



UIT

NORGES
ARKTISKE
UNIVERSITET

Norges fiskerihøgskole - Fakultet for biovitenskap, fiskeri og økonomi

Kvalitet av vedlikeholdsfôret levendelagret torsk sultet i opptil 12 uker.

Nicklaes Damkær Thomsen

Masteroppgave i Fiskeri- og havbruksvitenskap (60 stp)

Mai 2017



Kvalitet av vedlikeholdsfôret levendelagret torsk sultet i opptil 12 uker.

Nicklaes Damkær Thomsen

Masteroppgave i Fiskeri- og havbruksvitenskap (60 stp)

Norges fiskerihøgskole,
Fakultet for biovitenskap, fiskeri og økonomi,
Norges arktiske universitet

og
Nofima



Tromsø, mai 2017

Forord

Denne masteroppgaven ble gjennomført ved fakultetet for biovitenskap, fiskeri og økonomi ved Norges fiskerihøgskole (UiT). Arbeidet med denne masteroppgaven markerer slutten på en spennende, utfordrende og lærerik femårig utdanning i fiskeri- og havbruksvitenskap. Torsken som ble brukt i denne oppgaven ble finansiert gjennom Nofima og prosjektet CATCH-2, arbeidspakke 2. Det er flere personer som fortjener en takk for sin hjelp og støtte i arbeidet med denne oppgaven.

Først og fremst vil jeg gi en stor takk min hovedveileder, professor Ragnar L. Olsen ved UiT, for fremragende og konstruktiv veiledning. Hans bidrag med sin kunnskap, tålmodighet og erfaring har vært inspirerende og til stor hjelp underveis i arbeidet.

Jeg ønsker å takke min biveileder ved Nofima, seniorforsker Silje Kristoffersen, for hennes bidrag å støtte. Hennes veiledning til oppsett og utførelse av forsøk, samt hennes gode humør har gjort utførelsen av arbeidet mye lettere. Jeg vil også takke Tatiana Ageeva for hennes hjelp og råd med alt fra laboratoriearbeid til statistikk. Videre fortjener alle ansatte ved Nofima, avdeling sjømatindustri en personlig takk for all hjelp og rådgivning jeg har fått.

Takk til fiskeri- og havbruksvitenskap kull 2012, og spesielt mine medstudenter på mastergradsrommene A-360 og A-356 for mental støtte, gode råd, mye latter og fine stunder i en hektisk tid.

Takk til min kjæreste Julie, for all kjærlighet, råd og motivasjon som du har gitt meg under studietiden. Spesielt vil jeg takke deg for den oppmuntring og disiplin som du har gitt meg i den siste tiden med oppgaveskriving, det har betydd utrolig mye for meg. Til slutt vil jeg takke min familie for den støtten jeg har fått gjennom studietiden, både mentalt og økonomisk. Uten dere hadde det vært mye vanskeligere å gjennomført studiet.

Nicklaes Damkær Thomsen

Sammendrag

For Norge og det norske folk har torskefiskeriet alltid vært en viktig næring. Dagens marked «oversvømmes» av torsk i årets første 4 måneder, og prisene på torsk er relativt lave i denne perioden. Et uttalt mål i Næringa er å kunne produsere ferske torskeprodukter gjennom hele året. Gjennom prøving og feiling har Næringa lært at ved å fange og lagre torsk levende i merder vil sesongen kunne forlenges. Denne forlengelsen vil føre til at produksjonen også vil kunne planlegges på en mer nøyaktig måte, og langsiktige avtaler om levering av ferskt råstoff kan inngås. Denne oppgaven er skrevet i samarbeid med Nofima som er i gang med et prosjekt kalt CATCH-2, som er et forskningsprosjekt hvor formålet er å oppnå den maksimale bærekraftige verdien av vill Atlantisk torsk basert på levendelagring.

Hensikten med denne masteroppgaven var å undersøke hvordan ernæringsstatus og en sulteperiode påvirker holdbarhet og kvalitet på filet av levendelagret torsk. I tillegg skulle det undersøkes hvilke lagringsbetingelser som var optimale. Resultatene i oppgaven viste at K-faktor (kondisjonsfaktor), leverindeks (HSI), filetutbytte og proteininnhold i muskel blir redusert i løpet av en 12 ukers sulteperiode. Det var imidlertid bare filetutbytte og sløyd K-faktor som ble signifikant redusert. Muskelens ultimate pH og vanninnhold økte gjennom sulteperioden. Gonadeindeksen (GSI) steg signifikant gjennom forsøksperioden, og produksjonen av gonader forsterket effekten sultingen hadde på torsken.

Det ble også undersøkt hvordan ulike lagringsbetingelser påvirket kvalitet til filet hos slik levendelagret torsk, sultet i 5, 34, 61 og 90 dager. Disse endringene i kvalitet ble undersøkt både ved kjemiske og sensoriske analyser. Drypptap i muskelen ble mer påvirket av hvilken lagringsmetode som ble benyttet enn antall dager torsken var sultet. Det ble observert at TVN-innhold i muskel (totalt flyktig nitrogen) økte raskere gjennom lagringsperioden desto høyere kjøletemperatur filetene lå lagret på. Resultatene viste at torsk kan lagres i opptil 12 dager hvis den lagres i is. Dersom slik temperatur er uoppnåelig vil kvaliteten være dårligere og holdbarheten være kortere.

Summary

To Norway and the Norwegian people the cod fisheries have always been an important industry. Today's market is «flooded» by cod in the first quarter of the year, and during this period the prices are relatively low. This is due to the great seasonal fluctuations in the access of cod, and the white fish industry wants to find a solution for this problem. Through trying and failing the industry has experienced that the cod-season can be prolonged by catching and storing cod alive. This means that production of fresh cod products can be planned more accurately, and long term delivery deals can be made. This thesis is written in cooperation with Nofima. Nofima is currently working on a project called CATCH-2, which is a scientific project where the purpose is to obtain the maximum sustainable value of wild Atlantic cod based on live-storage.

The main aim of this thesis was to study how nutritional condition and starvation affect the quality of fillets from live-stored cod. In addition the aim was to study which storage conditions were optimal. The results showed that K-factor (condition factor), liver index (HSI) fillet yield and protein content in the muscle were all reduced during a 12 week starvation period. However, only the gutted K-factor and fillet yield were significantly reduced. The ultimate pH and water content in the muscle were observed to increase. The gonad index (GSI) rose considerably during the period of the study, and the production of gonades was not affected by the starvation the way starvation affected the other physiological parameters such as K-factor and HSI.

It was also studied how different storage conditions affected the quality of such live stored cod, starved in 5, 34, 61 and 90 days. These changes in quality was studied by both chemical and sensory analysis. The results showed that drip loss was more affected by the storage conditions than starvation. It was also observed that TVN (total volatile nitrogen) increased faster through the storage period at higher cooling storage temperatures. The results also showed that cod can be stored up to 12 days if the fillets are stored in ice. Periods at cold room temperatures resulted in a shorter storage life.

FORKORTELSER

FBA - FANGSTBASERT AKVAKULTUR

GSI - GONDOSOMATISK INDEKS

HSI - HEPATOSOMATISK INDEKS

HCl - SALTSYRE

H₂SO₄ - SVOVELSYRE

K-FAKTOR - KONDISJONSFAKTOR

MgO - MAGNESIUMOKSID

NH₃ - AMMONIAKK

NH₄⁺ - AMMONIUM

TMA - TRIMETYLAMIN

TMAO - TRIMETYLAMINOKSYD

TVN (TVBN) - TOTALT FLYKTIG NITROGEN

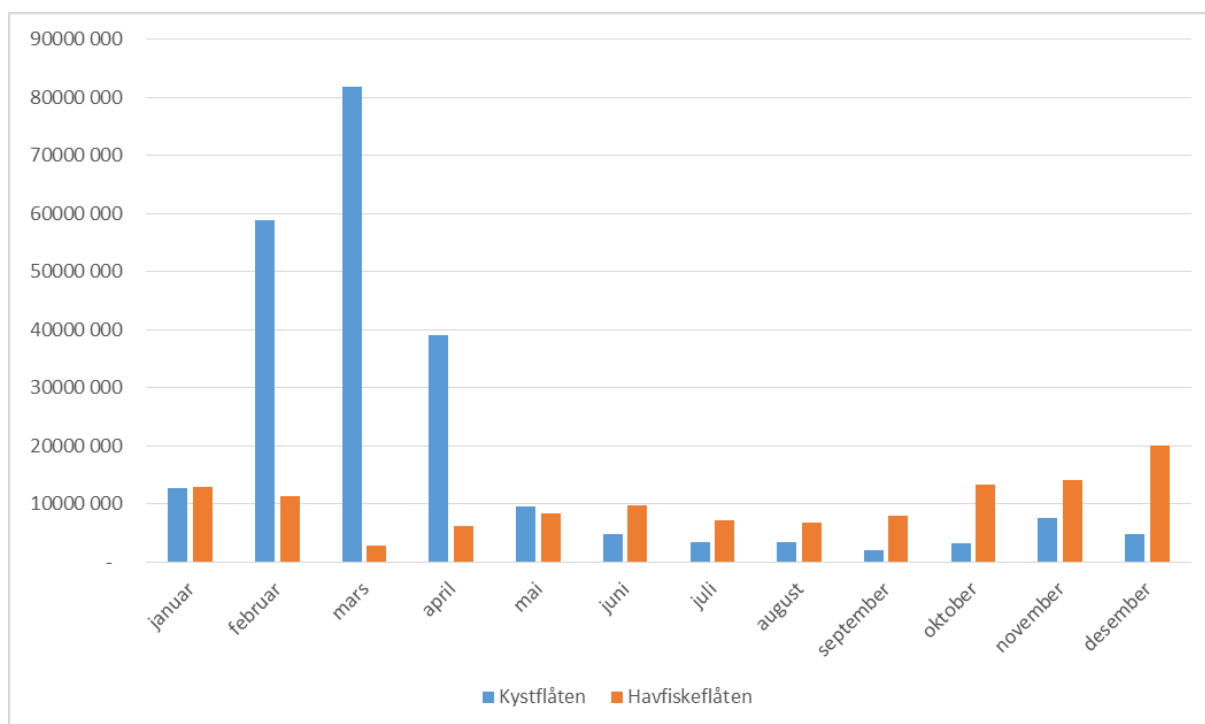
Innhold

1	Introduksjon.....	1
2	Bakgrunn	3
2.1	Levendelagring og FBA	3
2.2	Sesongvariasjon hos torsk	5
2.3	Sulting av torsk.....	9
2.4	Muskelstruktur og <i>rigor mortis</i> hos fisk.....	9
2.5	Muskel-pH.....	13
2.6	Væsketap i fiskemuskel.....	14
2.7	Filetspalting	16
2.8	Kvalitet	17
2.8.1	Sensorisk analyse.....	17
2.8.2	Kjemisk analyse.....	17
3	Materialer og metoder.....	19
3.1	Råstoff	19
3.2	Slakt og filetering	19
3.3	Sensorisk analyse	22
3.4	Kjemiske analyser	24
3.4.1	Opparbeiding av prøvemateriale	24
3.4.2	Proteininnhold	24
3.4.3	TVN-analyser	24
3.4.4	Vanninnhold	25
3.4.5	Måling av ultimat muskel-pH.....	25
3.5	Statistiske analyser	26
4	Resultater	27
4.1	Biologisk råstoffdata	27
4.2	Totalt flyktig nitrogen (TVN).....	28
4.3	Protein- og vanninnhold	31
4.4	Ultimat pH.....	33
4.5	Sensorisk analyse	33
5	Diskusjon.....	40
6	Konklusjon.....	45
	Referanseliste	46

1 Introduksjon

Norsk sjømatnæring er viktig for norsk økonomi, og er grunnlaget for store deler av bosetningen langs kysten vår. På grunn av landets lange kystlinje har befolkningen langs kysten alltid hatt ressurser i form av fisk rett utenfor husdøra. Av alle fiskeartene som fanges kommersielt er torskene av de viktigste. I 2015 ble det fisket ca. 481.000 tonn torsk, som utgjorde en verdi på 6,8 milliarder kroner (Råfisklaget, 2016).

Norsk torskefiske omsetter årlig for store verdier, men torskens vandringsmønster og biologi gjør at tilgangen på ferskt råstoff av god kvalitet utsettes for store sesongbaserte svingninger. Under gytevandringen til nordøstarktisk torsk (*Gadus morhua* L.) migrerer den fra Barentshavet i nord og ned langs norskekysten, hovedsakelig til Lofoten og Vesterålen for å gyte. Denne vandringen skjer hovedsakelig i månedene januar-april, og størstedelen av torskefangsten skjer i disse månedene (figur 1).



Figur 1: Kvantum torsk (kg rund vekt) levert på sluttseddel pr måned gjennom 2016 for kyst- og havfiskeflåten. Data hentet fra Råfisklagets statistikkbank (Råfisklaget, 2016).

Sesongsvingningene i torskebestanden langs kysten fører til en «oversvømmelse» i markedet, noe som fører til lavere priser i årets fire første måneder. Tradisjonelt har en løsning på denne

sesongtoppen vært å produsere konvensjonelle produkter, det vil si saltfisk, klippfisk og tørrfisk. Et overordnet mål i norsk fiskerinæring er å kunne selge ferske produkter av torsk jevnt gjennom året. Produsenter i hvitfisknæringen har på grunn av varierende leveranser av torsk, i tillegg til sesongvariasjoner, problemer med å planlegge produksjon og legge langsiktige planer og avtaler med hensyn til salg av ferske torskeprodukter. Dette, i tillegg til at torskefisket varer i noen få måneder i året, gjør det problematisk å ha faste ansatte gjennom et helt år, og permisjoner og oppsigelser i hvitfisknæringen er derfor vanlige. Dette fører til mye utskiftning av personalet, noe som igjen ofte fører til økonomiske kostnader i form av opplæring for bedriften, og sosial og økonomisk usikkerhet for de ansatte. Hvitfisknæringens løsning på disse problemene kan være fangstbasert akvakultur, heretter forkortet FBA, og levendelagring. Gjennom FBA vil produsenter av hvitfisk kunne planlegge produksjonen samt kunne inngå langsiktige leveringsavtaler (Dreyer, *et al.*, 2006). FBA vil derfor kunne generere en økonomisk vekst i hvitfisknæringen, i tillegg til å forlenge sesongen på det allerede anerkjente produktet «fersk norsk torsk». Dagens regelverk sier at torsk kan stå i lagringsmerd i 4 uker før de skal tilbys fôr. Det er tidligere erfaringer fra levendelagring som er grunnlag for denne regelen. Torsk har vanskelig for å ta til seg formulert tørrfôr, og derfor er det vanligst å fôre med lodde og sild, som i naturen er noen av torskens naturlige byttedyr. Lodde og sild har vært utsatt for stigende priser i markedet. Dette har gjort at det ikke er økonomisk gunstig å fôre for mye på torsk. I tillegg kan kvaliteten på fryselagret lodde og sild variere med lagringstiden. Lodde og sild som har vært fryselagret på ca -20°C vil nok ha blitt harskt, og vil være lite egnet som fôr.

Hovedmålet med denne oppgaven var å undersøke hvordan ernæringsstatus og en sulteperiode påvirker holdbarhet og kvalitet på fileten av levendelagret torsk. I tillegg skulle det undersøkes hvilke lagringsbetingelser som var optimale. Delmålene i oppgaven var å studere endringer i følgende egenskaper til fileten hos slik levendelagret torsk, sultet i 0, 4, 8 og 12 uker;

- Vanninnhold
- Proteininnhold
- Totalt Flyktig Nitrogen (TVN)
- Ultimat pH
- Sensoriske kvaliteter.

2 Bakgrunn

2.1 Levendelagring og FBA

Når det snakkes om levendelagring og FBA menes det at fisk fanges og transporteres levende til land. Ved ankomst til land vil fisken overføres til en restitusjonsmerd, før den etter hvert blir overført til lagringsmerder. I lagringsmerdene kan torsk etter dagens regelverk lagres i opptil 12 uker med eller uten fôr, før forskriften om fangstbasert akvakultur slår inn. Anleggene som har levendelagret torsk slakter som regel ut fisken før det har gått 12 uker.

Det er viktig at torsken er i så god form som mulig når den skal levendelagres, og derfor må det benyttes et skånsomt fiskeredskap som gir få skader. Det redskapet som oftest brukes er snurrevad, som samler og fanger torsken på en tidsperiode på opptil 45 minutter. Den relativt korte fangsttiden gir større sjanse for overlevelse for torsken.

Etter at torsken er fanget overføres den om bord ved hjelp av enten sekkeløft eller vakuumpumpe. Torsk med alvorlige skader vil bli sortert ut, avlivet og bløgget mens den levedyktige torsken vil bli ført til båtens føringsrom. Mannskapet vil kunne inspisere hvert individ og sortere ut død fisk eller fisk med synlige ytre skader som gass i øyne, svømmeblære sprengt ut av munn eller alvorlige klemskader. Den skadde torsken skal sorteres ut da den både er en smittevei og potensielt brudd på dyrevelferdsloven, og derfor også en økonomisk risiko. Mannskapet vil også gjennom inspeksjon av fangsten kunne sortere ut bifangst som ikke skal levendelagres.

Det stilles visse krav til båtens føringsrom som torsken oppholder seg i under ilandføring. Føringsrommet skal blant annet være flatbunnet med perforert bunn, med et så stort areal som mulig slik at vanntilførselen tilfredsstiller torskens oksygenbehov. Et stort areal er også en nødvendighet slik at trengsel ikke oppstår. Når torsken er kommet i land og skal overføres til restitusjonsmerder skjer det ved pumping eller håv. Restitusjonsmerdens bunn er flat, slik at stresset eller sliten fisk kan legge seg her uten å bli klemt eller kvalt ihjel av annen fisk som legger seg over. Bunnen kan reguleres opp og ned i vannsøylen. Etter 1-2 døgn er fisken restituert og kan overføres til en lagringsmerd der de skal stå til slaktetidspunkt (Isaksen & Midling, 2009).

Skillelinjen mellom *levendelagring* og *FBA* går på hvor lang tidsperiode fisken er tenkt til å holdes i lagringsmerd. Dette står skrevet i forskrift om utøvelse av fisket i sjøen og forskrift om fangstbasert akvakultur:

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

De regler og lover som da skal følges dersom fisk skal levendelagres i under 12 uker er:

- 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, bokstav a.

Følgende regler gjelder hvis fisk skal levendelagres i over 12 uker:

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

Torsk som ble lagret i mer enn 12 uker falt fram til 2015 under akvakulturloven og ikke under forskriften om fangstbasert akvakultur. Akvakulturloven har mange krav til både lokalitet, fasilitet og behandling av fisk, og er dermed et omfattende regelverk som gjorde det vanskelig å satse på FBA. Det kongelige Nærings- og fiskeridepartement så nødvendigheten i å utarbeide en ny forskrift for fangstbasert akvakultur, slik at det ble mulig å satse på levendelagring.

Formålet til forskrift om fangstbasert akvakultur lyder:

«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».

Departementet innførte kvotebonus i 2013 for fiskere som ilandførte levende fisk. Kvotebonus skulle sammen med et tilpasset regelverk gi bedre rammebetingelser for levendelagring og FBA. Kvotebonusen som ble innført ga fiskerne som leverte levende fisk et fratrekk på et halvt tonn for hvert tonn som ble levert. Bonusen gir i teorien en mulighet for fiskerne å fiske 50% mer på sin eksisterende kvote. Et endret regelverk og kvotebonus har gitt en økning på levendefanget fisk, og i 2015 ble det levert ca. 6 tusen tonn levendefanget torsk. I 2013 ble det til sammenligning levert i underkant av 2 tusen tonn (Nofima, 2015). Norges forskningsråd ser også verdien i å satse på levendelagring, og har investert 29 millioner NOK i CATCH. CATCH

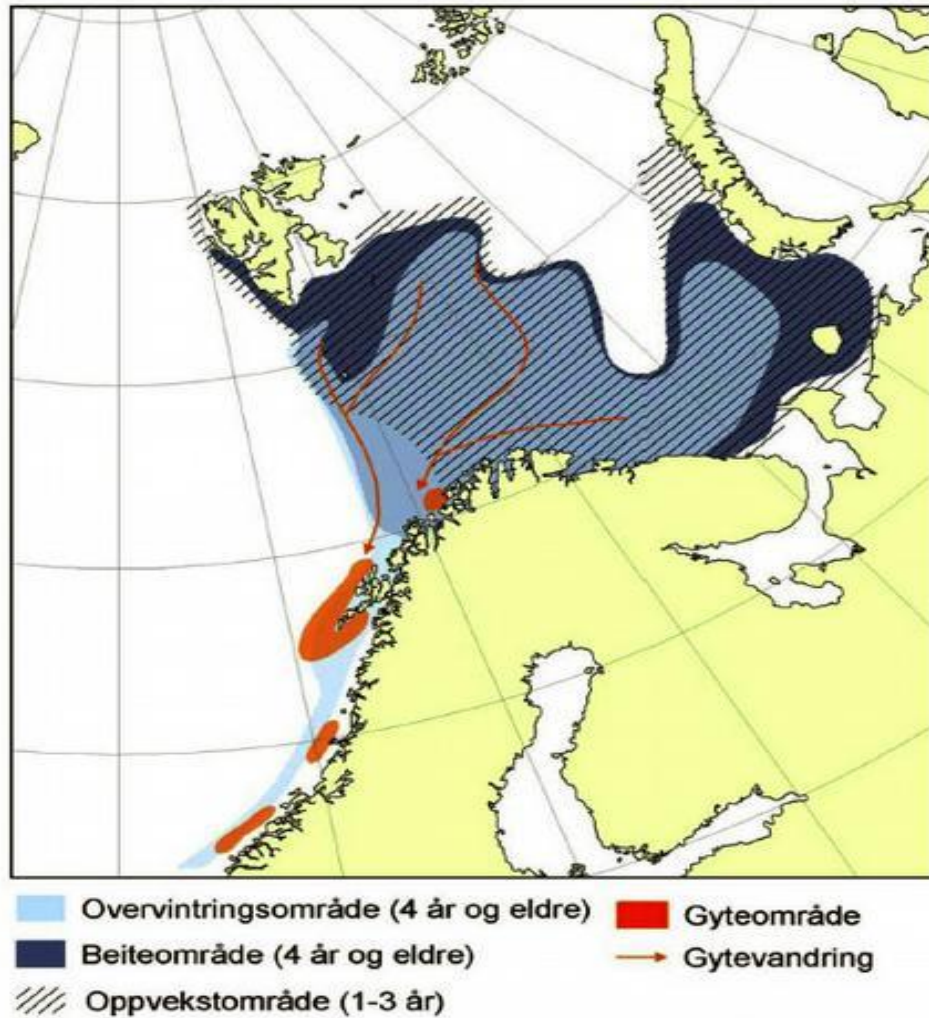
er et forskningsprogram om levendelagring som strekker seg over 4 år, der formålet er å fange den maksimale bærekraftige verdien av vill Atlantisk torsk basert på levendelagring.

2.2 Sesongvariasjon hos torsk

Torsk opplever fysiologiske forandringer når den går uten mat i 12 uker. For å kunne forklare disse forandringene må en forstå hvordan torsk påvirkes av ulike faktorer som sesong, tilgang på mat, omgivelser og hvordan torsk er fysiologisk bygget opp. I dette kapittelet vil det bli presentert teoretisk bakgrunn og teori for de nevnte faktorene.

Torskefisket er som nevnt i innledningen meget sesongpreget. Sesongsvingningene skyldes faktorer som vandringsmønster (figur 2), variasjon i mattilgang og reproduksjonssyklus (Schwalme & Chouinard, 1999). De nevnte faktorene påvirker hverandre og er derfor korrelert til hverandre. Langs norske farvann finnes det to typer torsk. Den første er den vandrende nordøstarktiske torskestammen, og kalles for skrei på folkemunne. Den andre er kysttorsk som vandrer mindre enn den nordøstarktiske stammen. Den nordøstarktiske torskestammen migrerer til gytefelt langs Norskekysten, for så å migrere tilbake til Atlanter- og Barentshavet etter den er ferdig å gyte (figur 2) (Michalsen *et al.*, 2008).

Skreiens gytefelt strekker seg fra Finnmark til Stavanger, men de biologiske og kommersielt viktigste feltene er utenfor Lofoten og Vesterålen. Skreien gyter hovedsakelig fra januar til mai. Når torsken når kjønnsmoden alder vil gonadeproduksjonen starte i oktober/november, og ender ved gyting i januar-mai. Dette vil si at størrelse og vekt på torskens gonader vil variere gjennom året. Det er vist gjennom forskning at gonadevekten hos torsk kan utgjøre så mye som 10% av den totale kroppsvekten i mars, og bare 1% i august/september (Schwalme & Chouinard, 1999; Mello & Rose, 2005).

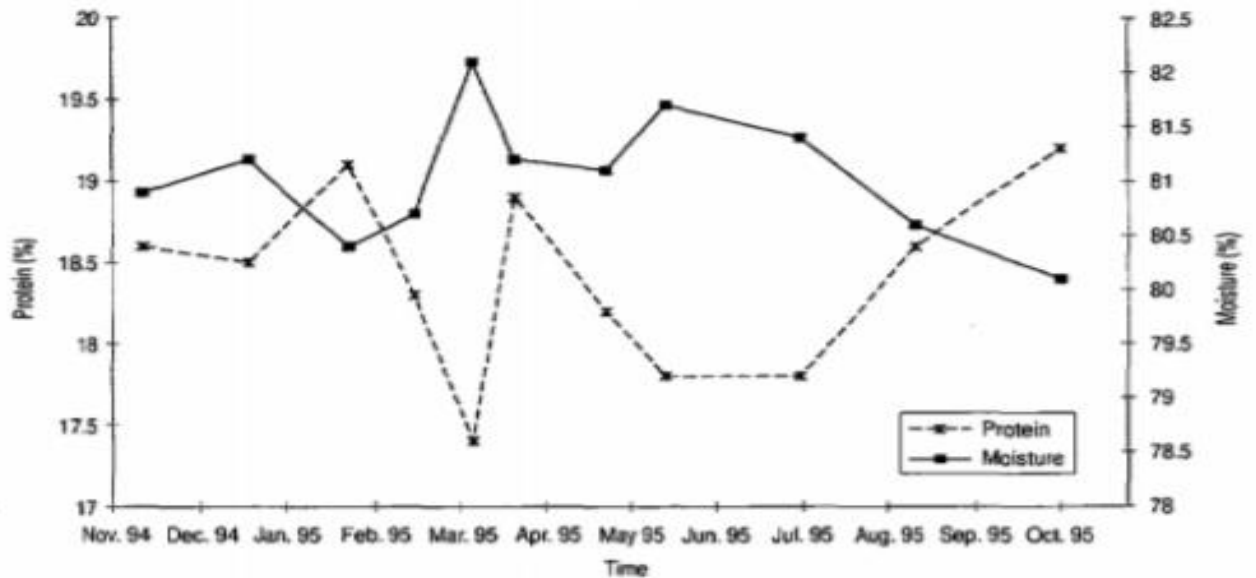


Figur 2: Skeiens utbredelse, gytevandring og gyteområder (Havforskningsinstituttet.no).

I tillegg til gonadene vil også muskelen og leveren hos torsk forandres gjennom året. Leverens innhold av fett (triacylglyserol), vann og protein vil påvirkes av sesongvariasjonene (Ingolfsdottir *et al.*, 1998). Leveren er torskens viktigste og største fettdepot, og det er blant annet energien lagret i leveren som brukes under produksjon av gonader. Hepatosomatisk indeks (HSI) vil derfor påvirkes og reduseres før gytesesongen (Mello & Rose, 2005).

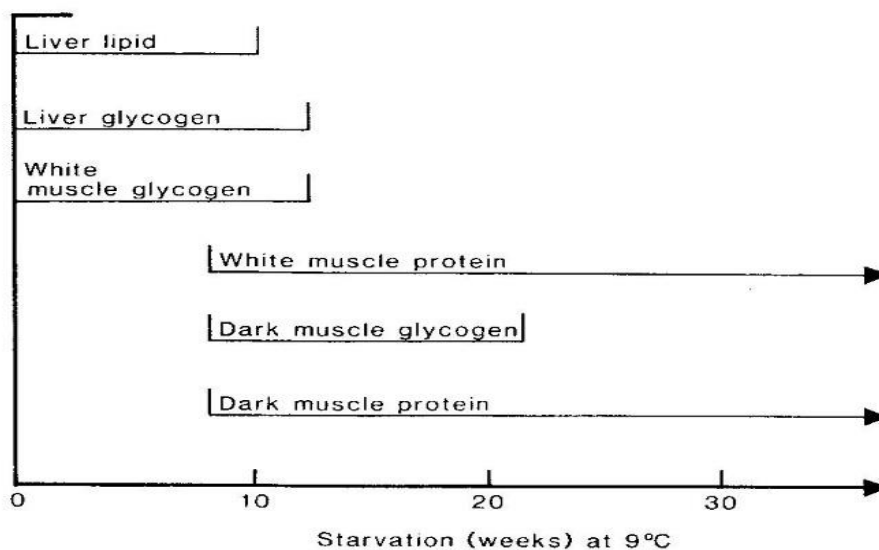
Kondisjonsfaktor, også kalt K-faktor, hos torsk endrer seg gjennom sesongene. K-faktor kan beskrives som et mål på forholdet mellom et individs vekt og lengde. K-faktor hos sløyd torsk vil være synkende fram til gyting, men vil øke igjen utover sommeren, før den stabiliserer seg i løpet av høsten. K-faktor for rund fisk vil øke fram mot gytesesongen før den går ned når

torsken er utgytt (Mello & Rose, 2005). K-faktor og HSI er derfor gode indikatorer for torskens energilagring gjennom året (Guderley *et al.*, 2003).



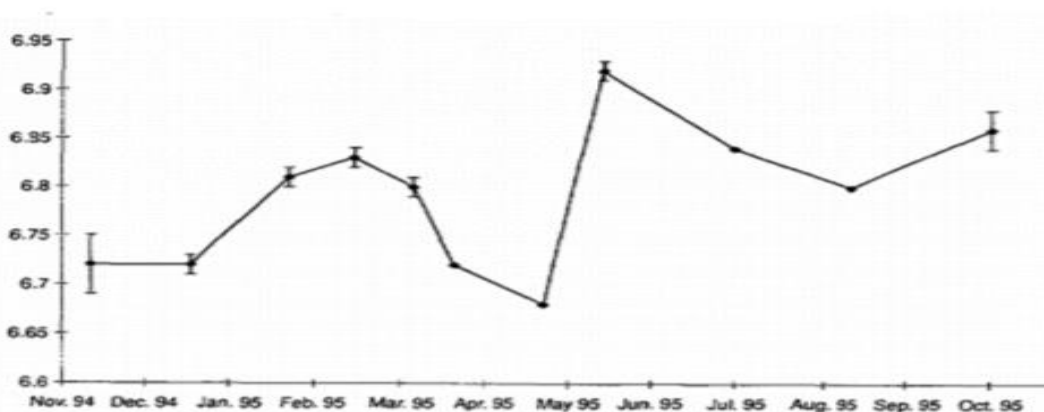
Figur 3: Sesongvariasjon i vanninnhold (moisture) og protein i muskel hos torsk fanget på Island (Ingolfsdottir *et al.*, 1998).

Proteininnhold i torskens muskulatur er på sitt laveste i mars (figur 3). Muskulaturens vanninnhold er samtidig på sitt høyeste, noe som styrker påstanden om at torsk også bruker protein som energi under gytesesongen. Studier utført av Love (1988) og Guderley *et al.* (2003) har vist at torsk som har kommet langt i forbrenningen av lipider og glykogen i lever og muskel vil begynne å benytte proteiner i muskelen som energikilde. Det skjer et overlapp der energireserver i form av muskelprotein benyttes samtidig som lipider og glykogen i lever og muskel benyttes (figur 4). Dette resulterer i at fiskens muskel vil kompensere for tapet av protein med å ta opp mer vann i muskelen (figur 3). Muskelen vil dermed delvis erstatte proteinene med vann, og en reduksjon i K-faktor vil oppleves. Muskeltekstur vil i tillegg bli mykere som følge av økt vanninnhold i muskelen.



Figur 4: Figuren viser hvordan torsk tærer på energireserver i kroppen ved sulting. Først bruker den fett og glykogen i leveren og glykogen i hvit muskel. Før disse er brukt opp begynner torsken å utnytte protein i muskel og glykogen i mørk muskel til energi. Modifisert etter Black & Love (1986)

Torskemuskelens ultimate (endelige) pH vil også være gjenstand for sesongvariasjon. pH vil synke mens gonadeproduksjon pågår på våren, for så å øke etter gyting, før den synker på nytt gjennom sommeren. Til slutt vil muskel-pH øke utover høsten og vinteren (Figur 5). Forklaringen på variasjon i ultimatt muskel-pH ligger i biologisk kondisjon, og mengde glykogen i fiskemuskel ved slakt. Dette vil forklares senere i oppgaven.



Figur 5: Sesongvariasjon i ultimatt pH hos torsk fanget utenfor Island og lagret i is i 4 døgn (Ingolfsdottir et al., 1998)

2.3 Sulting av torsk

Ettersom dyr i naturen vil oppleve begrensninger i tilgang på næring vil de fleste arter gjennom evolusjon ha utviklet en taktikk for å håndtere perioder uten næring. Dyreartenes prioriteringer spiller inn på hvilke fysiologiske endringer som skjer i perioder med begrenset eller ingen mattilgang, men den vanligste endringen er reduksjon av kroppsmasse (McCue, 2010). Studiet utført av Stewart & Fleming (1973) viste at vekselvarme dyr kan overleve lengre sulteperioder enn varmbloedige dyr. Ettersom fisk er vekselvarme gjelder dette også for dem. Fisk kan overleve lengre perioder uten næring da de har evnen til å tære på energilagre, i tillegg til kroppsmasse dersom det er nødvendig (Takama *et al.*, 1985). Som nevnt tidligere vil torsk i perioder uten næringstilgang nesten bruke opp reservene av lipider i leveren. Når leverlipidene er i ferd med å bli oppbrukt er status for glykogen i lever og hvit muskel tilsvarende (figur 4). På dette stadiet begynner fisken å tære på muskelproteiner (Black & Love, 1986; Guderley *et al.*, 2003).

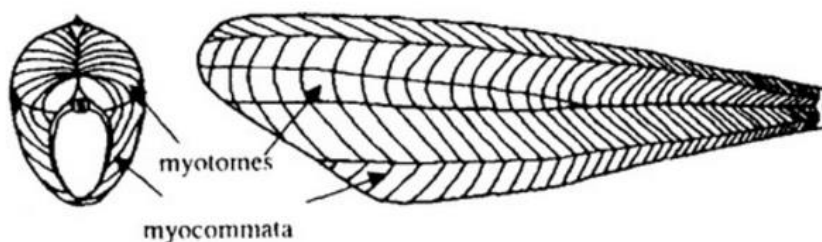
Dersom en sulteperiode skulle sammenfalle med utvikling av gonader vil dette påvirke nedbrytningen av energilagre i lever og muskel ytterligere (Idler & Bitners, 1960). Dette skyldes at kroppen trenger mer energi under gonadeproduksjon enn den vanligvis gjør. Det er også gjort studier som viser at kjønn kan spille en rolle på hvordan torsk påvirkes av sulting. Esaiassen *et al.* (2006) gjorde forsøk på oppdrettstorsk som viste at hunfisk hadde lavere gonadeproduksjon dersom den ble sultet enn hunfisk som hadde tilgang på fôr i samme periode. Denne forskjellen i gonadeproduksjon ble ikke funnet hos hanfisk. Nylig har Ageeva *et al.* (2016) vist at torskens kjønn spiller en rolle for hvordan sult fysiologisk påvirker hvert individ. Hunfisk fikk en større reduksjon i rund vekt, sløyd vekt og levervekt enn hanfisk. Hunfisk hadde også mindre protein i muskel enn hanfisk etter 84 dagers sult. Hanfisk hadde derimot en signifikant større reduksjon i gonadevekt etter en sulteperiode.

2.4 Muskelstruktur og *rigor mortis* hos fisk

Det er viktig å vite hvordan torsk er bygget opp, slik at en best kan forstå hvordan naturlig sesongvariasjon eller sult påvirker torskens fysiologi. Oppbyggingen av fiskens muskulatur er et resultat av dens miljø. Fisk lever i et vektløst miljø i havet, og dette gjenspeiles i muskeloppbygging og fiskens måte å bevege seg på. Fiskens generelle muskulatur går fra hode, langs ryggbeinet og innvoller på begge sider og avsluttes ved halepartiet. Hos de fiskeartene med kommersiell betydning vil fiskemuskelen utgjøre ca 50% av fiskens totale kroppsvekt. Hos noen fiskearter, som de største tunfiskene, utgjør muskel opp mot 70% av kroppsvekten

(Jobling, 1995). Filet av fisk består av to typer muskel. Disse to typene kalles for lys (hvit) muskel og mørk (rød) muskel. Lys muskel har anaerob metabolisme, og brukes hovedsakelig til raske bevegelser over korte perioder. Mørk muskel har rik tilgang på oksygen, og har aerob metabolisme. Dette gjør at mørk muskel brukes til mer langsomme bevegelser og kan brukes over lengre tidsrom, som hos pelagisk fisk. Den mørke muskelen har en litt annen kjemisk sammensetning enn den lyse. Blant annet har mørk muskel høyere innhold av lipider og hemoproteiner (Huss, 1995; Dulavik *et al.*,1998). Glykogen er hovedsakelig det som brukes som energikilde i hvit muskel, mens mørk muskel i tillegg til glykogen også kan benytte lipider til produksjon av ATP. Andel hvit eller mørk muskel avhenger av hvilken livsstrategi fisken har, og vil derfor variere mye mellom artene. Hoveddelen av torskefilet består av lys muskel, mens den mørke muskelen ligger langs laterallinjen på torsken, rett under skinnet. Det finnes lite fett i torskemuskel, da torsken lagrer fett i leveren. Det vil også være ulik fettandel i de ulike muskeltypene, ca 0,8 i lys muskel og 1,8 i mørk muskel. Torsk regnes derfor som en mager fisk sett i sammenheng med andre arter som makrell, sild eller laks.

Lys muskel er bygd opp av, og delt inn i myotomer, som er parallelle segmenter bundet sammen av et intracellulært bindevev kalt myocommata eller myosept. Det er denne segmentale oppbyggingen av muskelsegmentene som gir den karakteristiske W-formen av myotomene når fileten sees fra siden og spissene i W-formen peker mot halen (Figur 6) (Bremner, 1992). Myosepta inneholder proteinet kollagen, som også er festet til skinnet og skjelettet (Bremner & Hallet, 1985).

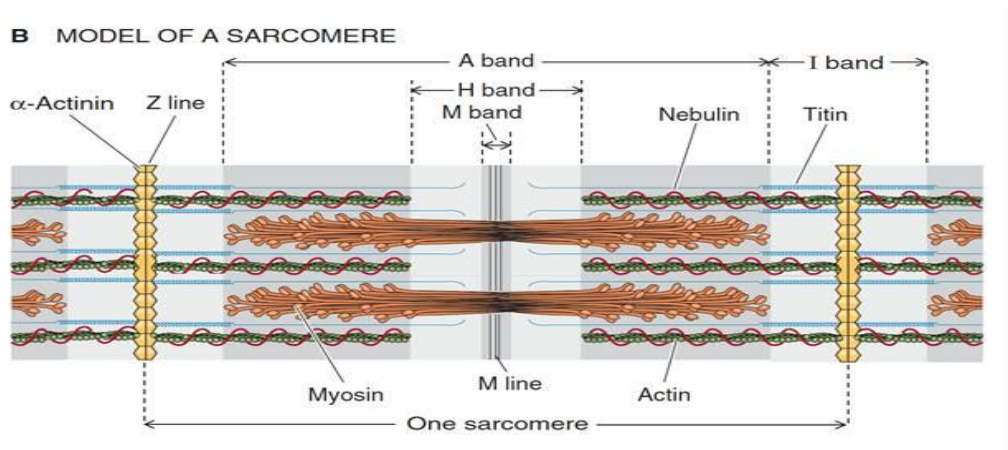


Figur 6: Oppbyggingen av torskemuskel, med myocommata og myotomer (Hyldig & Nielsen, 2001).

Hvert myotom består av muskelbunter som igjen inneholder mange muskelfibre (Bremner, 1992). Muskelfiberen kalles også muskelceller, og hver celle har flere cellekjerner, og omslutes av en cellemembran (sarkolemma). Sarkolemma består av fosfolipider og proteiner, og isolerer

sarkoplasma (cytoplasma) fra det ekstracellulære rom. Hvert muskelfiber består av myofibriller, som utgjør mesteparten av cellevolumet. Det er i myofibrillene det kontraktile systemet ligger.

Det kontraktile systemet er kalt en sarkomer, og er bygget opp av tykke og tynne filamenter, henholdsvis kalt myosin og aktin (figur 7). De tykke filamentene består av myosin og er ordnet i en parallell rekkefølge i midten av hvert sarkomer, og danner det mørke og brede A-bandet. De tynne filamentene utgjør I-bandet, og består av hovedsakelig av proteinet aktin, men også to andre proteiner kalt tropomyosin og troponin. I-bandet er forankret i et nettverk av bindevevsprotein kalt Z-linja ved hjelp av to kryssbindinger mellom α -aktin (Small *et al.* 1992). Avstanden fra en Z-linje til den neste er det som utgjør en sarkomer, og her overlapper to sett aktinfilamenter hvert myosinfilament.

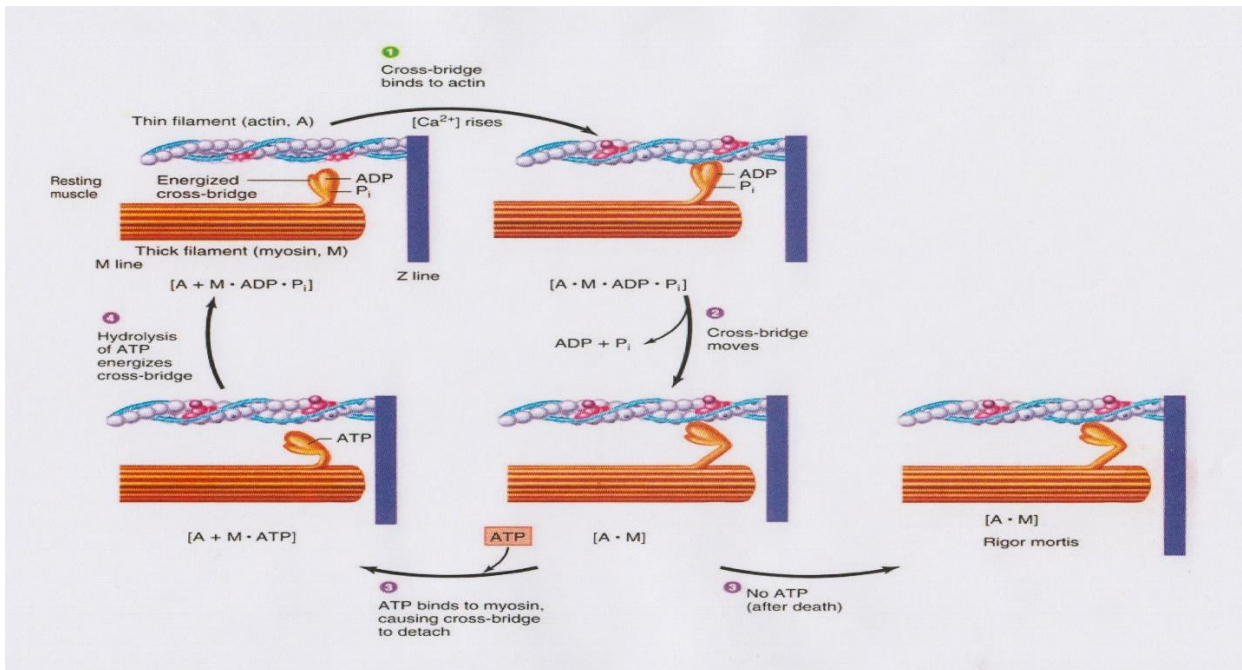


Figur 7: Illustrasjon av en sarkomer. Modifisert etter Widmaier *et al.* (2011).

Myosinfilamentene har flere hode- og haleregioner, der hoderegionen inneholder ATP-aser og bindingssteder for aktin. Hode og haleregionene beveger seg langs aktinfilamentet slik at hele sarkomeret trekker seg sammen. A-båndets lengde vil forbli uendret, mens lengden av I-båndet og H-sonen reduseres ved kontraksjon.

Muskelkontraksjon innledes ved at kalsiumioner (Ca^{2+}) blir pumpet til myofibrillene fra sarkoplasmatiske retikulum. Kalsiumionene binder seg så til troponinkomplekset på de tynne filamentene. Strukturelle endringer i komplekset fører til at tropomyosin blir forflyttet slik at bindingsstedene på aktintrådene blir ledige og myosinhodet kan binde seg til aktinet (figur 8). Muskelkontraksjon forårsaket av myosin og aktin deles ofte inn i en syklus i 4 steg. Først vil et energirikt myosinhode (myosin-ADP- P_i) binde seg til aktin (steg 1). Denne bindingen medfører at myosinhodet øyeblikkelig bøyer seg slik at aktin- og myosintrådene beveger seg langs

hverandre (steg 2). Deretter når et nytt ATP-molekyl binder seg til myosinhodet vil myosinets affinitet mot aktin reduseres, og dermed brytes aktin-myosinbindingen (steg 3). Myosin-ATP vil reduseres til myosin-ADP-P_i etter en etterfølgende hydrolyse, og denne hydrolysen vil tilbakeføre myosinhodet til sin opprinnelige stand og regenerere dens energitilstand (steg 4). Muskelen slapper av når Ca²⁺ transporteres tilbake til sarkoplasmatiske retikulum, da bindingssetene på aktintrådene igjen blir utilgjengelige (Widmaier *et al.*, 2011).



Figur 8: Illustrasjon av interaksjon mellom aktin og myosin, med påfølgende kontraksjon i muskel og eventuelt inntredelse av rigor mortis (Widmaier *et al.*, 2011)

Når fisk dør vil hjertet og lungefunksjonen stoppe, og cellene vil ikke lenger bli forsynt med oksygen gjennom blodet. Hovedproduksjonen av energi i cellene *post mortem* vil da gå fra aerob til anaerob metabolisme. Glykolyse vil da anaerobt bryte ned muskelglykogen (Amlacher, 1961). *Rigor mortis* oppstår fordi mangel på ATP gjør at bindingen mellom aktin og myosin ikke kan løses opp. Dermed låses aktin og myosin og danner et aktomyosinkompleks, og muskelen stivner (Cappeln & Jessen, 2001). Tidspunktet for inntredelse av *rigor mortis* avhenger av en rekke faktorer som mengde glykogen i muskel, stress før slakt, størrelse på individet, lagringstemperatur og artsforskjeller (Love, 1988; Skjervold *et al.*, 2001). Prosessen bak oppløsning av *rigor mortis* er mye diskutert, men det er ikke oppløsning av aktomyosinet gjennom regenerering av ATP eller enzymatisk degradering av selve komplekset. Det skyldes mest sannsynlig at aktinfilamentets forankring i z-linja oppløses

eller at proteinene som binder muskelfibrene til bindevevshinnen som går i oppløsning (Haard, 1992; Skjervold, 2002).

2.5 Muskel-pH

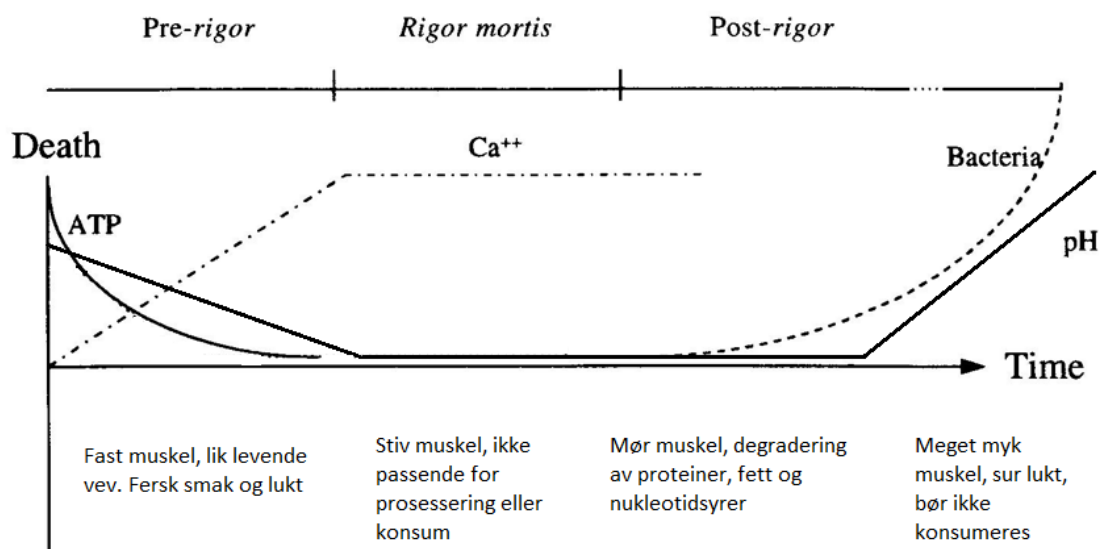
Muskel-pH er en faktor som påvirker mange kvalitetsparametere og er derfor et viktig aspekt når en snakker om kvalitet i fisk. Muskelens vannbindingsevne, farge og filetspalting blir påvirket som følge av reduksjon av pH (Solberg *et al.*, 2001; Kristoffersen *et al.*, 2006; Love, 1988; Mørkøre, 2005). Tidligere var det antatt at melkesyre som et produkt av pyruvat, var hovedgrunnen til at det oppstår fall i pH etter død. I ettertid har forskning vist at det er hovedsakelig hydrolyse av ATP og ADP som gir H⁺ og dermed lavere pH (reaksjonsligning 1 og 2). Melkesyre bidrar derfor bare i mindre grad til fall i pH (Robergs *et al.*, 2004). Selv om melkesyre ikke er hovedgrunnen til fall i pH, har mengde melkesyre allikevel sammenheng med fall i muskel-pH *post mortem*. Denne sammenhengen skyldes at det er en bortimot lineær sammenheng mellom produsert ATP i glykolysen og mengde melkesyre som er produsert (Foegeding *et al.*, 1996).

Reaksjonsligninger for hydrolyse av ATP og ADP:



Store mengder melkesyre i muskel oppstår ved høy aktivitet og stress. I normale situasjoner vil muskel-pH bli gjenopprettet gjennom aerobe betingelser, tilbake til naturlig tilstand. Hvis slaktetidspunkt skjer mens fisken er stresset vil de anaerobe betingelsene fortsette ettersom sirkulasjonssystemet ikke lenger fungerer. Muskel-pH hos torsk *post mortem* vil rett etter slakt være 7,2-7,5 for torsk som ikke har blitt stresset før død (Sørensen *et al.*, 2005). Noen dager *post mortem* vil pH ha stabilisert seg til det som kalles for ultimat pH eller endelig pH. For vill torsk vil ultimat pH ligge på omtrent 6,8 og for oppdrettstorsk vil ultimat pH være 6,2-6,8, avhengig av biologisk kondisjon (Mørkøre, 2005). For levendelagret loddetorsk viste et forsøk at ultimat pH vil stabilisere seg på 6,5 (Akse & Midling, 1997). Resultatene i dette forsøket viste at pH i loddetorsk holdt seg stabil med pH på ca 6,5 gjennom hele sulteperioden.

Temperatur og initial pH påvirker hvor rask nedgang i pH skjer. Hvis reduksjon til ultimate pH skjer sakte vil muskelen gå inn i *rigor mortis* på et senere tidspunkt enn hvis reduksjonen skulle skje raskt. Dersom torsk får riktig behandling *post mortem* vil *pre rigor* fasen vare i opptil 24 timer. Dette gjør det mulig for produsenter å filetere torsk *pre rigor* dersom dette er ønskelig (Sørensen *et al*, 2005). Bakteriell nedbrytning er også en faktor som påvirker muskel-pH etter en viss tid (figur 9). Bakteriell nedbrytning vil danne aminer, som fører til en økning i muskel-pH. Bakteriell utnyttelse av aminosyrer skjer ved at aminosyrene deamineres og ketosyrer dannes. Disse ketosyrene benyttes som energi for vekst av bakterier. Ammoniak som dannes ved deaminering reagerer med vann og danner ammonium (ligning 3) og dermed økt mengde OH⁻, med det resultat at pH stiger. NH₃-gass gir en ubehagelig lukt av fisken. Som en følge av dette får fisken lav spisekvalitet og vil fort egne seg dårlig som mat for mennesker.



Figur 9: Endringer i fiskemuskel post mortem. Modifisert etter Martinez *et al.* (1997)

2.6 Væsketap i fiskemuskel

Fiskemuskelens evne til å binde vann er i de fleste markeder et viktig kvalitetsparameter. Kommersielt vil produsenter oppnå mindre profitt ved stort væsketap, da den kan fremstå som uappetittlig og seig for konsumentene, i tillegg til at det fysiske vekttapet vil gi mindre

fortjeneste siden fisk blir solgt basert på vekt. Muskelens evne til å holde på væske blir påvirket av en rekke faktorer, blant annet proteolytisk nedbrytning og hastighet og omfang av pH-reduksjon (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005). Torskemuskel består av ca 80% vann (Love & Lavèty, 1977). Vann oppbevares i fiskemuskel på 3 forskjellige måter; bundet til makromolekyler, tiltrukket av andre molekyler (immobilisert), eller i fri form. Vann som er et polart molekyl, vil være bundet til ladete molekyler i fiskemuskel, som for eksempel proteiner. Vann bundet til ladete molekyler vil være relativt stabilt, både for frysing og oppvarming, men bare 10% av vannet i fiskemuskel er bundet opp på denne måten (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005).

Den andre formen for oppbevart vann i fiskemuskel, immobilisert vann, er i seg selv ikke bundet til protein, men heller tilknyttet andre molekyler gjennom svake steriske krefter eller andre vannmolekyler som er bundet. Immobilisert vann vil påvirkes av prosessene rundt *rigor mortis*. Endring av muskelceller og redusert pH vil føre til at immobilisert vann vil bli mistet i form av drypptap. Den tredje og siste formen av vann i muskel er fritt vann. Dette vannet flyter fritt rundt, men holder seg i muskelen grunnet svake overflatekrefter. Fritt vann dannes under *rigor*-prosessen, og vil vanligvis ikke bli observert i *pre-rigor* muskel. Under *rigor*-prosessen vil forholdene i muskelen endre seg, og det immobiliserte vannet vil kunne bevege seg. Mesteparten av vann i musklene befinner seg i de enkelte myofibrillene, mellom myofibriller eller mellom myofibriller og sarkolemma. Når *rigor mortis* inntreffer vil muskelfibrene trekke seg sammen og vann i muskelen vil presses ut grunnet redusert område for vannoppbevaring. Dette vannet vil presses ut i ekstracellulær matriks og videre ut av muskelen slik at drypptap oppstår (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005).

Muskelens pH påvirker vannbindingsevnen i fiskemuskel. Reduksjon i pH påvirker proteinstrukturene som igjen fører til forandret vannbindingsevne (Olsson *et al.*, 2002). Strukturene er bygget opp av svake syrer og baser, som fører til høy pH-sensitivitet. I en fiskemuskel er vannbindingsevnen på det laveste ved pH 5 - 5,5, noe som er det isoelektriske punkt for myofibrillproteinene. Ved pH over eller under proteinets isoelektriske punkt vil proteinenes nettoladning føre til frastøtning mellom sidegruppene i proteinet. Muskel-pH under det isoelektriske punkt er imidlertid ikke aktuelt, da så lav pH vil skyldes utenforliggende faktorer.

Frastøtning mellom sidegruppene fører til en åpen proteinstruktur som resulterer i høy vannbindingsevne (Huss, 1995). Når muskel-pH er lik det isoelektriske punkt, vil den elektrostatiske frastøtningen mellom proteinenes sidekjedene være lavest. Denne mangelen på

frastøting fører til at det oppstår større krymping i filamentene enn ved høyere pH, og den påfølgende krympede proteinstrukturen fører igjen til et kompakt protein med redusert vannbindingsevne (Ofstad *et al.* 1996).

Perioder med lite mat påvirker vanninnhold i muskelen. Sulte-prosessen fører til at oppløste intracellulære stoffer hoper seg opp i muskel og gir økt vanninnhold (Guderley *et al.*, 2003). I forsøk der oppdrettstorsk ble sultet i 120 døgn (Esaiassen *et al.*, 2006) og villtorsk sultet i 2 uker (Akse & Midling, 1997), ble det vist at vanninnhold øker gjennom perioder uten mat. Videre har også Mørkøre (2005) vist at sulting av oppdrettstorsk fører til en økt vannbindingsevne i muskel. Videre ble det vist at kjønnsmodning hos villtorsk fører til redusert vannbindingsevne.

Videre vil fileteringstidspunkt påvirke vanntap fra fiskemuskel. Dersom torsk blir filetert *pre-rigor* vil dette gi et større vanntap en filetering *post-rigor*. Dette skyldes at *rigor*-sammentrekningen er sterkere i *pre-rigor*filet, og dermed oppstår et større vanntap (Tobiassen *et al.*, 2006). Kristoffersen *et al.* (2007) har vist at filetering *pre-rigor* vil føre til større drypptap enn filetering *post-rigor*. Vanntapet vil være større fordi muskelflater vil bli tidligere eksponert for omgivelsene ved *pre-rigor* filetering.

2.7 Filetspalting

For fiskerinæringen er filetspalting en uønsket tilstand på filetert fisk. Filet fra torsk og andre gadoide arter er spesielt utsatte for denne tilstanden. Filetspalting kan beskrives som en interaksjon der bindevevsproteinene i myocommata blir svekket og dermed fører til at muskelen ikke henger sammen, og spalting skjer. De biologiske mekanismene til slik kvalitetsforringelse er ikke fullstendig kjente, men det er kjent at filet fra fisk som er velfødd, slik som loddetorsk, ofte er utsatt for filetspalting. Lav ultimat pH fører gjerne til mer spalting hos torsk. En årsak kan være at kollagen er mindre stabilt ved lav pH (Love, 1988; Kristoffersen *et al.*, 2006). Muskelstyrke, slaktemetode, *rigor mortis* og behandling etter slakt er også kjente årsaker til spalting (Bremner, 1992). Videre er det også kjent at filetspalting vil skje i større grad hvis fisken blir stresset *ante mortem*.

Det er ingen standard målemetode for å måle grad av filetspalting, så derfor blir flere metoder benyttet i laboratorier og i industri. Det finnes ingen instrumentell metode for å bedømme filetspalting, så dette gjøres ved sensoriske analyser.

2.8 Kvalitet

Kvalitet er et uttrykk som er vanskelig å forklare på grunn av uttrykkets kompleksitet. Kvalitet er også et uttrykk som inneholder en rekke egenskaper som forbedrer eller forverrer spiseopplevelsen. Slike egenskaper kan være lukt, konsistens, smak, farge, generelt utseende, pris, dato, opphavssted, næringsinnhold og lignende. Kvalitet vil være et subjektivt begrep, da ulike mennesker vil ha ulike preferanser. Ulike preferanser går på tvers av kultur, tradisjon og geografisk tilholdssted. Kvalitet er derfor vanskelig å bedømme, men kan allikevel gjøres ved ulike metoder.

2.8.1 Sensorisk analyse

Sensorisk analyse er en metode for å bedømme kvalitet. En definisjon på god fisk, sitert fra boken «Damernes Haandbok» (Normann *et al.*, 1918), er «*God fisk skal være fast i kjøttet, saa fingertryk straks går ut av sig selv*». Denne definisjonen er passende i dag også, da fiskekjøttets fasthet er en av egenskapene som bidrar til kvalitetsopplevelsen. Fingertrykk i kjøttet for å bedømme fasthet vil for de fleste være personavhengige og delvis unøyaktige, og er derfor kreves det et trent sensorisk panel for å utføre sensoriske analyser av et produkt. Slike sensoriske analyser kan inneholde evaluering av flere egenskaper samtidig, der både lukt, utseende og tekstur blir bedømt. Ved slike sensoriske panel vil det være begrensninger for hvor mange prøver hver dommer kan bedømme, i tillegg til at det kan være vanskelige å sammenligne resultater fra ulike sensoriske undersøkelser der ulike dommere har deltatt.

2.8.2 Kjemisk analyse

En annen måte å bedømme kvalitet på er å analysere produktet med bakgrunn i de kjemiske og biokjemiske stoffer som finnes og dannes i produktet. Totalt flyktig nitrogen (Total Volatile Base Nitrogen, forkortet TVN eller TVBN) er et slikt stoff. TVN består hovedsakelig av trimetylamine (TMA) og ammoniakk (NH₃). En EU-forskrift spesifiserer at hvis en sensorisk undersøkelse viser tvil til produktets ferskhets, skal en TVN-analyse brukes for å bestemme kvalitet. Det er ulike grenser for hvor høye TVN-verdier et produkt kan ha, og en EU-kommisjon fra 8. mars 1995 bestemte at fiskeprodukter skulle deles inn i 3 kategorier basert på ulike grenser for TVN-verdier. Dette fulgte Norge opp med det som kalles «Forskrift om særlige hygieneregler for næringsmidler av animalsk opprinnelse (animaliehygieneforskriften)», som sier: «*Ubearbeidede fiskerivarer skal anses som uegnet til konsum dersom den organoleptiske vurderingen reiser tvil om fiskerivarens ferskhets og den kjemiske kontrollen viser at følgende grenseverdier for TVBN er overskredet*»:

- a) 25 mg nitrogen/100 g kjøtt for artene nevnt i kapittel II nr. 1,
- b) 30 mg nitrogen/100 g kjøtt for artene nevnt i kapittel II nr. 2,
- c) 35 mg nitrogen/100 g kjøtt for artene nevnt i kapittel II nr. 3,

Laks og torsk blir nevnt i kapittel II nr. 3, og faller derfor under kategori C), der 35 mgN/100g er øvre grense. TVN er et kvalitetsparameter som lett blir påvirket av temperatur. Aune *et al.* (2014) har vist at selv fileter som ble lagret 2 dager på 4°C og 7°C før de ble lagret i is i 8 dager hadde høyere nivå av TVN enn kontrollfisken som hadde vært lagret i is alle 10 dagene. Fisken som ble lagret ved forhøyet kjøletemperatur i 2 dager innledningsvis overskred de lovlige grenseverdiene for TVN etter avsluttet lagring.

Det er velkjent at villtorsk inneholder mye TMAO (trimethylamine oxide) (Esaiassen *et al.*, 2004). Nyere undersøkelser har vist at dette ikke er tilfellet for oppdrettstorsk (Herland *et al.*, 2009). Dette betyr at mengden flyktig nitrogen som utvikles under langtidslagring av vill- og oppdrettstorsk ikke helt kan sammenlignes. I tillegg har man i Norge brukt en øvre grense for TMA på 5mg TMA/100g filet. En slik grenseverdi kan derfor ikke benyttes for oppdrettstorsk.

3 Materialer og metoder

Forsøket ble utført ved Nofimas sjøanlegg i Skulgambukt og Nofimas forsøksfasiliteter i Tromsø i perioden 8.9.2016 – 6.3.2017.

3.1 Råstoff

Torsk ble fanget med snurrevad av MS Olagutt (kallesignal LLRW) den 24.4.2015. Fangstdypet var på 70-90 meter ved Bleiksegga, og total fangst var på 6 tonn, hvorav 80% gikk til levendelagring. Fangsten ble levert etter ett døgn om bord. Torsken ble så overført til Sjøanlegget i Skulgambukt 15.5.2015 og var siden da vedlikeholdsfôret med sild 3 ganger i uka, mandag, onsdag og fredag. Vekten på individene brukt i dette forsøket var på ca 3-10 kg. Torsken ved anlegget har vært brukt i tidligere forsøk og var derfor utsatt for sulteperioder, men hadde overnevnte fôringsregime siden 1.5.2016 til forsøkstart 4.11.2016. Torsken brukt i denne oppgaven hadde siden levering ved anlegget i mai 2015 hatt svært lav dødelighet etter den ankom.

3.2 Slakt og filetering

I forsøket ble fisken sultet opptil 12 uker, og det ble gjort uttak av 20 individer ved 0, 4, 8 og 12 ukers sultetid. Faktiske dager torsken var sultet var 5, 34, 61 og 90 dager. Det første uttaket ble utført så nært som dag 0 som mulig, deretter ble det utført uttak hver fjerde uke. Ved hvert uttak ble fisken fanget med håv og plassert i et kar med sirkulerende sjøvann som ble kjørt med truck inn i sjøanleggets «våtlab». I våtlaben ble hvert individ bedøvet med slag til hode, tagget i gjellelokket med et nummer fra 1-20 og så bløgget og lagt i et kar med sirkulerende sjøvann. Utblødningen varte i minimum 30 minutter, men ikke mer enn 40 minutter. Etter ferdig utblødning ble torsken lagt i isoporkasser med is som ble lastet om bord i båt og kjørt til land hvor de ble fraktet med bil til forsøksfasilitetene i Tromsø. Torsken ankom Tromsø ca 1,5 time etter slakt. En temperaturlogger ble lagt i en av isoporkassene slik at temperaturen under frakt kunne sjekkes og feilkilder kunne elimineres. Ved forsøksfasilitetene ble kassene med is kjørt inn på fiskemottaket ved Nofima der fisken ble sløyd og filetert 2-4 timer etter slakt.

Følgende parametere ble målt:

- Rund vekt
- Sløyd vekt
- Lengde (cm)
- Vekt mage/tarm
- Gonadevekt
- Levervekt
- Kjønn
- Lengde på filet
- Vekt på filet

Under sløyting og filetering ble også observasjoner rundt mageinnhold notert. All filetering ble gjort av samme person under alle uttakene for å få så likt filetutbytte som mulig. Filetene ble individmerket, og høyre filet ble fryst og venstre filet ble lagret på is. På bakgrunn av de biologiske parameterne ble kondisjonsfaktor (K-faktor), hepatosomatisk indeks (HSI), gonadosomatisk indeks (GSI) og filetutbytte beregnet. Følgende formler ble brukt:

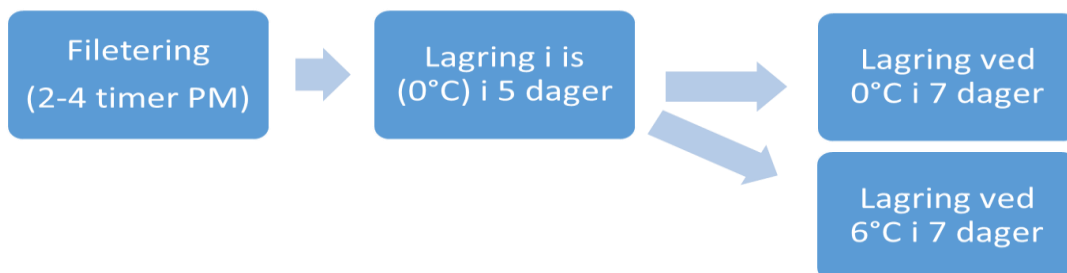
K-faktor (rund): $100 * \text{Rund vekt} / \text{Lengde}^3$

K-faktor (sløyd): $100 * \text{Sløyd vekt} / \text{Lengde}^3$

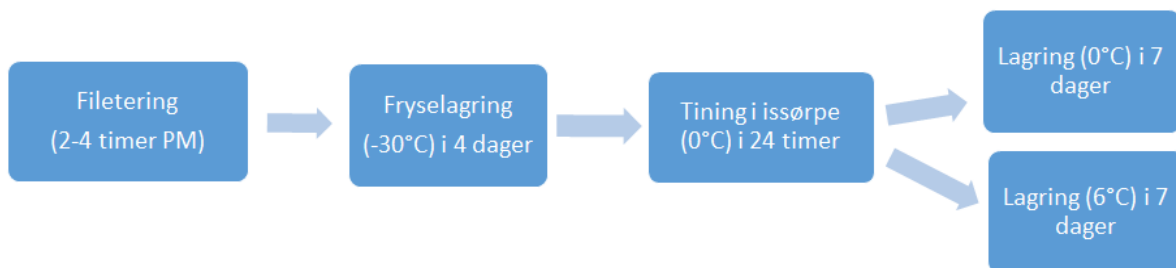
GSI: $100 * \text{levervekt} / \text{rund vekt}$

GSI: $100 * \text{gonadevekt} / \text{rund vekt}$

Filetutbytte: $\text{Filetvekt} / \text{rund vekt}$



Figur 10: Forsøksoppsett der $n = 20$ fisk ble filetert og lagret i is (0°C) i 5 dager før kjølelagring (6°C) eller fortsatt lagring på is i 7 dager.



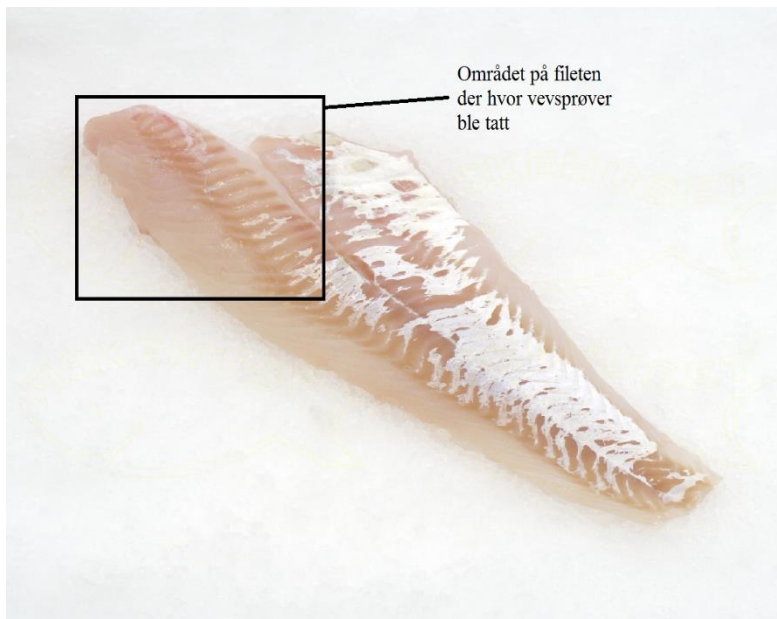
Figur 11: Forsøksoppsett der $n = 20$ fisk ble filetert og fryselagret (-30°C) og tint i issørpe før lagring i is (0°C) eller kjølelagring (6°C) i 7 dager.

Fire høyre fileter ble lagret i hver pappeske med plast i bunnen og over filetene for å forhindre kontaminering. To og to fileter ble lagt sammen ved at første filet ble plassert med skinnsiden ned mens fileten som ble lagt oppå denne hadde skinnsiden opp. Eskene ble deretter lagret på et fryserom (-30°C) i 4 dager før tining i issørpe i 24 timer (figur 11).

Venstrefiletene ble lagret ved 0°C på is i 5 dager. Disse ble også lagt i pappesker på samme måte som høyrefiletene, men venstrefiletene hadde et lag med is (ca 30%) over toppplasten. Isen ble jevnlig fylt på gjennom lagringstiden (figur 10). Etter 5 dager ble 5 høyrefileter og 5 venstrefileter lagt i klimaskap på 6°C i 7 dager. Det ble lagt temperaturlogger i en av eskene med den kjølte fisken, mens en annen temperaturlogger ble lagt i klimaskapet slik at lagringstemperaturen kunne følges.

Det ble tatt vevsprøver ved ulike tidspunkt gjennom lagringstiden. Prøver til TVN-analyse ble tatt ved dag 0, 5, 9 og 12 i lagringsforløpet. Det ble tatt vanninnholdsprøver ved dag 0, 5 og 12 og prøver til protein-innholdsanalyse ble tatt ved dag 0.

Prøvene ble tatt på samme sted på fileten hver gang, og prøvene ble lagt i solide plastposer med zip-lock (figur 12). Vann- og proteininnholdsprøvene ble analysert rett etter at prøvene var tatt. TVN-prøvene ble lagret på -80°C fram til de ble analysert.



Figur 12: Området på fileten hvor vevsprøver til TVN, vann- og proteininnholdsanalyser ble tatt

3.3 Sensorisk analyse

Den sensoriske analysen ble utført ved Nofimas forskningsfasiliteter. Det ble utført en sensorisk bedømmelse av 3 erfarne dommere. Følgende sensoriske egenskaper til torskfiletene ble bedømt; lukt, farge, spalting, tekstur, overflate og sultefeil (gel-konsistens). Etter 5 og 12 dager ble fileter (n=5) lagret under ulike lagringsbetingelser bedømt.

Intensiteten til hver egenskap ble bedømt med en poengskår, der 0 eller 1 poeng var det laveste, og 2, 3 eller 6 poeng var det høyeste, avhengig av hvilken egenskap som ble bedømt (figur 13). Før vurderingen ble filetene lagt på separate bord i grupper basert på hvilken lagringsmetode de hadde vært lagret på. Filetene ble vurdert uten at det ble gitt noe informasjon om hverken tid eller lagringsbetingelser de ulike filetgruppene hadde vært lagret under. Dommerne ble bedt om å foreta en individuell helhetsvurdering på hver gruppe, og gi karakter basert på ulike egenskaper.

Parameter	Beskrivelse (og følgende poengskår)					
		1	2	3	4	5
Lukt	0: Frisk lukt av sjø, blodfersk 1: Nøytral 2: Fiskelukt 3: Ammoniakk, sur					
Spalting	1: Ingen spalting 2: Begynnende spalting 3: Noe mer enn begynnende 4: Moderat spalting 5: Mye spalting, løs filet 6: Mye spalting, usammenhengende					
Farge	0: Fileten har en ensartet fersk, hvit farge 1: Fileten har en melkehvit farge 2: Fileten har grå / gul / rødlig farge					
Overflate	0: Tørr, blank overflate 1: Har partier med oppløst overflate 2: Overflaten er meget oppløst					
Konsistens	0: Naturlig konsistens 1: Fileten er litt bløt 2: Fileten er bløt 3: Fileten er meget bløt					
Sultefeil Gel-konsistens	0: ingen 1: 1: noe gelaktig (hele filet/ulike områder) 2: utpreget gelaktig					
Sultefeil Farge	0: naturlig 1: avvikende hvit					
Sum						

Figur 13: Skjema for å bedømme sensoriske egenskaper for filet lagret ved ulike lagringsbetingelser.

3.4 Kjemiske analyser

3.4.1 Opparbeiding av prøvemateriale

Prøvene ble homogenisert med stavmikser i ca 2 x 10 sekund. Prøvene ble så lagt tilbake i plastposene og lagret på is for TVN, vann- og proteininnholdsanalyse 30 min senere.

3.4.2 Proteininnhold

Mengden protein i torskemuskelen ble bestemt ved bruk av Kjeldahls metode. Ca 1 gram homogenisert prøve ble veid nøyaktig i nitrogenfritt veieskip (Kjeldahl Analysis Weighing Boat, Grade 609) og overført til oppslutningsrør. Deretter ble hvert av oppslutningsrørene tilsatt to katalysatortabletter og konsentrert svovelsyre (15 ml) i hvert rør. Blankprøver ble laget med 15 ml konsentrert svovelsyre (H₂SO₄), 2 katalysatortabletter og et veieskip i hvert av oppslutningsrørene. Prøvene ble oppsluttet i oppslutningsblokk (Foss Tecator 2020) i 120 minutter. Etter oppslutningen ble det tilsatt 30 ml vann for å utsette krystalliseringen. Destillering, titrering og automatisk utregning (utregningsformel 1) ble gjort i en analyseenhet (Kjeltec™ Analyzer Unit 2300, Foss Analytical, Hillerød, Danmark). Det ble laget tre paralleller per prøve, og det ble tatt prøver fra tre fileter i hver gruppe.

Utregningsformel for proteininnhold:

$$Protein (\%) = \frac{(pr-bl) \cdot 14,01 \cdot N \cdot 6,25 \cdot 100\%}{1000 \cdot X} \quad (\text{Utregningsformel 1})$$

pr = mengde 0,1M HCl forbrukt ved titrering av prøve (ml)

bl = mengde 0,1M HCl forbrukt ved titrering av blankprøve

N = nøyaktig normalitet av titrervæska (HCl).

14,01 = atomvekta til nitrogen

X = gram innveid prøve (våtvekt)

6,25 = omregningsfaktor fra nitrogen til animalsk protein.

3.4.3 TVN-analyser

I lagringsforsøkene ble prøver til TVN-analyser tatt etter 0, 5, 9 og 12 lagringsdøgn og fryst ned på -80°C før de etter en tid ble tint og analysert. Homogenisert prøve (ca 10 g) ble veid

nøyaktig i et nitrogenfritt veiepapir og ble overført til Kjeldahls destillasjonsrør. En kippautomat ble brukt til å tilsette 50 ml vann i hvert destillasjonsrør. Deretter ble 3 ml rensed parafin tilsatt før magnesiumoksid (MgO) (ca 1 g) ble helt i. Magnesiumoksidet ble tilsatt umiddelbart før destillasjon på grunn av pH-endring. Det ble laget 3 blankprøver med veiepapir, vann, parafin og magnesiumoksid. Destillasjonsrøret ble ristet godt for å få innholdet blandet godt sammen. Destillasjonsrøret ble så satt inn i analyseenheten (Foss Kjelttech 2300 destilling unit) for analyse. Resultatene kom ferdig utregnet i form av mgN/100g.

Prinsippet er at TVN separeres fra fiskemuskel ved å tilsette magnesiumoksid som er svakt basisk. MgO øker pH, NH_4^+ (ammonium) omdannes til NH_3 (ammoniakk) som er flyktig. NH_3 blir utvunnet fra fiskemuskelen ved vanndampdestillasjon og deretter samlet opp i en 4% borsyreoppløsning. Ammoniakk binder seg til borsyren som ammoniumborat. NH_3 bestemmes ved titrering med 0,1 N HCl (saltsyre).

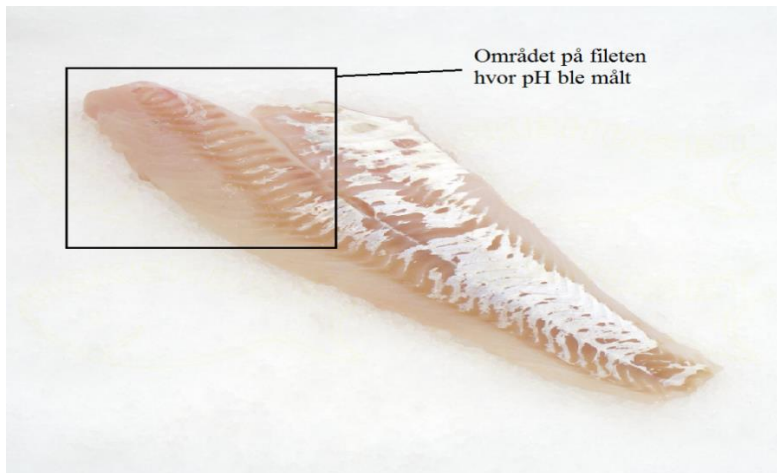
3.4.4 Vanninnhold

Ca 10g opparbeidet muskel ble veid nøyaktig og lagt i porselensskåler. Prøvene ble lagt i en tørkeovn) og tørket ved 105°C i 48 timer. Deretter ble prøvene avkjølt i ca 30 min i en eksikator før prøvene ble veid igjen. Vektreduksjonen etter tørking tilsvarer vanninnholdet i muskelprøvene. Resultatene ble beregnet som et gjennomsnitt for to paralleller per prøve. Resultatene ble oppgitt i prosent av våtvekt og regnet ut ved følgende formel:

$$\text{Vanninnhold } \% = \frac{\text{Totalt vanninnhold}}{\text{innveid mengde muskel}} * 100\% \quad (\text{Utregningsformel 2})$$

3.4.5 Måling av ultimatt muskel-pH

Måling av pH ble gjort med pH-meter (Cond 330i, handheld pH-meter WTW). Kalibrering av pH-meteret ble gjort i henhold til brukermanualen før hver prøvetaking. Måling av pH ble gjort på samme sted i alle filetene (figur 14). Metoden som ble benyttet var stikkmetode, der elektroden ble stukket direkte ned i fileten. Et gjennomsnitt for 5 målinger per filet ble utregnet.



Figur 14: Området på torskemuskel hvor pH ble målt

3.5 Statistiske analyser

Statistiske analyser ble gjennomført i statistikkprogrammet SYSTAT med et konfidensnivå på 95% (p-verdi = 0,05). I analyser hvor det ble brukt flere enn to grupper ble one-way ANOVA-analyse gjennomført og Tukey post hoc ble brukt for å identifisere hvor det var signifikante endringer i responsvariabler. Two sample t-test ble brukt for å studere forskjeller i muskel-pH mellom to grupper. For å vurdere de sensoriske parametere til filetene ble det brukt ikke-parametrisk test (Kruskal-Wallis test). Denne testen ble brukt fordi data for sensorikk ikke var normalfordelt.

4 Resultater

4.1 Biologisk råstoffdata

Torsk i de 4 forskjellige uttakene hadde relativt stor variasjon i både rundvekt, sløyd vekt og lengde (tabell 1). Ved forsøkets start var gjennomsnittslengden $85,2 \pm 5,0$ cm mens rundvekt hadde et gjennomsnitt på 6561 ± 1590 g. Resultatene viste at filetutbyttet ble signifikant redusert gjennom sulteperioden. Filetutbyttet er høyest etter sultetid på 5 dager ($0,41 \pm 0,2$) og 34 dager ($0,36 \pm 0,0$). Etter 61 dagers sultetid har filetutbytte gått ned til $0,34 \pm 0,0$ og stabiliserer seg der til dag 90 ($0,34 \pm 0,0$).

Resultatene for K-faktor viste at verdiene for både rund K-faktor (Kr) og sløyd K-faktor (Ks) går ned gjennom sulteperioden. Nedgangen varte gjennom hele forsøksperioden. Endringen i Ks var signifikant, men endringen var ikke-signifikant i Kr. Kr ble redusert fra $1,04 \pm 0,1$ (dag 5) til $0,98 \pm 0,1$ (dag 90). Det ble observert en signifikant nedgang i Ks fra $0,84 \pm 0,1$ (dag 5) til $0,74 \pm 0,1$ (dag 90) (tabell 1).

Tabell 1: Biologisk data fra torsk sultet i 5, 34, 61 og 90 dager ($n=20$). Verdier med forskjellig bokstav er signifikant ($p < 0,05$) forskjellig

Parametere	Sultetid (dager)				p-verdier
	5 dager	34 dager	61 dager	90 dager	
Rund vekt (g)	6561 ± 1590	7557 ± 1543	7157 ± 1376	5919 ± 1776	
Sløyd vekt (g)	5283 ± 1215	5823 ± 1278	5392 ± 1020	4489 ± 1213	
Lengde (cm)	$85,2 \pm 5,0$	$89,2 \pm 5,7$	$89,0 \pm 4,5$	$83,7 \pm 6,0$	
Filetutbytte	$0,41 \pm 0,19^a$	$0,36 \pm 0,02^{ab}$	$0,34 \pm 0,02^b$	$0,34 \pm 0,02^b$	0,001
K-faktor (rund)	$1,04 \pm 0,14$	$1,05 \pm 0,11$	$1,01 \pm 0,18$	$0,98 \pm 0,15$	
K-faktor (sløyd)	$0,84 \pm 0,09^a$	$0,81 \pm 0,12^{ab}$	$0,75 \pm 0,11^b$	$0,75 \pm 0,09^b$	0,016
HSI	$10,9 \pm 3,05$	$10,82 \pm 2,31$	$9,65 \pm 3,08$	$9,85 \pm 3,31$	
GSI	$4,59 \pm 1,94^a$	$8,94 \pm 3,23^b$	$10,81 \pm 4,95^b$	$11,08 \pm 3,64^b$	0,000

Resultatene for HSI-verdiene viste en ikke-signifikant nedgang gjennom sulteperioden. Unntaket var ved dag 90, der leverindeksen fikk en oppgang. GSI-verdiene økte betraktelig gjennom hele forsøksperioden, og endringen i GSI var signifikant fra dag 5 (9.11.2016) til dag 34 (8.12.2016) (tabell 1).

4.2 Totalt flyktig nitrogen (TVN)

Innholdet av totalt flyktig nitrogen (TVN) ble målt i filet av torsk sultet i 5, 34, 61 og 90 dager (tabell 2). Ved hvert uttak ble 20 individer slaktet og TVN ble målt i muskel rett etter slakt, etter 5 dager med fryselaagring (-30°C) og etter 5 dager i is (0°C). TVN-verdiene i helt fersk filet synker desto lenger torsken har vært sultet, og var signifikant lavere etter 61 dager sulting sammenlignet med 5 dager sulting. TVN-verdien i muskel hos torsk lagret fryst eller i is i 5 dager viste en ikke-signifikant reduksjon under sulteperioden.

Tabell 2: Totalt flyktig nitrogen (mgN/100g) i filet av torsk sultet i 5, 34, 61 og 90 dager (n = 20). A) helt fersk, B) fryselaagret i 5 dager (-30°C) og C) lagret i is (0°C) i 5 dager. Små bokstaver indikerer signifikant (p<0,05) forskjell ved de ulike uttakene.

Sultetid (dager)	A	B	C
5	13,9 ± 0,7 ^a	12,6 ± 1,0	15,2 ± 1,2
34	12,6 ± 1,0 ^{ab}	13,8 ± 0,6	13,4 ± 0,4
61	11,4 ± 0,6 ^b	12,4 ± 0,8	12,5 ± 0,7
90	12,2 ± 0,4 ^{ab}	12,3 ± 0,4	11,5 ± 0,5
p-verdi	0,014		

TVN ble også målt i muskel i de 4 ulike gruppene etter 9 lagringsdøgn (tabell 3). De ulike gruppene var basert på lagringsbetingelser, som var: A) islagring (0°C), B) islagring i 5 dager og så kjølelagring (6°C) i 4 dager, C) fryselaagring i 5 dager (-30°C) og så islagring (0°C) i 4 dager og D) fryselaagring (-30°C) i 5 dager og så kjølelagring (6°C). Det ble ikke tatt vevsprøver etter 9 lagringsdøgn fra filetene fra torsk sultet i 5 dager på grunn av misforståelser. Det var

ingen forskjell mellom TVN-verdiene ved de ulike uttakene for filetene islagret i 9 døgn (A) eller fryselagret i 5 døgn og så islagret i 4 døgn (C). TVN-verdiene var i området 13-14 mgN/100g. Filet islagret i 5 dager og deretter kjølelagret i 4 dager (B) hadde signifikant høyere TVN ved alle uttak (21-23 mgN/100g) sammenlignet med fisken i gruppe A og C. Filetene fryselagret i 5 dager og deretter kjølelagret i 4 dager (D) hadde TVN lik 22 mgN/100g etter sulting i 34 dager. Etter sulting i 61 og 90 dager hadde filetene i gruppe D en signifikant lavere TVN (14-16 mgN/100g) sammenlignet med dag 34. Det ble i tillegg observert at de ulike lagringsmetodene i hvert uttak hadde var signifikant forskjellig fra hverandre, med unntak av A og C (tabell 3).

Tabell 3: Totalt flyktig nitrogen (mgN/100g) i filet av torsk sultet i 5, 34, 61 og 90 dager og deretter lagret i 9 dager (n = 20). A) islagret (0°C), B) islagret i 5 dager så kjølelagret (6°C) i 4 dager, C) fryselagret i 5 dager (-30°C) og så islagret (0°C) i 4 dager og D) fryselagret (-30°C) i 5 dager og så kjølelagret (6°C). Små bokstaver indikerer at det er signifikant (p<0,05) forskjell mellom de ulike uttakene ved bruk av en spesifikk lagringsbetingelse. Stor bokstav indikerer signifikant (p<0,05) forskjell mellom de ulike lagringsmetodene i et uttak.

Sultet (dager)	A	B	C	D	p-verdi
5	-	-	-	-	
34	14,2 ± 1,5 ^A	22,9 ± 1,3 ^B	13,9 ± 1,1 ^A	22,1 ± 1,8 ^{aB}	0,000
61	13,9 ± 0,9 ^A	20,7 ± 3,1 ^B	13,6 ± 0,9 ^A	14,1 ± 0,7 ^{ba}	0,005
90	13,4 ± 0,5 ^{AC}	21,5 ± 1,5 ^B	12,8 ± 0,5 ^A	15,9 ± 0,9 ^{bc}	0,000
p-verdi				0,001	

TVN ble også målt i muskel i de 4 ulike gruppene etter 12 lagringsdøgn (tabell 4). Det var ingen forskjell mellom TVN-Verdiene ved de ulike uttak for filetene islagret i 12 døgn (A) eller fryselagret i 5 døgn og så islagret i 7 døgn (C). TVN-verdiene var i området 13-16 mgN/100g. Filet islagret i 5 dager og deretter kjølelagret i 7 døgn (B) hadde signifikant høyere TVN ved alle uttak (45-57 mgN/100g) enn fisken i gruppe A og C. Ved uttak etter 5, 61 og 90 dager var B også signifikant høyere enn D. Etter sulting i 61 og 90 dager hadde filetene i gruppe B en signifikant høyere TVN (56-57 mgN/100 g) sammenlignet med dag 5 og 34 (45-46 mgN/100g)

(tabell 4). Filetene fryselagret i 5 dager og deretter kjølelagret i 7 dager (D) hadde TVN lik 29-35 mgN/100g etter dag 5, 61 og 90. Etter sulting i 34 dager hadde filetene i gruppe D en signifikant høyere TVN (44,4 mgN/100g) sammenlignet med de andre uttakene. Det ble i tillegg observert at de ulike lagringsmetodene i hvert uttak hadde var signifikant forskjellig fra hverandre (tabell 4). Det viste seg at lagringsmetode B) gir raskere økning i TVN-nivå enn de andre lagringsmetodene, både etter 9 og 12 dager.

Tabell 4: Totalt flyktig nitrogen (mgN/100g) i filet av torsk sultet i 5, 34, 61 og 90 dager og deretter lagret i 12 dager (n = 20). A) islagret (0°C), B) islagret i 5 dager så kjølelagret (6°C) i 7 dager, C) fryselagret i 5 dager (-30°C) og så islagret (0°C) i 7 dager og D) fryselagret (-30°C) i 5 dager og så kjølelagret (6°C) i 7 dager. Små bokstaver indikerer at det er signifikant ($p < 0,05$) forskjell mellom de ulike uttakene ved bruk av en spesifikk lagringsbetingelse. Stor bokstav indikerer signifikant ($p < 0,05$) forskjell mellom de ulike lagringsmetodene i et uttak.

Sultetid (dager)	A	B	C	D	p-verdier
5	15,1 ± 1,1 ^A	46,9 ± 2,5 ^{aB}	14,2 ± 1,2 ^A	34,8 ± 4,1 ^{aC}	0,000
34	15,1 ± 1,1 ^A	45,7 ± 1,4 ^{aB}	15,3 ± 1,5 ^A	44,4 ± 3,8 ^{bB}	0,000
61	14,8 ± 0,9 ^A	56,4 ± 1,4 ^{bB}	14,2 ± 0,9 ^A	29,6 ± 1,4 ^{aC}	0,000
90	15,7 ± 0,3 ^A	56,3 ± 1,2 ^{bC}	13,0 ± 0,6 ^B	30,7 ± 1,1 ^{aD}	0,000
p-verdier		0,000		0,000	

4.3 Protein- og vanninnhold

Resultatene viser at det var ingen signifikant forskjell i proteininnhold i filetene ved de tre første uttakene (19,3-19,6%). Ved det fjerde uttaket var proteininnholdet signifikant redusert (17,7%) sammenlignet med de 3 første uttakene. Vanninnholdet målt i filetene rett etter slakt hadde ingen signifikant forskjell mellom de ulike uttakene, men det ble observert en økning i muskelens vanninnhold (tabell 5).

Tabell 5: Protein- og vanninnhold (%) ble målt rett etter slakt, i filet av torsk sultet i 5, 34, 61 og 90 dager (n = 20). Små bokstaver indikerer at det er signifikant ($p < 0,05$) forskjell i protein- eller vanninnhold mellom de ulike uttakene.

<i>Sultet (dager)</i>	<i>Proteininnhold % i muskel</i>	<i>Vanninnhold % i muskel</i>
5	19,4 ± 0,0 ^a	79,4 ± 0,0
34	19,3 ± 0,5 ^a	79,8 ± 0,7
61	19,6 ± 0,4 ^a	80,1 ± 0,6
90	17,7 ± 0,5 ^b	80,6 ± 0,9
<i>p-verdi</i>	0,015	

Vanninnhold ble også målt i muskel i de 2 ulike gruppene etter 5 lagringsdøgn. Filet fryselagret i 4 døgn og så tint i issørpe (A) hadde signifikant lavere vanninnhold (78,8%) etter 61 dagers sult sammenlignet med 5, 34 og 90 dagers sultetid (80,0-80,5%). Det var ingen forskjell mellom vanninnholdet ved de ulike uttak for filetene islagret i 5 døgn (B) (tabell 6).

Tabell 6: Vanninnhold (%) ble målt i filet av torsk sultet i 5, 34, 61 og 90 dager ($n = 20$). A) fryselagret (-30°C) i 5 dager og B) islagret (0°C) i 5 dager. Små bokstaver indikerer at det er signifikant ($p < 0,05$) forskjell i protein- eller vanninnhold mellom de ulike uttakene.

Sultet (dager)	A	B
5	$80,5 \pm 0,3^a$	$79,3 \pm 0,5$
34	$80,0 \pm 0,4^a$	$80,0 \pm 0,4$
61	$78,8 \pm 0,5^b$	$79,6 \pm 0,7$
90	$80,4 \pm 0,2^a$	$80,8 \pm 0,7$
p-verdi	0.003	

Vanninnhold ble også målt i muskel i de 4 ulike gruppene etter 12 lagringsdøgn (tabell 7). Filet lagret i is (A) hadde signifikant høyere vanninnhold ved dag 34, 61 og 90 (79,8% - 80,4%) sammenlignet med 5 dagers sult (79,1%). Det var ingen forskjell mellom vanninnholdet ved de ulike uttak for filetene som var islagret i 5 døgn og så kjølelagret i 7 døgn (B). Filetene islagret i 5 dager og deretter kjølelagret i 7 dager (C) hadde vanninnhold lik 78,4-79,9% etter dag 5, 34 og 90. Etter sulting i 61 dager hadde filetene i gruppe C et signifikant høyere vanninnhold (80,7%) sammenlignet med de andre uttakene (tabell 7). Filet som først var fryselagret og deretter kjølelagret (D) hadde signifikant høyere vanninnhold ved dag 34, 61 og 90 (79,0% - 79,8%) sammenlignet med 5 dagers sult (77,2%).

Tabell 7: Vanninnhold (%) i filet av torsk sultet i 5, 34, 61 og 90 dager og deretter lagret i 12 dager ($n = 20$). A) islagret (0°C), B) islagret i 5 dager så kjølelagret (6°C) i 7 dager, C) fryselagret i 5 dager (-30°C) og så islagret (0°C) i 7 dager og D) fryselagret (-30°C) i 5 dager og så kjølelagret (6°C) i 7 dager. Små bokstaver indikerer at det er signifikant ($p < 0,05$) forskjell i protein- eller vanninnhold mellom de ulike uttakene.

Sultet (dager)	A	B	C	D
5	$79,1 \pm 0,5^a$	$77,8 \pm 0,4$	$78,4 \pm 0,4^a$	$77,2 \pm 0,8^a$
34	$80,2 \pm 0,2^b$	$79,5 \pm 0,2$	$79,1 \pm 0,3^a$	$79,8 \pm 0,5^b$
61	$80,4 \pm 0,4^b$	$79,7 \pm 0,3$	$80,7 \pm 0,1^b$	$79,6 \pm 0,5^b$
90	$79,8 \pm 0,6^b$	$79,9 \pm 0,6$	$79,9 \pm 1,1^a$	$79,0 \pm 0,4^b$
p-verdi	0,000		0,003	0,002

4.4 Ultimat pH

Ultimat muskel-pH målt i muskel etter 5 lagringsdøgn i de 2 ulike gruppene (tabell 8). Filet lagret i is (A) hadde signifikant lavere pH ved dag 5 og 34 (6,25-6,32) sammenlignet med 61 og 90 dagers sult (6,70). Det var også signifikant forskjell i gruppen der filetene var fryst i 4 døgn og tint i issørpe i 1 døgn (B). Muskel-pH i filet av torsk sultet i 5 og 61 dager (6,47-6,52) var signifikant høyere enn filet av torsk sultet i 34 døgn (6,34). Muskel-pH i filet av torsk sultet i 5 og 61 dager (6,47-6,52) var også signifikant lavere enn pH i filet av torsk sultet i 90 dager (tabell 8).

Tabell 8: Ultimat pH ble målt i filet av torsk sultet i 5, 34, 61 og 90 dager (n = 20). A) lagret på is (0°C) i 5 dager og B) fryselagret (-30°C) i 5 dager. Små bokstaver indikerer at det er signifikant (p<0,05) forskjell mellom de ulike uttakene ved bruk av en spesifikk lagringsbetingelse. Stor bokstav indikerer signifikant (p<0,05) forskjell mellom de ulike lagringsmetodene i et uttak.

Sultet (dager)	A	B	p-verdi
5	6,32 ± 0,11 ^{aA}	6,47 ± 0,02 ^{aB}	0,039
34	6,25 ± 0,02 ^{aA}	6,34 ± 0,03 ^{bB}	0,000
61	6,70 ± 0,04 ^{bA}	6,52 ± 0,05 ^{aB}	0,000
90	6,70 ± 0,02 ^{bA}	6,62 ± 0,02 ^{cB}	0,000
p-verdi	0,000	0,000	

4.5 Sensorisk analyse

Filetene ble bedømt sensorisk etter 5 og 12 lagringsdøgn. Resultatene for lukt i de sensoriske bedømmelsene viste at uansett lagringsmetode vil lukt få en gjennomsnittskarakter på under 1,2 etter 5 lagringsdøgn. For filet lagret i is (A) og fryst og deretter tint i issørpe (B) hadde filet av torsk sultet i 90 døgn ferskest lukt etter 5 lagringsdøgn (0,5) sammenlignet med filet av torsk sultet i 5, 34 og 61 dager (0,6-1,1). Det var derimot ingen signifikant forskjell mellom uttakene (tabell 9). For filetene lagret sammenhengende i is (C) og fryselagret i 4 døgn, tint og så islagret (D) viste resultatene at filet av torsk sultet i 34 dager (2-2,5) ga signifikant høyere karakter enn

filet av torsk sultet i 5, 61 og 90 dager (1,3-1,8). For lagringsmetode E og F viste resultatene at i filet av torsk sultet i 5 dager (1,8) ga signifikant lavere karakter sammenlignet med filet av torsk sultet i 34, 61 og 90 dager (2,1-3).

Resultatene for filetspalting i de sensoriske bedømmelsene viste at uansett lagringsmetode vil det være lite spalting etter 5 dagers lagringstid, med en snittkarakter på 1-1,5 av 6. Gruppen som var islagret (A) hadde ingen signifikante forskjeller mellom uttakene. For filet som først var fryst og så tint (B) ga filet av torsk sultet i 5 dager signifikant høyere karakter (1,5) sammenlignet med 34, 61 og 90 dager (1-1,2). For gruppene lagret i is sammenhengende i 12 dager (C) og først fryst i 4 dager, tint og så islagret i 7 dager (D) ga filetene av torsk sultet i 5 dager signifikant lavere karakter (1-1,5) enn uttak etter 34 og 90 dagers sult (1,5-2,1). For gruppen som først var fryst og så kjølelagret (F) ga filetene av torsk sultet i 5 dager signifikant høyere karakter (4,2) enn uttakene etter 34 og 90 dagers sult (1,7-2,2). For gruppen lagret i is 5 dager og så kjølelagret (E) var det ingen signifikante forskjeller.

Tabell 9: Gjennomsnittskarakter ved bedømmelse av egenskapene lukt, spalting og farge etter ulike lagringsbetingelser for filet av torsk sultet i 5, 34, 61 og 90 dager. A) lagret i is (0°C) i 5 dager, B) fryselagret (-30°C) i 5 dager, C) lagret i is (0°C) i 12 dager, D) fryselagret (-30°C) i 5 dager, så lagret i is (0°C) i 7 dager, E) lagret i is i 5 dager, og så kjølelagret (6°C) i 7 dager og F) fryselagret i 5 dager og så kjølelagret (6°C) i 7 dager. Små bokstaver indikerer at det er signifikant ($p < 0,05$) forskjell mellom de ulike uttakene ved bruk av en spesifikk lagringsbetingelse (A-F). Lavest karakter (0/1) er best mens høyeste karakter er dårligst (2/3/6).

SULT (DAGER)	LUKT (KARAKTER 0-3)					p-verdi	SPALTING (KARAKTER 1-6)					p-verdi	FARGE (KARAKTER 0-2)					p-verdi
	5	34	61	90			5	34	61	90			5	34	61	90		
A	1,1	0,6	1	0,5		1,3	1,2	1,2	1		1,8 ^a	0,1 ^b	0,5 ^b	0 ^b	0,002			
B	1 ^a	1,1 ^a	1 ^a	0,5 ^b	0,027	1,5 ^a	1,2 ^{ab}	1,1 ^{ab}	1 ^b	0,017	0	0	0,1	0				
C	1,4 ^a	2,5 ^b	1,8 ^a	1,7 ^a	0,003	1 ^a	1,9 ^b	1,1 ^{ab}	1,5 ^b	0,003	0 ^a	1,3 ^b	1,1 ^b	1 ^b	0,002			
D	1,3 ^a	2 ^b	1,3 ^a	1,3 ^a	0,043	1,4 ^a	2,1 ^b	1,3 ^{ab}	1,8 ^b	0,051	0 ^a	1,3 ^b	0,7 ^{ab}	1,3 ^b	0,005			
E	1,8 ^a	2,1 ^b	2,7 ^b	3 ^b	0,000	1,4	2,1	1,5	2,1		0,6 ^a	2 ^b	2 ^b	2 ^b	0,000			
F	1,8 ^a	3 ^b	2,9 ^b	3 ^b	0,002	4,2 ^a	2,2 ^{ab}	1,7 ^b	1,8 ^b	0,005	1,2 ^a	2 ^b	2 ^b	2 ^b	0,000			

Resultatene fra de sensoriske analysene viste at karakteren basert på filetenes farge synker med økt sultetid etter 5 dagers sult. For gruppen som var islagret i 5 døgn (A) ga filet av torsk sultet i 5 dager signifikant høyere karakter (1,8) sammenlignet med filet av torsk sultet i 34, 61 og 90 dager (0-0,5). Gruppen som var fryst og så tint (B) hadde ingen signifikante forskjeller mellom uttakene. For gruppen lagret i is sammenhengende i 12 dager (C) ga filetene av torsk sultet i 5

dager signifikant lavere karakter (0) sammenlignet med torsk sultet i 34, 61 og 90 dager (1-1,3). Resultatene for gruppen fryst i 4 dager, tint og så islagret i 7 dager (D) ga filetene av torsk sultet i 5 dager signifikant lavere karakter (0) sammenlignet med torsk sultet i 34 og 90 dager (1,3). For lagringsmetode E og F viste resultatene at i filet av torsk sultet i 5 dager ga signifikant lavere karakter (0,6-1,2) sammenlignet med filet av torsk sultet i 34, 61 og 90 dager (2) (tabell 9).

Resultatene viser at karakteren for overflate på filetene øker med økt sultetid, men blir også påvirket av lagringsmetode. For gruppen som var islagret i 5 døgn (A) ga filet av torsk sultet i 61 dager signifikant høyere karakter (0,2) sammenlignet med filet av torsk sultet i 5, 34 og 90 dager (0). Gruppen som var fryst og så tint (B) hadde ingen signifikante forskjeller mellom uttakene. For gruppen lagret i is sammenhengende i 12 dager (C) ga filetene av torsk sultet i 5 og 34 dager signifikant lavere karakter (0) sammenlignet med torsk sultet i 61 og 90 dager (0,5). Resultatene for gruppene som var fryst i 4 dager, tint og så islagret i 7 dager (D) og islagret i 5 dager og kjølelagret i 7 (E) viste ingen signifikante forskjeller mellom uttakene. For filetene som først var fryst i 4 dager, tint og så kjølelagret i 7 dager (F) viste resultatene at i filet av torsk sultet i 34 dager ga signifikant høyere karakter (1,7) sammenlignet med filet av torsk sultet i 5 dager (2) (tabell 10). Mellom i de forskjellige lagringsmetodene ble det observert at sultetid påvirker overflaten. Jo lengere sultetid jo mer oppløst ble overflaten (tabell 12).

Tabell 10: Gjennomsnittskarakter ved bedømmelse av egenskapene overflate og konsistens etter ulike lagringsbetingelser for filet av torsk sultet i 5, 34, 61 og 90 dager. A) lagret i is (0°C) i 5 dager, B) fryselagret (-30°C) i 5 dager, C) lagret i is (0°C) i 12 dager, D) fryselagret (-30°C) i 5 dager, så lagret i is (0°C) i 7 dager, E) lagret i is i 5 dager, og så kjølelagret (6°C) i 7 dager og F) fryselagret i 5 dager og så kjølelagret (6°C) i 7 dager. Små bokstaver indikerer at det er signifikant ($p < 0,05$) forskjell mellom de ulike uttakene ved bruk av en spesifikk lagringsbetingelse (A-F). Lavest karakter (0) er best mens høyeste karakter er dårligst (2/3).

SULT (DAGER)	OVERFLATE (KARAKTER 0-2)				p-verdi	KONSISTENS (KARAKTER 0-3)				p-verdi
	5	34	61	90		5	34	61	90	
A	0 ^a	0 ^a	0,2 ^b	0 ^a	0,004	0,1 ^a	0,1 ^a	0,1 ^a	0 ^a	0,392
B	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0,392	0,1 ^a	0,2 ^a	0,4 ^a	0 ^a	0,002
C	0 ^a	0 ^a	0,5 ^b	0,5 ^b	0,002	0 ^a	0,5 ^{ab}	0,8 ^{ab}	0,8 ^b	0,002
D	0 ^a	0,6 ^a	0 ^a	0,1 ^a	0,050	0,6 ^a	0,9 ^a	1 ^a	0,9 ^a	0,654
E	0,4 ^a	1,2 ^a	0,5 ^a	1,3 ^a	0,068	0 ^a	1,7 ^b	1,7 ^b	1,9 ^b	0,007
F	0,2 ^a	1,7 ^b	0,5 ^{ab}	1,6 ^{ab}	0,009	0,4 ^a	2,1 ^b	2 ^b	2 ^b	0,009

Resultatene viste at konsistens på filet av torsk påvirkes av lagringsmetode og sultetid (tabell 10). Gruppen som var islagret i 5 døgn (A) hadde ingen signifikante forskjeller mellom uttakene. I gruppen av fileter som var fryst og så tint (B) ga filet av torsk sultet i 61 dager signifikant høyere karakter (0,4) sammenlignet med filet av torsk sultet i 5 dager (0,1). I gruppen av fileter som var sammenhengende lagret på is i 12 dager (C) ga filetene som var sultet i 90 dager en signifikant høyere karakter (0,8) sammenlignet med filetene fra torsk sultet i 5 dager (0). Gruppen som var islagret i 5 døgn, og så kjølelagret i 7 døgn (E) hadde ingen signifikante forskjeller mellom uttakene. For gruppen som var fryselagret i 4 døgn, så tint og så kjølelagret i 7 døgn (F) viste resultatene at filetene av torsk som var sultet i 34, 61 og 90 dager ga en signifikant høyere karakter enn filetene av torsk sultet i 5 dager (tabell 10). Sultefeil i form av gel-konsistens og farge forekom kun i 1 av totalt 80 fisk, og ble observert etter 90 dagers sultetid, og tabellene er derfor ikke tatt med her.

Resultatene etter 5 lagringsdøgn viste at det er få sensoriske egenskaper i hvert utakk som fikk forskjellig karakter basert på lagringsmetode (tabell 11). Det var kun farge etter 5 dagers sult og lukt etter 34 dagers sult som viste signifikant forskjell mellom de ulike lagringsmetodene etter 5 lagringsdøgn. Derimot viste resultatene etter 12 lagringsdøgn at nesten alle sensoriske egenskaper blir påvirket av lagringsmetode (tabell 12)

Tabell 11: Gjennomsnittskarakterene til filetenes sensoriske egenskaper etter 5 lagringsdøgn med to ulike lagringsmetoder. Små bokstaver indikerer at det er signifikant ($p < 0,05$) forskjell mellom de ulike lagringsbetingelse i de ulike uttakene.

<i>Sultetid (5 dager)</i>	<i>Lagringsmetode (5 lagringsdøgn)</i>		p-verdi
	Lagring i is (5°C)	Fryselagret (-30°C)	
<i>Lukt</i>	1,1	1	
<i>Spalting</i>	1,3	1,5	
<i>Farge</i>	1,8 ^a	0 ^b	0,005
<i>Overflate</i>	0	0	
<i>Konsistens</i>	0,1	0,1	
<i>Sultetid (34 dager)</i>			
<i>Lukt</i>	0,6 ^a	1,1 ^b	0,093
<i>Spalting</i>	1,2	1,2	
<i>Farge</i>	0,1	0	
<i>Overflate</i>	0	0	
<i>Konsistens</i>	0,1	0,2	
<i>Sultetid (61 dager)</i>			
<i>Lukt</i>	1	1	
<i>Spalting</i>	1,2	1,1	
<i>Farge</i>	0,5	0,1	
<i>Overflate</i>	0,2	0	
<i>Konsistens</i>	0,1	0,4	
<i>Sultetid (90 dager)</i>			
<i>Lukt</i>	0,5	0,5	
<i>Spalting</i>	1	1	
<i>Farge</i>	0	0	
<i>Overflate</i>	0	0	
<i>Konsistens</i>	0	0	



Figur 15: Misfarging i filet lagret i 5 døgn i is (0°C) og så 7 dager på 6°C

Resultatene etter 5 lagringsdøgn viste at det er få sensoriske egenskaper i hvert utakk som fikk forskjellig karakter basert på lagringsmetode (tabell 11). Det var kun farge etter 5 dagers sult og lukt etter 34 dagers sult som viste signifikant forskjell mellom de ulike lagringsmetodene etter 5 lagringsdøgn. Derimot viste resultatene etter 12 lagringsdøgn at nesten alle sensoriske egenskaper blir påvirket av lagringsmetode (tabell 12)

Tabell 12: Framstilling av gjennomsnittskarakterene til filetenes sensoriske egenskaper etter 12 lagringsdøgn med 4 ulike lagringsmetoder. A) lagret i is (0°C) i 12 dager, B) fryselagret (-30°C) i 5 dager, så lagret i is (0°C) i 7 dager, C) lagret i is i 5 dager, og så kjølelagret (6°C) i 7 dager og D) fryselagret i 5 dager og så kjølelagret (6°C) i 7 dager. Små bokstaver indikerer at det er signifikant ($p < 0,05$) forskjell mellom de ulike lagringsbetingelse i de ulike uttakene.

	Lagringsmetode (5 lagringsdøgn)				p-verdi
	A	B	C	D	
Sultetid (dager)					
Lukt	1,4 ^a	1,3 ^a	2,6 ^b	1,8 ^a	0,007
Spalting	1 ^a	1,4 ^a	1,4 ^a	4,2 ^b	0,003
Farge	0 ^a	0 ^a	0,6 ^{ab}	1,2 ^b	0,002
Overflate	0	0	0,4	0,2	
Konsistens	0	0,6	0	0,4	
Sultetid (34 dager)					
Lukt	2,5 ^a	2 ^b	2,1 ^{ab}	3 ^c	0,009
Spalting	1,9	2,1	2,1	2,2	
Farge	1,3 ^a	1,3 ^a	2 ^b	2 ^b	0,001
Overflate	0 ^a	0,6 ^a	1,2 ^{ab}	1,7 ^b	0,003
Konsistens	0,8 ^a	1 ^a	1,7 ^{ab}	2 ^b	0,003
Sultetid (61 dager)					
Lukt	1,8 ^a	1,3 ^a	2,7 ^{ab}	2,9 ^b	0,002
Spalting	1,1	1,3	1,5	1,7	
Farge	1,1 ^a	0,7 ^a	2 ^b	2 ^b	0,001
Overflate	0,5	0	0,5	0,5	
Konsistens	0,8 ^a	1 ^a	1,7 ^{ab}	2 ^b	0,002
Sultetid (90 dager)					
Lukt	1,7 ^a	1,3 ^a	3 ^b	3 ^b	0,001
Spalting	1,5	1,8	2,1	1,8	
Farge	1 ^a	1,3 ^{ab}	2 ^b	2 ^b	0,001
Overflate	0,5 ^{ab}	0,1 ^a	1,3 ^b	1,6 ^b	0,003
Konsistens	0,8 ^a	0,9 ^a	1,9 ^a	2 ^a	0,002*

* $p < 0,05$ men post hoc test påviste ingen forskjell

Resultatene viste at etter 12 lagringsdøgn ville karakter på nesten alle sensoriske egenskaper bli signifikant påvirket av lagringsmetode. Rangeringen av lagringsmetode etter 5 dager viste at lagringsmetode A og B ble rangert forskjellig i forhold til de ulike kvalitetsegenskapene (tabell 13). Det var derimot ikke noen signifikant forskjell i karakter mellom de ulike lagringsmetodene etter 5 lagringsdøgn.

Tabell 13: Samlet rangering fra sensorisk og TVN-analyse ved dag 5. A) Lagret i is (0°C) og B) fryselagret (-30°C) i 5 dager.

Rangering (best- dårligst)	Lukt (sensorikk)	Spalting	Farge	Overflate	konsistens	TVN (dag 5)
1	A	A	B	B	A	B
2	B	B	A	A	B	A

Resultatene fra sensorisk bedømmelse etter dag 12 viste at lagringsmetoden der filetene først er fryselagret i 4 døgn, så tint i issørpe i 24 timer og så islagret i 7 dager (C) blir rangert som best i flest av egenskapene som dommerne vurderte (tabell 14). Kun ved egenskapene «spalting» og «konsistens» blir A (islagring sammenhengende i 12 døgn) rangert som bedre. Metode C blir også rangert som best vedrørende TVN-nivåer både ved 9 og 12 dager.

Tabell 14: Samlet rangering fra sensorisk analyse ved dag 12 og TVN-analyse ved dag 9 og 12. A) islagret (0°C), B) islagret i 5 dager så kjølelagret (6°C) i 7 dager, C) fryselagret i 4 dager (-30°C), tint i issørpe og så islagret (0°C) i 7 dager og D) fryselagret (-30°C) i 4 døgn, tint i issørpe og så kjølelagret (6°C) i 7 dager.

Rangering (best- dårligst)	Lukt	Spalting	Farge	Overflate	Konsistens	TVN (dag 9)	TVN (dag 12)
1	C	A	C	C	A	C	C
2	A	C	A	A	C	A	A
3	B	B	B	B	B	D	D
4	D	D	D	D	D	B	B

5 Diskusjon

En av de viktigste utfordringene som norsk torskefiske har i dag er tilgjengeligheten på råstoff. En kort fangstsesong med store mengder råstoff gjør at markedet opplever store svingninger i tilgang på torsk i løpet av året. Denne sesongbaserte svingningen i råstoff kan levendelagring og fangstbasert akvakultur være med på å utligne, og skape jevnere priser.

Torsken som ble brukt i denne oppgaven var fanget vill med snurrevad og ble vedlikeholdsfôret i fangenskap, med fôring 3 ganger i uken. Begrepet vedlikeholdsfôring er vagt, men ifølge oppdrettere betyr dette at et individ skal vedlikeholde sin opprinnelige vekt, lengde, og k-faktor basert på fôr-inntak. Hvor mye fôr per biomasse som faktisk ble gitt ved hver fôringsdag er usikkert, så hvorvidt all torsken ble fôret til metthet eller vedlikeholdsfôret er også usikkert.

Forskjellen i lengde og vekt blant de ulike uttakene er ikke nødvendigvis på grunn av fôring eller sultetid, men kan være naturlig variasjon. Esaiassen *et al.* (2006) har vist at lengdevekst sannsynligvis stagnerer på grunn av sesong og ikke som følge av sulting, da den sultede torsken hadde tilnærmet lik gjennomsnittslengde som den fôrede torsken brukt i forsøket.

Både rund og sløyd K-faktor gikk ned under sulteperioden, men bare sløyd K-faktor var blitt signifikant redusert etter 90 dagers sulting. Etter 61 dager var denne K-faktor også blitt betydelig redusert. K-faktor basert på sløyd vekt er et uttrykk for muskelfylde og nedgangen i K-faktor gjenspeiler seg i filetutbytte hvor signifikant reduksjon ble observert etter 61 dager. Det at sløyd K-faktor gikk ned er en indikasjon på at energi i protein lagret i torskemuskel blir utnyttet under en sulteperiode. Ofte sies det at under gonadeproduksjon benytter torsk energilagrene i lever, men også energilagrene i muskel. Det var imidlertid ingen signifikant nedgang i HSI fram til dag 34 da økningen i GSI var størst. Torsken brukt i forsøkene sto i merder i åpent hav, noe som tilsier at tilgang på mat kan ha vært mulig etter at fôringen ble stoppet. Torsken kan ha beitet på blåskjell grodd fast på notposen, mindre fisk og alger. Da torsken ble sløyd og innvoller og gonader ble veid, ble magesekken sjekket for innhold. Det ble funnet en liten fisk i 3 av 80 individer, i tillegg til at noen individer hadde spor etter alger i magen. Dette tyder på at tilgangen på mat var liten selv om dette ikke kan kontrolleres nøyaktig.

GSI-verdiene på torsken fikk oppgang gjennom forsøksperioden, spesielt de 4 første ukene. Denne oppgangen skyldtes at gonadeproduksjonen mest sannsynlig var startet en stund før forsøkets oppstart og vedvarte fram til forsøket ble avsluttet. For en kjønnsmoden torsk starter hoved produksjonen av gonader i oktober/november og ender ved gyting i januar/april

(Mello & Rose, 2005), så dette støtter opp påstanden om at torsken gjorde seg klar til å gyte ved forsøkets slutt. Når torsk sultes og benytter seg av lipider og glykogen lagret i lever vil HSI-verdiene gå ned (Black & Love, 1986). Dersom en sulteperiode skulle sammenfalle med utvikling av gonader vil dette ytterligere påvirke nedbrytningen av energilagret i lever og muskel hos laks (Idler & Bitners, 1960). I denne oppgaven ble det bare observert en mindre ikke-signifikant nedgang i HSI etter 61 og 90 dager. Esaiassen *et al.* (2006) har imidlertid vist at både sultet og foret torsk henter energi lagret i leveren under produksjon av gonader, men at denne utnyttelsen av lagret energi er mer markant hos sultet torsk.

Ved lagring av fisk over lengre tid vil mikrobielle forringelsesprosesser føre til en økt mengde flyktige nitrogenforbindelser. Totalt flyktig nitrogen er på grunn av dette ansett å være et nyttig mål for endringer i kvalitet i fersk hvitfisk. I denne oppgaven ble TVN-innhold i muskel analysert for å finne ut om sult påvirker endringer i lagringsstabilitet i filet av levendelagret torsk.

Grensen for TVN-innhold i torskemuskel er 30-35 mgN/100g produkt (Castro *et al.*, 2006). Ingen av lagringsmetodene etter 0, 5 eller 9 dager overskrider den nevnte grensen. Selv om TVN-verdiene ikke var over den akseptable grensen var det allikevel forskjell mellom de ulike lagringsmetodene etter 9 dagers lagring. Det var ingen signifikante forskjeller i TVN ved noen av uttakene for filet fryselaagret i 4 dager, så tint og deretter islagret i 4 dager eller for filet islagret sammenhengende i 9 dager. Filetene som hadde vært islagret i 5 dager og så kjølelagret ved 6°C i 4 dager hadde signifikant høyere TVN ved alle uttakene sammenlignet med de to førstnevnte lagringsmetodene. Dette er høyst sannsynlig på grunn av at mikroorganismer i skinnen på torsken er psykrofile, det vil si tilpasset å leve ved lavere temperaturer. Frysing først og så kjølelagring ga varierte TVN-verdier ved de forskjellige uttakene. For to av uttakene var TVN etter 9 dager lik TVN i de 2 førstnevnte gruppene. Dette kan bety at fryselaagring dreper endogene bakterier og i tillegg skjer ingen vekst under fryselaagring. Selv ved 0°C kan det skje en svak vekst av bakterier. Aune *et al.* (2014) har vist i deres studie at selv litt forhøyede kjølelagringstemperaturer i bare 12 dager med påfølgende islagring i 8 dager kan gi betydelig forhøyet innhold av TVN sammenlignet med 10 dagers sammenhengende islagring av torsk. Etter 12 dagers lagringstid var det kun filetene som har vært lagret på is sammenhengende i 12 dager eller fryst å så lagt i is som gir TVN-verdier under den akseptable grensen.

Etter 9 dagers lagringstid er TVN nivåene akseptable uansett lagringsmetode og sultetid. Det tyder på at filet av torsk kan ligge i lagringstemperatur på 6°C i 4 dager hvis den har vært fryselaagret eller lagret i is i 5 dager først. Den kan derimot ikke ligge 7 dager på 6°C. Det hadde

vært interessant å se hvilken sensorisk bedømmelse filetene som var lagret på 6°C hadde fått hvis det hadde blitt foretatt en sensorisk bedømmelse etter 9 lagringsdøgn da noen av filetene hadde begynt å lukte surt, selv TVN-innholdet viste seg å være godt under den akseptable grensen. Det at det var signifikante forskjeller mellom de ulike lagringsmetodene i hvert uttak var forventet, da tidligere forskning har vist at temperaturøkning vil påvirke kvaliteten av filet hos torsk (Lorentzen *et al.*, 2016). Det var ingen systematiske forskjeller i TVN innen gruppene ved de forskjellige uttakene. I gruppen islagret i 5 dager og så kjølelagret i 7 dager var det signifikant høyere TVN ved de to siste uttakene. For gruppen fryselagret i 4 dager, så tint i 1 dag og deretter kjølelagret i 7 dager var TVN lavest ved de to siste uttakene. Årsaken til disse variasjonene i TVN ved de ulike uttakene er vanskelig å forklare.

Vill torsk trimetylaminoksyd (TMAO) og i en lagringsperiode vil TMAO omdannes til trimetylamin (TMA) ved at bakterier bruker det som oksygenkilde. TMA vil bidra til utvikling av TVN, ikke bare NH₃ (Huss, 1995). Det er kjent at oppdrettstorsk har mye lavere innhold av TMAO enn villtorsk. Hvorvidt dette også gjelder for villtorsk som har vært levendelagret over lengre tid er usikkert, men hadde vært interessant å studere videre. I følge Herland *et al.* (2007) kan oppdrettstorsk ha lengre holdbarhetstid enn villtorsk på grunn av blant annet mindre TMAO.

Resultatene fra måling av proteininnhold i muskel var ganske stabilt til etter 61 dagers sult. Etter 90 dager var det en signifikant reduksjon i proteinkonsentrasjon. Akse & Midling (1997) observerte også en nedgang i proteininnhold etter 44 og 54 dager med sulting av torsk. I det nylig publiserte arbeidet til Ageeva *et al.* (2016) så man en nedgang i proteinkonsentrasjon i torskemuskel etter 80 dagers sulting og denne nedgangen var signifikant for hunfisk. Det ble også observert at hunfisk hadde et signifikant lavere proteininnhold etter 54 og 80 dagers sulting. I denne masteroppgaven ble det ikke differensiert mellom kjønn ved måling og presentasjon av proteininnhold. Resultatene for proteininnhold i denne oppgaven kan sees i sammenheng med muskelens vanninnhold. Reduksjon i muskelens proteininnhold fører til en økning i vanninnhold. Denne økningen var imidlertid ikke-signifikant i dette forsøket. Love (1970) observerte en økning i vanninnhold i muskel hos torsk sultet i et akvarium etter omtrent 9 uker. Samme forfatter rapporterte en signifikant invers sammenheng mellom proteininnhold og vanninnhold i muskel av villfanget torsk.

Dette viste også Akse & Midling (1997) og Esaiassen *et al.* (2006). Disse studiene fant ut at vanninnhold i muskel øker under sulting etter 44 og 73 dagers sult (Akse & Midling, 1997) og etter ca. 45 dager (Esaiassen *et al.*, 2006). Ved å studere disse resultatene kan det se ut som

om at perioder uten næring påvirker vanninnhold i torskemuskel. Væskeslipp i fisk er forbundet med lagringstid, og gjennom forsøksperioden ble det observert at lagringsmetoden som ga størst drypptap målt som vanninnhold var metoden der fisken først var fryst og deretter kjølt på 6°C. Signifikant forskjell mellom lagringsmetodene ble ikke observert. Det ble derimot observert at noen lagringsmetoder ga mer vanninnhold etter en viss lagringstid enn den helt ferske fileten, og dette skyldes mest sannsynlig absorpsjon av smeltevann fra isen. Kristoffersen et al. (2007) viste at det er liten eller ingen forskjell i vanninnhold under lagringstiden dersom fileten lagres på is, noe resultatene i denne oppgaven også viste.

Muskel-pH ble målt etter 5 dagers i is eller som fryselaget, da pH var forventet å ha stabilisert seg i det som kalles ultimat pH som resultatene i Kristoffersen *et al.* (2005) viste. Resultatene i denne oppgaven viste at ultimat pH i muskel økte desto lengre torsken ble sultet. Dette funnet støttes av arbeidet til Esaiassen *et al.* (2006) som viste at pH i sultet oppdrettstorsk (6,5) er høyere enn pH i fôret oppdrettstorsk. Muskel-pH i torsk vil øke gjennom en sulteperiode på grunn av mindre konsentrasjon av glykogen i muskel. Black & Love (1986) viser i sin artikkel at mengden muskelglykogen i hvit muskel vil nærme seg 0 etter en sulteperiode på 20 uker. Dette skal i teorien føre til høyere pH, ettersom lite glykogen i muskel gir høyere pH. Akse & Midling (1997) viser derimot i sin studie at pH ikke påvirkes i stor grad av en sulteperiode. Dette kan forklares med at Akse & Midling (1997) sultet torsk i 80 dager (ca. 11,5 uker), mens Black & Love (1986) sultet deres torsk i ca. 20 uker. Resultatene viste også at lagringsmetode påvirket hvilken ultimat pH filetene hadde. Filet lagret i is hadde signifikant lavere pH etter 5 lagringsdøgn ved 5 og 34 dagers sult sammenlignet med fileten som hadde vært fryselaget. Dette kan antakeligvis forklares med at enzymene som katalyserer nedbrytningen av glykogen i muskelen har mindre aktivitet på grunn av frysetemperatur. Etter 61 og 90 dagers sulting hadde imidlertid filetene som var islagret signifikant høyere pH sammenlignet med de fryselaagrede filetene. Dette er derimot vanskeligere å forklare.

I forsøkene gjort i denne oppgaven ble det utført 2 sensoriske analyser ved hvert uttak. De sensoriske analysene ble utført etter 5 og 12 lagringsdøgn ved ulike lagringsbetingelser. Det er ikke satt en nøyaktig grense for når en filet skal forkastes basert på lukt, men når fileten får en karakter som tilsvarer sur lukt eller lukt av ammoniakk vil produktet ansees som å være uakseptabelt som mat til mennesker. Resultatene fra de sensoriske bedømmelsene viste at lukt vil ligge på et akseptabelt nivå etter 5 dagers lagringstid, og vil ikke påvirkes av lagringsmetode. Dette skyldes at etter 5 dager vil ikke mikrobielle nedbrytning ha kommet langt nok til at dette kan merkes som ammoniakklukt. Denne påstanden styrkes av at resultatene fra TVN-analysen

også viste at 5 dagers lagringstid ga verdier av flyktig nitrogen som er langt under den akseptable grensen. Etter 12 dagers lagringstid vil derimot fileter som ikke har vært lagret på is lukte surt eller ammoniakk og ikke lenger være egnet som mat til mennesker. Resultatene for TVN bekrefter dette, ettersom om TVN-verdiene for fileten lagret på 6 grader var høyere enn akseptabelt. I de sensoriske bedømmelsene viste resultatene at det var lite filetspalting i torsk, uansett sultetid. Dette skyldes nok at fisken som ble brukt i forsøket har vært i godt hold på grunn av vedlikeholdsføring. Filetspalting og bløt konsistens er et vanlig problem hos fisk som har hatt tilgang på store mengder mat, som for eksempel loddetorsk, og Akse og Midling (1997) foreslår at det derfor kan være gunstig å sulte slik torsk. Ved for lang sultetid vil en derimot også risikere at fileten av dårlig kvalitet, da proteinet i muskelen vil bli delvis erstattet med vann og muskelen vil bli bløt. Resultatene i denne oppgaven viste derimot at torsk i dette forsøket ikke var utsatt for filetspalting selv etter 90 dagers sult.

Konsistens og overflate på filetene ble både påvirket av lagringstid og lagringsbetingelser. Desto høyere temperatur desto dårligere konsistens og overflate hadde filetene. Det ble observert at 34 og 90 dagers sultetid ga høyest karakter, og dermed dårligst kvalitet på filetene. Filetene som lå lagret på 6°C fikk høyest karakter på grunn av misfarging. Noe av misfargingen kom av bakterievekst på filetene, som ga flekkvis gul-grønne områder (figur 15). Slik misfarging oppsto ikke på fileter lagret i 5 dager.

Resultatene viste at etter 12 lagringsdøgn ville karakter på nesten alle sensoriske egenskaper bli signifikant påvirket av lagringsmetode (tabell 12). Dette var ikke overaskende fordi to grupper av fileten lå lagret på 6°C, mens de to andre gruppene av fileten lå lagret i is. Dette var på forhånd tenkt å gi stor differanse i resultat fra både kjemiske og sensoriske analyser.

Rangeringen av lagringsmetode etter 5 dager viste at lagringsmetode A og B ble rangert forskjellig i forhold til de ulike kvalitetsegenskapene og metode kan vurderes ut ifra hvilke egenskaper skal oppnås (tabell 13). Det var derimot ikke noen signifikant forskjell i karakter mellom de ulike lagringsmetodene etter 5 lagringsdøgn.

Resultatene fra sensorisk bedømmelse etter dag 12 viste at lagringsmetoden der filetene først er fryselaagret i 4 døgn, så tint i issørpe i 24 timer og så islaagret i 7 dager (C) blir rangert som best i flest av egenskapene som dommerne vurderte (tabell 14). Kun ved egenskapene «spalting» og «konsistens» blir A (islagring sammenhengende i 12 døgn) rangert som bedre. Metode C blir også rangert som best vedrørende TVN-nivåer både ved 9 og 12 dager, så de sensoriske resultatene sammenfaller med resultatene fra de kjemiske analysene.

6 Konklusjon

Denne oppgaven ga resultater som viste at en sulteperiode på opptil 12 uker påvirker en rekke biologiske parametere hos levendelagret vedlikeholdsfôret torsk. Det var imidlertid bare filetutbytte og sløyd K-faktor som ble signifikant redusert. Sløyd K-faktor ble signifikant redusert fra 5 til 61 dagers sult og filetutbytte ble signifikant redusert mellom 5 og 34 dagers sult. GSI økte som følge av at torsken gjorde seg klar til å gyte, og ble ikke påvirket av sulteperioden. Endringer påvirket av sultetid ble observert i størst grad i protein- og vanninnhold, der proteinkonsentrasjonen i muskel ble signifikant redusert etter 90 dagers sulting og denne reduksjonen hadde en invers sammenheng med vanninnholdet. Drypptap hos filetene hadde en ikke-signifikant endring med hensyn til sultetid, og ble mer påvirket av lagringsmetode.

Det ble observert at også lagringsbetingelser påvirket lagringsstabilitet. Ulike lagringstemperaturer påvirket mengde TVN i muskel, og resultatene viste at holdbarheten for filet var 12 dager dersom den var frosset og lagret i is eller kun lagret i is i hele lagringsforløpet med hensyn til muskelens innhold av TVN. Det ble funnet at TVN i muskel ved 9 og 12 lagringsdøgn var lavest hvis fileten først var fryst før islagring. Forhøyde kjøletemperaturer (6°C) i 4 og 7 dager ga økt TVN sammenlignet med islagring og fryselagring og så islagring i 4 og 7 dager.

Resultatene fra de sensoriske bedømmelsene av filetene viste at det er stor forskjell i hvordan lagringstemperatur påvirker sensoriske egenskaper. Lagring på 6°C ga etter 12 dager lukt, farge, overflate og konsistens som gjorde filetene uappetittlige og lite egnet som mat til mennesker, og lagring ved slik temperatur gir lavere lagringstid enn hos filet lagret sammenhengende i is.

Referanseliste

- Ageeva, T. N., Jobling, M., Olsen, R. L. & Esaiassen, M. (2016). Gender-specific responses of mature Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) to feed deprivation. *Fisheries Research*, **188**, 95-99.
- Akse, L. & Midling, K.Ø. (1997). Live capture and starvation of capelin cod (*Gadus morhua* L.) in order to improve the quality. In *Seafood from Producer to Consumer, Integrated Approach to Quality* (J. B., Lutén, T. Børresen & J. Oehlenschläger, eds), 47-58. Elsevier Science B.V.
- Amlacher, E. (1961). *Rigor mortis* in fish. In *Fish as food* (G. Borgstrøm ed), **1**, 385-409. Academic Press, New York and London.
- 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.
- Black, D. & 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. (1992). Fish flesh structure and the role of collagen- its post mortem aspects and implications for fish processing. *Quality assurance in the fish industry*, **30**, 39-62.
- Bremner, H. A. & Hallet, 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. & Jessen, F. (2001). Glycolysis and ATP degradation in cod (*Gadus morhua*) in subzero temperatures in relation to thaw rigor. *LWT - Food Science and Technology*, **34**, 81-88.
- Castro, P. P., Padron, J. C. P., Cansino, M. J. H., Velàsques, E. S. & De Larriva, R. M. (2006). Total Volatile base Nitrogen and its use to assess freshness in European sea bass stored in ice. *Food Control*, **17**, 245-248.
- 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.
- Dulavik, B., Sørensen, N. K., Barstad, H., Horvli, O. & Olsen, R. L. (1998). Oxidative stability of frozen light and dark muscles of saithe (*Pollachius virens* L.). *Journal of Food Lipids*, **5**, 233-245.
- Esaiassen, M., Nilsen, H., Joensen, S., Skjerdal, T., Carlehog, 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.
- Esaiassen, M., Akse, L., Joensen, S., Midling, K. Ø., Tobiassen, T., Wilhelmsen, K. & Aas, K. (2006). Sulting av oppdrettstorsk. Rapport 26/2006. Fiskeriforskning, Tromsø.
- Foegeding, E. A., Lanier, T. C. & Hultin, H. O. (1996). Characteristics of edible muscle

- tissues. In *Food Chemistry* (O. R. Fennema, ed) 3. ed, 879-942. Marcel Decker, Inc, New York, Basel, Hong Kong.
- 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 and Integrative Physiology*, **135**, 347-356.
- Haard, N. F. (1992). Controll of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food Research International*, **2**, 289-307
- Herland H., Esaiassen, M. & Olsen, R. L. (2007). Muscle Quality and Storage Stability of Farmed Cod (*Gadus morhua* L.) Compared to Wild Cod. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, **16**, 55-66.
- Herland, H., Esaiassen, M., Cooper, M. & Olsen, R. L. (2009). Changes in trimethylamine oxide and trimethylamine in muscle of wild and farmed cod (*Gadus morhua*) during iced storage. *Aquaculture Research*, **41**, 95-102.
- Huff-Lonergan, E. & Lonergan, S. M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of post mortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, **77**, 194-204.
- Huss, H. H. (1995). Quality and quality changes in fresh fish. *FAO Fisheries Technical Paper* 348. Roma.
- Hyldig, G. & Nielsen, D. (2001). A review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle. *Journal of Texture studies*, **32**, 219-242.
- Idler, D. & 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, K. Ø. (2009). Fangstbasert akvakultur på torsk- en håndbok. Nofima, Tromsø
- Jobling, M. (1995). *Environmental Biology of Fishes*, London, Chapman & Hall.
- Kristoffersen, S., Tobiassen, T., Steinsund, V. & Olsen, R. L. (2005). Slaughter stress, postmortem muscle pH and rigor development in farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *International Journal of Food Science and Technology*, **41**, 861-864.
- Kristoffersen, S., Tobiassen, T., Esaiassen, M., Olsson, 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 .
- Lorentzen, G., Heide, M., Tobiassen, T. & Ageeva, T. (2016). Kvalitet på filetprodukter av kvalitetsmerket skrei. Rapport 28/2016, Nofima. Tromsø.
- Love, R. M. (1970). *The Chemical Biology of Fishes*. Academic Press, London and New York
- Love, R. M. (1988). Biochemical dynamics and the quality of fresh and frozen fish. In *Fish Processing Technology* (G. M. Hall, ed), 1-31, Chapman & Hall.
- Love, R. M. & Lavèty, J. (1977). Wateriness of white muscle: A comparison

- between cod (*Gadus morhua*) and jelly cat (*Lysichthus denticulatus*). *Marine Biology*, **43**, 117-121.
- 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 animal use to survive a common challenge. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & integrative Physiology*, **156**, 1-18.
- Mello, L. & Rose, G. (2005). Seasonal cycles in weight and condition in Atlantic cod (*Gadus morhua*) 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.
- Mørkøre, T. (2005). Produktkvalitet i Oppdrett av Torsk- Næring med framtid (H. Otterå, G. L. Taranger, & J. Borthen eds.). *Oppdrett av Torsk*, 153-162. Bergen.
- Normann, A., Dorff, I. & Pio. M. (1918). Damernes Haandbok: Uunværlig raadgiver for damer i alle samfundslag. *Ukebladet Hjemmet*, Oslo. Hentet 5.4.2017 http://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2007081313003
- Ofstad, R., Kidman, S., Myklebust, R., Olsen, R. L. & Hermansson, A. M. (1996). Factors Influencing Liquid-Holding Capacity and Structural Changes During Heating of Comminuted Cod (*Gadus morhua* L.) Muscle. *LWT - Food Science and Technology*, **29**, 173-183.
- Olsson, G. B., Olsen, R. L., Carlehög, M. & Ofstad, R. (2002). Seasonal variations in chemical and sensory characteristics of farmed and wild Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Aquaculture*, **217**, 191-205.
- Robergs, R. A., Ghiasvand, F. & Parker, D. (2004). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, **287**, 502-516.
- Schwalme, K & 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**, 303-319.
- Skjervold, P. O., Fjæra, S. O., Østby, P. B. & Einen, O. (2001). Live chilling and crowding stress before slaughter of atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, **192**, 265-280.
- Skjervold, P. O. (2002). Live-chilling and pre-rigor filleting of salmonids: technology affecting physiology and product quality. *Dr. agric. avhandling*. Norges Landbrukshøgskole, Ås.
- Small, J. V., Fürst, 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, Tørshavn, Færøyene.
- 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. Fiskeriforskning, Tromsø.
- Takama, K., Love, R. M., Smith, G. L. (1985). Selectivity in mobilisation of stored fatty acids by maturing cod, *Gadus morhua* L. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B:*

Comparative Biochemistry, **80**, 713-718.

Tobiassen, T., Akse, L., Midling, K., Aas, K., Dahl, R & Eilertsen, G. (2006) The effect of pre-rigor processing of cod (*Gadus morhua* L.) on quality and shelf life. *Seafood Research from Fish to Dish*, (J. B. Luten, C. Jacobsen, K. Bekart, A. Sæbø & J. Oehlenschläger, eds) 149-159. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands. Widmaier, E. P., Raff, H., Strang, K. T. & Vander, A. J. (2011). *Vander's Human Physiology: The Mechanisms of Body Function*. McGraw-Hill, New York, USA.

Havforskningsinstituttet:

http://www.imr.no/publikasjoner/andre_publikasjoner/overvakinnsgruppens_rapporter/overvakinnsgruppen_2010/kapittel_1/kap_4_6/4.6.1/nb-no Hentet 3.2.2017

Nofima, 2015. <http://nofima.no/nyhet/2016/01/rekordhoy-levendelagring-i-2015/> hentet 23.2.2017

Råfisklagets statistikkbank:

http://www.rafisklaget.no/portal/page/portal/RafisklagetDokumenter/Aarsomsetning/omsetningsstat_2016.pdf Hentet 21.4.2017