vekt}}$$

$$\text{Hepatosomatisk indeks; } HSI = 100 * \frac{\text{Levervekt}}{\text{Rund vekt}}$$

4.4 Undersøkelser av fileter

Venstrefiletene ble analysert fem dager etter slakting/filetering, mens høyrefiletene ble analysert 10 dager etter slakting/filetering. På analysedagene ble lengde- og vektendring, drypptap og pH i filetene registret.

4.4.1 Vekttap og krymping

Vekttap og krymping av fileten ble under lagring beregnet som prosent av opprinnelig lengde og vekt.

4.4.2 Måling av muskel-pH

pH-måling ble utført med et 744 pH-meter (The Metrohm LTD, Herisau, Sveits.). pH-meteret ble kalibrert i henhold til brukermanualen før hver prøvetaking.

Muskel-pH ble målt med forskjellige metoder:

1. Stikk metode- direkte i loin-delen av fileten.
2. Modifisert Bendalls metode (Bendall,1973) –oppmalt fiskemuskel blandet med lik del 0,15 M kaliumklorid (Sigma-Aldrich, Steinheim, Tyskland)

Filetbiten ble malt opp ved bruk av food-prosessore av ulike typer (Wilfa Stavmikser, Wilfa AS, Norge; Masterchef 55, Moulinex , SEB Groupe, Frankrike; Philips Cucina, Philips as, Amsterdam, Nederland). Oppmalingstiden var omlag 45 sekunder, noe avhengig av hvilken type prosessor som ble brukt.

4.4.3 Vanninnhold i filet

Vanninnhold i muskelen ble bestemt ved å tørke 10 g kvernet muskel i varmeskap ved 105 °C i 48 timer. Totalt vanninnhold ble beregnet som differansen mellom vekten før og etter tørking. % vanninnhold ble beregnet utfra følgende formel:

$$\%vanninnhold = \frac{\text{Totalt vanninnhold}}{\text{innveid mengde muskel}} * 100$$

4.4.4 Bedømming av indre skader på filet.

For å kunne bedømme utviklingen i skader på fileten ble det konstruert en grov bedømmingsmetode.

Fileten ble klassifisert i tre ulike kategorier avhenging av skadene på hver enkelt filet;

1. Fileter uten skade.
2. Fileter med moderat skade.
3. Fileter med alvorlig skade.



Figur 10. Klassifisering av skader på torskfilet gjennom en lagringsperiode på 16 uker.

4.5 Statistiske analyser

Statistiske analyser ble utført i analyseprogrammet IBM SPSS 23 med koeffisient nivå 95% ($P=0,05$). Det ble regresjonsanalyse. De to ulike prøvegruppene ble analysert hver for seg grunnet vesentlig størrelse forskjell mellom gruppene. Gruppe 1 har en gjennomsnittsvekt på 4276 ± 1848 g mens gruppe 2 har 2475 ± 1022 g. En regresjonsanalyse undersøker sammenhengen mellom mange variabler (Johannesen,2003), i denne oppgaven ble regresjonsanalyse utført på; K-faktoren sløy og rund, gonadosomatisk indeks, hepatosomatisk indeks, pH ,vanninnhold, krymping og vektreduksjon.

Gjennomsnittsberegninger og standardavvik ble utført i Microsoft® Excel 2010, hvor det det ble laget tabeller og grafer.

5 Resultat og diskusjon

5.2 Observasjoner

5.2.1 Torsk som ikke fores spiser

Gjennom 16 uker sto gruppe 1 og 2 i merder uten å bli tilbudt fôr. Det ble observert at fisken allikevel hadde mattilgang og spiste. Ved prøvetaking hvor fisken sløydes ble mageinnholdet notert. Gruppe 1, som sto i merd fra april til august, hadde store mengder grønne alger i magen- og tarmsystemet fra uke 22 gjennom den videre lagringsperioden. Gruppe nr 2 sto i merd fra juni til oktober. Denne fisken hadde store mengder blåskjell i mage- og tarmsystemet fra uke 30 (2 uttak) og videre gjennom lagringsperioden.

Ved å ha torsk i merder stenges ikke havet ute, og prøvegruppene påvirkes fortsatt av sesongvariasjoner i havet. Gruppe 1 sto i stengsel under blomstringen av alger. Algene festet seg til notveggen, og vokste der gjennom prøveperioden. Gruppe 2 sto i merder under blomstringen av blåskjell, og fisken beitet på blåskjellene som festet seg på notveggen.

I kommersiell drift vil sannsynligvis ikke den levendelagrede torsken ha tilgang på like mye mat som i dette forsøket. Det skyldes at under dette forsøket var biomassettheten mye lavere enn ved et operativt levendelagringsanlegg. I dette forsøket sto det cirka 160 fisk i hver sin halvdel av en rund merd. Dette gav hver fisk større mulighet til å beite på det som grodde på merdkanten under lagringsperioden. Resultatet fra dette forsøket vil dermed ikke helt representativt for fullskala levendelagring. Ved første prøvetaking for begge gruppene uke ,18 for gruppe 1 og 26 for gruppe 2, var det ikke registret alger i magen til fisk i gruppe 1 eller blåskjell i magen til gruppe 2. Det kan tyde på at torsken i vill tilstand ikke spiser blåskjell eller alger og beitet kunn på dette siden det var det eneste tilgjengelig.



Figur 11. Bildet er tatt i Båtsfjord 28.10.15 av prøvegruppe 2 etter 16 uker uten fôr.

5.2.2 Indre skader

Ved levering av torsken brukt i prøvegruppe 1 var det en del komplikasjoner rundt pumpingen av fiske fra båt til lagringsmerd. Ved prøvetaking dagen etter var fisken tydelig preget av hard behandling. Ved å notere ned skader i løpe av gjennom hele prøveforløpet har dette gitt en pekepinn på hvor lang restitusjonstid torsken trenger etter fangst for å unngår skader på filet.

Tabell 1. Observerte skader på filet under prøvetakning på laboratoriet

Prøveuke	0		4		8		12		16	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Fileter uten skade, kategori 1, i %	50	73	56	100	96	93	84	94	91	100
Filet med moderat skade, kategori 2, i %	31	27	32		4	7	16	3	9	
Filet med alvorlig skade, kategori 3, i %	19		12					3		

Det er tydelig at det er gruppe 1 som har flest fileter med skader spesielt i de første prøvetakingene men så blir skadene færre. Gruppe 2 har ingen fileter med skade nivå 3 (med et unntak i uke 12), her er det samme tendens med avtagende antall skader utover prøveperioden.

Forskjellen mellom gruppe 1 og 2 viser tydelig viktigheten av god behandling av fisken. Gruppe 1 hadde en røff behandling og har derav flere skader gjennom hele lagringsperioden enn gruppe 2. I tabell 1 vises det en reduksjon i skader på filetene etter 4-til 8 uker i lagrings merd for begge prøvegruppene.

Etter observasjonen av indre skader på torsk filet, er god behandlingen av fisken fra starten av er viktig for å oppnå best mulig kvalitet. I tillegg viste observasjonene at etter 4-8 uker vil det være stor reduksjon av de alvorlige skadene på filet, og derfor kan det lønne seg å ha torsken

stående i merder i en restitusjons periode på over 4 uker for å redusere eventuelle bloduttredelser på fileten som følge av fangst.

5.2.3 Ytre skader

Det ble ikke utført en systematisk loggføring av ytre skader, men observasjoner ble notert gjennom lagringsperioden. Gruppe 1 fikk en røff, levering som er beskrevet i kapitel 4.1. Dette kan ha vært med å prege skadeforløpet gjennom lagringsperioden.

Begge gruppene stod i notposer som er brukt i kommersiell lagring av torsk. Gruppe 1 stod i notpose som var cirka 3 meter dyp mens gruppe 2 sin notpose var nærmere 4 meter dyp. Dette gjorde at fisken i gruppe 1 sto høyt i vannet og allerede i lagrings uke 22 var torsken solbrent.



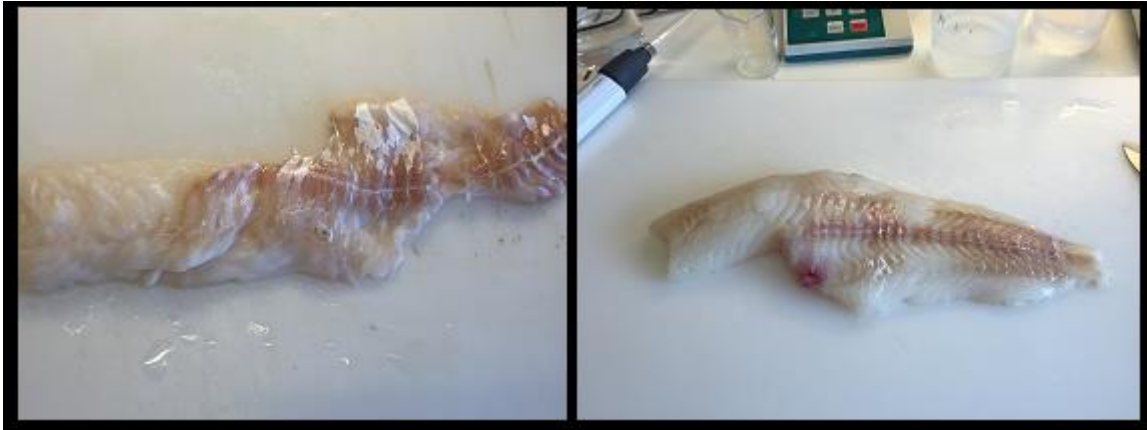
Figur 12. Skader på fisk fra prøvegruppe 1. Bilde1 ble tatt i lagringsuke 22, mens bilde 2 ble tatt i lagringsuke 26.

Denne solbrentheten var synlig på nesten alle fiskene fra gruppe 1, mens det kun var noen få i gruppe 2. Om solskadene kom på grunn av at notposen til første gruppe var 1 meter høyere oppe i vannsøylen, eller at fisken var mere sårbar fra tidligere behandling er vanskelig å si. Været i de to prøveperioden var nokså likt.

Ytre sår, som vist på bildet til høyre i figur 11 var tilstede i stor grad, gjennom hele lagringsperioden for gruppe 1. Slike skader vil gjøre det vanskelig å selge fisken sløyd og pakket på is, noe som er vanlig for levendelagret fisk. Kvaliteten på fisken vil fort oppfattes som dårlig når fisken har store sår. Vider er sår er også inngang for infeksjoner.

5.2.4 Teksturforandring i filet gjennom lagringsperiode uten fôring.

Mot slutten av lagringsperioden ble det observert endringer i muskelen for noen fiskene i begge prøvegruppene. Som vist i bildet til høyre i figur 13 er fileten til høyre melkehvit og slimete med en geleaktig konsistens.



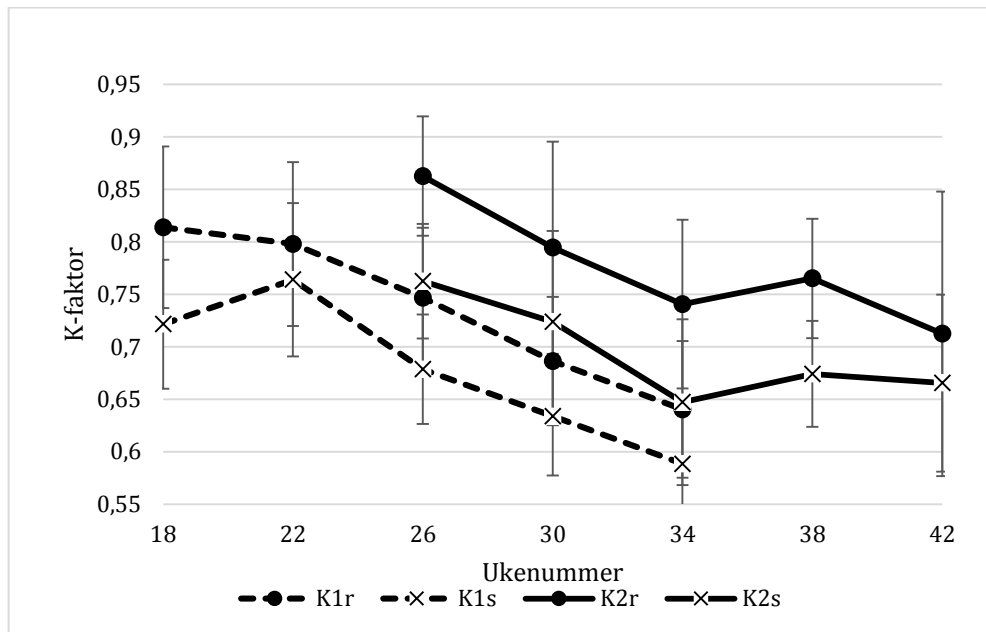
Figur13. Bilde til venstre av melkehvit og geleaktig filet fra prøvegruppe 2, etter 12 uker i lagringsmerd. For å illustrere forskjellen mellom fileten er bildet til høyre er filet fra prøvegruppe 1 etter 8 dager i merd.

De første registrerte observasjonene av denne type filet er fra gruppe 1 i uke 28, altså etter 12 uker lagring i merd. Det samme er observert i prøvegruppe 2. Denne observasjonen har også blitt gjort i et pågående forsøk som utføres av Tatiana Ageeva. Ved Nofima, hadde torsk sultet i 8 uker hadde et lavt antall slike fileter, videre hadde andelen økt fra 7 til 33 av 60 fisker geleaktig konsistens og melkehvit farge ved uttak etter 12 uker. Samme har blitt observert i sulteforsøk av torsk gjort av Nofima i 2014 som enda ikke er publisert (Ageeva, T. 2016; pers. med.)

Fellestrekkene for filetene som var i denne forfatningen i mitt forsøk var at de hadde et høyt vanninnhold i fileten cirka 84 %.

5.3 Reduksjon i kondisjon under levendelagring

Det to ulike prøvegruppene ble fanget på ulike tider av året, henholdsvis april uke 18 og juni uke 26.



Figur 14. Utviklingen av kondisjonsfaktor for rund og sløyd fisk. K(1)r: gruppe 1 rund, K(1)s: gruppe 1 sløyd, K(2)r: gruppe 2 rund, K(2)s: gruppe 2 sløyd.

Prøvegruppe 1 har en jevn nedgang i kondisjonsfaktoren (K-faktor) fra fangstuke 18 til siste prøvetakingen i uke 30. Med ett unntak for sløyd fisk K(1)s fra uke 18 til uke 22 (fra fangst til 4 uker etter lagring) hvor det er økning i K-faktor. En mulig årsakene til at K-faktoren for K(1)s var lav i uke 18 er at en del av fisken ikke var ut gyt, noe som gav en høy rund K-faktor.

Prøvegruppe 2 har en høyere K- faktor i fangstuken, uke 26, enn prøvegruppe 1 uke 18. Dette kan skyldes at det var stor forskjell i størrelsen på fiskene i de to gruppene. K-faktoren til begge gruppene er allikevel innenfor tidligere observert K-faktor for torsk som fanges med trålredskap. (Huse, Løkkeborg & Solda, 2000).

Videre i prøveperioden er det en parallell nedgang i K-faktoren hos prøvegruppe 2 frem til uke 30. I uke 30 til 42 stabiliseres K-faktoren for prøvegruppe 2. Årsaken til at K-faktor ikke avtar videre utover skyldes sannsynligvis at fisken fra uke 30 beitet på blåskjellene som vokste på notveggen.

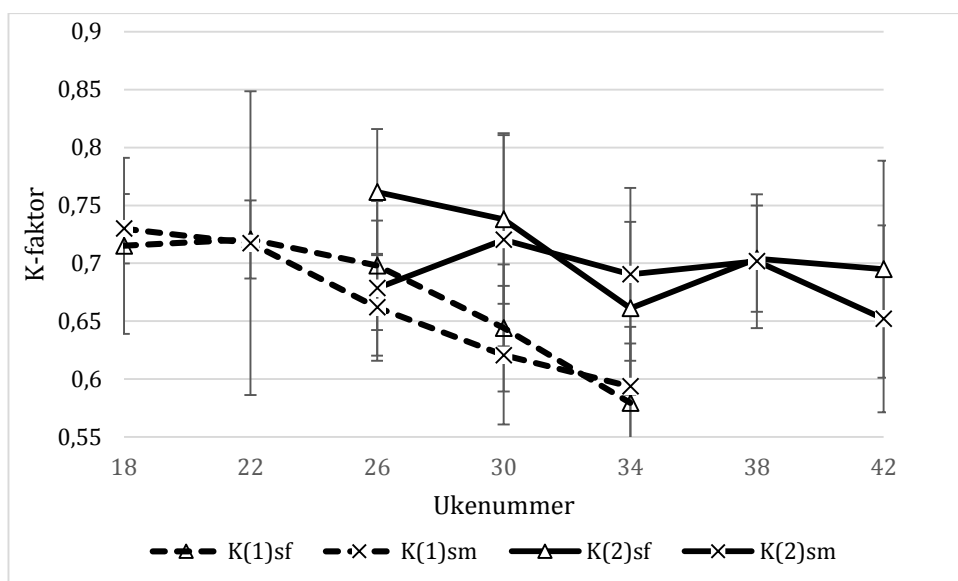
Gruppe 1 stod i merd fra uke 18 til 30 og i denne gruppen var det registrert høyt innhold av grønnalger i mage-tarmsystemet. Forsøk gjort med torskefôr viser høyes vektøkning med fôr som inneholder mye protein og fett (Morais, Bell *et al.* 2001), blåskjell har høyere fett og

proteininnhold enn alger (Matvaretabellen, 2016) noe som kan forklare nedgangen i K-faktor for gruppe 1 og stabiliseringen av k-faktor i gruppe 2.

Endringen i kondisjonsfaktoren hos torsk viser tydelig hvordan sesongvariasjoner påvirker levendelagring. Torsk som er gyteklar eller akkurat utgytt, som i prøvegruppe 1, viser tydelig dårligere kondisjon i forhold til prøvegruppe 2 som er fanget 1-2 måneder etter forventet utgyting. Videre har sesongvariasjonene i havet tydelig påvirker fisk som står i merd uten mat. Blåskjellene som blomstrer på høsten kan ha vært med på å holde K-faktor til torskene i prøvegruppe 2 stabil de siste ukene av lagringsperioden.

5.3.1 Kjønnforskjeller i reduksjon av kondisjonsfaktor

Det ble også laget figur for rund fisk sortert etter kjønn, men resultatene var så lik at kun Figur 14 blir beskrevet i den oppgaven.



Figur15. Utviklingen i Kondisjonsfaktor(K) for gruppe 1 og 2, sløyd fisk fordelt etter kjønn. K(1)rf: gruppe 1 sløyd hunn, K(1)rm: gruppe 1 sløyd hann, K(2)rf: gruppe 2 sløyd hunn, K(2)rm: gruppe 2 sløyd hann.

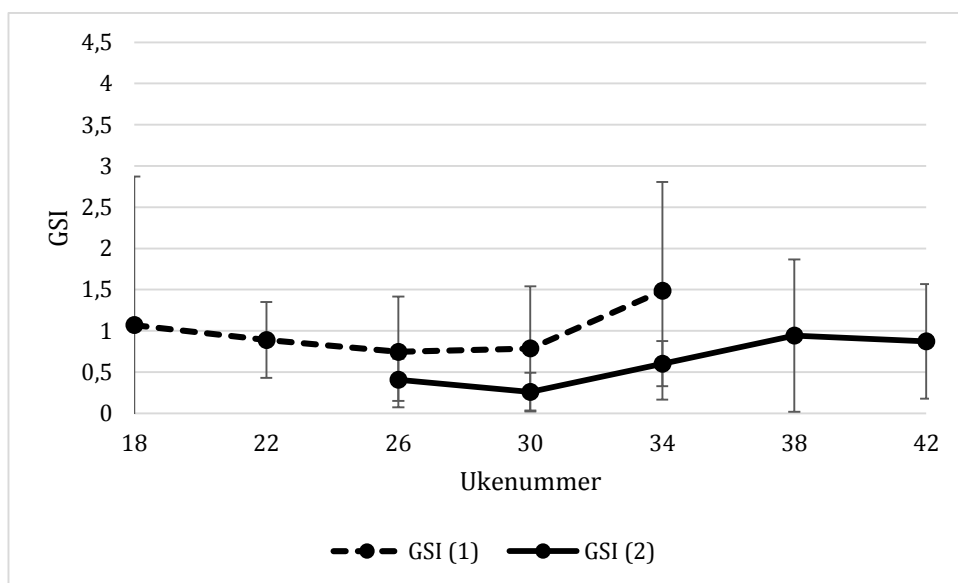
Utviklingen for gruppen 1 er relativt lik K-faktor for hunn og han fisk Det er en jevn reduksjon i k-faktoren og det veksler mellom hvem av kjønnene som har høyest verdier. Dette er også tilfelle for prøvegruppe 2. Tidligere forsøk har vist at hunnfisk tåler sulting bedre enn en hanfisk

ved å redusere gonade produksjonen slik at energilagrene ble brukt til opprettholdelse av muskelmasse (Esaiassen, Akse *et al.* 2006). Det som vises i figur 15 er at det er liten til ingen forskjell i K-faktoren hos hun- og hanfisk under lagringsperioden på 16 uker selv om de er fanget på ulike tider av året.

I regresjonsanalysen ble det undersøkt hvorvidt K-faktoren for rund- og sløyd fisk ble signifikant påvirket av variablene sultetid og kjønn. Det er kun sultetiden påvirket K-faktor for begge gruppene (både rund og sløyd) signifikant, ($p=0,05$) for. Beta-verdien var negativ (Vedlegg I) slik at ved økt sultetid reduseres K-faktoren. Adjusted R-square verdien, beskriver hvor stor andel av endringen i K-faktor som forklares av overnevnte variabler, kjønn og sultetid forklarte henholdsvis 45% (rundfisk) og 38% (sløyd fisk) av endringen i K-faktor for gruppe 1, mot 10% (rundfisk) og 12% (sløyd fisk) i gruppe 2.

5.4 Endringer i gonadosomatisk indeks (GSI) gjennom levendelagringsperioden

Torsken påvirkes av gonadeutviklingen på flere områder i form av kvalitet på kjøttet og fiskes kondisjon og også når den skal legge ut på vandring. Undersøkelsen av GSI skulle gi en pekepinn på hvordan torsk påvirkes av å levendelagret uten fôring i ulike perioder av året.



Figur 16. Utviklingen i gonadosomatisk indeks (GSI) for prøvegruppe 1 (GSI(1)) og 2(GSI(2)) gjennom 16 lagringsuker.

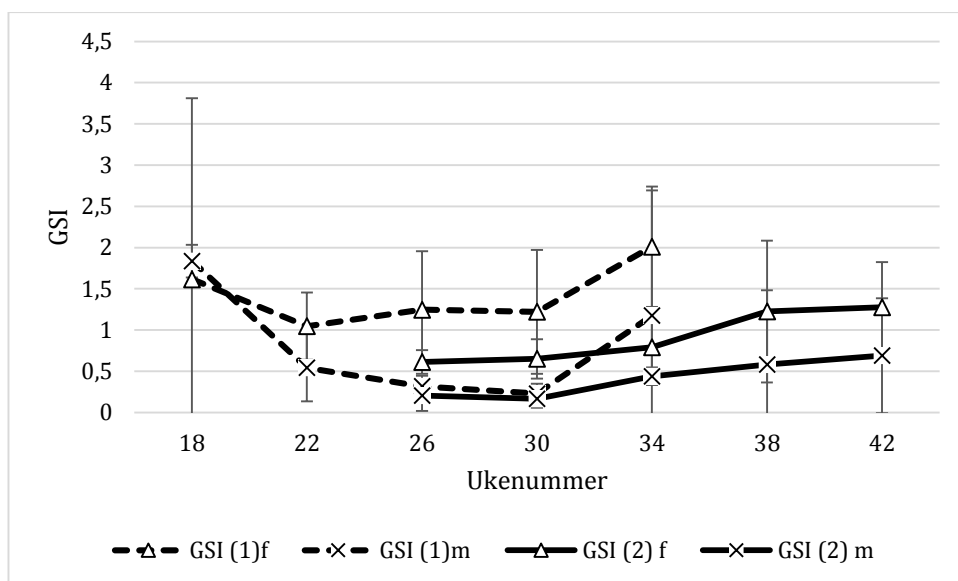
Figur 16 viser at gruppe 1 har en svak nedgang i GSI gjennom prøveperioden og frem til uke 30. Etter 8 ukers lagring fra fangststuden (uke 26) fram til 16 ukers lagring (uke 34) stiger GSI verdien jevnt til 1,5.

Gruppe 2 har en lavere GSI en gruppe 1 gjennom lagringsperioden. Videre er det svak nedgang i GSI til uke 30 hvor den så stiger fram til uke 38 hvor den stagnerer rund 0,8.

At gruppe 1 har høyere GSI ved fangst i forhold til gruppe 2 er forventet, da noen av fisken som ble tatt ut i uke18 var ikke enda ut gytt og dette gir store individuelle forskjeller i gruppe 1. Dette er forventet siden fisken gyter fra januar til april og antagelig noe senere for Finnmark. At begge gruppene har en økning av GSI fra uke 30 kan tyde på at torsken starter og produsere gonader i juli, noe som er litt tidligere enn antatt.

Gjennom hele prøveperioden er GSI for gruppe 1 større enn for gruppe 2. Dette kan skyldes den store størrelses forskjell på de to gruppene.

5.4.1 Kjønnforskjeller i gonade utvikling



Figur 17. Utvikling av gonadosomatisk indeks (GSI) for prøvegruppe 1 og 2 fordelt etter kjønn. GSI(1)f: gruppe 1 hun, GSI(1)m: gruppe 1 han, GSI(2)f: gruppe 2 hun, GSI(2)m: gruppe 2 sløyd han.

Det var ingen kjønnsspesifikke forskjeller i GSI for prøvegruppe 1 uke 18. Utover de neste 4 ukene av lagringsperioden hadde hanfiskene større GSI reduksjon sammenlignet med hunnene. Mellom uke 22 til uke 30 stabiliserer GSI for begge kjønn. I midlertidig, økte GSI fra 0,2 til 1,2 hos hannen og fra 1,2 til 2 for hunnen.

Grunnen til høy GSI ved fangst for gruppe 1 er beskrevet i kapitlet over. Det at GSI stabiliserer seg etter uke 22 er og forvente etter at fisken er ferdig utgytt. Stigningen i GSI i siste lagringsperiode kan bety at torsken begynner å produsere gonader. Noe som er litt tidligere enn antatt men som her vist seg å variere mellom individer (Dutil, Lambert & Chabot, 2003).

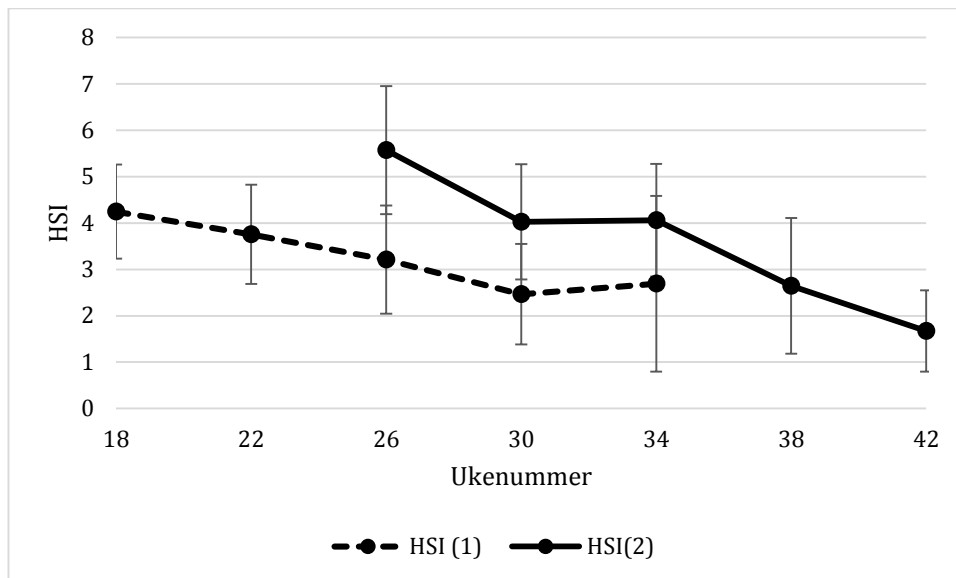
Prøvegruppe 2 har lavere GSI i fangst uke 26 enn prøvegruppe 1. Han fisk i uke 30 og 34 har nesten ikke gonader i det hele tatt. Utviklingen gjennom lagringsperioden er en svak stigning gjennom 16 uker, hvor hunfisk i gjennomsnitt har 0,5 høyere GSI enn hanfisk.

Forskjellen på kjønn og gonadeutvikling gjennom en lagringsperiode uten mat er til stede. Trenden i dette forsøket er at hunfisk har større gonader gjennom den delen av året undersøkt i dette forsøket. Størrelsesforskjellen mellom gruppene kan forklare hvorfor gruppe 2 har lave GSI verdier.

Når GSI ble testet hvorvidt den ble påvirket signifikant av sultetid, kjønn, lengde og vekt, viste analysen at kjønn var signifikant ($p=0,005$) for begge prøvegruppene. Kjønn er en nominal verdi det vil si at den er fast og at den ikke kan avta. I denne analysen er hunfisk 0 og hanfisk 1. Betaverdien for kjønn var negativ altså når antall hunner øker, øker GSI. For prøvegruppe 2 var i tillegg sultetid signifikant variabel, med en positiv Betaverdi, altså når sultetiden øker, øker GSI. Det er dog usannsynlig at sulting øker GSI. Økingen skyldes etter all sannsynlighet sesong, og den tilsynelatende økingen grunnet økt sultetid skyldes at perioden strakk seg ut i en periode hvor gonader dannes. Endringen i GSI kan forklares med 12% for gruppe 1 og 49% for gruppe 2 med overnevnte variabler (vedlegg I).

5.5 Reduksjon av hepatosomatisk indeks (HSI) hos levendelagret torsk.

I følge Black og Love (1986) og Guderley (2003) vil torsk som sulter forbruke leverlipidene først under en sulteperiode. I figur 18 vises leverindeksen for gruppe 1 og 2 gjennom levendelagringsperiode på 16 uker.



Figur 18. Hepatosomatisk indeks (HSI) for prøvegruppene 1, HSI 1 og 2, HSI 2.

Gruppe 1 har en leverindeks på 4,3 i uke 18, og utover sulteperioden er det en jevn nedgang i HSI fram til uke 30. Fra uke 30 til 34 stabiliserer HSI seg rundt 2,7.

Gruppe 2 har en HSI på 5,7 i uke 26, og utover sulteperioden er det en jevn nedgang til uke 42. HSI for gruppe 2 går fra 5,7 i uke 26 til 1,7 i uke 41.

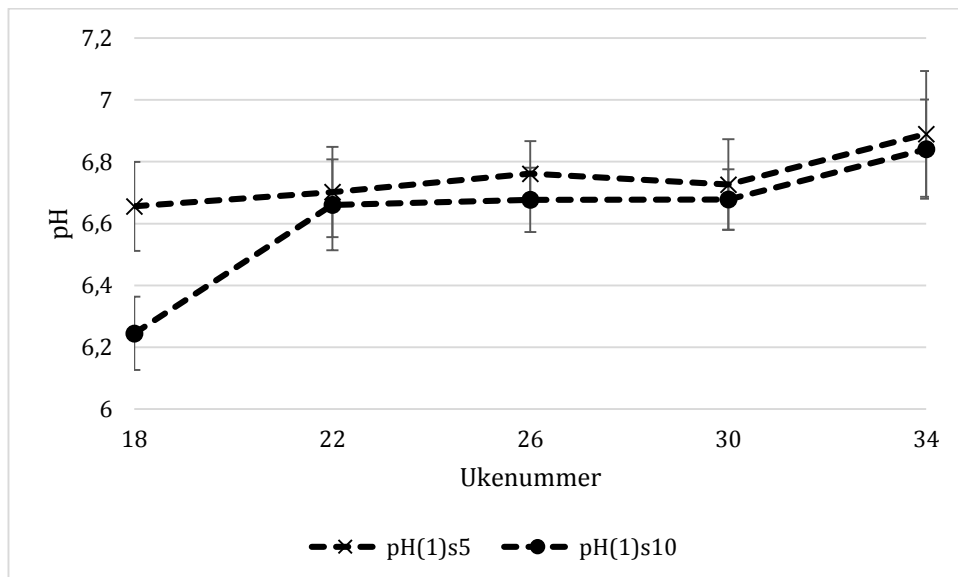
Når de to prøvegruppenes HSI sammenlignes er nedgangen ganske lik. I fangstuke har prøvegruppe 2 høyere HSI enn i prøvegruppe 1. Dette kan tyde på at prøvegruppe 1 var i slutten av en gytesyklus ved fangst og derav har en lavere leverindeks. Torsk som er gyteklar eller akkurat har gytt har ofte en lavere HSI grunnet økt energiforbruk ved gonadeproduksjon (Idler & Bitners, 1960). En annen grunn til forskjellen i HSI for prøvegruppe 1 og 2 ved fangst kan være menneskelig svikt. Norway Seafoods i Båtsfjord startet med levendelagring av torsk våren 2015. Det var levert bare en levering med torsk til anlegget før torsken som ble prøvegruppe 1 i denne oppgaven. Flere av arbeiderene som jobbet i teamet på levendelagringsanlegget var nye i jobben. Så ved avliving av torsken i prøvegruppe 1 ble bløggingen litt ujevn. Noen av strupeskjæringen ble for langt nede på fisken og deler av leveren ble hengende ut. Dette førte til at leveren delte seg opp og vekten av leveren ble registret som lavere enn den egentlig var.

I etter 12 ukers lagring har begge gruppen nesten lik HSI på 2,6, og mens prøvegruppe 1 stabiliserer seg på dette nivået fortsetter prøvegruppe 2 og synke ned til 1,6. Sammenlignet med tidligere forsøk hvor HIS har blitt observert er HSI nivåer i dette forsøket veldig lave for torsk (Dutil, Lambert & Chabot, 2003). Som betyr at energiresursene til torsken i forsøket var lave.

I regresjonsanalysen av HSI ble følgende variablene rund vekt, lengde, kjønn og sultetid testet for å undersøke hvorvidt de var signifikant. Analysen viste at sultetid og rundvekt var signifikante variabler ($p=0,05$) for begge prøvegruppene. Betaværdien var negativ for begge variablene, det vil si at ved økt sultetid og rundvekt reduseres HSI. For gruppe 2 var også lengde signifikant variabel med negativ Betaværdi, som betyr at ved økt lengde reduseres HSI. De testede variablene forklarte henholdsvis 32% for gruppe 1 og 61% for gruppe 2.

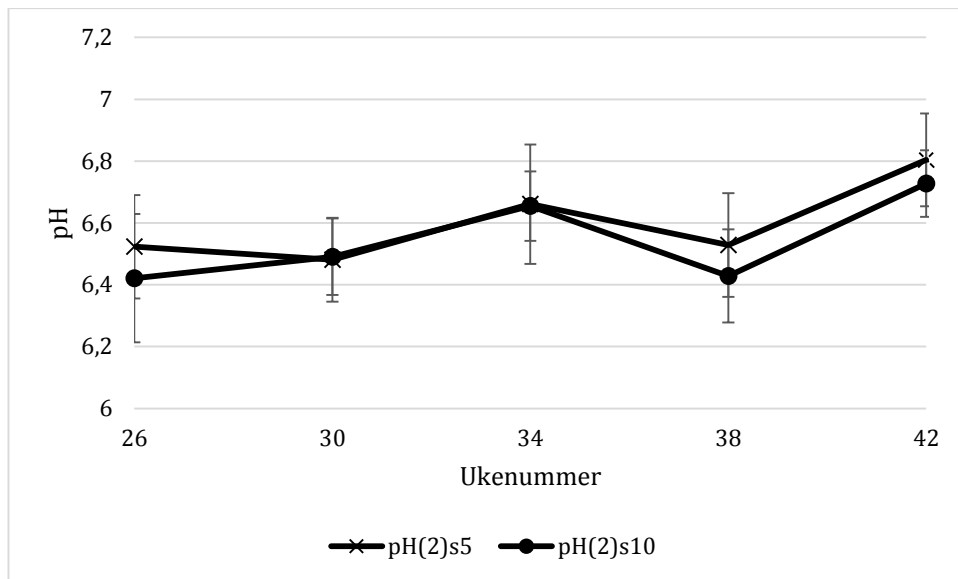
5.6 Måling av muskel-pH

Det ble utført to typer måling av muskel-pH. En måling ble gjort direkte i fileten med en stikkelektrode og den andre målingen ble gjort i oppmalt muskel tilsatt 1,5 M KCL. Disse to målemetodene viste så like resultater at kun stikkelektrode er vist i resultat og diskutert.



Figur 19. pH målt med stikkelektrode i fileten av prøvegruppe 1 etter 5 (x) og 10 (•) dager på is.

Figurene viser at muskel-pH, målt etter både 5 og 10 dager, stiger utover i lagringsperioden både for fisk i gruppe 1 (Figur 19) og gruppe 2 (Figur 20)



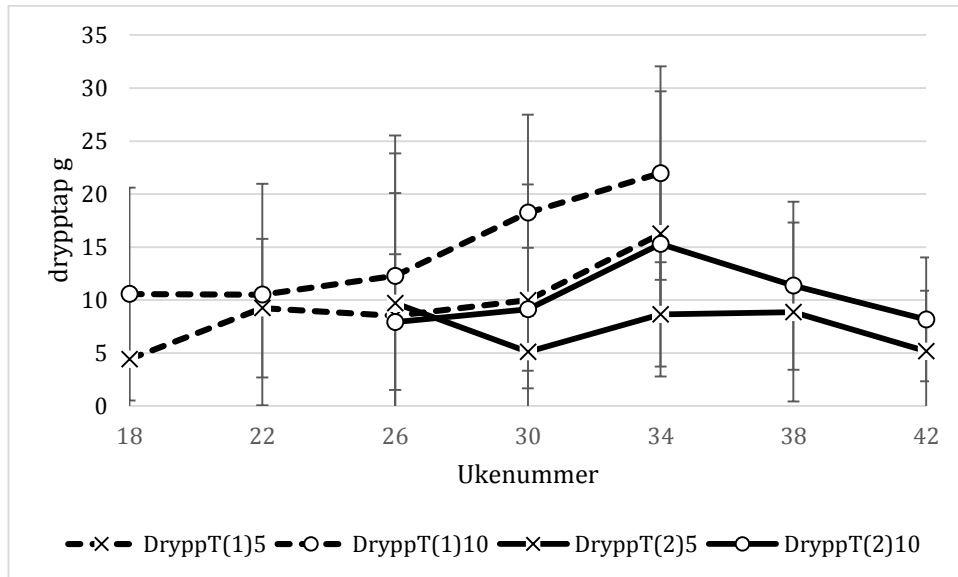
Figur 20. pH målt med stikkelektrode i filet av prøvegruppe 2(2) etter 5 (×) og 10 (•) dager lagret på is.

Muskel-pH utvikler seg likt selv om gruppene har vært fanget og lagret på forskjellige tider av året, og selv om det er en betydelig størrelses forskjell på fisken i de to ulike prøvegruppene. Ut i fra disse prøvene ser det ut til at det er perioden med lite mat som påvirker muskel-pH. Dette stemmer overens med funn gjort av Esaiassen *et.al* (2006) hvor det ble registrert at sultet oppdretts torsk hadde høyere muskel-pH enn fôret fisk. Også ved sulting av loddetorsk gjort av (Akse, Kristiansen *et al.* 2008) viser at fileter skåret av sultet råstoff (både post- og pre-rigor) hadde høyere pH enn fisk som ikke var sultet.

I regresjonsanalysen av muskel-pH for gruppe 1 og 2 etter 5 og 10 dagers lagring ble sultetid, kjønn, K-faktor sløyd og vanninnhold testet for å se hva som påvirket muskel-pH signifikant. Analysen viste at vanninnholdet er en signifikant variabel ($p=0,05$) for gruppe 1 etter 5 dager og for gruppe 2 etter 5 og 10 dager. Beta-verdien for vanninnhold er positiv slik at økt vanninnhold gir økt muskel-pH. Når det gjelder økt vanninnhold og muskel-pH er det mest sannsynlig at de forekommer samtidig grunnet mangel på mat og ikke at de påvirker hverandre signifikant. For gruppe 1 etter 10 dager var sultetid og K-faktor sløyd signifikat variabel ($p=0,05$). Beta-verdien for sultetid og K-faktor sløyd er positiv slik at økt sultetid og K-faktor gir økt muskel-pH.

Overnevnte variabler viste at endringen i muskel-pH kan forklares med 24% for gruppe 1 etter 5 dager, 55% for gruppe 1 etter 10 dager, 34% for gruppe 2 etter 5 dager og 26% for gruppe 2 etter 10 dager.

5.7 Drypptap fra filet lageret i 5 og 10 dager.



Figur 21. Drypptap i gram for gruppe 1 og 2, etter 5 (×) og 10 (o) dager lagret på is. DryppT(1)5: gruppe 1 etter 5 dager, DryppT(1)10: gruppe 1 etter 10 dager, DryppT(2)5: gruppe 2 etter 5 dager, DryppT(2)10: gruppe 2 etter 10 dager.

Drypptapet i starten av hver lagringsperiode er lik uavhengig av størrelsesforskjellen og tiden på året fisken var fanget. Videre skjer det en økning i drypptapet for gruppe 1 gjennom lagringsperioden. Gruppe 2 har en økning i drypptap fram til uke 34 (8 ukers lagring), mens det videre er en nedgang i målt drypptap. En mulig forklaring kan være mattilgangen, at fisken fikk beite på blåskjell i denne perioden. K-faktoren for sløyd fisk var stabil i denne perioden hvor drypptapet avtar/stabiliserer.

Begge gruppene har høyere drypptap etter 10 dagers lagring sammenlignet med 5 dager. I flere forsøk gjort tidligere er det vist en sammenheng mellom lav pH og vannbindingsevne grunnet mere denaturering av proteiner ved lavere pH (Kristoffersen, Vang *et al.* 2007). Dette stemmer overens med målingen av muskel pH i figur 19 og 20 hvor pH var lavere for fileter etter 10 dager og høyere drypptap etter 10 dager. Forskjellen i drypptapet mellom gruppen skyldes også størrelses forskjellen mellom gruppene.

I regresjonsanalysen for drypptap ble pH, vanninnhold, sultetid og vekttap testet for hvorvidt de var signifikante. I analysen av gruppe 1 etter 5 dager var sultetid og pH signifikant, hvor betaverdien for sultetid er positiv slik at økt sultetid gir økt drypptap. I motsetninger til Betaverdien for pH som er negativ dermed lav pH gir økt drypptap. For drypptapet i gruppe 1 etter 10 dager var sultetid signifikante variable og økt sultetid gir økt drypptap. For gruppe 2 var det ingen av variablene signifikante (Vedlegg I)

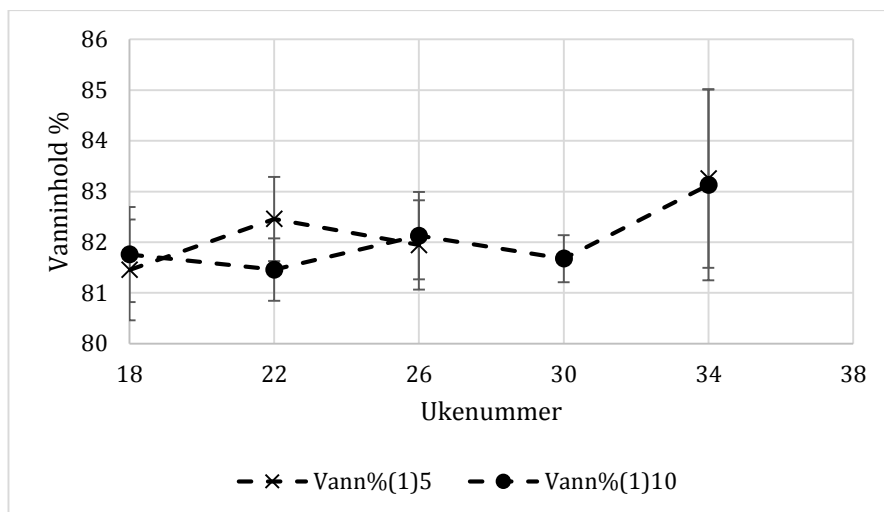
Endringen i drypptap kan forklares med 14% for gruppe 1 etter 5 dager, 18% for gruppe 1 etter 10 dager, 3 % for gruppe 2 etter 5 dager og -0,5 % for gruppe 2 etter 10 dager med overnevnte variabler

5.8 Prosentvis vanninnhold i filet under lagringsperioden.

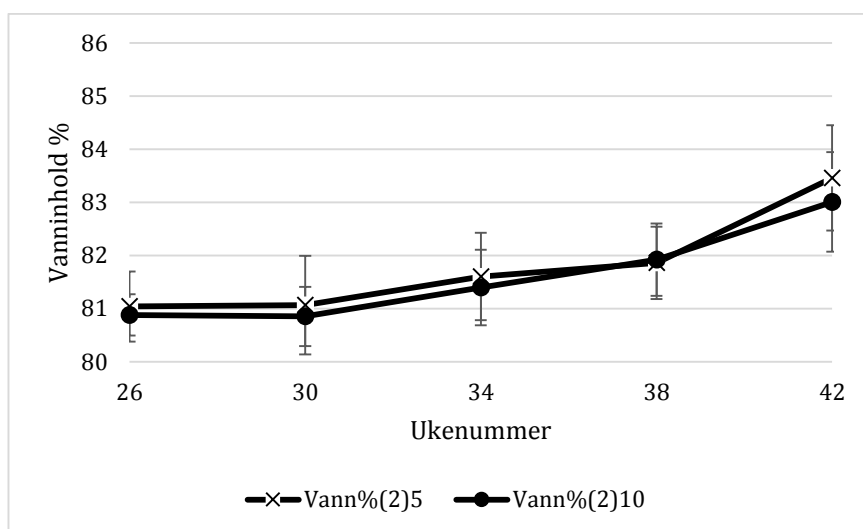
For se på vanninnholdet i filet ble det tørket oppmalt torskemuskel etter 5 og 10 dager på is. Figur 22 viser vanninnholdet for gruppe 1, mens figur 23 viser vanninnholdet for gruppe 2. For gruppe 1 mangler det en måling av vanninnholdet etter 5 dager i uke 30. Det skyldes et arbeidsuhell.

Det er ingen synlige forskjeller i vanninnholdet i filetene innad i gruppene etter 5 og 10 dager. Dette er også vist i Kristoffersen *et.al* (2007) sitt forsøk hvor det er liten eller ingen forskjell i vanninnholdet under lagringstiden på is.

Når enn ser på utviklingen i vanninnholdet i muskelen gjennom levendelagringsperioden for de ulike gruppene er resultatet ganske likt. Begge gruppen har like verdier i starten av prøveperioden henholdsvis uke 18 og 26 og gjennom 16 lagringsuker øker vanninnholdet jevnt i fiskemuskel. Dette har også blitt observert i andre sultforsøk gjort av Esaiassen *et.al* (2006) og Akse *et.al* (1997) hvor det er en økning i Vanninnhold under sulting av loddetorsk og oppdrettstorsk. Med disse resultatene kan vi se tegn som tyder på i at det er perioder uten mat som først og fremst påvirker vanninnholdet i torskemuskel. Og at andre variabler som størrelse og sesong ikke spiller en like stor rolle for vanninnholdet.



Figur 22. Vanninnhold i prosent av filet fra prøvegruppe 1, lagret på is i 5 (x) og 10 dager (•)

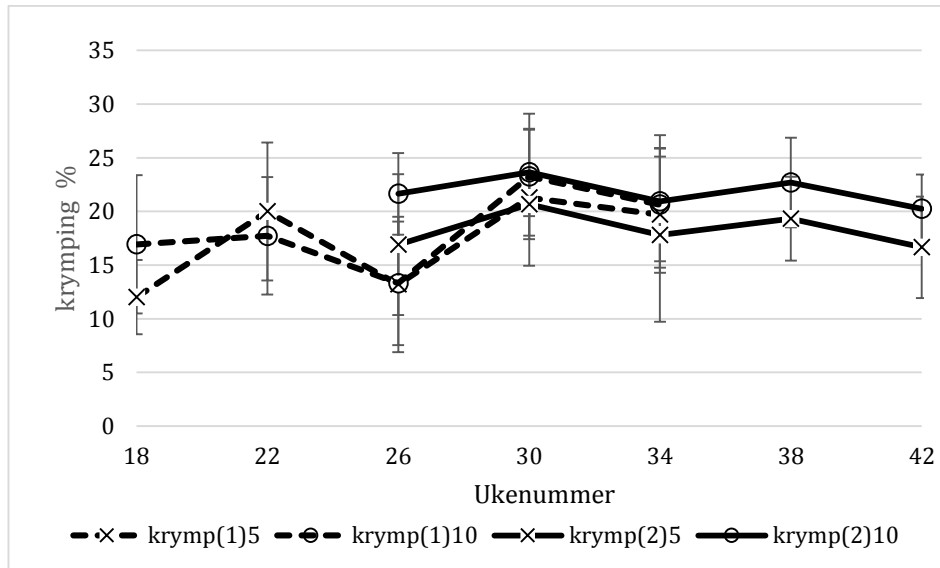


Figur 23. Vanninnhold i prosent av filet fra prøvegruppe 2, lagret på is i 5 (x) og 10 dager (•).

I regresjonsanalysen av vanninnhold i filetene ble sultetid, kjønn, pH og vekttap undersøkt om hvorvidt de var signifikante. Analysen viste at muskel-pH er en signifikant variabel ($p=0,05$) for gruppe 1 etter 5 dager. Beta verdien for muskel-pH var positiv slik at økt pH gir økt vanninnhold. For gruppe 1 etter 10 dager var det ingen signifikante variabler. For vanninnhold i gruppe 2, både 5 og 10 dager, var sultetid og pH er signifikante variabler ($p=0,05$). Beta verdien for sultetid og pH er positiv slik at økt sultetid og pH gir økt vanninnhold. Som nevnt i kapittel 5.4.1 er mer trolig at økt muskel-pH og vanninnhold forekommer samtidig som en effekt av perioden uten mat enn at den ene påvirkes av den andre.

Sultetid, kjønn, pH og vekttnap påvirket endringen i vanninnhold med henholdsvis 23% for gruppe 1 etter 5 dager, 8% for gruppe 1 etter 10 dager, 53 % for gruppe 2 etter 5 dager og 57% for gruppe 2 etter 10 dager.

5.9 Krymping av filet under lagring.



Figur 24. Viser krymping av filetene både fra gruppe 1 og 2. Krympingen ble målt på venstrefiletene etter 5 dager og på høyrefiletene etter 10 dager på is.

Vist i figur 24 krymper fileten i gruppe 1 et sted mellom 7 og 27 prosent etter lagring på is. Det varierer om det fileten som har lagt på is i 5 dager eller 10 som har krympet mest. Gjennom prøveperioden er det en svak økning i krymping av fileten.

Gruppe 2 har en jevn krympeprosent gjennom hele prøveperioden på et sted mellom 10 og 26 prosent. I denne gruppen er det høyere krympeprosent for fileter lagret på is i 10 dager enn de som kun var lagret i 5 dager.

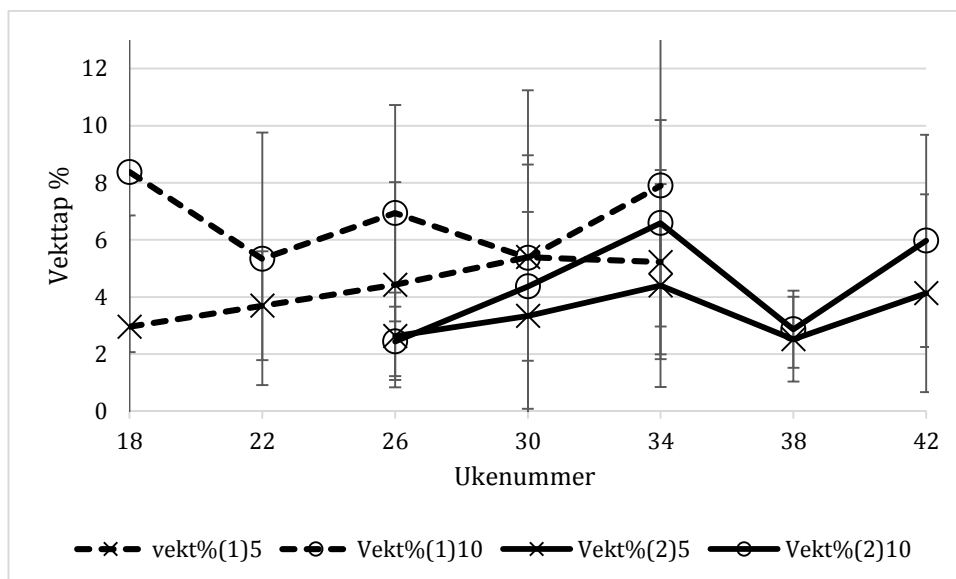
Krympeprosenten for gruppe 1 varierer mere en i gruppe 2. Årsaken til dette kan være tidspunktet for filetering. Fileteringen av prøvegruppe 1 tok lengre tid enn prøvegruppe 2, grunnet at jeg ble trent og raskere underveis i forsøket. Fileteringen skulle utføres *pre rigor* men noen av fisken gikk delvis i *rigor mortis* under fileteringen. Som vist i kapittel 3,7er det svært avgjørende for krympingen når i *pre rigorfasen* fileteringen er utført. Forklaringen på de store avvikene i krympingen innad i hver gruppe kan skyldes de ulike tidspunktene for filetering.

Det var forventet en høy krympeprosent grunnet *per rigor* filetering og forventingen ble innfridd. En krympeprosent fra 7- til 27 % innad i begge gruppen, noe som har blitt observert tidligere for *pre rigor* fileterte torskefileter (Kristoffersen, Tobiassen *et al.* 2006. Kristoffersen, Vang *et al.* 2007. Aune, Olsen *et al.* 2014) .

Hva som faktisk var signifikant for kryping ble testet med variablene pH, kjønn, K-faktor sløyd og sultetid i regresjonsanalysen. Signifikat for gruppe 1 etter 5 var muskel-pH og K-faktor sløyd. Betaverdien for muskel pH er negativ og K-faktor er positiv. Slik at lavere pH gir økt krympeprosent og økt K-faktor gir økt krympeprosent. For gruppe 1 etter 10 dager var det kunne k-faktor sløyde som var signifikant variabel. Og i motsetning til filet lagret i 5 dager var betaverdien negativ. Det vil si at reduksjon i K-faktor gir lavere krympeprosent. pH, kjønn, K-faktor sløyd og sultetid forklarer henholdsvis 17% etter 5- og 13 % etter 10 dagers lagring. At K-faktor sløyd er positiv for en gruppe og negativ for den andre kan tyde på at det er noe annet som påvirker krympingen av fileten som ikke ble testet i denne analysen. Det ble ikke registret noe fileterings tidspunkt for fileten i noen av gruppene. Dette har vist seg å være en viktig variabel for filetkrymping fra andre forsøk.

Analysen for gruppe 2 fikk ingen signifikante variabler og Adjusted R-Square verdiene var så lave at det variablene som ble testet hadde veldig lite å si for endringen i filetkrympingen, henholdsvis 3% etter 5- og 0,2 % etter 10 dager.

5.10 Vekttap i prosent gjennom lagringsperioden.



Figur 25. Samlet vekttap i prosent av prøvegruppe 1(1) og 2(2) etter 5 og 10 dager lagret på is.

Gruppe en har 1 har et høyere vekttap for filet lagret på is i 10 dager enn 5 dager. I første prøveuke er det stor spredning på vekttapet i forhold til hvor mange dager de har vært lagret. For filet lagret i fem dager er det en stigning i prosentvis vekttap i motsetning til filet lagret etter 10 dager ser ut til å variere mer.

Prøvegruppe 2 har et lavere vekttap i de første prøveukene enn prøvegruppe 1 fram til prøveuke 34. Fra prøve uke 34 varierer vekt tapet ut resten av prøveperioden.

Trenden for begge prøvegruppen er at filet lagret i 10 dager har høyere vekt tap en filet lagret i 5 dager. Vekttapet i fiskefilet under lagring er stort sett vann. Det var en lavere pH i filet etter 10 dager (figur 19 og 20) noe som igjen førere til høyrer drypp tap noe som vises i figur 20. Dette støtter oppom tidligere forsøk som viser økt vekt tap ved lagring på is. At sultetid skal ha hatt en innvirkning på vekttapet er vanskelig å tolkes ut ifra dette forsøket. Men at det er en forskjell mellom de to prøvegruppen er tydelig.

I regresjonsanalysen for prosentvis vekttap ble kjønn, sultetid, krymping og pH testet for hvorvidt de var signifikante. I analysen av gruppe 1 etter 5 dager var sultetid og pH signifikant, hvor betaverdien for sultetid er positiv slik at økt sultetid gir økt vekttap. I motsetninger til betaverdien for pH som er negativ dermed lav pH gir økt vekttap. For vekttapet i gruppe 1 etter 10 dager og gruppe 2 etter 5 dager var det ingen signifikante variabler. For gruppe 2 etter 10

dager var det kun krymping som var signifikant variable med negativ Beta verdi som betyr reduksjon i krymping gir økt vekttap.

Endringen i vekt kan forklares med kun 4% for gruppe 1 etter 5 dager, -0,2 % for gruppe 1 etter 10 dager, 2 % for gruppe 2 etter 5 dager og 13% for gruppe 2 etter 10 dager med overnevnte variabler. Mest sannsynlig er det noe annet som på virker vekttapet i fileten en det som har blitt undersøkt i denne oppgaven, ved senere forsøk burde andre variabler vurderes.

6 Konklusjon

Resultatene i oppgaven viste at kondisjonsfaktoren, K-faktor, for torsk som ikke føres reduseres betydelig i løpet av lagringsperioden på 16 uker, samtidig som vanninnholdet og pH i muskelen øker. Det var ikke bare sultetiden som påvirket fiskens K-faktor, når på året fisken var lagret påvirket også K-faktoren. Fisk lagret på sensommeren fikk mulighet til å beite på blåskjell noe som påvirket K-faktoren til å stabilisere seg for prøvegruppe to de siste lagringsukene. Dette kan tyde på at det er mere gunstig å lagre fisk fra sommeren av slik at det ikke vil være en like stor reduksjon i K-faktoren. Uavhengig av tilgangen på naturlig åte var fisken mager etter 12 ukers lagring. Fra prøvetaking etter 12 uker i merd ble det observert flere fisker med endret muskel tekstur. Fileten fra disse fiske var unormalt melkehvite og en slimete konsistens. Det ble målt høyt vanninnhold i disse filetene.

Leverindeksen, HSI, til begge gruppen synker jevnt gjennom lagringsperioden uavhengig av beitingen på blåskjell som utartet seg i gruppe 2. Ut fra resultatene i denne oppgaven er det ikke er mulig å si om det er en noen forskjell i nedgangen på leverindeksen etter når fisken er fanget på året. Dette skyldes at det var stor størrelsesforskjell på gruppene, samt at utrent personell i starten av oppgaven medførte tap av lever. Gonadeutviklingen påvirkes ikke av sulteiden, og utviklingen av gonader skjedde fra uke 30 for begge gruppene. Dette tyder på at sesongvariasjonen i fiskens biolog spiller en langt større rolle enn lagringstiden med lite mat.

Det ble også undersøkt om drypptap fra fileter ble påvirket av fiskens sultetid. Det ble ikke funnet sammenhenger mellom drypptap og levendelagringstid, det var kun fileten lagringstid på is som var en påvirkende faktor. Observasjoner gjort av skader gjennom prøveperioden vise at bloduttredelser i muskelen som følge av hardhendt behandling under fangst og levering avtar drastisk etter lagring i 4-8 uker i merd. Øvrige ytre skader på fisken, som for eksempel sår og øyeskader, ikke avtok ikke med lagringstiden.

7 Referanser

- Ageeva, T (2015) Kvalitetsendringer på kortidslagret fisk. Foredrag under «FoU-samling om levendefangst, levendelagring og produksjon av levendefanget råstoff», Nofima, Tromsø 2. desember 2015.
- Ageeva, T (2016) personlig meddelelse pr mail, 3. mai 2016
- Akse, L., Kristiansen, F., Tobiassen, T., Dahl, R., Eilertse, G. (2008). Sulting av pre rigor filetering av loddetorsk, Effekt på filetspalting drypptap og holdbarhet. Rapport 19/2006. Nofima, Tromsø.
- Akse, L. og Midling, K.Ø. (1997). Live capture and starvation of capelin cod (*Gadus morhua* L.) in order to improve the quality. In *sefood from producer to consumer, integrated Approach to Quality* (Luten, J. B., et al eds), pp. 47-58. Elsevier Science B.V.
- Amlacher, E. (1961). Rigor mortis in fish. *Fish as food* 1, 385-409.
- Aune, T. F., Olsen, R. L., Akse, L., Ytterstad, E., Esaiassen, M. (2014). Influence of different cold storage temperatures during the Rigor mortis phase on fillet contraction and longer-term quality changes of Atlantic cod fillets. *LWT-Food Science and Technology* 59, 583-586.
- Bendall, J. (1973). «Postmortem changes in muscle.» *The structure and function of muscle* 2(Part 2), 244-309.
- Black, D. og Love, R. M. (1986). The sequential mobilisation and restoration of energy reserves in tissues of Atlantic cod during starvation and refeeding. *Journal of Comparative Physiology B-Biochemical Systemic and Environmental Physiology* 156, 469-479.
- Bremner, H. A. og Hallett, I. C (1985). Muscle fiber-connective tissue junctions in the fish blue grenadier (*Macruronus novaezelandiae*). A scanning electron microscope study. *Journal of food science* 50, 975-980.
- Cappeln, G. og Jessen, F (2001). Glycolysis and ATP degradation in cod (*Gadus morhua*) at subzero temperatures in relation to thaw rigor. *LWT-Food Science and Technology* 34, 81-88.
- Dreyer, B., Nøstvold, B. H., Heide, M., Midling, K. Ø., Tobiassen, T., Wilhelmsen, K. Aas, K (2006). Fangstbasert akvakultur–status, barrierer og potensial. Rapport (2006/19). Fiskeriforskning
- Dutil, J.-D., Lambert, Y., Chabot, D. (2003). «Winter and spring changes in condition factor and energy reserves of wild cod compared with changes observed during food-deprivation in the laboratory.» *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* , 780-786.
- Einen, O., Guerin, T., Fjæra, S.O., Skjervold, P.O. (2002). «Freezing of pre-rigor fillets of Atlantic salmon.» *Aquaculture* 212, 129-140.
- Esaiassen, M., Akse, L., Joensen, S. Midling, K. Ø, Tobiassen, T., Wilhelmsen, K., Aas, K (2006). Sulting av oppdrettstorsk. Rapport 26/2006 . Fiskeriforskning, Tromsø
- Esaiassen, M., Nilsen, H., Joensen, S., Skjerdal., T., Carlenhog, M., Eilertsen, G., Gundersen, B., Elvevoll, E (2004). “Effects of catching methods on quality changes during storage of cod (*Gadus morhua*).” *LWT-Food Science and Technology* 37, 643-648.
- Eskin, N. M. og Shahidi, F. (2012). *Biochemistry of foods*, Academic Press.
- Foegeding, E. A., Lanier, T. C., Hultin, H. O. (1996). Characteristics of edible muscle tissues. *Food chemistry* 3, 879-942. Marcel Dekker Inc., New York, USA.
- Forskrift om fangstbasert akvakultur, Forskrift av 15 desember 2014.
- Forskrift om utøvelse av fisket i sjøen kap. XVIII, Forskrift av 22. desember 2004.
- Forskrift om krav til fartøy som skal fiske og føre fangsten levende, Forskrift av 22. desember 2005.
- Forskrift om tiltak som krever tillatelse fra Kystverket, Forskrift av 3. desember 2009.

- Guderley, H., Lapointe, D., Bedard, M., Dutil, J-D. (2003). Metabolic priorities during starvation: enzyme sparing in liver and white muscle of Atlantic cod, *Gadus morhua* L. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 135, 347-356.
- Haard, N. F. (1992). Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food Research International* 25, 289-307.
- Huff-Lonergan, E. & Lonergan, S. M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat science* 71, 194-204.
- Huse, I., Løkkeborg, S., Soldal, A. V. (2000). Relative selectivity in trawl, longline and gillnet fisheries for cod and haddock. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 57, 1271-1282.
- Huss, H. H. (1995). Quality and quality changes in fresh fish. FAO fisheries technical paper. No 348. FAO, Rome.
- Idler, D. og Bitners, I. (1960). Biochemical Studies on Sockeye Salmon During Spawning Migration.: IX. Fat, Protein and Water in the Major Internal Organs and Cholesterol in the Liver and Gonads of the Standard Fish. *Journal of the Fisheries Board of Canada* 17, 113-122.
- Ingolfsdottir, S., Steffansson, G., Kristbergsson, K. (1998). Seasonal Variations in Physicochemical and Textural Properties of North Atlantic Cod (*Gadus morhua*) Mince. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 7, 39-61.
- Isaksen, B., Midling, M. Ø. (2009). Fangstbasert akvakultur på torsk- en håndbok. Nofima, Tromsø.
- Johannesen, A. (2003). Introduksjon til SPSS 4. Abstrakt forlag, Oslo.
- Kristoffersen, S., Tobiassen, T., Esaiassen, M., Olssosn, G. B., Godvika, L. A., Seppola, M. A., Olsen, R. L. (2006). Effects of pre-rigor filleting on quality aspects of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture research* 37, 1556-1564.
- Kristoffersen, S., Vang, B., Larsen, R., Olsen, R. L. (2007). Pre-rigor filleting and drip loss from fillets of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture research* 38, 1721-1731.
- Lambert, Y. og Dutil, J-D. (1997). Can simple condition indices be used to monitor and quantify seasonal changes in the energy reserves of cod (*Gadus morhua*)? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54, 104-112.
- Love, R. M. (1988). The food fishes: their intrinsic variation and practical implications. Farrand Press, London, UK. pp. 161-180.
- Love, R. M. & Lavéty, J. (1977). Wateriness of white Muscle: A comparison between cod (*Gadus morhua*) and jelly cat (*Lycichthys denticulatus*). *Marine Biology* 43, 117-121.
- Matvaretabellen(2016) Hentet 27. april 2016:
<http://www.matvaretabellen.no/>
- Martinez, I., Olsen, R. L., Nilsen, H., Soerensen, N. K. (1997). Seafood: Fulfilling market demands. *Outlook on agriculture* 26, 107-114.
- McCue, M. D. (2010). Starvation physiology: reviewing the different strategies animals use to survive a common challenge. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 156, 1-18.
- Mello, L. og Rose, G. (2005). Seasonal cycles in weight and condition in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) in relation to fisheries. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 62, 1006-1015.
- Michalsen, K., Johannesen, E. Bogstad, B. (2008). Feeding of mature cod (*Gadus morhua*) on the spawning grounds in Lofoten. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 65, 571-580.

- Morais, S., Bell, J. G., Robertson, D. A., Roy, W. J., Morris, P. C. (2001). Protein/lipid ratios in extruded diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.): effects on growth, feed utilisation, muscle composition and liver histology. *Aquaculture* 203, 101-119.
- Mørkøre, T. (2005). Produktkvalitet i Oppdrett av Torsk- Næring med framtid (Otterå,H.,et.al. eds.) pp.153-162. Norsk Fiskeoppdrett AS, Bergen.
- Olsen, R. L. (2007). Lipidkjemi, med vekt på fisk. Tromsø, Universitetet i Tromsø
- Olsen, R. L. (2015). Forelesning i næringsmiddelkjemi. Tromsø, Universitetet i Tromsø
- Olsson, G. B., Ofstad, R. Olsen, R. L. (2003). Post-mortem structural characteristics and water-holding capacity in Atlantic halibut muscle. *LWT-Food Science and Technology* 36, 125-133.
- Rekordhøy levendelagring i 2015 (2016) Hentet 8. mars 2016:
<http://nofima.no/nyhet/2016/01/rekordhoy-levendelagring-i-2015/>
- Ricker, W. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 191.
- Robergs, R. A., Ghiasvand, F. Parker, D. (2004). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 287, R502-R516.
- Råfisklagets statistikkbank (2015) Hentet 2.mars 2016:
<http://www.rafisklaget.no/portal/page/portal/NR/PrisogStatistikk/Statistikkbank>
- Schwalme, K. og Chouinard , G. (1999). Seasonal dynamics in feeding, organ weights, and reproductive maturation of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in the southern Gulf of St Lawrence. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 56(3): 303-319.
- Skjervold, P. O. (2002). Live-chilling and pre-rigor filleting of salmonids: technology affecting physiology and product quality, Ph.D Theses. Agricultural University of Norway.
- Skreitokt(2015) Hentet 15. mars 2016 :
http://www.imr.no/skreitokt/om_arten
- Small, J. V., Furst, D. O., Thornell, L. E. (1992). The cytoskeletal lattice of muscle cells. *European Journal of Biochemistry* 208, 559-572.
- Solberg, C., Hegli, S., Skaanevik, G. Å., Solberg, T. (2001). Seasonal variations in cod. *Proceedings of the 30th WEFTA Plenary Meeting.*
- Stewart, W. og Fleming, L. W. (1973). Features of a successful therapeutic fast of 382 days duration. *Postgraduate medical journal* 49, 203-209.
- Sørensen, N. K., Tobiassen, T., Midling, K. Ø., Akse, L. (2005). Oppdrettstorsk- føring,vekst og kvalitet. Rapport fra en produksjonssyklus, 2003-2004, hos Storfjord torsk AS, Skibotn. Fiskeriforkning, Tromsø.
- Takama, K., Love, R. M., Smith, G. L.(1985). Selectivity in mobilisation of stored fatty acids by maturing cod, *Gadus morrhua* L. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry* 80, 713-718.
- Widmaier, E. P., Strang, K. T., Raff, H. (2006). *Vander's human physiology: the mechanisms of human body function.* New York: McGraw-Hill.
- Widmaier, E. P., Strang, K. T., Raff, H. (2010). *Vander's Human Physiology: The Mechanism of Body Function .* New York, NY: McGrawHill.

8 Vedlegg

VEDLEGG I Tabell viser resultatet fra den Lineære regresjonsanalysen.

Avhengig variabel	Forsøksgruppe	Uavhengig Variabel	P-verdi	Beta	Adjusted R-square
HSI	1	Kjønn	0,537	0,063	0,318
		Lengde	0,053	-0,708	
		Sultetid	0,000	-0,442	
		Rund vekt	0,025	0,804	
HSI	2	Kjønn	0,530	0,046	0,613
		Lengde	0,018	-0,576	
		Sultetid	0,000	-0,633	
		Rund vekt	0,001	0,824	
GSI	1	Kjønn	0,002	-0,372	0,118
		Lengde	0,918	0,043	
		Sultetid	0,298	0,141	
		Rund vekt	0,880	0,060	
GSI	2	Kjønn	0,000	-0,388	0,492
		Lengde	0,528	0,172	
		Sultetid	0,000	0,375	
		Rund vekt	0,339	0,261	
K-faktor-R	1	Kjønn	0,270	-0,097	0,451
		Sultetid	0,000	-0,658	
K-faktor-R	2	Kjønn	0,588	-0,056	0,204
		Sultetid	0,000	-0,472	
K-faktor-S	1	Kjønn	0,431	-0,074	0,384
		Sultetid	0,000	-0,615	
K-faktor-S	2	Kjønn	0,893	-0,015	0,144
		Sultetid	0,000	-0,409	
Krymping av filet, 5 dager på is	1	pH	0,030	-0,254	0,173
		Kjønn	0,467	-0,079	
		K-faktor S	0,006	0,411	
		Sultetid	0,365	0,125	
Krymping av filet, 5 dager på is	2	pH	0,067	-0,246	0,027
		Kjønn	0,154	0,168	
		K-faktor S	0,560	-0,075	
		Sultetid	0,744	0,045	
Krymping av filet, 10 dager på is	1	pH	0,702	-0,064	0,128
		Kjønn	0,994	-0,001	
		K-faktor S	0,016	-0,370	
		Sultetid	0,627	0,101	

Krymping av filet, 10 dager på is	2	pH Kjønn K-faktor S Sultetid	0,302 0,148 0,981 0,691	-0,054 0,170 0,003 -0,136	0,002
pH etter 5 dager på is	1	Sultetid Kjønn K-faktor S Vanninnhold	0,067 0,670 0,840 0,020	0,311 0,051 -0,031 0,307	0,243
pH etter 5 dager på is	2	Sultetid Kjønn K-faktor S Vanninnhold	0,667 0,642 0,207 0,000	0,056 -0,045 -0,136 0,504	0,338
pH etter 10 dager på is	1	Sultetid Kjønn K-faktor S Vanninnhold	0,000 0,849 0,009 0,268	0,866 -0,016 0,277 0,094	0,551
pH etter 10 dager på is	2	Sultetid Kjønn K-faktor S Vanninnhold	0,487 0,912 0,300 0,010	0,108 0,011 -0,117 0,407	0,258
Vanninnhold etter 5 dager på is	1	Kjønn Sultetid pH Vekttap	0,776 0,156 0,011 0,105	-0,034 0,200 0,351 0,199	0,228
Vanninnhold etter 5 dager på is	2	Kjønn Sultetid pH Vekttap	0,950 0,000 0,000 0,509	0,005 0,520 0,358 -0,054	0,534
Vanninnhold etter 10 dager på is	1	Kjønn Sultetid pH Vekttap	0,848 0,247 0,243 0,758	0,022 0,195 0,196 0,036	0,079
Vanninnhold etter 10 dager på is	2	Kjønn Sultetid pH Vekttap	0,745 0,000 0,005 0,327	0,026 0,639 0,254 -0,080	0,572
Vekttap etter 5 dager på is	1	Kjønn Sultetid Krymping pH K-faktor S	0,970 0,023 0,430 0,043 0,764	-0,004 0,383 -0,102 -0,264 0,045	0,039
Vekttap etter 5 dager på is	2	Kjønn Sultetid Krymping pH K-faktor S	0,545 0,220 0,272 0,865 0,225	0,074 0,173 -0,139 -0,024 0,163	-0,016

Vekttap etter 10 dager på is	1	Kjønn Sultetid Krymping pH K-faktor S	0,930 0,683 0,107 0,321 0,203	0,010 -0,090 -0,208 -0,176 -0,212	0,020
Vekttap etter 10 dager på is	2	Kjønn Sultetid Krymping pH K-faktor S	0,639 0,154 0,002 0,547 0,676	0,052 0,183 -0,354 0,075 0,051	0,127
Drypptap etter 5 dager på is	1	pH Vann Sultetid Vekttap	0,079 0,565 0,000 0,036	-0,263 -0,083 0,545 -0,277	0,179
Drypptap etter 10 dager på is	1	pH Vann Sultetid Vekttap	0,017 0,537 0,000 0,588	-0,400 -0,076 0,619 -0,063	0,140
Drypptap etter 5 dager på is	2	pH Vann Sultetid Vekttap	0,119 0,325 0,339 0,218	0,231 0,176 0,155 0,147	0,035
Drypptap etter 10 dager på is	2	pH Vann Sultetid Vekttap	0,741 0,262 0,931 0,786	-0,048 -0,215 0,016 0,036	-0,005