



UiT Norges arktiske universitet

Norges fiskerihøgskole – Fakultet for biovitenskap, fiskeri og økonomi

**Kvalitet og holdbarhet av torskefilet – påvirkningen av ulike temperaturer ved
«ilandføring»**

Tomas André Ingebrigtsen

Masteroppgave i fiskeri- og havbruksvitenskap FSK-3960 (60 stp) Mai 2021

Kvalitet og holdbarhet av torskefilet – påvirkningen av ulik temperatur ved «ilandføring»

Tomas André Ingebrigtsen

Masteroppgave i fiskeri- og havbruksvitenskap (60 stp.)

Norges fiskerihøgskole

Fakultet for biovitenskap, fiskeri og økonomi

UiT – Norges arktiske universitet



Forord

Denne masteroppgaven ble gjennomført ved Norges fiskerihøgskole (NFH) ved fakultet for biovitenskap, fiskeri og økonomi (BFE) ved Universitet i Tromsø (UiT). Oppgaven markerer slutten på en spennende og innholdsrik femårig utdanning i fiskeri- og havbruksvitenskap. Torsken som ble brukt i denne oppgaven ble fanget og holdt levende ved Havbruksstasjon i Tromsøs sjøanlegg, Skulgambukt, mens forsøkene ble gjennomført på Nofima i Tromsø. I den forbindelse er det mange personer som fortjener en takk.

Først og fremst vil jeg takke min hovedveileder Margrethe Esaiassen for fremragende og konstruktiv veiledning. Dine bidrag med råd, kunnskap, tålmodighet og erfaring har vært både inspirerende, frustrerende og til stor hjelp gjennom hele forløpet.

Jeg ønsker å takke min biveileder ved Nofima, Torbjørn Tobiassen, for gode innspill, erfaring og støtte ved gjennomføring av forsøk. Ditt gode humør er smittende og har gjort utførelsen av arbeidet lettere. Jeg vil også takket Tatiana Ageeva for all hjelp og råd med alt fra laboratoriearbeid til statistikk. Videre fortjener alle ved Nofima, avdeling sjømatindustri som har bidratt til oppgaven en stor takk for all hjelp og rådgivning.

Takk til fiskeri- og havbruksvitenskap kull 2016, og spesielt Signy og Harald Martin for gode råd, mye latter og alle timer med lesing og skriving gjennom de siste fem årene.

Takk til Ingrid og Kjetil for alle timene dere har brukt på å lese korrektur og retting av oppgaven, og for at dere alltid tar dere tid til å hjelpe når jeg har spurt selv i en hektisk hverdag.

Takk til min kjæreste Marie, for all kjærlighet, støtte og omsorg, det har betydd uendelig mye. Til slutt vil jeg takke mine foreldre for alle søndagsmiddager, støtte og motiverende ord gjennom hele studietiden.

Tromsø, 16. mai 2021

Tomas André Ingebrigtsen

Sammendrag

Sjømatnæringen i Norge er viktig for både norsk økonomi og grunnlaget for bosetning langs den lange kysten vår. I dagens samfunn kastes rundt en fjerdedel av all mat som produseres som følge av mikrobiell aktivitet. Fisk er et lett bederelig råstoff, og derfor er det viktig å finne metoder for å oppnå best mulig holdbarhet. Brudd på kjølelinjen ved produksjon av ferske fiskeprodukter og lagring ved høy temperatur er en av de viktigste årsakene til redusert holdbarhet. Derfor er det viktig å undersøke viktigheten av temperatur ved ilandføring av fisk i dagens fiskeindustri.

Formålet med oppgaven var å undersøke om holdbarheten og kvaliteten på fersk torskefilet ble påvirket av ulik temperatur ved ilandføring. Dette ble undersøkt ved å sammenligne filet fra torsk som ble holt i sjøvann med en temperatur på rundt 9 °C (sjøvannsgruppen) og isvann laget av sjøis med en temperatur på rundt 0,5 °C (isvannsgruppen) i åtte timer. Det ble gjort analyser av vanninnhold og vannbindingsevne, samt sensoriske vurderinger av både hel fisk og filet. Teksturmålinger ble utført ved hvert uttak og sammenlignet med konsistensmålingene som ble gjort sensorisk.

Resultatene i oppgaven viste at torsk holdt på rundt 0,5 °C har rundt en dag lengre holdbarhet basert på QIM, og minst en dag lengre holdbarhet basert på filetindeksmålinger. Det ble funnet at den største ferskhetsendringen på filet kom i form av lukt, og at filetene i sjøvannsgruppen ble forkastet som følge av lukt to dager tidligere enn isvannsgruppen. For analysen av vanninnhold ble det funnet at sjøvannsgruppen hadde høyere vanninnhold sammenlignet med isvannsgruppen. Det er tenkt at dette kan komme av at det er større kontaktflate mellom fisk og vann under simuleringen av ilandføring. For analysen av vannbindingsevne er det ikke funnet noen nevneverdige forskjeller.

Ved målingen av tekstur følger begge gruppene samme trend, og det er ingen store forskjeller mellom dem.

Uttaket av fisk var noe lite i dette forsøket, og det ble bare gjort uttak på høsten noe som trolig ikke gir et presist bilde på hvordan torsk påvirkes gjennom hele året. Torskefisket er sesongbetont, og det kan være store variasjoner i råstoffkvalitet på høsten og våren. Dermed kan det ikke trekkes sikre konklusjoner i denne oppgaven.

Summary

The Norwegian seafood industries are important for the national economy and the foundation for settlements along the Norwegian coastline. Today, a quarter of all food produced are discarded due to microbial activity. Fish is an easily spoiled product; therefore, it is important to discover methods to ensure and extend the anticipated shelf life of the product.

Interruptions of the cold chain and storage at too high temperatures are some of the most important factors for reduced shelf life of fish. Thus, examining the storage temperature for fish during transit to land is important to the seafood industry.

Our objective was to investigate whether the shelf life and quality of fresh cod fillet was affected by different temperatures during transit. To that end, we compared cod fillets held in sea water at a temperature of approximately 9 °C to fillets stored in sea ice at a temperature of about 0,5 °C (the ice water group) for eight hours. The comparison was accomplished by analysing the water content and water holding capacity of the fillets, in addition to sensory evaluation of the fillets and the whole fish. Texture measurements was performed for each sampling and compared to the sensory evaluation of texture and consistency.

The results of the study indicated that cod stored at 0,5 °C had an extended shelf life of approximately one day based on QIM. In addition, the fillet index measurements showed a minimum of one day increased shelf life. We found that the clearest change of freshness was due to smell, and that the fillets in the sea water group was discarded for that reason two days earlier than the ice water group. In the analysis of the water contents in the fillets it was discovered that the sea water group had increased water content compared to the ice water group. It is believed that this may be a result of the larger area of contact between the fish and water during the simulation of transit to land. The accompanying analysis of water holding capacity showed no significant differences between the groups. Likewise, the texture measurements revealed a similar trend and no significant discrepancy between the groups.

The limited sample size, in combination with the fact that all sampling occurred in the autumn, is unlikely to be representative for how cod is affected by transit temperatures during different seasons. Earlier research has shown that the quality of the fish products varies with the harvesting season. Thus, no definite conclusions can be drawn from this study alone.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	1
2	Teori	2
2.1	Sesongvariasjon	2
2.2	Muskeloppbygning hos fisk.....	6
2.2.1	Kontraksjon	8
2.2.2	Muskelvekst	9
2.3	Post mortale endringer hos fisk	10
2.3.1	<i>Rigor mortis</i>	11
2.3.2	Muskel-pH.....	12
2.3.3	Væsketap i fiskemuskel.....	12
2.3.4	Filetspalting.....	14
2.3.5	Autolytisk nedbrytning.....	14
2.3.6	Mikrobiell nedbrytning	16
2.4	Fangsthåndtering	18
2.5	Kvalitet av fersk torskefilet	19
2.5.1	Hvordan måle kvalitet?	20
2.6	Ferskhets og holdbarhet	23
3	Materialer og metoder	24
3.1	Råstoff	24
3.1.1	Kjølemetoder.....	24
3.2	Forsøksoppsett	24
3.3	Kjemiske analyser.....	26
3.3.1	Vannbindingsevne	26
3.3.2	Vanninnhold	27

3.4	Teksturmålinger	28
3.5	Sensoriske analyser	29
3.5.1	QIM	29
3.5.2	Filetindeks	29
3.6	Statistiske analyser	30
4	Resultater	31
4.1	Vanninnhold og vannbindingsevne	31
4.2	Sensoriske målinger	33
4.2.1	QIM	33
4.2.2	Filetindeks	36
4.3	Tekstur	39
5	Diskusjon	41
5.1	Råstoff	41
5.2	Vanninnhold	42
5.3	Vannbindingsevne	43
5.4	QIM	44
5.5	Filetindeks	45
5.6	Tekstur	46
5.7	Oppsummering	48
5.8	Begrensinger i studiet og videre arbeid	50
6	Konklusjon	51
	Referanseliste	52
	Vedlegg 1 - QIM skjema	58
	Vedlegg 2 - Filetindekskjema	59

Tabelliste

Tabell 1: Vanninnhold i filet etter ulik lagringstid.....	31
Tabell 2: Væsketap i filet etter ulik lagringstid.....	32
Tabell 3: QIM-score for skinn utseende og konsistens ved ulik lagringstid.....	34
Tabell 4: QIM score for farge gjeller, lukt gjeller og slim gjeller ved ulik lagringstid.....	36
Tabell 5: Filetindeksscore for lukt og konsistens ved ulik lagringstid.....	38
Tabell 6: Fastheten til fileten ved ulik lagringstid.....	39

Figurliste

Figur 1: Er en oversikt over landinger av torsk rundvekt (tonn) per måned de siste fire årene.	2
Figur 2: En oversikt over utbredelsen torsk og dens vandringsmønster ved gytevandringen....	3
Figur 3: Sesongvariasjon i vanninnhold (moisture) og protein i muskelen til torsk	4
Figur 4: Sesongvariasjon i ultimat pH hos torsk fanget utenfor Island og lagret på is	5
Figur 5: Oppbygningen av torskemuskel, med myocommata og myotomer	7
Figur 6: Oppbygningen av en muskelfiber fra hel fiber til tynne og tykke filamenter.	7
Figur 7: Illustrasjon av sammentrekning i muskelceller med orientering av tykke og tynne filamenter.	8
Figur 8: En illustrasjon av oppblomstringen av sjømat spesifikk ødeleggelsesorganisme, mikrobielle metabolitter og total mikrobiell populasjon	18
Figur 9: En oversikt over forsøksoppsett, hvor lang lagringstid og hvordan fisken ble lagret under forsøket.....	25
Figur 10: Illustrasjon av hvordan fileten ble skåret opp under uttak av prøver..	26
Figur 11: Illustrasjon av hvordan teksturmålingene ble gjennomført..	28
Figur 12: Utviklingen i vannbindingsevne.....	32
Figur 13: Utviklingen for total QIM-score.....	33
Figur 14: Utvikling for totalscore filetindeks.....	37
Figur 15: Utvikling av tekstur og konsistens	40
Figur 16: Skjema for vurdering av QIM.	58
Figur 17: Skjema for vurdering av filetindeks.	59

1 Innledning

Sjømatnæringen i Norge er viktig både for norsk økonomi og grunnlaget for bosetning langs den lange kysten vår. Med vår lange kystlinje har Norge alltid hatt en lang tradisjon for utnyttelse av ressursene som tilligger havet, da særlig fangst av fisk. Av alle fiskeartene som fanges kommersielt er torsken en av de viktigste. I 2020 ble det fisket rundt 332.000 tonn torsk, som ble omsatt for omlag 7,7 milliarder norske kroner (Fiskeridirektoratet, 2021).

Det er blitt estimert at om lag 25% av all mat produsert på verdensbasis går tapt som følge av mikrobiell aktivitet etter at den er prosessert (Gram & Dalgaard, 2002). Fisk er et lett bederelig råstoff (Odeyemi et al., 2020) som følgelig har (relativt) kort holdbarhet som ferskt produkt. For å redusere matsvinn bør man se på muligheter for å forlenge holdbarheten og forbedre kvaliteten på råvarene som brukes i produksjon av mat. Heide og Henriksen (2013) har vist at dårlig kvalitet på råstoffet ved fangst og/eller levering forplanter seg videre ut i produksjon, påvirker sluttproduktet og dermed prisen man oppnår, samt at god kvalitet på fileten gir bedre pris. For å oppnå god kvalitet er man avhengig av at fisken håndteres og oppbevares riktig fra fangst til matbord.

Lagring av fisk ved lav temperatur både under utblødning og ved ilandføring vil kunne øke kvaliteten på råstoffet og potensielt forlenge holdbarheten om det gjøres riktig (Tobiassen et al., 2016). Tobiassen et al. (2016) har vist at temperaturen er viktig for holdbarheten, og at økning i temperatur fra 0 °C til 4 °C i et døgn kan redusere holdbarhetstiden med to dager. Øker temperaturen fra 0 °C og opp til 10 °C i et døgn kan holdbarheten reduseres med så mye som fire dager. Samme forfattere viser også at utblødning ved lav temperatur kan gi bedre kvalitet ved at blodet koagulerer saktere. Det vil føre til bedre utblødning og potensielt mindre blodrester i sluttproduktet. Ifølge Akse og Joensen (2004) er det viktig at det ikke blir brudd på kjølelinjen, og at fisken holdes kald hele veien fra havet til bordet om den skal kunne bevare ferskhet og være lengst mulig holdbar.

Hovedmålet med denne oppgaven er å undersøke hvordan ulike temperaturer ved ilandføring (i denne oppgaven simulert i 8 timer) påvirker holdbarheten til fersk fileten av vill torsk etter påfølgende islagring. I tillegg blir det undersøkt om det er samsvar mellom instrumentell og sensorisk måling av konsistens. Delmålene i oppgaven er å studere endringer i filetenes tekstur, vanninnhold og vannbindingsevne, samt vurdere sensorisk kvalitet til fileten av fersk og hel torsk etter islagring i 3, 7, 9, 11 og 13 dager.

2 Teori

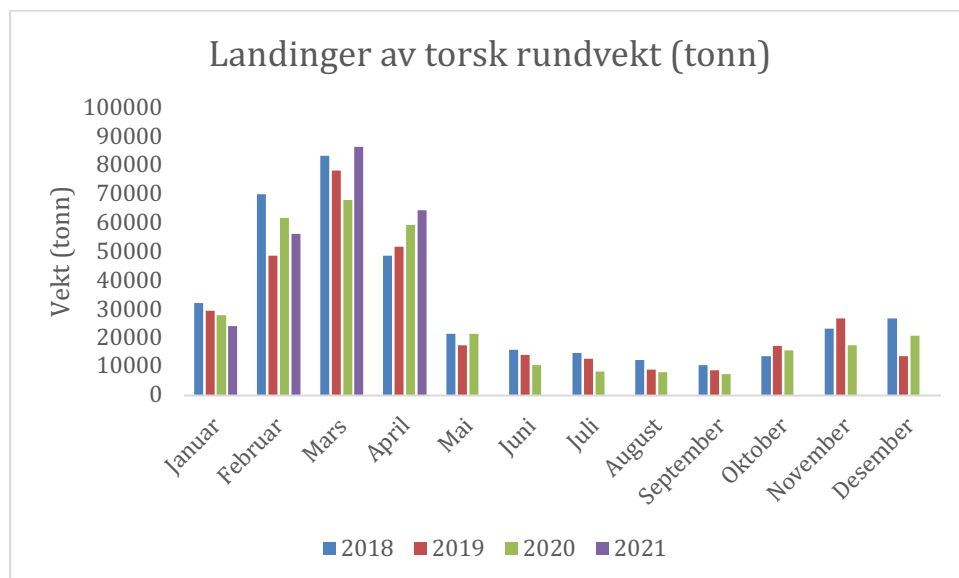
Måling av kvalitet og holdbarhet på fisk er vanskelig som følge av at det er mange faktorer og prosesser som spiller inn. Kvaliteten på råstoffet vil variere med sesong, fangstmetode og håndtering under og etter fangst, samt gå gjennom flere ulike prosesser etter at fisken er fanget og avlivet. Gjennom disse prosessene vil det skje flere endringer i fisken og fiskemuskelen som kan påvirke hvordan konsumenten oppfatter sluttproduktet, i tillegg til at de kan påvirke hvor lang holdbarheten vil bli.

2.1 Sesongvariasjon

Torskefisket er et sesongbetont fiske som i hovedsak pågår i månedene fra januar til april som vist på figur 1, og det er i denne perioden det meste av fisket etter torsk og skrei pågår.

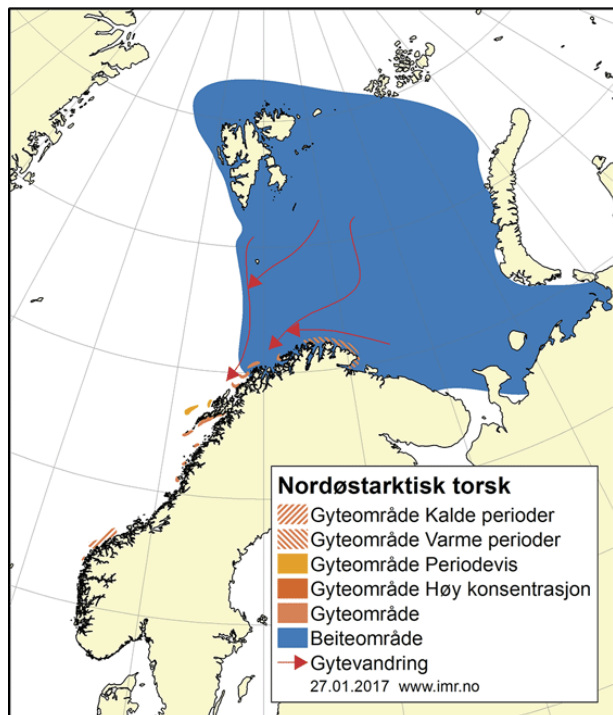
Årsaken til sesongvariasjonen i torskefisket er vandringsmønsteret, reproduksjonssyklusen og variasjon i tilgangen på mat (Schwalme & Chouinard, 1999). Gyte- og beitevandringen som skjer på vinteren og gjennom våren og sommeren gjør at torsken kommer nærmere land. Det gjør at det er enklere og lavere kostnader for fiskeflåten å komme seg ut for å fange fisken.

Det store fangstvolumet som blir tatt i denne perioden burde ført til en redusert pris, men som følge av verdifulle biprodukter som lever og rogn forblir dette fisket attraktivt (Iversen et al., 2016).



Figur 1: Er en oversikt over landinger av torsk rundvekt (tonn) per måned de siste fire årene (Fiskeridirektoratet, 2021).

Langs norskekysten finner man to ulike typer torsk. Den nordøstarktiske torskestammen er den som vandrer fra gytefelt langs Norskekysten og ut til beiteplasser i Atlanter- og Barentshavet etter den har gytt (figur 2) (Michalsen et al., 2008). Gytefeltene strekker seg fra Stavanger i sør opp til Finnmark i Nord, men det viktigste området er Lofoten og Vesterålen. Den andre typen torsk vi finner langs vår kyst er kysttorsk. Det er en torsk som er mye mer stasjonær langs norskekysten enn den nordøstarktiske torskestammen (Michalsen et al., 2008).



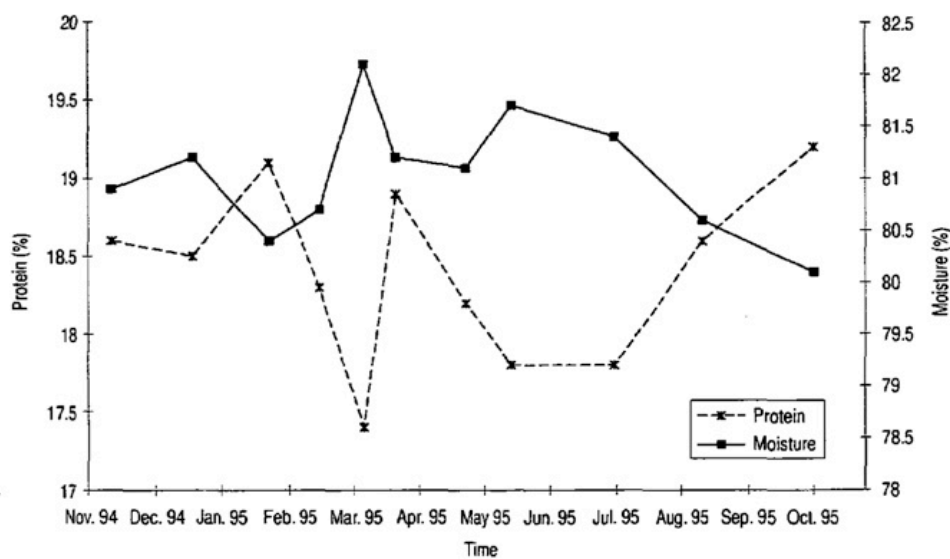
Figur 2: En oversikt over utbredelsen torsk og dens vandringsmønster ved gytevandringen (Nærings- og fiskeridepartementet, 2016-2017).

Utviklingen av gonader starter i oktober/november og foregår helt til gyting i perioden januar til april (Mello & Rose, 2005). Dette fører til at størrelsen på gonadene varierer i stor grad hos kjønnsmoden torsk i løpet av året. De viser også til at gonadene til torsk kan variere fra 10% av den totale kroppsvekten rundt mars til så lite som under 1% på sensommeren rundt august til september (Mello & Rose, 2005; Schwalme & Chouinard, 1999). I samme periode skjer det flere andre endringer i torskens organer med hensyn til lagret energi og vekt. Gjennom året vil man kunne se store sesongvariasjoner i leverens innhold av fett (triacylglyserol), vann og protein (Ingolfssdottir et al., 1998). Torsken bruker leveren som det største og viktigste fettdepotet, og bruker denne energien til å produsere gonadene på senhøsten. Derfor vil man

kunne se at størrelsen på leveren blir tydelig redusert i form av en reduksjon i hepatosomatisk indeks (HSI) (Mello & Rose, 2005).

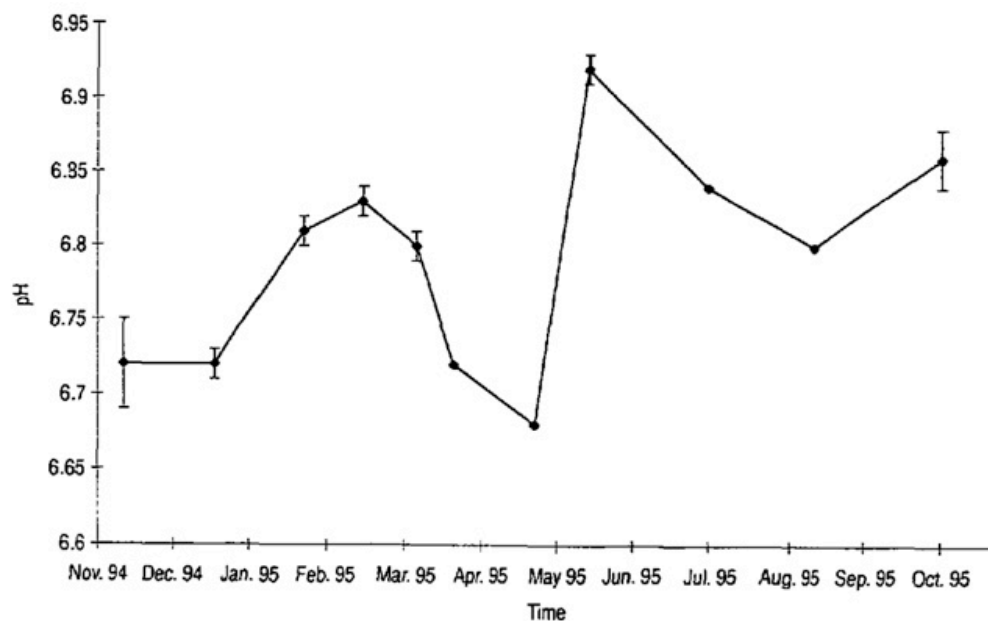
Fiskens kondisjonsfaktor (K-faktor) vil også variere i løpet av året og sammenfaller, i likhet med levervekten, med gonadeutviklingen. K-faktor er en beskrivelse av kondisjon til fisk ut fra forholdet mellom individenes vekt og lengde (Ricker, 1975). K-faktoren til sløyd torsk vil synke frem til gyting, og øke raskt gjennom sommeren, før den stabiliserer seg på høsten. Samtidig vil K-faktoren for rund fisk øke frem til gyting, og gå ned når torsken er utgytt (Mello & Rose, 2005). Som følge av det like mønsteret mellom HSI og K-faktor kan man bruke disse sammen for å få en indikasjon for energilagrene i torsk gjennom året (Guderley et al., 2003).

Som vist i figur 3 er det store variasjoner i protein- og vanninnholdet i torskemuskel i løpet av et år. Torsk bruker protein som energikilde når det begynner å bli lite igjen av de vanligste energireservene lipider og karbohydrater (Guderley et al., 2003). Denne nedbrytningen av proteiner til energi gjør at vanninnholdet i muskelen øker, og vann og proteininnhold i torskemuskel er sterkt korrelert (Ingolfsdottir et al., 1998; Love, 1997). I perioden med lite protein og mye vann i muskelen vil man kunne oppleve at muskelteksturen er mykere sammenlignet med teksturen når det er mer protein enn vann, samtidig vil man også kunne se at K-faktoren blir noe redusert som følge av at muskelen erstatter protein med vann (Hyldig & Nielsen, 2001).



Figur 3: Sesongvariasjon i vanninnhold (moisture) og protein i muskelen til torsk fanget utenfor Island (Ingolfsdottir et al., 1998)

Ingolfssdottir et al. (1998) viser at muskel-pH etter fire dager ligger på mellom 6,65-6,95 (Figur 4). Den ultimate muskel-pH (slutt pH i muskel) vil også, som vist i figur 4, påvirkes av sesongvariasjonen i torskemuskel. Man har sett at pH synker på våren mens produksjon av gonader pågår, for deretter øke etter gyting som vist på figur 4. På sommeren synker pH igjen, før den vil øke noe utover høsten og vinteren. Faktorer som påvirker den ultimate muskel-pH vil utdypes i kapittel 2.4.2.



Figur 4: Sesongvariasjon i ultimate pH hos torsk fanget utenfor Island og lagret på is i 4 døgn (Ingolfssdottir et al., 1998)

I perioder på våren og sommeren i Finnmark og på høsten langs norskekysten vil man kunne oppleve at torsk har beitet på store mengder lodde eller sild. Dette kan føre til at man får det som omtales åte- og loddetorsk. I denne torsken er det ikke uvanlig at mengden sild eller lodde i magen kan utgjøre så mye som 20% av torskens totalvekt (Tobiassen & Olsen, u.å). Fulle magesekker kan skape problemer ved at fisken bruker energien til å produsere magesyre og fordøyelsesenzymer for å fordøye innholdet. Denne aktiviteten fører til en muskel-pH som kan falle ned mot 6,2 under kjølelagring. Ved så lav pH vil enzymene som bryter ned protein være svært aktive, noe som fører til at bindevev raskt kan brytes ned og man får økt filetspalting og bløt tekstur (Tobiassen & Olsen, u.å).

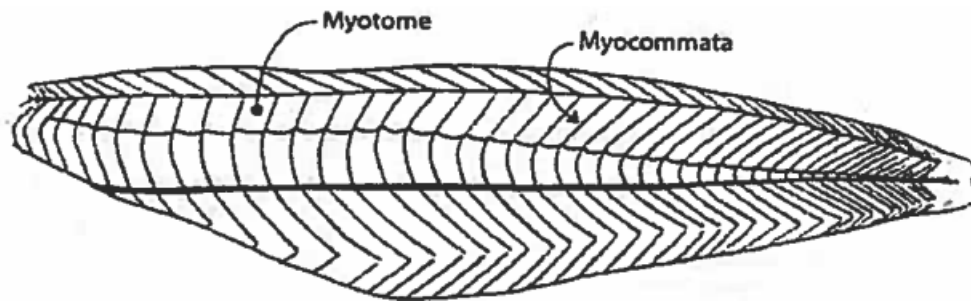
2.2 Muskeloppbygning hos fisk

Fiskemuskel blir normalt sett delt inn i tre hovedtyper; glatt muskulatur, hjertemuskulatur og skjelettmuskulatur. Det er skjelettmuskulaturen som utgjør størstedelen av fiskens kroppsmasse og det er denne muskulaturen som brukes som filet i dagens fiskeindustri. Skjelettmuskulaturen omfatter den store svømmemuskulaturen som utgjør mellom 40 og 60% av fiskens kroppsmasse, samt de andre mindre musklene som styrer viktige funksjoner i hoderegionen slik som gjeller, kjeve og øyne (Døving & Reimers, 1992). Oppbygningen av fiskemuskel og hva som påvirker den er viktig å forstå når man skal se på holdbarheten til filet. Fiskens muskulatur gjenspeiler det miljøet den lever i, og siden fisk lever i et vektløst miljø i havet har den en annen muskeloppbygning enn landdyr og en annen måte å bevege seg på.

Muskulaturen i fisk er bygd opp av to ulike muskeltyper, mørk (rød) og lys (hvit) muskel. Den lyse muskelen har anaerob metabolisme og brukes i all hovedsak over korte perioder og til raske bevegelser. Den mørke muskelen har rik tilgang på oksygen og derfor aerob metabolisme. Som følge av dette brukes mørk muskel til mer langsomt arbeid over lengre tid. De to muskulaturene har ulik kjemisk sammensetning, der den mørke har høyere innhold av lipider og hemoproteiner (Dulavik et al., 1998; Huss, 1995). Den lyse muskelen bruker i hovedsak glykogen som energikilde. Den mørke muskelen kan bruke både lipider og glykogen som energikilde, og ved produksjon av adenosintrifosfat (ATP) (Huss, 1995).

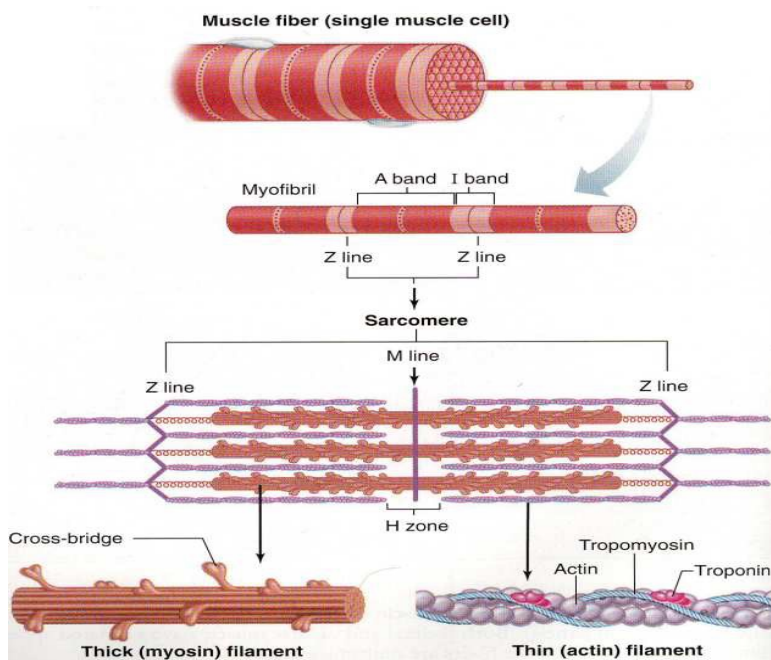
Muskelen til torsk består i hovedsak av myofibrillære proteiner. Landdyr har rundt 40% myofibriller, mens fisk har så mye som 60-80% myofibriller i muskelen og kan inneholde 20-50% sarkoplasmiske proteiner. De sarkoplasmiske proteinene er i hovedsak glykolytiske enzymer og andre enzymer som deltar i cellemetabolismen. Bindevevsproteiner som kollagen tilsvarer de siste 3-10% av proteinet i fiskemuskel (Delbarre-Ladrat et al., 2006).

I motsetning til hos landdyr har ikke fisk sener som fester muskulaturen til ledd, men en langsgående muskulatur som ligner på skiver og kalles myotomer. Disse skilles av bindevevshinner kalt myosept eller myocommata som vist i figur 5. Myotomene er dannet av parallelle muskelfibre som strekker seg fra myostept til myostept. Muskelfibrene består av sarkoplasma og opp til 1000 myofibriller. Disse muskelfibrene danner muskelbunter som er omgitt av en bindevevshinne som består av kollagen, elastin og retikulinn samt blodkar. Innenfor bindevevshinnen ligger sarkolemma (cellemembran) med cellekjerner og de nevnte muskelfibrene (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005; Lynum, 1997).



Figur 5: Oppbygningen av torskemuskel, med myocommata og myotomer (Hylding og Nielsen, 2001).

Muskelen er plassert lateralt på begge sidene av fisken og består av flere velorganiserte serier med kontraktile proteiner som sammen danner sarkomer. Hver sarkomer går fra en tversgående proteinskive kalt Z-linje til en annen, og i Z-linjen er det festet tynde filamenter som i all hovedsak består av aktin, men også tropomyosin og et troponin kompleks (Delbarre-Ladrat et al., 2006). De tykke filamentene ligger i midten av hver sarkomer og danner det som er kjent som A-bånd (figur 6), mens de tynde filamentene, som nevnt over, er festet i Z-linjen og overlapper en del av de tykke myosin filamentene (Widmaier et al., 2011).



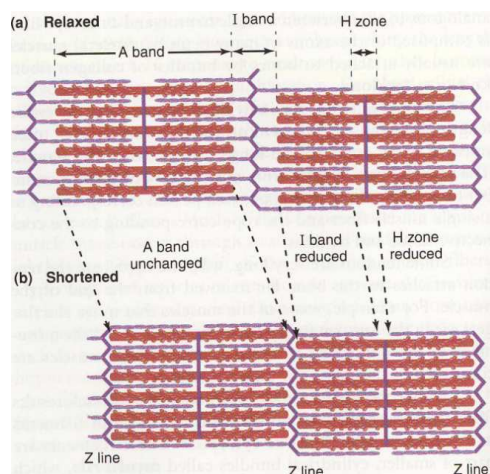
Figur 6: Oppbygningen av en muskelfiber fra hel fiber til tynde og tykke filamenter (Widmaier et al., 2011).

Myosin er et asymmetrisk protein som er hovedkomponenten i de tykke filamentene (Delbarre-Ladrat et al., 2006). Myosin består av en hale som danner hovedenheten av de

tykke muskelfilamentene og et hode som kan binde seg til aktin. Samtidig har også myosinhodet enzymatisk aktivitet og kan hydrolysere ATP. I levende muskel fungerer det som en ATPase som gir energi til myosinet slik at det kan trekke de tynne filamentene inn mot midten av sarkomer og på den måten skape en kontraksjon i muskelen. Myosin og aktin vil slippe taket når et nytt ATP blir bundet til myosinhodet (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005). Myosin utgjør rundt 45 % av den totale mengden myofibrill protein (Foegeding et al. 1996). Aktin er hovedkomponent i de tynne filamentene og utgjør rundt 20% av den totale mengden myofibrill protein. Aktin filamentene er forankret fast i Z-linjen, og kommer i to ulike former; globulært aktin (G-aktin) og fibrøst aktin (F-aktin) (Foegedin et al. 1996).

2.2.1 Kontraksjon

Kontraksjon i muskelen oppstår som nevnt over ved at de overlappende aktin og myosin filamenter i hver sarkomer går i inngrep med hverandre. Denne prosessen skjer ved at det blir sendt en nerveimpuls til muskelcellen som fører til at kalsiumioner (Ca^{2+}) blir transportert fra sarkoplasmatiske retikulum til myofibrillene (Foegeding et al., 1996). Når kalsiumionene er kommet inn i myofibrillen binder troponin de til seg, noe som fører til en strukturell endring i komplekset. Videre fører det til forflytting av tropomyosin slik at bindingssetene på aktintrådene blir frie og myosinhodene kan binde seg til aktin (Delbarre-Ladrat et al., 2006; Foegeding et al., 1996). Ved kontraksjon forkortes ikke aktin og myosin, men hele sarkomer blir forkortet. Lengden på A-båndet forblir uendret, mens lengden av I-båndet og H-sonen blir forkortet (Foegeding et al., 1996) som vist på figur 7.



Figur 7: Illustrasjon av sammentrekning i muskelceller med orientering av tykke og tynne filamenter (Widmaier et al., 2011).

Muskelkontraksjon der aktin og myosin går i inngrep kan deles inn i en syklus med fire steg:

1. Det energirike myosinhodet (Myosin-ADP-P_i) binder seg til aktin.
2. Myosinhodet bøyer seg slik at aktin og myosintrådene forflyttes langs hverandre, og så blir ADP og fosfat (P_i) frigitt.
3. Et nytt ATP-molekyl binder seg til myosinhodet og reduserer affiniteten hos myosin for aktin slik at aktin-myosin bindingen brytes.
4. Hydrolyse av myosin-ATP til myosin-ADP-P_i slik at den høye energitilstanden hos myosinhodet regenereres og myosinhodet oppnår sin opprinnelige posisjon.

Om det etter denne prosessen fremdeles er ledige bindingssteder på aktintråden og Ca²⁺ konsentrasjon er høy nok vil myosinhodet binde seg til et nytt bindingssete og syklusen gjentas. Når muskelen avslappes igjen, vil Ca²⁺ aktivt pumpes tilbake til sarkoplasmatiske retikulum. Dette reverserer den strukturelle endringen i troponinkomplekset og sørger for at bindingssetet i aktintrådene blir utilgjengelige for myosin (Widmaier et al., 2011).

2.2.2 Muskelvekst

Muskelvekst i skjelettmuskulaturen hos fisk skjer ved to ulike prosesser; hypertrofi som gir vekst ved at de eksisterende muskelcellene blir større og hyperplasi som gir vekst ved at det dannes nye muskelfibre (Johnston, 2006; Johnston et al., 2011).

Hypertrofi er vekst ved økning av diameter i muskelfibre som skjer ved at det tilføyes flere cellekjerne. Flere cellekjerne gir grunnlag for flere muskelfibriller og legger derfor til rette for muskelvekst. Hvor stor muskelfibre kan bli varierer fra art til art, men er også avhengig av flere faktorer som aktivitetsnivå og temperatur (Johnston et al., 2011). Etter hvert som muskelfibrene vokser i diameter og lengde vil det dannes cellekjerne slik at det er et grunnlag for at muskelfibrene skal kunne vokse (Johnston et al., 2011). Muskelvekst som følge av hypertrofi vil kunne foregå både samtidig og etter at veksten gjennom rekruttering av nye muskelfibre har stoppet (Weatherley et al., 1988).

Hyperplasi er vekst som følge av rekruttering av nye muskelfibre fra en populasjon av stamceller, og det er denne metoden fisken i hovedsak bruker når den bygger de røde muskelfibrene. Det er to ulike deler av hyperplasi. Den første delen er den som skjer tidlig i livsfasen, og er en prosess som starter allerede før fisken klekkes, fortsetter i yngelfasen ved lagdelt dannelse av muskelceller og som trolig fortsetter resten av fiskens liv (Johnston, 2006;

Johnston et al., 2004). Den andre er mosaisk hyperplasi hvor det dannes nye muskelfibre inne mellom de eksisterende muskelfibrene. Denne prosessen foregår til fisken har nådd rundt 50% av maksimal lengde (Johnston et al., 2011).

Det er en rekke faktorer som påvirker muskelvekst, hvor de viktigste er temperatur, lys tilgang på mat og oksygenkonsentrasjon. Tilgangen på mat og temperatur spiller en stor rolle for hvor mye fisk vokser, både i form av antall og størrelse på muskelfibre (Johnston, 2006; Johnston et al., 2011). Disse faktorene påvirker også hvor raskt fisken vokser. Med god tilgang på mat og tilrettelagte forhold med hensyn til temperatur og lys, vil fisken kunne vokse raskt. Vekst hos fisk har blitt mye studert, og brukes i dag som en indikator på god dyrevelferd som følge av at fisken er avhengig av gode forhold rundt seg for å vokse raskt (Kiessling et al., 2006).

Når muskelcellene vokser, uavhengig av om det er gjennom hypertrofi eller hyperplasi, vil økt størrelse føre til en grovere tekstur på fileten (Dunajski, 1980). Som følge av dette kan man forvente at store fisker vil ha en mykere tekstur gjennom større og flere fibre, noe som til dels stemmer. Dunajski (1980) peker på at det ikke er muskelcellene alene som er avgjørende for teksturen, men også mengden bindevev mellom og rundt muskelcellene og fibre, mengden vann og andelen fett som er i muskelen. Torsk med høyt innhold av vann og lite protein i muskelen er observert å ha mykere tekstur sammenlignet med torsk som har mye protein og mindre vann i muskel (Hyldig & Nielsen, 2001).

2.3 Post mortale endringer hos fisk

Etter døden gjennomgår fisk flere faser og det skjer en rekke prosesser som påvirker holdbarheten. Noen av disse prosessene er inntreden og oppløsningen av *rigor mortis*, autolytisk nedbrytning og mikrobiell nedbrytning.

Parallelt med *rigor* prosessen skjer en rekke andre ferskhetsendringer som også påvirker kvaliteten og holdbarheten til torskefilet. Disse endringene påvirker flere av de sensoriske egenskapene som lukt, smak, farge og tekstur. Av endringene som har stor betydning er fiskemuskelens vannbindingsevne og dermed væsketap i fiskemuskel, og filetenes tekstur og filetpalting.

2.3.1 *Rigor mortis*

ATP er den viktigste energigiveren i muskelceller. Under aerobe omstendigheter og ved lavintensitetssvømming, vil ATP resyntetiseres fra glukose gjennom Krebs syklus. Ut fra Krebs syklus vil man kunne få opp til 37 ATP molekyl gjennom fullstendig omdanning av glukose. Hvis nivået av ATP i muskel er lavt vil det raskt kunne bli omdannet ATP fra ADP (adenosindifosfat) og kreatinfosfat som er lagret i muskelceller ved hjelp av enzymet kreatin kinase (Foegeding et al., 1996).

Når fisk dør slutter hjertet å pumpe blod slik at transporten av oksygen fra gjellene og ut i kroppen stopper opp. Dette gjør at produksjon av ATP *post mortem* skjer anaerobt via nedbrytningen av glukose i glykolysen. Glykolysen er kun foretrukket under anaerobe forhold ettersom utnyttelsen av glukose blir mye lavere. Gjennom glykolysen omdannes det bare to ATP-molekyler fra ett glukose molekyl og man får melkesyre som biprodukt.



Etter at døden inntreffer synker ATP nivået i muskelen raskt. I en fungerende muskel er ATP konsentrasjon 7-10 $\mu\text{mol}/\text{gram}$ og når konsentrasjon blir redusert til om lag 1-2 $\mu\text{mol}/\text{gram}$ vil *rigor mortis* kunne inntre (Delbarre-ladrat et al., 2006; Huss, 1995). Fisken går inn i *rigor* som følge av at det ikke lengre er nok ATP tilgjengelig for å kunne løse opp bindingen mellom aktin og myosin, derfor forblir myosin og aktin i inngrep, det dannes et aktomyosinkompleks og muskelen stivner (Delbarre-Ladrat et al., 2006).

Hvor raskt fisken går inn i *rigor mortis* avhenger av flere faktorer som hvor stresset fisken er *ante mortem*, mengden glykogen i muskel, art og lagringstemperatur (Delbarre-Ladrat et al., 2006; Foegeding et al., 1996; Haard, 1992; Love, 1997; Skjervold et al., 2001). Kristoffersen et al. (2006) peker på at stresset oppdrettstorsk går inn i full *rigor* etter rundt 20-24 timer, mens ustresstet fisk ikke går inn i full *rigor* før etter rundt 48 timer. Når torsken har gått inn i *rigor* vil den som nevnt være i full *rigor* fra rundt 20 timer *post mortem* til den går ut av *rigor* etter rundt 70 timer (Erikson et al., 2011; Kristoffersen et al., 2006).

Hva som fører til oppløsningen av *rigor* er fremdeles lite kjent, men det er klart at det ikke er regenerering av ATP som igjen oppløser aktomyosinet eller enzymatisk degradering av selve

komplekset som er årsaken. Det antas at det mest sannsynlig er aktinfilamentets forankring i z-linjen som oppløses eller at proteinene som binder muskelfibrene til bindevevshinnen som løses opp (Haard, 1992; Skjervold, 2002).

2.3.2 Muskel-pH

Muskel-pH er et viktig kvalitetsparameter som påvirker mange prosesser i fiskemuskel. Det påvirker muskelens vannbindingsevne, farge og filespalting (Kristoffersen et al., 2006; Love, 1997; Solberg et al., 2001) .

Det har blitt antatt at det er melkesyre som er et produkt av pyruvat som er hovedgrunnen til at det blir redusert pH etter død. Forskning har pekt på at det i hovedsak er hydrolyse av ATP og ADP som gir H⁺-ioner som gir lavere pH (Robergs et al., 2004). Selv om dannelsen av melkesyre bare i mindre grad bidrar til å senke muskel-pH (Foegeding et al., 1996; Robergs et al., 2004) har Foegeding et al., (1996) vist at det er en tilnærmet lineær sammenheng mellom produksjon av ATP i glykolysen, som videre kan hydrolyseres, og den produserte mengden melkesyre.

Forskning gjort av Kristoffersen et al. (2006) viser at oppdrettstorsk som ikke har blitt stresset har en muskel-pH på 7,9 rett etter slaktning, og når en ultimat muskel-pH på rundt 6,2 etter rundt 24 timer. De viser til en rask nedgang i pH rett etter død hvor den synker fra 7,9 til 7,2 allerede den første timen, før den holder seg stabil i 6-8 timer. Til sammenligning har oppdrettstorsken som ble utsatt for stress en stabil muskel-pH på 7,0 fra rett etter slakt og i rundt 7-8 timer, men har en tilnærmet lik ultimat muskel-pH. For vill torsk vil man kunne se at den ultimate muskel-pH ende opp på rundt 6,8 (Mørkøre, 2005).

2.3.3 Væsketap i fiskemuskel

Fiskemuskelens vannbindingsevne er en av de viktigste kvalitetsparameterne (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005). Stort væsketap er et problem for produsenter da det skaper et uappetittlig produkt, samtidig som det gir vekttap og dermed tapt fortjeneste når fisken skal selges.

Torskemuskelens består av ca. 75-80% vann (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005; Love & Lavéty, 1977), og i muskel lagres vann hovedsakelig på tre ulike måter; bundet til makromolekyler, tiltrukket av andre molekyler (immobilisert) og i fri form.

Inne i muskelceller vil vann binde seg til ladede molekyler som proteiner ettersom vann er et polart molekyl. Det vannet som er bundet til ladede molekyler vil være relativt stabilt. Dette gjør at bundet vann er veldig resistent mot både frysing og oppvarming, samtidig vil *rigor-*

prosessen ha liten påvirkning. Det er bare om lag 10% av vannet i fiskemuskel som er bundet opp slik (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005).

Immobilisert vann er den andre metoden for lagring av vann i muskelen. Det er immobilisert vann som utgjør majoriteten av vann i muskelen. Dette vannet er ikke i seg selv bundet til noe, men holdes i muskelen som følge av steriske krefter og/eller tiltrekning til andre bundne vannmolekyler. Immobilisert vann er den lagringsformen som blir mest påvirket av *rigor*-prosessen og endringer i muskelcellene som følge av at muskelen går fra muskel til kjøtt. Disse endringene gjør at immobilisert vann lett kan forsvinne ut av muskelen i form av drypptap, i tillegg til at det er lettpåvirkelig ved frysing og enkelt kan fjernes ved tørking (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005).

Den siste lagringsformen for vann i muskel er fritt vann. Det er vann som flyter fritt og uhindret rundt i muskelvevet og holdes på plass av svake overflatekrefter. Fritt vann er ikke lett å observere i muskelen *pre rigor*, og utvikles i all hovedsak når forholdene i muskelen endres gjennom *rigor*-prosessen og ved redusert pH. Da vil det immobiliserte vannet kunne bevege mer på seg (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005).

Vannet i muskelen er i all hovedsak lokalisert enten i de enkelte myofibrillene, mellom myofibrillene eller mellom myofibrillene og sarkolemma, i tillegg kan noe finnes mellom muskelceller (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005). Etter slakting vil mengden væske i muskelen og hvor man finner den endres som følge av flere ulike faktorer, blant annet håndtering og endringer i selve muskelvevet (Pearce et al., 2011). Disse endringene forekommer som følge av at når fisken går gjennom *rigor mortis* vil muskelfibrene trekke seg sammen. Denne sammentrekningen skjer både i lengderetning og i bredden som følge av overgangen fra muskel til kjøtt (Pearce et al., 2011). Ved kontraksjon vil området for oppbevaring av væske i muskelen bli redusert, og som et resultat av dette vil væske lettere bli presset ut i ekstracellulært matrix, hvor det lett kan forsvinne ut som drypptap (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005; Pearce et al., 2011).

En annen faktor som påvirker fiskemuskelens vannbindingsevne og væsketapet er pH i muskelen. Som nevnt over påvirker dette særlig det immobiliserte vannet i muskel, som også utgjør størsteparten av vannet i muskelen. I aminosyrene er sidekjedene positivt-, negativt- eller uladet. Ladningen påvirkes av pH i omgivelsene. I et surt miljø (ved lav pH) vil proteinenes sure grupper for det meste forekomme i nøytral form, mens sidekjedene som er

basiske vil være ionisert og positivt ladet. I et basisk miljø (ved høy pH) vil man få motsatt effekt, og de fleste av de sure gruppene vil ha en negativ ladning, mens de basiske i all hovedsak vil være nøytrale. Som følger av dette vil proteinene ved enten høy eller lav pH ha en nettoladning som fører til frastøting mellom sidekjedene, følgelig oppstår det en åpen proteinstruktur med høy vannbindingsevne. Proteiner vil ha en bestemt pH der nettoladningen vil være nøytral og frastøtningen mellom sidegruppene vil være minimal. Dette kalles for det isoelektriske punkt og ved denne pH vil proteinet være kompakt og ha minst vannbindingsevne. Det isoelektriske punktet varierer fra pH 4,5 til 5,5 (Huss, 1995).

2.3.4 Filetspalting

Filetspalting, som ofte blir kalt gaping, oppstår når myotomene i fiskemuskelen separeres. Under normale omstendigheter er myotomene festet til kollagen i myocommata. Gaping oppstår ved at festet mellom myotomene og myocommata brytes. Bruddet oppstår som følge av flere ulike faktorer; lav muskel-pH og/eller høy temperatur, inntreden i *rigor* ved høy temperatur, når fisk blir fryst og tint før filetering som følge av at frysing kan danne iskrystaller (Foegeding et al., 1996). Forsøk gjort på laks viser at hard håndtering som pumping og annen behandling av fisk i full *rigor* kan bidra til større grad av filetspalting som følge av skader i muskel (Midling et al., 2011).

Torsk og andre gadoide arter er spesielt utsatt for filetspalting. Kristoffersen et al. (2006) undersøkte hvordan stress i forkant av slakt påvirker gaping. De observerte en trend hvor fisken som ble stresset før slakt gikk hardere inn i *rigor* noe som førte til mer gaping etter 10 dager sammenlignet med gruppen som ikke ble stresset. Dette peker på at lav pH i muskel og hard *rigor mortis* kan føre til økt filetspalting.

2.3.5 Autolytisk nedbrytning

Autolytiske enzymer

Når nedbrytningen av fiskemuskelen starter er det en kompleks kombinasjon av fysiske, kjemiske, biokjemiske og mikrobielle prosesser. De første endringene som skjer i fiskemuskelen etter døden skjer som følge av endogene enzymer som fremmer proteolyse av muskelprotein og bindevev, samt noe hydrolyse av fett (Delbarre-Ladrat et al., 2006).

Protolytiske enzymer (proteaser) bryter ned proteiner og bindevev. Disse enzymene finner man i lysosomer i cellenes cytoplasma eller i andre celler i muskelvevet. De blir gjerne kalt lysosomale proteaser og frigjøres ofte ved at lysosomene skades under lagring, eller ved lav

pH eller mangel på oksygen som fører til at membran rundt cellene brister. I tillegg til disse er det en til hovedgruppe enzymer kalt sakroplasmatiske proteaser. Disse bryter ned protein og er aktive som følge av at de normale reguleringsmekanismene er gått tapt ved død, som for eksempel kontroll over kalsium-nivået i muskelen (Delbarre-Ladrat et al., 2006; Lynum, 1997).

I nedbrytningsprosessen av fiskemuskelen er det hovedsakelig de lysosomale proteasene kathepsin, cystein peptidasene kalpain og matrix metallproteinaser som bryter ned bindevev som er mest interessant (Delbarre-Ladrat et al., 2006; Lynum, 1997; Lødemel & Olsen, 2003).

Kathepsin

I lysosomer er det minst 13 kjente typer kathepsin. Kathepsin er lysosomale proteaser som i all hovedsak er inaktive i levende vev, men har som funksjon å bryte ned dødt og skadet vev (Delbarre-Ladrat et al., 2006). Kathepsin B, L H og D antas å være de viktige når det kommer til mørning av muskel (Chéret et al., 2007). Delbarre-Ladrat et al. (2006) peker på at Kathepsin D og L er effektive enzymer som er viktig i den autolytiske nedbrytningsprosessen som følge av at de er aktive i et bredt spekter av pH, og effektive ved svak sur pH. Disse to kathepsinen er aktive i nedbrytningen av bindevevsproteiner, noe få andre proteaser er. I torsk er det observert en del kathepsin D, og generelt er det observert 10 ganger så mye kathepsin D i muskelen til fisk sammenlignet med pattedyr. Dette er antatt å være en av de viktigste faktorene i nedbrytningen av fisk etter død (Gildberg, 1988; Guderley et al., 2003).

Kalpain systemet

Kalpainer er intracellulære cystein proteaser som er aktiv ved nøytral pH og er avhengig av kalsium for å kunne virke (Delbarre-Ladret et al., 2006). Reguleringen av kalpain er svært kompleks og det er ennå usikkerhet rundt hvordan den styres. Kalpain systemet består av μ -kalpain og m-kalpain, samt deres spesifikke hemmere kalpastatin. Begge har fått navnene sine ut fra den kalsiumkonsentrasjon som kreves for å aktivere dem som henholdsvis er mikro- og millimolar (Wang et al., 2011).

Matrix metallproteinaser

Matrix metallproteinanser (MMP) er en stor familie med kalsium-avhengige zink-holdige endopeptidaser som bryter ned bindevev, og spiller en viktig rolle i nedbrytningen av ekstracellulære matriks (Delbarre-Ladret et al., 2006; Lødemel & Olsen, 2003). MMP kan

deles inn i fire underfamilier; kollagenanser, gelatinaser, stromelysin og membrantype MMP (Delbarre-Ladret et al., 2006). Det er påvist en god del MMP i torsk som er aktiv ved nøytral pH (Lødemel & Olsen, 2003).

Nedbrytning av ATP

Nedbrytningen av ATP skjer ved hjelp av muskelens egne endogene vevsenzymer og har hypoxantin som sluttprodukt. Defosforlyeringen av ATP til AMP (adenosinmonofosfat) før den videre deamineres til IMP (inosinmonofosfat) er en prosess som skjer på rundt 24 timer fra fisken er fanget (Lougovois & Kyrana, 2005). Den videre nedbrytningen av IMP til inosin og så hypoxantin foregår over lengre tid.



Underveis i nedbrytningsprosessen vil fisken endre både smak og lukt. IMP gir en frisk fiskesmak og lukt, mens etter IMP er brutt ned til inosin vil fisken ha en mer nøytral smak og lukt. Til sist vil fiskekjøttet få en mer bitter og uønsket smak når inosin er brutt ned til hypoxantin (Lynum, 1997).

2.3.6 Mikrobiell nedbrytning

Fisk er lett bederelig som følge av høyt vanninnhold og høy ultimate muskel-pH (Odeyemi et al., 2020). Ifølge Lynum (1997) og Gram og Huss (1996) er det flere viktige årsaker til at fisk er lett bederelig:

- Det er høyt kimtall av psykrofile bakterier i fiskeslimet ved fangst. Mye av bakteriefloraen på skinnen kommer fra fiskens egne ekskrementer som lett klemmes ut.
- Høy *post mortem* pH (ofte >6,0).
- Torskefisk har et høyt innhold av TMAO som kan omsettes av bakterier til TMA.
- Fisk lever i et variert akvatisk miljø med stor bakterieflora rundt seg.

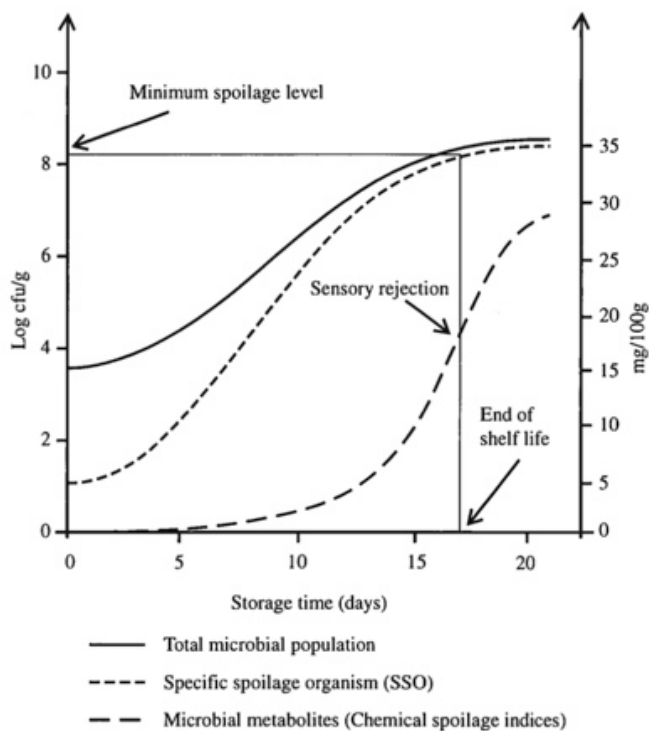
Fiskemuskel i en sløyd fisk vil være steril og uten innslag av bakterier som følge av fiskens tykke skinn. Til gjengjeld vil man kunne finne en stor flora av bakterier på fiskens skinn, gjeller og i mage-tarmkanalen til fisk (Lougovois & Kyrana, 2005). Andelen bakterier som finnes her vil variere avhengig av sesong og miljøet fisken lever i, samtidig som behandling etter fangst også spiller en stor rolle (Lougovois & Kyrana, 2005; Lynum, 1997). Etter at fisken har blitt sløyd vil bakterier få en enklere vei inn i fisken gjennom sløyesnitt og bukvegg, ettersom bukinnen er en tynn slimhinne som er enklere å passere enn fiskeskinnet.

Med tiden vil bakteriene finne veien inn i fiskemuskel via blodårer fra gjellene og blodranda, og etter om lag fire dagers tid vil man kunne finne bakterier som vokser frem i fiskekjøttet til islagret fisk (Lynum, 1997).

Mikroorganismer er den største grunnen til ødeleggelse av sjømat (Gram & Dalgaard, 2002). Ødeleggelsen av mat kan defineres som en endring i kvalitet som gjør den uønsket eller uegnet til konsum av mennesker eller dyr som følge av vond lukt og endringer av tekstur eller utseende (Odeyemi et al., 2020). Det er flere faktorer som påvirker hvor rask nedbrytningen av fisk skjer, men faktorer som lagringstid og temperatur er helt avgjørende for hvor lang holdbarhet fisk vil kunne oppnå.

Den viktigste måten å bevare kvaliteten og forlenge holdbarheten til fersk fisk er å ha kontroll på temperaturen fra den kommer ombord i båten til den leveres på kaia. Hurtig og varig kjøling av fisken ved temperaturer på $< 2\text{ °C}$ vil utsette bakterieveksten slik at man får bedre holdbarhet (Lougovois & Kyra, 2005). Ved temperaturøkning fra 0 °C til 4 °C vil holdbarheten kunne reduseres med to hele dager, mens en økning til 10 °C fører til en redusert holdbarhet på opp til fire dager (Tobiassen et al., 2016).

Hos kjølelagret torskefilet vil man kunne se at enkelte bakteriegrupper vil dominere. Det er typisk at bakteriene som dominerer er Gram-negative bakterier som *Shewanella Putrefaciens*. *Shewanella* slekten er typisk å finne i akvatiske miljøer. Odeyemi et al. (2018) peker på at bakterien *S. putrefaciens* er psykotolerent og kan danne hydrogensulfid (H_2S) fra svovelholdige aminosyrer i sjømat ved lave temperaturer. Ulike bakterier i denne slekten har blitt isolert fra flere forskjellige fiskeprodukter, deriblant islagret fisk. Marin fisk fra kalde farvann som blir islagret vil til slutt bli totalt dominert av denne bakterien, og man antar at det kommer av bakteriens korte nølefase ved lav temperatur (figur 8) (Bozaris & Parlapani, 2017). Samtidig vil den lave pH som oppstår ettersom torsk har lite karbohydrater ($<0,5\%$) i muskelen gjøre at bakteriene vil få ekstra gode vilkår (Gram & Huss, 1996).



Figur 8: En illustrasjon av oppblomstringen av sjømatsspesifikke ødeleggelsesorganismer, mikrobielle metabolitter og total mikrobiell populasjon i fiskemuskel ved lagring på is over tid, samt forventet holdbarhet og forkastningsgrense (Boziaris & Parlapani, 2017).

Trimetylaminoxid (TMAO) er en del av ikke-protein-nitrogen (NPN) og finnes i alle marine fisker og særlig i gadoide fisker som torsk. Under anaerobe forhold vil sjømatsspesifikke ødeleggelsesorganismer (SSOs) som *S. putrefaciens* kunne omdanne TMAO til TMA (Trimetylamin). Dette skjer ved at oksygenatomet blir brukt som elektronakseptor i respirasjon slik at bakterien får økt sitt energiutbytte (Gram & Huss, 1996). TMA reagerer videre med lipider i muskelen og flyktige fettsyrer som sammen bidrar til at fisken får en karakteristisk fiskelukt (Lougovois & Kyrana, 2005).

2.4 Fangsthåndtering

I tillegg til de post mortale endringene vil også fangst og råstoffhåndtering påvirke kvaliteten og holdbarheten på fisk og filet. Under fangstsituasjon og ved fangsthåndtering kan det lett oppstå skader på fisken som kan føre til tapt profitt for selskapene som produserer det, i tillegg til redusert holdbarhet. De vanligste feilene som fører til kvalitetstap, og dermed tapt profitt, er sjødød fisk, klem og slagsskader og dårlig utblødning (Karlsen et al., 2012).

Sjødød fisk

Fisk som ikke er levende da den kommer ombord betegnes som sjødød fisk og skal holdes adskilt fra den levende fisken (Nærings- og fiskeridepartementet, 2013). Typisk for sjødød fisk er rød skinnfarge, fulle blodårer, blod i bukhulen og «utvasket» skinn (Akse & Joensen, 2004).

Klem og slagsskader

I fiske som foregår med not, som trålfisket, er det ikke uvanlig at det oppstår blåflekker og klemskader. Dette forekommer som oftest når store mengder fisk presses sammen i nota, eller ved hard behandling når fisken skal bløgges (Digre et al., 2010; Rotabakk et al., 2011). Denne typen skader kan føre til blødinger som gir misfarget kjøtt og mørke flekker, særlig hvis fisken ikke blir utblødd og hvis den er veldig stresset under fangst (Lynum, 1997). Stresset fisk vil presse blod ut i kapillærene i musklene under fangst, noe som kan resultere i at blodet ikke blir pumpet ut av musklene etter bløgging og gir dårlig utblødning.

Dårlig utblødning

Det kan være flere årsaker til at fisk er dårlig utblødd, men stresset fisk ved fangst, for sein bløgging eller dårlig utskiftning i utblødningsvannet er noen av de vanligste årsakene (Akse & Joensen, 2004). Tobiassen et al., (2016) peker på at stress og temperatur påvirker blodets evne til å koagulere. De fant at blodet til torsk koagulerer på ca. 17 minutter ved en temperatur på 0,5 °C mot ca. 7 minutter ved en temperatur på 10 °C. Sett i lys av dette er det viktig at torsk får blø ut i kaldt vann etter bløgging slik at man får ut så mye blod som mulig. Om fisken blir utblødd i kar med for varmt vann vil man risikere restblod i muskelen og/eller rødfarget kjøtt.

Restblod i muskelen kan gjøre torskene lettere utsatt for forringelse og potensielt gi dårligere holdbarhet. Blod er en god næringskilde for bakterier, og vil derfor kunne gi gode vekstvilkår for bakterier som skaper forringelse i muskelen (Esaiassen et al., 2010).

2.5 Kvalitet av fersk torskefilet

Ordet kvalitet stammer fra det latinske ordet *qualitas* som i utgangspunktet betyr egenskap. Begrepet defineres ofte ulikt som følge av at det er subjektivt hva forbrukere forbinder med ordet. Den mest brukte definisjonen er: «Kvaliteten til et produkt blir bestemt av produktets evne til å tilfredsstille brukeren/kundens behov, ønsker, krav og forventninger hver gang

kunden kjøper produktet» (Balevik et al., 2005). Det er flere ulike egenskaper som brukes for å bestemme kvaliteten på et fiskeprodukt, da særlig utseende, lukt, tekstur, smak, helse og bekvemmelighet (Balevik et al., 2005; Nilsen et al., 2014). God kvalitet på råstoffet er avgjørende for å oppnå god pris i dagens marked, og det stilles stadig større krav til kvalitet fra forbrukere. Karlsen et al. (2012) peker på at kvaliteten på fisken er med på å avgjøre hva bedrifter er villig til å betale for fisken, som følge av at kvaliteten bestemmer hvilke produkter som kan produseres.

Ifølge Wu et al. (2019) er man nødt til å ta hensyn til flere faktorer for å oppnå høy kvalitet på fisk; slik som hvor raskt og hardt fisken går inn i *rigor mortis*, oppblomstring av bakterier *post mortem* og autolyse. For bedrifter som skal produsere fersk torskefilet er det viktig at råvaren er av høy kvalitet for at de skal oppnå høyest mulig pris (Heide & Henriksen, 2013).

Margeirsson et al. (2010) har vist til at kvalitetsfeil som kveis og spalting er avgjørende for profitten ved filetproduksjon på Island som følge av at filetutbyttet reduseres. Ved funn av kveis er man avhengig av å skjære bort større deler av filet, noe som både reduserer utbyttet og er kostnadskrevenende i produksjonen.

2.5.1 Hvordan måle kvalitet?

2.5.1.1 Sensoriske målinger

I dag kan kvalitet på fersk fisk måles på flere ulike måter, men den mest brukte metoden er sensoriske vurderinger av fisken da vi ikke har noen tilfredsstillende industrielle metoder for måling av kvalitet ennå. Karlsen et al. (2012) viser til at det sensoriske inntrykket er den mest avgjørende faktoren for at man velger et produkt. Det pekes på at sensorisk kvalitet oppleves gjennom sanser som lukt, utseende, smak og tekstur. De sensoriske målingene oppleves svært subjektive, men gode sensoriske målinger gjøres av personer som er godt trent og erfarne slik at målingene som gjøres er gode og ikke subjektive. I dag er det utviklet flere ulike skjemaer for å sensorisk vurdere kvaliteten på både hel fisk og filet. For vurdering av hel hvitfisk er det i hovedsak varianter av «Fiskeridirektoratets hovedskjema for gradering av torskefisk» og Quality Index Method (QIM) som brukes, mens skjema for vurdering av filet er lite brukt. Felles for de fleste er at de er relativt kompliserte og krever en del opplæring og trening for personell som skal bruke de (Nilsen et al., 2014).

Quality Index Method (QIM)

QIM er en metode for sensorisk vurdering av fisk utviklet av Bremner (1985), og som har blitt videreutviklet en rekke ganger for å passe til ulike fiskearter. QIM baserer seg på at man gir fisken score fra 0-3 poeng, hvor man til slutt summerer sammen til en totalscore.

Poengene blir gitt ut fra kriterier med hensyn til lukt, utseende, tekstur og farge på blod.

Totalscoren kan brukes til å sammenligne med en kjent skala for hvor lenge fersk fisk er holdbar ved lagring på is (Bonilla et al., 2007; Martinsdóttir et al., 2001).

Filetindeksmetoden

Filetindeksmetoden er utviklet av Essaiassen et al. (2006) og brukes til å sensoriske vurdere kvaliteten og ferskhetsendringer på fileten. I likhet med QIM baserer denne metoden seg på at man gir fisken score ut ifra en fastsatt skala etter faste kriterier, før man til slutt summerer sammen til en totalscore. Poengene blir gitt fra kriterier med hensyn til lukt, utseende, farge på fileten, konsistens og spalting av fileten. Den totale scoren kan sammenlignes opp mot en kjent forkastningsverdi på >6 (Essaiassen & Østli, 2011), men man må hensynta at noen parameter kan være mer avgjørende enn andre med tanke på holdbarheten på fileten.

2.5.1.2 Tekstur

Den vanligste metoden for måling av tekstur på hel fisk og fileten er å bruke «fingermetoden». En finger trykkes ned i skinnet eller fileten og man vurderer tekstur ut fra hvor hardt man trykker, hvilken form fingermerket får og om merket blir værende på overflaten. Dette vil bli en subjektiv vurdering av de som tester tekstur, derfor vil en instrumentell målemetode være mer presis ved at menneskelige faktorer utelukkes (Cheng et al., 2014; Sigurgisladottir et al., 1999).

For instrumentell måling av tekstur er det fire hovedteknikker; skjærkraft, slitestyrke, kompresjon og punktering (Cheng et al. 2014).

Kompresjonstest

Ved en kompresjonstest brukes det en gjenstand (kuleformet, flat sylinder eller lignende) som trykkes ned i prøven med en konstant hastighet mens kraften som brukes til enhver tid blir registrert. Kraft-tid kurven vil gi et uttrykk for hva den maksimale kraften brukt for å trykke gjenstanden ned i prøven til en bestemt dybde eller prosentandel av prøvetykkelsen. Denne kraften vil være et mål for hardhet til prøven.

Punkteringstest

Ved en punkteringstest er fremgangsmåten lik den for kompresjonstest, men gjenstanden som trykkes ned i muskelen trykkes så langt at muskelen punkteres. Dette gjør at man vil finne ut hvor mye kraft som trengs for å punktere muskelen ut fra kraft-tid kurven.

Skjærkraft

Denne metoden har en lignende teknikk som punkteringstest, men til forskjell brukes det et knivblad som skjærer muskelen i to deler mens det trykkes ned. Kraft-tid kurven vil gi en markant topp for bruddstyrke, deretter vil man få en økning i motstand frem til man når maksimal skjærkraft. Dernest vil motstanden avta gradvis etter som muskelen kuttet i to.

Slitestyrke

I en test av slitestyrke vil prøvematerialet bli dratt i hver sin retning og kraften som brukes for å bryte prøven registreres. Denne metoden er lite brukt for fiskemuskel grunnet problematikk knyttet til å feste muskelen til teksturmaskinen.

2.5.1.3 Spektroskopi

De siste årene har arbeidet med spektroskopi kommet langt og anvendelsen blir stadig større (Hassoun et al., 2020). Prinsippet for spektroskopi er at lys sendes gjennom prøven og de ulike stoffene vil absorbere ulike bølgelengder. Dermed reflekteres ulike bølgelengder med lys. Det lyset som blir reflektert analyseres, og man kan bestemme hvilket stoff man har truffet på (ElMasry & Wold, 2008). I fiskerinæringen har nær InfraRød (NIR) og synlig lys (VIS) spektroskopi fått fotfeste som målemetode for ferskhetsbestemmelse og kvalitetsvurdering av både hel fisk og filet. Årsakene til dette er at det er en rask, enkel og ikke-destruktiv målemetode som analyserer på et helt spekter av lys og ikke bare en bølgelengde (Nilsen & Esaiassen, 2004). Det er bevist at NIR spektroskopi er effektivt for å måle fett, vann, protein og karbohydrater i fisk (Nilsen & Esaiassen, 2004).

Spektroskopi kan brukes til å skille mellom fersk og fryst torskefilet, samt gi en indikasjon på restholdbarhet (Sivertsen et al., 2011), påvise kveis i fersk torskefilet (Sivertsen et al., 2012) og påvise restblod i fileten (Esaiassen et al., 2010; Skjelvareid et al., 2017). Hassoun et al. (2020) presenterer at ulike typer spektroskopi kan brukes til å undersøke ulike kvaliteter hos fisken. Fourier-Transform Infrarød (FT-IR) spektroskopi kan brukes til å se på endringer ved lipidoksidasjon og dannelsen av frie fettsyrer. Fluorescense spektroskopi kan brukes til å se på fettoksidasjon, tekstur og total flyktig basisk-nitrogen (TVBN).

Wu et al. (2019) peker på at selv om det har kommet flere muligheter for spektroskopi er det ikke en metode som alene kan være med på å bestemme kvaliteten på fisk, fordi det er metoder som gir et ensformig svar sammenlignet med QIM. Derfor er det nødvendig at det fortsatt utvikles metoder som kan bestemme kvaliteten, som ikke krever lang erfaring, og er kostnadseffektive.

2.6 Ferskhet og holdbarhet

Ferskhet og holdbarhet er to egenskaper som følger hverandre tett og kan defineres som den tiden fisk er egnet til menneskemat (Akse & Joensen, 2004). Disse to begrepene er det som oftest blir assosiert av folk når de tenker på råstoffkvalitet. Det er flere ulike faktorer som påvirker holdbarheten, og særlig viktig er utblødning, sløying, vasking, kjøling og god hygiene, mens ferskheten i all hovedsak påvirkes av mikrobiell vekst og harskning av fett (Akse & Joensen, 2004). Samtidig vil også sesongvariasjon og fangstmetode og fangsthåndtering som er nevnt i kapittel 2.1 og 2.2 kunne påvirke holdbarheten.

For torsk er det gjort mye forskning for å bestemme og dokumentere holdbarheten til hel fisk som er oppbevart under ideelle forhold, med ubrutt kjølelinje og liggende på smeltende is. Det er vist at den forventete holdbarheten til kjølt fersk torsk under optimale forhold er på 14-15 dager (Tobiassen et al., 2016).

3 Materialer og metoder

3.1 Råstoff

Torsk (*Gadus morhua*) ble fanget med teiner ved Skulgam utenfor Tromsø i perioden fra januar til september 2020 og ført levende til merd hos Havbruksstasjonens lokalitet Skulgambukt. Fisken som ble satt i merd hadde en vekt på 3-4 kg og den ble føret med lodde (*Mallotus villosus*) etter appetitt to til tre ganger i uken. Siste fôringsdag for fisken var fredag 11.09.20, som har resultert i en 12 dager lang sulteperiode før uttaket av fisk 23.09.20. På uttaksdagen hadde fisken en størrelse på 58-93cm og en vekt på 2095-8950g.

Ved uttaket ble fisken lokket opp til overflaten ved hjelp av lodde. Så ble den håvet opp fra merden, avlivet ved slag i hodet, målt, veid og tagget. Deretter ble den bløget før den ble lagt i kar med sjøvann for utblødning i 20 minutter. Etter utblødning ble fisken fordelt med 50 fisk i to kar for ulik nedkjøling og fraktet til Nofima i Tromsø.

3.1.1 Kjølemetoder

Fisken ble fordelt til følgende kjølemetoder:

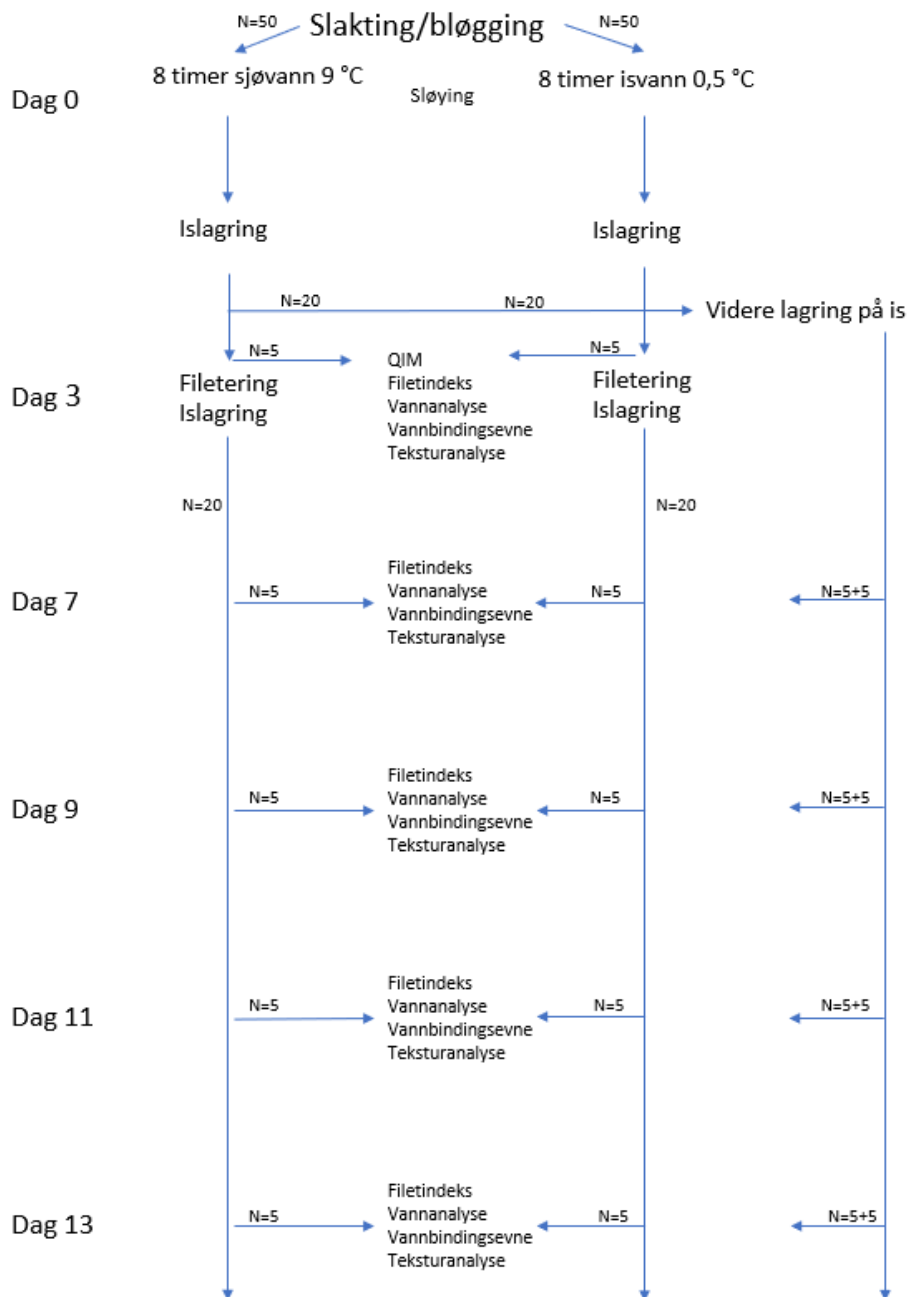
- **Isvann**, sjøvann ble fryst inn i bøtter. Sæplastkar på 660 liter ble fylt med sjøvann og tilsatt frosset sjøis. 22.09.20 var temperaturen på vannet nede i 0,5 °C, og de ble gradvis tilsatt mer sjøis for å holde temperaturen så lav som mulig.
- **Sjøvann**, sjøvann fra området rundt sjøanlegget ble fylt i sæplastkar på 660 liter. Dette vannet holdt en temperatur på rundt 9 °C den 23.09.20 da uttaket fant sted.

3.2 Forsøksoppsett

Etter åtte timer i de to ulike kjølemediene ble fisken sløyd. Etter sløyning ble innvoller som lever målt og veid, magen ble sjekket for innhold og veid, og det ble bestemt kjønn på fiskene. Deretter ble fisken lagt hel med hodet i kasser med is og satt på kjølerom med om lag 0 grader i tre dager for å få en mest mulig korrekt simulering av vanlig praksis i fiskeindustrien i dag, samt at fisken skulle få komme ut av *rigor mortis* før videre prosessering.

Etter tre dager på kjølerommet ble fem fisk fra hver gruppe sensorisk vurdert ved hjelp av kvalitetsindeksmetoden (QIM), samt veid og målt. Deretter ble disse fiskene filetert og skinnnet, så vurdert sensorisk ved hjelp av filetindeksmetoden. Etter dette ble det skåret loins som ble brukt til kjemiske analyser. Så ble 25 fisk fra hver gruppe filetert og skinnnet, målt, veid og tagget før de ble lagt i isoporkasser med is til oppbevaring til senere uttak. I kassene ble det lagt is → plastfolie → filet → plastfolie → ca. 30% is.

20 fisk fra hver gruppe ble lagt på is og oppbevart hel med hode til QIM ved senere uttak.

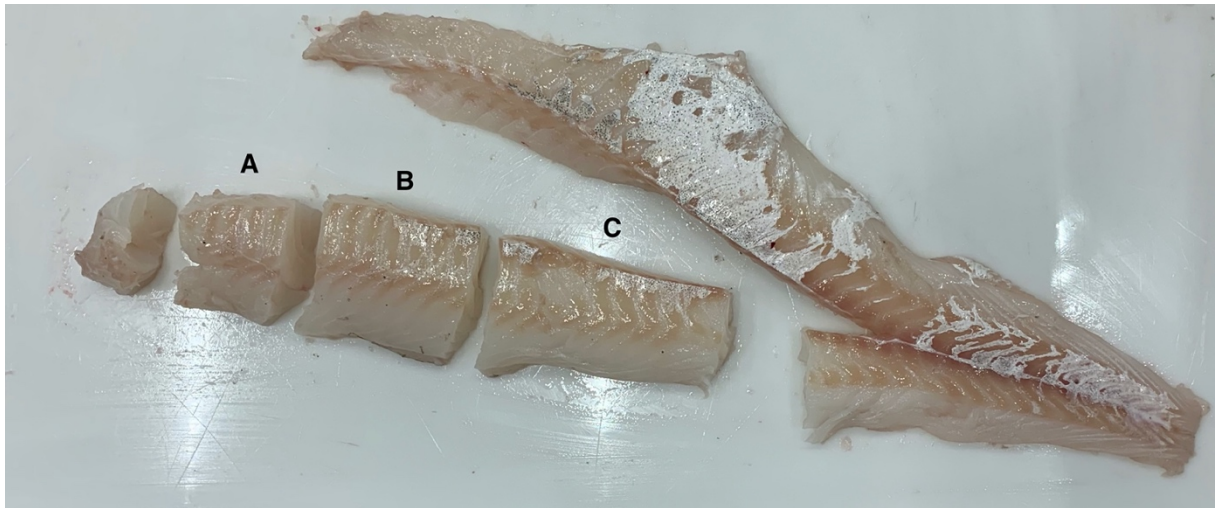


Figur 9: En oversikt over forsøksoppsett, hvor lang lagringstid og hvordan fisken ble lagret under forsøket.

3.3 Kjemiske analyser

Opparbeiding av prøvemateriale

Fem fisk fra hver gruppe ble benyttet til kjemiske analyser. Alle var filetert og skinnnet, det ble skåret ut loin på uttaksdagen som ble delt i tre som illustrert på figur 10. Del A ble brukt til TVN-prøver, del B ble brukt til teksturmåling og del C ble brukt til å måle vannbindingsevne og til vannanalyse.



Figur 10: Illustrasjon av hvordan fileten ble skåret opp under uttak av prøver. A ble brukt til TVN-prøver, B ble brukt til teksturmåling og C ble brukt til å måle vannbindingsevne og vannanalysen (foto av undertegnede).

3.3.1 Vannbindingsevne

Vannbindingsevnen ble bestemt gravimetrisk med fire paralleller á 15 gram etter metoden beskrevet av Ofstad et al. (1993). Prøvene ble oppbevart på is gjennom hele prosessen.

Del C ble grovhakket i Stephan-hakke med vannkjøling i 2x5 sekunder på hakk 2. Mellom hakkingene ble fiskemassen samlet og plassert rundt knivene for jevnest mulig hakking. Den grovhakkete fiskemuskelene ble så plassert i en plastpose med lynlås på toppen og lagt på is.

Prosedyre:

- Sentrifugerør (D=42mm) med bunnrør ble tarert på en analysevekt med 3 desimaler.
- Deretter ble nettrør med tilpasset filterpapir plassert i bunnrører og vekten ble nullstilt. 15 gram prøve ble så veid inn i nettrøret.

- Videre ble prøvene sentrifugert (Beckman GS-6R centrifuge) ved 1190 rpm i 15 minutter.
- Etter sentrifugeringen ble nettrøret med fiskemassen tatt ut av sentrifugerøret slik at sentrifugerør og bunnrør med filtrat kunne veies.

Etter prøven ble mengde væskeslipp i % beregnet etter følgende formel:

$$v\ddot{a}skeslipp \% = \frac{mengde\ filtrat(g)}{mengde\ pr\ddot{o}ve\ (g)} \cdot 100$$

Vannbindingsevne ble beregnet ut fra følgende formel:

$$W\% = \frac{\%Bundet\ vann}{\%Vann} \cdot 100 = \frac{(\%Vann - \%Filtrat)}{\%Vann} \cdot 100$$

3.3.2 Vanninnhold

Vanninnholdet ble bestemt gravimetrisk med to paralleller á 5 gram. Fisken som ble brukt til bestemmelsen av vanninnhold ble tatt av samme prøvemateriale som vannbindingsevne.

Prosedyre:

- Fiskemassen ble veid ut og jevnt fordelt i en porselenskål og satt til tørk i en tørkeovn (Binder APT FD 53, Binder GmbH, Tuttlingen, Tyskland) med $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ over natten.
- Videre ble prøven avkjølt 30 minutter i eksikator fr de øyeblikkelig ble veid.

Vanninnholdet ble beregnet etter følgende formel:

$$Vann\ (\%) = \frac{(Ma - Mb) \cdot 100}{Mc}$$

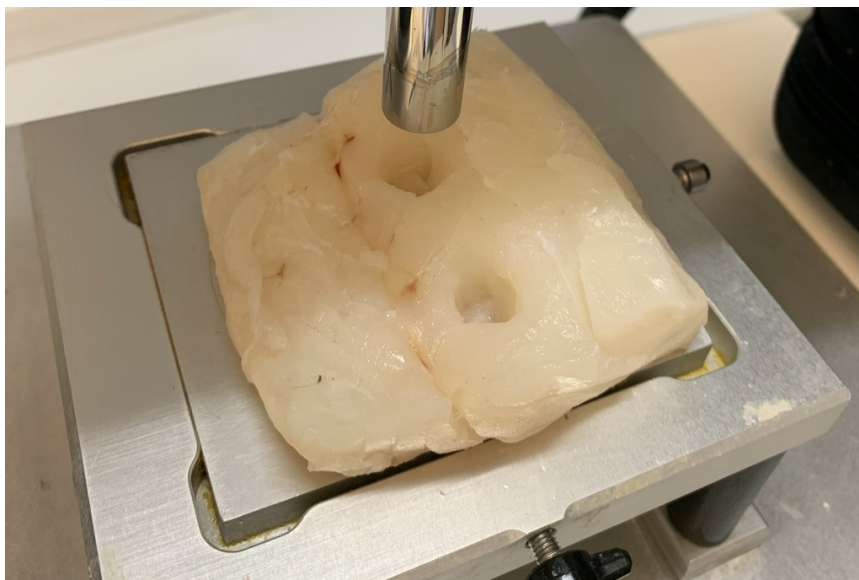
Ma tilsvarer vekten av innveid prøve inkludert porselensskål, Mb er vekt av prøve etter tørking inkludert porselensskål og Mc er innveid fiskemasse.

3.4 Teksturmålinger

Det ble gjennomført teksturmålinger på loin (del B i figur 10) av ti fisk, fem fra hver gruppe, alle de fem uttaksdagene.

Teksturpressen (Texture Analyser TA-XT2, Stable Micro Systems LTD., Surrey, England) ble kalibrert til 5kg og hastigheten ble satt til 1 mm per sekund. Sylindren med en flat ende (12,5mm) ble satt til å gå 80% ned i fiskemuskelen.

Teksturmålingene ble gjennomført ved at fisken ble lagt med det som ville vært skinnsiden ned. Deretter ble sylindren instrumentelt trykket ned i fileten to ganger som vist på figur 11. I det sylindren traff fiskekjøttet ble kraften (Newton, N) som var nødvendig for å punktere muskelfibrene og trykke sylindren ned i fiskekjøttet logget som en kurve med utgangspunkt i kraft-tid av teksturpressen. Dette vil gi ett uttrykk for hvor hard muskelen er.



Figur 11: Illustrasjon av hvordan teksturmålingene ble gjennomført. Bildet tatt etter at begge parallellene er tatt (foto av undertegnede).

3.5 Sensoriske analyser

3.5.1 QIM

Det ble gjennomført sensoriske vurderinger av kvaliteten på fisken ved hjelp av QIM utviklet av Bremer et al. (1985). Fem fisk fra hver kjølemetode ble vurdert av et panel med tre dommere som vurderte prøvene uavhengige av hverandre. Før gjennomføringen av QIM ble fiskene temperert i luft til den når rundt 4-5 °C slik at man får frem eventuell lukt fra fisken og den ikke har mekanisk støtte som følge av fryst preg.

Fisken ble vurdert etter tre, sju, ni, elleve og tretten dager fra uttak, og ble lagret i kasser med is på kjølerom (0-2 °C) gjennom hele oppbevaringsperioden.

Ved bruk av QIM blir fisken vurdert ved hjelp av en standard QIM-skala ved hjelp av lukt, det man ser og hva man føler. Fisken ble vurdert på lukt i gjeller, utseende og farge på skinn, øyne, gjeller og konsistens. Det ble fulgt et standard QIM-skjema (Vedlegg 1).

3.5.2 Filetindeks

Av fiskene som ble filetert og lagt i kasser ble høyre filetene brukt til sensorisk vurdering ved hjelp av filetindeks metoden som er beskrevet av Esaiassen et al. (2006). Metoden bedømmer ferskhet og kvalitet på filet basert på en sensorisk vurdering. Før gjennomføringen av filetindeksmålingen ble filetene temperert i luft til den når rundt 4-5 °C slik at man får frem eventuell lukt fra filten og den ikke har mekanisk støtte som følge av fryst preg.

Fileten ble vurdert etter en standard filetindeks-skala ut ifra lukt, spalting, farge, overflate og konsistens. Ved hjelp av tre erfarne uavhengige dommergrupper ble filetene vurdert (Vedlegg 2).

Fisken ble vurdert etter tre, sju, ni, 11 og 13 dager (figur 9) og ble oppbevart i kasser med is på kjølerom (0-2 °C) gjennom hele oppbevaringsperioden.

3.6 Statistiske analyser

For å finne ut om det er signifikante forskjeller mellom fiskene som ble simulert ilandført i sjøvann med en temperatur på rundt 9 °C og fiskene som ble simulert ilandført i isvann laget av sjøis med en temperatur på rundt 0,5 °C ble det utført Students t-test. Det ble antatt at variansen var lik mellom gruppene som følge av at behandlingen for fisken ellers var lik. Det ble også kjørt Student t-test for å sjekke om det var forskjeller mellom de ulike uttakene for å undersøke om det var signifikante endringer ved økt lagringstid på is.

Signifikante forskjeller mellom gruppene og uttakene ble undersøkt for følgende:

- Vanninnhold i de to ulike gruppene og de ulike uttaksdagene
- Vannbindingsevne mellom de to ulike gruppene og de ulike uttaksdagene
- Sensoriske målinger mellom de to ulike gruppene og de ulike uttaksdagene
- Teksturmålinger mellom de to ulike gruppene og de ulike uttaksdagene

4 Resultater

4.1 Vanninnhold og vannbindingsevne

Vanninnholdet til filetene ble målt ved fem ulike tidspunkt. Resultatene viser at det er signifikant forskjell på vanninnholdet til filetene fra fisken som ble holdt i sjøvann med en temperatur på rundt 9 °C (sjøvannsgruppen) og fisken som ble holdt i isvann laget av sjøis med en temperatur ned mot 0,5 °C (isvannsgruppen). Utover lagringsperioden ble det observert noe minkede forskjell. Vanninnholdet til begge filetgruppene ble redusert under lagring, men filetene fra isvannsgruppen hadde størst nedgang fra 80,1% etter tre dager til 78,9% etter 13 dager sammenlignet med nedgang fra 82,0% etter tre dager til 81,2% etter 13 dager for sjøvannsgruppen se tabell 1.

Tabell 1: Vanninnhold i filet etter ulik lagringstid. Verdiene er oppgitt som gjennomsnittlig vanninnhold (n=5 á to paralleller) i % ± standardavvik. P-verdi indikerer om det er signifikant forskjell (p<0,05) mellom de to ulike gruppene for hvert av de ulike uttakene.

Lagringstid dager	Sjøvann (%)	Is (%)	p-verdi
3	82,0 ± 1,0	80,1 ± 1,2	0,00
7	82,6 ± 3,3	79,7 ± 0,8	0,02
9	82,3 ± 3,2	79,6 ± 0,7	0,02
12	81,3 ± 2,4	79,0 ± 0,4	0,01
13	81,2 ± 2,6	78,9 ± 0,4	0,02

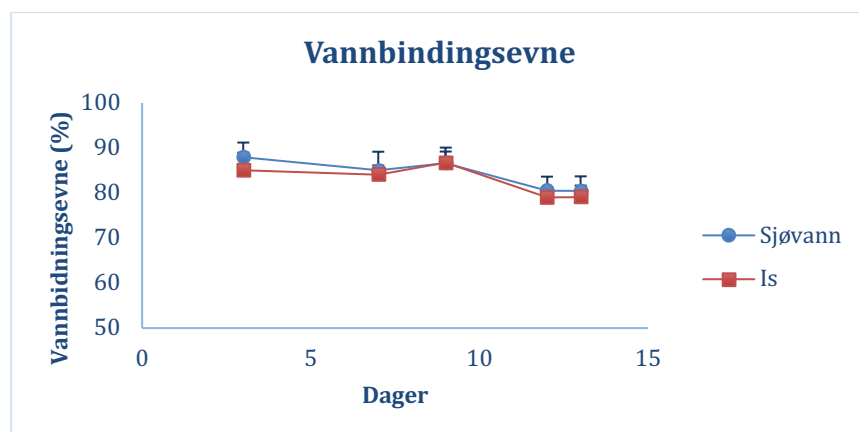
Vannbindingsevnen og væskeslipp ble målt på samme tidspunkt som vanninnholdet. Det ble sett signifikant forskjell mellom gruppene ved det første uttaket etter tre dager. Deretter var det ikke signifikant forskjell på vannbindingsevnen mellom gruppene ved resten av uttakene. Som vist i tabell 2 kan man se hvordan væsketapet i fileten økte ved økt lagringstid. Det ble observert signifikant forskjell innad i gruppene mellom dag ni og dag 11.

Tabell 2: Væsketap i filet etter ulik lagringstid. Verdiene er oppgitt som gjennomsnittlig væsketap (n=5 á fire paralleller) i % ± standardavvik. P-verdien indikerer om det er signifikant forskjell (p<0,05) mellom de to ulike gruppene for hvert av de ulike uttakene.

^{AB}- indikerer signifikant forskjell mellom uttakene innad i gruppen.

Lagringstid dager	Sjøvann (%)	Is (%)	p-verdi
3	10,0 ± 2,5 ^A	11,9 ± 3,1 ^A	0,04
7	12,3 ± 3,3 ^A	12,6 ± 1,8 ^A	0,68
9	10,9 ± 2,6 ^A	10,6 ± 2,2 ^A	0,67
12	15,8 ± 2,7 ^B	16,6 ± 2,2 ^B	0,33
13	15,5 ± 3,0 ^B	16,5 ± 2,2 ^B	0,49

På dag ni har begge gruppene svak økning i vannbindingsevne sammenlignet med uttaket før (figur 12). Fra dag ni til dag 12 er det en signifikant nedgang for begge gruppene, med størst nedgang for gruppen som har vært ilandført i isvann laget av sjøis. Fra dag 12 til 13 holder vannbindingsevnen til begge gruppene seg stabil, gruppen som har vært i sjøvann går fra 80,6% til 80,5%, og gruppen som har vært i is går fra 79,0% til 79,1%.

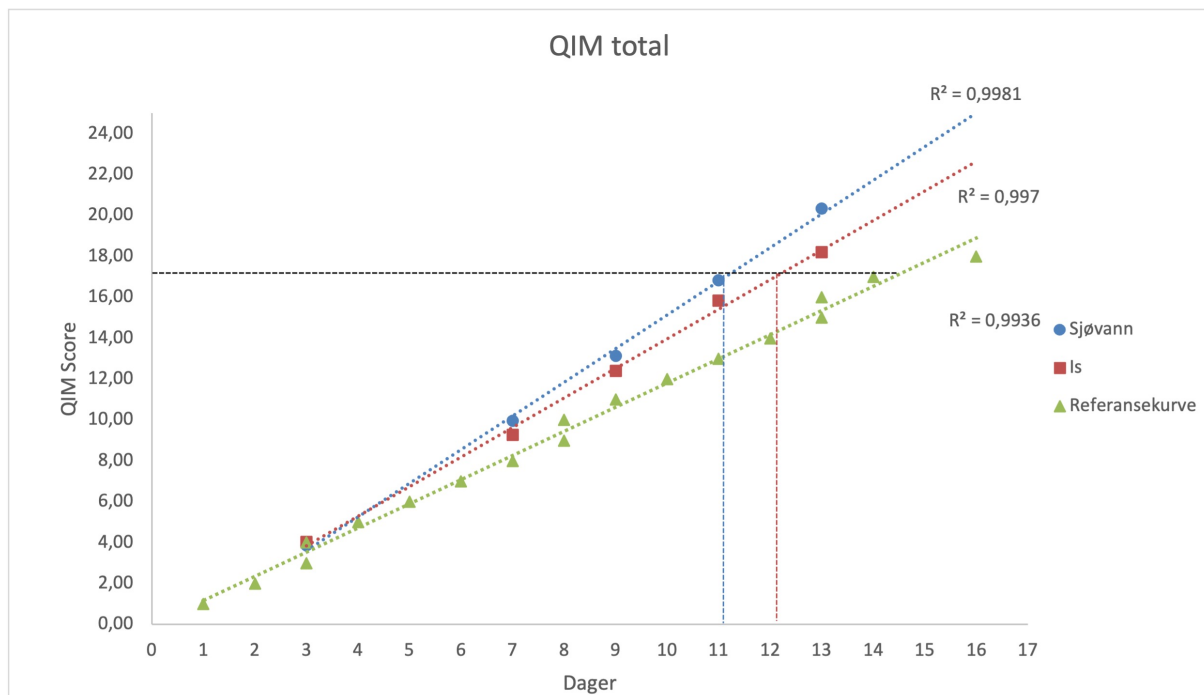


Figur 12: Utviklingen i vannbindingsevne for filet som ble holdt i sjøvann med en temperatur på 9 °C (sirkel) og fisken som ble holdt i isvann laget av sjøis med temperatur ned mot 0,5 °C (firkant) over tid. Verdiene er oppgitt som gjennomsnittlig vannbindingsevne (n=5 á fire paralleller) for de to ulike gruppene.

4.2 Sensoriske målinger

4.2.1 QIM

Resultatene etter QIM målingene viser at begge gruppene ligger over referansekurve for torsk (Martinsdóttir et al., 2001) (figur 13). Begge gruppene, i henhold til QIM, viser nokså lik ferskhetsendring de første dagene, før man gradvis kan se en utvikling med større forskjell i ferskhetsendring utover lagringstiden. Etter rundt ni dager blir det økende forskjeller i QIM-score, og på dag 13 er det signifikant forskjell mellom de to gruppene, der sjøvannsgruppen har høyere QIM-score enn isvannsgruppen. Det er også en dag forskjell mellom når de ulike gruppene når forkastningsverdien for QIM (>17) (Bonilla et al., 2007; Martinsdóttir et al., 2001), sjøvannsgruppen når denne verdien etter ca. 11 dager, mens isvannsgruppen når denne verdien etter 12 dager.



Figur 13: Utviklingen for total QIM-score for fisk holdt i sjøvann med en temperatur på 9 °C (sirkel), fisk holdt i isvann laget av sjøis med temperatur ned mot 0,5 °C (firkant) og referansekurven for torsk (trekant) over tid som referanse. Verdien er oppgitt som gjennomsnittlig QIM-score (n=5) for de to ulike gruppene. Striplet (svart) linje viser forkastningsverdi for QIM.

For å undersøke om endringene i fisken fra de to gruppene følger samme trend blir karakteren (score) for hver av de ulike parameterne i QIM vurdert. Som vist i tabell 3 er det ingen signifikante forskjeller mellom de to ulike gruppene når man ser på resultatene for utseendet på skinnen og konsistens etter QIM.

Resultatene for utseendet på skinnen viser at det er signifikant endring mellom dag tre og dag sju innad i begge gruppene. Skinnen har gått fra å ha et blankt utseende med antydning til regnbueskinnende pigmenter, til å bli noe mer matt og ha påbegynnende misfarging. For sjøvannsgruppen er det også signifikant endring mellom dag ni og dag 11, da skinnen har blitt enda mattere og man ser tydelige tegn til misfarging. For isvannsgruppen er det signifikant forskjell mellom dag sju og dag ni, med større grad av matthet i skinnen. Det ble også observert økende mengde slim på skinnen til fisken i begge gruppene utover lagringsperioden.

For konsistens viser resultatene at det skjer en signifikant endring innad i begge gruppene fra dag tre til dag sju, ved at fisken gikk fra å ha en fast og elastisk konsistens til å bli mykere og bløtere. Deretter er det ingen signifikante forskjeller innad i noen av gruppene, men en jevn økning utover lagringstiden.

Tabell 3: QIM-score for skinn utseende og konsistens ved ulik lagringstid. Verdiene er oppgitt som gjennomsnittlig score (n=5). P-verdien viser om det er signifikant forskjell ($p < 0,05$) mellom fisk holdt i sjøvann med en temperatur på 9 grader og fisk holdt i isvann laget av sjøis med temperatur ned mot 0,5 grader for hvert av de ulike uttakene.

^{ABC}- indikerer signifikant forskjell mellom uttakene innad i gruppen.

Dag	Skinn utseende			Konsistens		
	Sjøvann	Is	p-verdi	Sjøvann	Is	p-verdi
3	0,2 ^A	0,2 ^A	1,00	0,4 ^A	0,3 ^A	0,88
7	0,7 ^B	0,6 ^B	0,29	1,4 ^B	1,1 ^B	0,19
9	1,0 ^B	0,9 ^C	0,69	1,4 ^B	1,2 ^B	0,35
11	1,5 ^C	1,2 ^C	0,24	1,8 ^B	1,4 ^B	0,19
13	1,7 ^C	1,5 ^C	0,44	2,0 ^B	1,8 ^B	0,45

Etter den sensoriske QIM vurderingen av gjellene viser resultatene at det er signifikant forskjell for alle tre parameterne ved uttaket på dag 13 som vist i tabell 4. For alle tre parameterne er det signifikant forskjell innad i gruppene mellom dag tre og dag sju. Ferskhetsendringene i gjellene følger en lik trend, og det er en rask endring innad i gruppene utover lagringstiden.

Resultatene for farge gjeller viser at det er signifikant forskjell innad i sjøvannsgruppen ved uttakene på dag sju, ni og 13. Mellom uttakene på dag tre og dag sju har gjellene gått fra å være noe avfarget med begynnende misfarging til misfarget. Ved uttaket på dag 11 var gjellene misfarget med noen brune flekker, mens det på dag 13 var tett på maks score (3) med brune gjeller som var tydelig misfarget. Det ble funnet signifikant forskjell innad i isvannsgruppen ved uttakene på dag sju, ni og 11. Utviklingen her var lik den for sjøvannsgruppen, men på dag 11 var fargen på gjellene til isvannsgruppen mer brun og misfarget.

Resultatene for lukt i gjellene viser at det for sjøvannsgruppen er signifikant forskjell innad i gruppen på dag sju og 13. Mellom uttakene på dag tre og dag sju har lukten gått fra å være litt frisk, metallisk til mer nøytral eller gressaktig, mens på uttaket på dag 13 har gjellene fått meget sur lukt, som kan minne om eddiksyre. Mellom dag sju til dag 11 har lukten gått fra å være nøytral, gressaktig til mer preget av sur melk og gjær. Det var var ikke signifikant forskjell mellom dag sju og ni, men fra dag sju til 11 er endringen signifikant.

Innad i isvannsgruppen ble det funnet signifikant endring ved uttakene på dag sju og 11. På uttaket på dag sju har lukten gått fra å være frisk, metallisk til mer nøytral eller gressaktig. Mellom dag sju og dag 11 har lukten gått fra å være nøytral eller gressaktig til å bli mer preget av sur melk eller gjær. Mellom dag 11 og 13 ble det ikke funnet noe endring (tabell 4). På dag 13 er det tett på en hel karakter forskjell mellom sjøvannsgruppen og isvannsgruppen, der sjøvannsgruppen har hatt en signifikant raskere ferskhetsendring, og tydelig surere lukt.

Resultatene for slim i gjellene for sjøvannsgruppen viser at det er signifikante endringer innad i gruppen ved uttakene på dag sju og 11. Slimet har gjennom lagringsperioden gått fra å være klart, noe melkeaktig på dag tre via melkeaktig på dag sju og ni til mørkt, ugjennomsiktig på dag 11 og 13.

For isvannsgruppen ble det funnet signifikante endringer ved uttakene på dag sju, 11 og 13. Fargen på slimet har hatt en lignende utvikling som slimet til sjøvannsgruppen, med unntak

for en signifikant nedgang fra dag 11 til dag 13. Da slimet har gått fra mørkt og ugjennomsiktig til mer melkeaktig igjen.

Tabell 4: QIM score for farge gjeller, lukt gjeller og slim gjeller ved ulike lagringstid for fisk holdt i sjøvann med en temperatur på 9 °C og fisk holdt i isvann laget av sjøis med temperatur ned mot 0,5 °C. Verdiene er oppgitt som gjennomsnittlig score (n=5). P-verdien viser om det er signifikant forskjell (p<0,05) mellom de to ulike gruppene for hvert av de ulike uttakene.

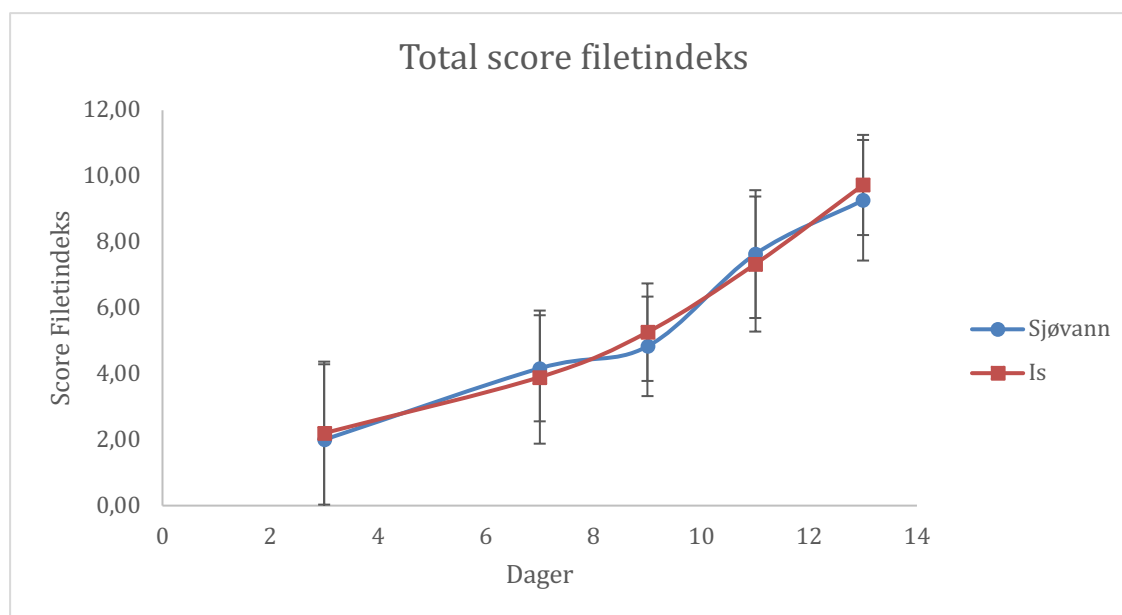
^{ABCD}- indikerer signifikant forskjell mellom uttakene innad i gruppen.

Dag	Farge gjeller			Lukt gjeller			Slim gjeller		
	Sjøvann	Is	p-verdi	Sjøvann	Is	p-verdi	Sjøvann	Is	p-verdi
3	0,7 ^A	0,4 ^A	0,26	0,5 ^A	0,5 ^A	0,67	0,6 ^A	0,7 ^A	0,52
7	1,6 ^B	1,6 ^B	0,99	1,1 ^B	0,9 ^B	0,09	1,4 ^B	1,7 ^B	0,08
9	2,1 ^C	2,0 ^C	0,69	1,8 ^B	1,2 ^B	0,12	1,4 ^B	1,5 ^B	0,71
11	2,4 ^C	2,7 ^D	0,46	2,0 ^B	1,9 ^C	0,80	1,9 ^C	1,9 ^C	0,75
13	2,9 ^D	2,7 ^D	0,00	2,8 ^C	1,9 ^C	0,00	1,9 ^C	1,7 ^D	0,04

4.2.2 Filetindeks

Resultatene etter målingene av filetindeks viser at begge gruppene følger hverandre tett gjennom hele lagringsperioden uten noen signifikante forskjeller på noen av uttaksdagene som vist i figur 14. Begge gruppene følger samme trend, men fra dag ni til 13 skjer en raskere utvikling sammenlignet med dag tre til ni. For sjøvannsgruppen er det signifikant forskjell mellom uttakene på dag ni og 11. For isvannsgruppen er det ikke signifikant forskjell mellom noen av dagene, men mellom dag 11 og 13 er det forskjellen tett på signifikansnivået med en p-verdi på 0,06.

Ved vurdering av filetindeks ble det observert enkeltindivider som hadde noe som ble beskrevet som «sultefeil». De hadde en geleaktig konsistens, en veldig glatt overflate og hadde en mer utpreget sur lukt sammenlignet med de andre filetene på samme uttaksdag.



Figur 14: Utvikling for totalscore filetindeks over tid for fisk holdt i sjøvann med en temperatur på 9 grader (sirkel) og fisk holdt i isvann laget av sjøis med temperatur ned mot 0,5 grader (firkant). Verdiene er oppgitt som gjennomsnittlig filetindeksscore (n=5) for de to ulike gruppene.

For å undersøke om fisken fra de to gruppene endres forskjellig på de ulike parameterne som vurderes i filetindeks er karakteren (score) for hver av parameterne vurdert. I tabell 5 presenteres to viktige parametre for kvalitet og holdbarhet på filet, lukt og konsistens.

For konsistens følger gruppene hverandre uten noe signifikante forskjeller, men etter dag ni skjer det en hurtig endring for begge gruppene. Det ble funnet signifikant forskjell innad i begge gruppene ved uttaket på dag 11.

For lukt ble det funnet signifikant forskjell mellom gruppene på dag tre ved at isvannsgruppen hadde signifikant høyere score på lukt (tabell 5). På dag tre hadde sjøvannsgruppen frisk lukt av sjø, mens isvannsgruppen hadde nøytral lukt. Etter dag sju har det skjedd en signifikant endring innad i sjøvannsgruppen som gjør at fisken har fått en nøytral lukt, mens det for fisken i isvannsgruppen har det ikke skjedd noe endring. Frem til uttaket på dag ni holder begge gruppene seg stabil, mens det til dag 11 har skjedd en signifikant endring innad i begge gruppene.

På dag 11 er det også signifikant forskjell mellom filetene i de to ulike gruppene. Nå er lukten på fileten i sjøvannsgruppen signifikant verre enn på filetene i isvannsgruppen.

Sjøvannsgruppen har nå fått en mer sur, ammoniakklignende lukt. To av tre dommere i panelet har gitt fisken høyeste mulig score (3). Til sammenligning har fisken i isvannsgruppen

gått fra å ha nøytral lukt til å nærme seg fiskelukt (score 2). På dag 13 er det signifikant forskjell innad i gruppene der sjøvannsgruppen nå har fått maks score (3) og tydelig har en sur lukt, mens isvannsgruppen ligger tett på maks score og som følgelig også har et surt preg.

Tabell 5: Filetindeksscore for lukt og konsistens ved ulike lagringstid for fisk holdt i sjøvann med en temperatur på 9 °C og fisk holdt i isvann laget av sjøis med temperatur ned mot 0,5 °C. Verdiene er oppgitt som gjennomsnittlig score (n=5). P-verdien viser om det er signifikant forskjell ($p < 0,05$) mellom de to ulike gruppene for hvert av de ulike uttakene.

^{ABCD}- indikerer signifikant forskjell mellom uttakene innad i gruppen.

Dag	Lukt			Konsistens		
	Sjøvann	Is	p-verdi	Sjøvann	Is	p-verdi
3	0,2 ^A	1,1 ^A	0,00	0,6 ^A	0,2 ^A	0,40
7	1,0 ^B	1,0 ^A	1,00	0,9 ^A	0,4 ^A	0,06
9	1,2 ^B	1,1 ^A	0,27	0,4 ^A	0,5 ^A	0,83
11	2,4 ^C	1,7 ^B	0,00	1,7 ^B	1,4 ^B	0,50
13	3,0 ^D	2,7 ^C	0,21	1,2 ^B	1,6 ^B	0,46

4.3 Tekstur

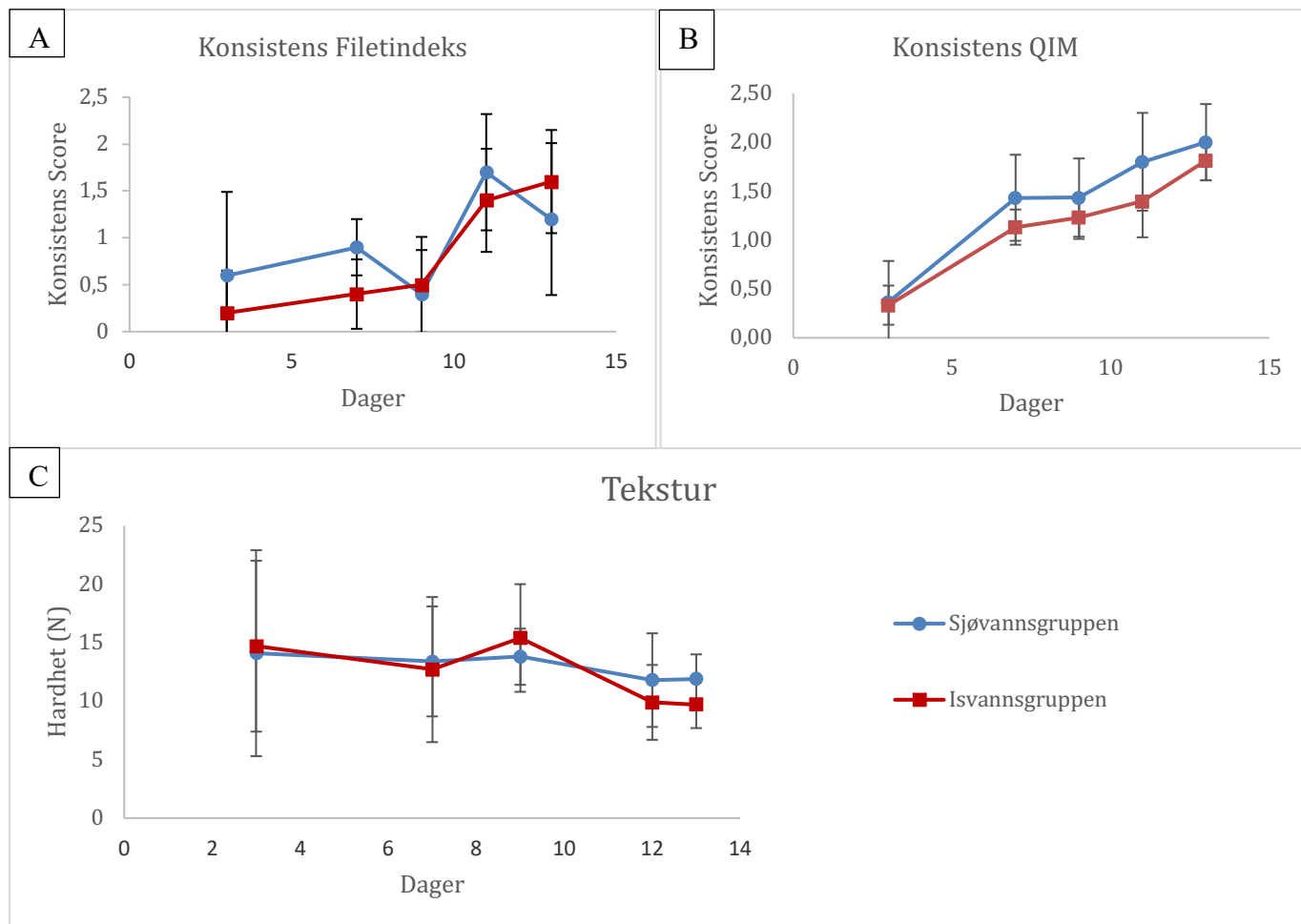
Resultatene etter teksturmålingene viser at det ikke er noen signifikante endringer mellom de to gruppene på noen av de fem uttaksdagene. Begge gruppene har en lik trend med noe høyere verdi på dag ni enn på dag sju, som vist i tabell 6. For sjøvannsgruppen er det ingen signifikante forskjeller mellom noen av uttakene, mens for isvannsgruppen er det signifikant forskjell mellom dag ni og dag 12.

Tabell 6: Fastheten til fileten ved ulik lagringstid for fisk holdt i sjøvann med en temperatur på 9 °C og fisk holdt i isvann laget av sjøis med temperatur ned mot 0,5 °C. Verdiene er uttrykket som gjennomsnittlig kraft (Newton, N) ± standardavvik (n=5 å to paralleller). P-verdien viser om det er signifikant forskjell ($p < 0,05$) mellom de to ulike gruppene for hvert av de ulike uttakene.

^A- indikerer signifikant forskjell mellom uttakene innad i gruppen.

Lagringstid dager	Sjøvann (N)	Is (N)	p-verdi
3	14,1 ± 8,8	14,7 ± 7,3	0,91
7	13,4 ± 4,7	12,7 ± 6,2	0,86
9	13,8 ± 2,4	15,4 ± 4,6	0,48
12	11,8 ± 4,0	9,9 ± 3,2 ^A	0,44
13	11,9 ± 2,1	9,7 ± 2,0 ^A	0,12

For å undersøke om teksturmålingene samsvarer med de sensoriske målingene har de blitt satt sammen med resultatene for konsistens fra både QIM og filetindeks. Som vist på figur 15 følger de instrumentelle målingene av tekstur og konsistens fra QIM en tilnærmet lik trendkurve, i motsetning til konsistens fra filetindeks som har en tydelig endring på dag ni. Denne endringen kan man delvis se på de instrumentelle teksturmålingene ved en liten oppgang på dag ni. Felles for alle tre målemetodene er at det er noe nedgang fra dag ni til de neste to uttakene.



Figur 15: Utvikling av tekstur og konsistens fisk holdt i sjøvann med en temperatur på 9 °C (sirkel) og fisk holdt i isvann laget av sjøis med temperatur ned mot 0,5 °C (firkant) over økt lagringstid. A viser utviklingen for konsistens målt ved filetindeks. B viser utviklingen for konsistens målt ved QIM. C viser utviklingen for gjennomsnittlig hardhet (N) (n=5 à 2 paralleller for hver gruppe) målt instrumentelt

5 Diskusjon

5.1 Råstoff

Torsken som ble brukt i dette forsøket ble fanget med teiner over en periode fra januar til september, og holdt levende i merd helt til uttaksdagen 23.09.20. Som følge av den store forskjellen i hvor lenge de ble holdt levende i merd har fisken hatt ulikt utgangspunkt ved uttaksdagen.

Fra perioden januar til september vil det kunne være ulik kvalitet på torsken som ble fanget som følge av naturlig sesongvariasjon hos torsk. I løpet av sommermånedene vil det være svingninger i vann- og proteininnhold som vist i figur 3 (Ingolfsson et al., 1998). Denne variasjonen kan komme av vandringer i sjø, ujevn tilgang på mat og utvikling av gonader på senhøsten (Mello & Rose, 2005; Schwalme & Chouinard, 1999). For torsk holdt i merd som blir fôret vil ikke vandring og ujevn tilgang på mat være en faktor, og man vil kunne forvente at fisken er mer uniform sammenlignet med villfanget fisk.

Gjennom lagringsperioden i merd ble fisken fôret 2-3 ganger i uken etter appetitt. Med denne typen fôring tilbys fisken mat helt til man ser en endring i fiskens adferd og lite interesse for fôret. Fôring i merd kan være utfordrende ved at de største og sterkeste fiskene er mest aktiv i starten og presser unna de mindre fiskene. Noe som kan skape størrelsesforskjeller ved at de minste ikke alltid kommer til matfatet. Dette kan være en av årsakene til at vi under de sensoriske vurderingene kunne se enkelte individer som hadde det som ble beskrevet som «sultefeil». Disse individene ble observert under vurderingen av filetindeks, der de hadde en geleaktig konsistens og en veldig glatt overflate, samtidig som de også hadde en mer sur lukt enn de andre fiskene som ble vurdert.

Resultatene kan ha blitt påvirket i noe grad av at deler av fisken har stått en lang periode i merd. Dette kan gjøre at deler av råstoffet som har blitt brukt i denne oppgaven har resultater og tegn som er mer sammenlignbart med torsk som kommer fra oppdrett sammenlignet med vill torsk. Fisken vil kunne bære preg av at den har blitt holdt i merd og fôret, og på den måten ikke gått gjennom den forventet livssyklusen til vill torsk.

5.2 Vanninnhold

Vanninnholdet i torskefileten ble undersøkt over en lagringsperiode på is etter å ha vært oppbevart i ulikt kjølemedium i 8 timer som en simulering av ilandføring. Ingolfsson et al. (1998) har vist at vanninnholdet til torsk fanget på høsten ligger på rundt 80-81,5% rett etter fangst. Resultatene fra vannanalysen viser at sjøvannsgruppen ligger rundt det som er forventet vanninnhold de tre første uttakene med en verdi på 82,0% - 82,6% (tabell 1), mens etter dag 12 er vanninnholdet for denne gruppen innenfor forventningene. Ser man på isvanngruppen har de et signifikant lavere vanninnhold enn den andre gruppen, og har et vanninnhold tett på det som er forventet for torsk i denne perioden.

Kristoffersen et al. (2007) har funnet at oppdrettstorsk som blir lagret hel på is vil ha en svak nedadgående trend utover lagringstiden. Dette støtter opp om resultatene i denne oppgaven der man kan se at det er små forskjeller mellom de to gruppene, men en svak reduksjon i vanninnhold ved økt lagringstid. En av årsakene til at det ikke skjer så store endringer i vanninnholdet i filetene kan være at de er prosessert *post rigor*. Ved filetering *post rigor* er filetene festet til ryggspylen og har ekstra støtte fra skinnet gjennom *rigor*, og man får redusert grad av krymping (Pearce et al., 2011). Ved mindre krymping vil det være mer rom i muskelen å oppbevare vann, og man vil følgelig få mindre væsketap (Pearce et al., 2011; Huff-Lonergan & Lonergan, 2005).

At fisken i sjøvannsgruppen har høyere vanninnhold kan komme av at den har tatt opp mer vann i perioden den var oppbevart i sjøvannet. Når fisk ligger i sjøvann har den vesentlig større kontaktflate mellom seg og vannet sammenlignet med fisk som ligger i is. Den store kontaktflaten gjør at det er et større område fisken kan ta opp vannet, noe som kan være årsaken til at sjøvannsgruppen har høyere vanninnhold sammenlignet med isvannsgruppen.

I denne oppgaven ble vanninnholdet av torsken kun målt i loin, noe som gjør at man ikke nødvendigvis får et helhetlig bilde på vanninnholdet i fisken. Joensen et al. (2000) har vist at det kan være store forskjeller mellom vanninnholdet i loin og buk hos torsk, og at desto tynnere muskelen er jo mer vann kan den ta opp. Med hensyn til dette kunne man fått et mer representativt resultat ved å måle mulige forskjeller mellom buk og loin. Noe som også kunne ført til et mer helhetlig bilde av mengden vann i fisken. Det må også tas hensyn til at det kunne vært tatt flere paralleller og et høyere antall fisk i hvert uttak for å redusere feilmargin.

5.3 Vannbindingsevne

Vannbindingsevnen til begge gruppene følger en relativt lik trend. Begge gruppene har en liten nedgang fra uttaket på dag tre til uttaket på dag sju, før begge har et oppsving til dag ni. Dernest er det nedadgående trend for begge gruppene de to siste uttaksdagene. Det er signifikant forskjell mellom de to ulike gruppene på dag tre, ellers er det ingen signifikante forskjeller på noen av de andre uttakene. Fisken har signifikant nedgang i vannbindingsevnen gjennom lagringsperioden.

Oppgangen fra dag sju til ni kan ha flere årsaker, men samsvarer til dels med det som ble funnet av Olsson et al. (2007) da de så på vannbindingsevnen til vill torsk fanget i desember og fant en økning i vannbindingsevne fra dag to til sju. En årsak til endringen fra dag sju til dag ni kan også være at det var en annen person som var med på uttaket av prøvemateriale på dag sju kontra alle de andre uttakene. Som følge av det kan det ha vært ulik mengde råstoff som ble tatt med til prøvene og de kan potensielt ha blitt tatt av en litt annen del av fileten enn de andre dagene. Andre mulige forklaringer kan være naturlig svingning i kvaliteten på råstoffet som ble brukt i analysen. Det ble observert til dels stor variasjon mellom individene som ble brukt i oppgaven, noe som også kan ha vært en årsak til en liten oppgang på dag ni.

Fra dag ni følger resultatene den forventete utviklingen med jevn nedgang før det flater ut mellom dag 12 og 13. Uttakene på dag 12 og 13 kommer svært tett på hverandre, og kan derfor forklare hvorfor det ikke er noe særlig endring i vannbindingsevnen.

Ser man på utviklingen i væsketap fra fileten følger det samme trend som vannbindingsevnen, noe som er forventet da dette naturlig påvirker hverandre. Væskeslippet ligger stabilt de første ni dagene etter slakting, før man mellom dag ni og 12 kan se en signifikant endring for begge gruppene. Denne endringen stemmer bra med at vannbindingsevnen til muskelen har tilsvarende signifikante endring i filetenes evne til å binde til seg vann.

Væskeslippet til fisken som ble brukt i dette forsøket er noe høyer enn det som ble funnet av Kristoffersen et al. (2007) i deres forsøk på oppdrettstorsk, men man kan se en lignende trend for fisken i begge forsøkene. Ser man på væskeslippet i dette forsøket opp mot forsøket gjort av Olsson et al. (2007) vil man kunne se den samme trenden med et stabilt væskeslipp frem til rundt dag sju-ni, før man får en signifikant nedgang de neste tre-sju dagene for fisken som ble tatt ut i mars og november.

5.4 QIM

Kvalitetsindeks metoden kan brukes til å anslå restholdbarhet for fersk fisk og se hvor raskt ulike ferskhetsendringer skjer. Fisken som ble vurdert i dette forsøket scoret fra første uttaksdag høyere enn referansekurven til torsk (Martinsdóttir et al., 2001) for begge gruppene. Videre utover lagringstiden øker avstanden mellom både gruppene, men også mellom gruppene og referansekurven. Fisken i dette forsøket nådde forkastningsverdien på >17 (Hyldig & Nielsen, 2001) etter henholdsvis 11 dager for sjøvannsgruppe og 12 dager for isvannsgruppen. Hva som er årsaken til at sjøvannsgruppen når denne verdien en dag tidligere er vanskelig å peke på, men det er mulig at det kan være naturlig variasjon i råstoffet. Det var forventet at fisken skulle nå forkastningsverdien etter rundt 15 dager om man tar hensyn til referansekurven. Disse forskjellene kan forklares ved at det som nevnt kan være naturlige variasjoner i kvaliteten på råstoff, samt at referansekurven ikke er en endelig fasit på hvordan ferskhetsendringer i torsk skjer. Hva dette kommer av kan være flere av de ulike kriteriene i QIM, men en av de som skilte seg mest ut for fisken brukt i denne oppgaven var gjellene.

Gjellene hadde en rask økning i score (ferringelse) som vist i tabell 4. Den raske økningen skjedde for begge gruppene og for alle de tre kriteriene; farge, lukt og slim.

Ser man på resultatene for fargene på gjellene skjer det en rask endring for begge gruppene fra første vurdering til siste, der begge gruppene følger samme kurven. Denne endringen gjenspeiles for lukt i gjellene og fargen på slimet. Fargen på gjellene var fra første uttaket noe høyere enn det man kunne forvente ut fra QIM-manualen (Martinsdóttir et al., 2001) ved at den hadde antydninger til noe avfarging og begynnende misfarging. Ved uttaket på dag 11 hadde fisken allerede det nivået man i henhold til QIM-manualen (Martinsdóttir et al., 2001) kan forvente etter 15 dager lagret på is for begge gruppene, med brune og misfargete gjeller.

Ser man på lukt i gjellene har begge gruppene en rask økning, men sjøvannsgruppen har en hurtigere økning mellom dag sju og dag ni, mens isvannsgruppen har en hurtigere økning fra dag ni til 12. Fra dag 12 skjer det en signifikant økning for sjøvannsgruppen, mens gruppen som har vært i isvann flater mer ut. Det er mulig at denne økningen for sjøvannsgruppen kommer av at den ble holdt i vann med temperatur på rundt $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ved ilandføringen. Dette kan føre til SSOs har bedre vekstvilkår fra start, slik at etter 11 dager vil oppblomstring være kommet så langt at man begynner å merke deres negative effekter som vond lukt.

Utviklingen for slimet på gjellene er lik for begge gruppene, men også her ligger verdiene på første uttaksdag noe over det som kunne forventes i henhold til QIM-manualen (Martinsdóttir et al., 2001). Slimet var allerede etter tre dager begynt å bli melkeaktig, mens det var forventet at det skulle være klart og gjennomsiktig.

En hypotese til hva som er årsak til denne hurtige endringen kan være at det ble brukt lodde for å lokke fisken opp til overflaten når den skulle håves ut av merden til avlivning. Dette førte til at flere av fiskene hadde magen full av lodde på uttaksdagen, og det er tenkt at aktivitet for nedbrytning av lodde og rester av mat kan være en årsak til at gjellene ble brutt ned raskere enn forventet. Det ble også observert at fisken kastet opp lodde og at det ble liggende rester i munn og rundt gjellene på fisken, noe som også kan ha vært en av årsakene til raskere forringelse av gjellene enn forventet.

5.5 Filetindeks

Verdiene etter de sensoriske filetindeksmålingene viser at begge gruppene følger hverandre tett og har en lik utvikling uten noen signifikante forskjeller (figur 14). Resultatene samsvarer med verdiene funnet av Esaiassen et al. (2006) og Esaiassen et al. (2011) i deres forsøk på ferske torskefileter oppbevart på is ved rundt 0 °C.

Sammenligner man utviklingen til fileten i dette forsøket med resultatene til Akse et al. (2008) etter deres forsøk på levendelevert torsk vil man kunne se at de har høyere totalscore etter ni dager for fisken som ikke var sultet, med totalscore på 6,0 mot 4,8 for sjøvannsgruppen og 5,3 for isvannsgruppen. For fisken som ble sultet før deres forsøk skjer ferskhetsendringene raskere og etter ni dagers kjølelagring har den en totalscore over 6,0. Etter ni dager følger fisken til Akse et al. (2008) samme trend som fisken brukt i dette forsøk med en raskere endring.

Utviklingen til fisken i dette forsøket viser en jevn oppgang frem til dag ni for begge gruppene. Deretter skjer en signifikant endring for sjøvannsgruppen mellom dag ni og dag 11, mens det for isvannsgruppen skjer en jevnere økning gjennom hele lagringsperioden. Begge gruppene når forkastningsverdien for filetindeks som er >6 (Esaiassen & Østli, 2010) etter 10 dager lagret på is (figur 14). Samtidig er det viktig at man ikke bare ser på den totale scoren etter en slik sensorisk vurdering, men at man ser sammenheng mellom de ulike parameterne. Viktige parameter som lukt bør brukes til å nyansere forkastningsverdien som følge av at en filet med lav totalscore, men høy lukt score blir vurdert til forkasting, og motsatt kan man

med høy totalscore og lav lukt score fortsatt kunne oppleve spiselig kvalitet på fileten. Særlig om fisken scorer høyt på parameter som konsistens eller gaping kan fileten være vel så god, men ha noe bløtere konsistens bare.

I likhet med resultatene etter QIM scorer filetene høyere enn forventet på lukt, og særlig isvannsgruppen som scorer 1,1 allerede på dag tre. På dag tre var isvannsgruppen signifikant høyere enn sjøvannsgruppen. På dag 11 er sjøvannsgruppen blitt signifikant høyere enn isvannsgruppen. Hva som er årsakene til at isvannsgruppen scorer så høyt på lukt allerede etter dag tre er vanskelig å forklare, men det kan være naturlig variasjon i råstoffkvalitet. I tabell 5 kan man se at filetene i sjøvannsgruppen score 2,4 på lukt etter 11 dager mot 1,7 for isvannsgruppen. Dette er et tegn på at filetene fra sjøvannsgruppen er helt på enden av sin holdbarhet. Ved uttaket på dag 11 gir 2 av 3 dommere filetene i sjøvannsgruppen score 3 på lukt, ammoniakk eller sur, og det vil si at filetene som gruppe ville blitt forkastet, og sett på som uegnet til humant konsum. På samme uttaket scorer isvannsgruppen i underkant av score 2 og ville blitt vurdert som mulig å spise, selv med høy totalscore. Dette peker på at man ikke kan se bare på totalscore når man gjør de sensoriske vurderingene.

Endringen i lukt som skjer for fisken i sjøvannsgruppen utover lagringstiden er tenkt at kan komme av den økte temperaturen under simuleringen av ilandføringen. Som, i likhet med lukten på gjellene, kan ha gitt fotfeste for oppblomstring av bakterier. Etter en lagringsperiode på 11 dager på is vil det være mulig at den mikrobielle aktiviteten har kommet så langt at den har startet å produsere illeluktende biprodukter.

5.6 Tekstur

Det ble gjennomført teksturmåling på fem *post rigor* prosesserte fileter fra begge gruppene under hvert av uttakene. I forsøket ble det målt hardhet når sylindere var presset 40% ned i fileten, og resultatet presenteres som hardhet (N). Resultatene blir presentert for 40% som følge av at disse resultatene gav det mest representative resultatet i form av minst standardavvik mellom parallellene for hver prøve og mellom hver prøve innad i gruppene.

Ved sammenligning av de to ulike gruppene kan man se at det ikke er noen signifikante forskjeller mellom gruppene, og begge følger en lik trend som er svak nedadgående gjennom lagringsperioden. Selv om man kan se en forskjell fra dag tre til dag 13 er det ingen signifikant forskjell mellom første og siste uttaksdag for noen av gruppene. Derimot er det

observert signifikant forskjell mellom dag ni og dag 13 for isvannsgruppen, mens for sjøvannsgruppen er det observert ending selv om den ikke er signifikant.

Hylding og Nielsen (2001) har presentert at man kan forvente en nedgang i hardhet for fiskemuskel som blir kjølelageret over tid, noe som stemmer med nedgangen som ble observert i denne oppgaven. Det er forventet at årsaken til dette kommer av nedbryting og svekkelse av muskelceller gjennom autolytisk aktivitet (Delbarre-Ladret et al., 2006). Etter slakting vil de lysosomale proteasene kathepsin og MMP, som det finnes mye av i torsk, starte nedbrytningen av bindevev (Delbarre-Ladret et al., 2006; Gildberg, 1988; Guderly et al., 2003; Lødemel & Olsen, 2003) og dette vil føre til en endring i konsistens ved at man utover lagringstiden får en mykere tekstur.

Fisken hadde stor variasjon i lengde fra 58-93cm og en vekt på 2095-8950g. Som følge av det vil man kunne forvente at forskjellen mellom individene vil variere ganske mye. Under den instrumentelle målingen ble det observert store individuelle forskjeller i hardheten innad i gruppene på hvert av uttakene. Dette kan komme av at det ble brukt vill torsk i forsøket og at fisken hadde relativt ulik størrelse og vekt på uttaksdagen. Større fisk vil følgelig har større og flere muskelceller. Dunajski (1980) har observert at det er en sammenheng mellom økt diameter på muskelceller og grovere konsistens. Som følge av dette vil man kunne forventet noe variasjon i resultatene ved målingen av tekstur siden det var så store forskjeller mellom lengden og vekten på fisken.

Sammenligner man resultatene etter teksturmålingene med de sensoriske konsistens vurderingene fra QIM og filetindeks vil man se at alle de tre målingene følger en lignende trend. Både QIM- og filetindeksresultatene viser en jevn utvikling fra dag tre til dag ni før det skjer en noe raskere ferskhetsendring og man får en mykere konsistens ved begge målemetodene. Ved de sensoriske målingene vil man som oftest vurdere konsistensen til fisken på ulike punkter på den hele fisken (QIM) og fileten (filetindeks) sammenlignet med den instrumentelle teksturmålingen der man kun måler på en liten del av loin. Dette gjør at man vil få et mer helhetlig bilde på konsistens til fisken sammenlignet med den instrumentelle målingen.

Den nevnte utfordring med at man får målt tekstur på kun et område er en av flere utfordringer ved instrumentell måling. Andre utfordringer vil være at man vil kunne treffe på bindevev når man gjør denne typen målinger, det kan være små rester av skinn eller bein igjen

på fileten som gir fileten en annen tekstur enn den egentlig har. Dette peker på at man må være svært nøyaktig når man gjør instrumentell måling av tekstur. Det er også viktig at man prøver å treffe så nært som mulig samme punkt på hver enkelt filet når man måler for å kunne få et mest mulig likt og representativt resultat. Hyldig og Nielsen (2001) peker på at det er ulik tekstur på ulike punkter på fisken, og man må få en så standardisert metode som mulig for å kunne få sammenlignbare resultater.

5.7 Oppsummering

Ser man på resultatene fra de to ulike gruppene opp mot hverandre kan man peke på en felles endring etter dag ni. Etter dag ni er det kun vanninnholdet og den totale QIM-score som ikke får en hurtigere endring sammenlignet med de tidligere uttakene.

De første dagene fisken ligger lagret på is vil man kunne anta at den autolytiske nedbrytning foregår i form av proteolyse av muskelprotein og bindevev, samt at nedbrytningen av ATP har startet (Delbarre-Ladrat et al., 2006). Fisken i dette forsøket ble filetert på dag tre etter *post mortem* da fisken var kommet ut av *rigor*. Fisken fikk en skånsom behandling mens den var i *rigor* for å unngå endringer i tekstur og økt filetspalting som kan forekomme ved hard håndtering (Midling et al., 2011). Som følge av at fisken var lagret på is i et kaldt kjølerom vil man kunne forvente at den mikrobielle oppblomstringen ikke satt fart før etter sju-ni dager (Boziaris & Parlapani, 2017; Lougovois & Kyra, 2005). Dette kan være en av årsakene til at man ikke ser noen særlige endringer i fiskens vannbindingsevne, tekstur eller ferskhetsendringer før etter dag ni.

Endringene som skjer etter dag ni skjer fra flere ulike vinkler i form av at det skjer endringer i tekstur, raskere ferskhetsendringer, og vannbindingsevnen går ned mens væskeslippet øker. Samtidig viser de sensoriske målingene at fisken nærmer seg den satte forkastningsverdien for QIM (Martinsdóttir et al., 2001) og den tenkte forkastningsverdien for filetindeks (Esaiassen & Østli, 2010).

Man kan anta at endringene etter dag ni skjer som følge av at den mikrobiologiske aktiviteten har økt som vist i figur 8, samt at de autolytiske prosessene har ført til at bindevevet i muskelen er svekket. I muskelen vil det også ha skjedd en endring i pH over tid som vil kunne påvirket muskelens vannbindingsevne. Huff-Lonergan og Lonergan (2005) peker på at endring i muskel-pH er en viktig årsak til endring i vannbindingsevnen, men den største endring av pH i muskel skjer de første 70 timene etter slaktning (Kristoffersen et al., 2006).

Den største forskjellen i ferskhetsendringer som ble funnet ved QIM-analysen var på gjellene. Her hadde fisken som ble ilandført i sjøvann med en temperatur på rundt 9 °C en raskere ferskhetsendring enn den andre gruppen. Som nevnt tidligere er det vanskelig å forklare årsakene, men det er tenkt at det den ulike temperaturen etter slakting kan ha gitt gode vekstvilkår for bakterier. Dette vil kunne gjøre at de vokser noe raskere for denne gruppen og man får en litt hurtigere ferskhetsendring.

At filetene fra sjøvannsgruppen scorer høyere på lukt ved filetindeksvurderingen sammenlignet med isvannsgruppen kan potensielt være som følge av at de ble holdt i varmere vann ved ilandføring. Mens fisken ble ilandført kan det tyde på at fisken som ble holdt i sjøvann tok opp mer vann som mål gjennom vanninnhold. Det varme vannet som fisken tok opp, kan ha gitt bedre vekstvilkår for bakterier som *S. Putrefaciens*. *S. Putrefaciens* kan både bryte ned svovelholdige aminosyrer til illeluktende hydrogensulfid (H₂S) (Odeyeni et al., 2018) og bruke oksygenatomet i TMAO som elektronakseptor og ende opp med illeluktende ammoniakk (NH₃) som sluttprodukt (Gram & Huss, 1996; Lougovois & Kyrna, 2005; Lynum, 1997). Nettopp denne lukten av ammoniakk er beskrivende for lukten som gir karakter 3 på lukt i filetindeks (Vedlegg 2). På dag 11 var det signifikant forskjell i lukten til filtene i sjøvanngruppen og isvannsgruppen. Filetene fra sjøvannsgruppen fikk da en gjennomsnittskaraktter på 2,7 (se tabell 5) som er tett på lukt av ammoniakk. Dette kan tyde på at denne fiskegruppen er kommet lengre i forringelsesprosessen og at bakterieoppblomstringen har skjedd noe raskere enn for den andre gruppen, mulig som følge av den høyere temperaturen ved ilandføring. Lynum (1997) viser til at bakteriene kan trenge gjennom kollagenfibrene og inn i fiskekjøttet ved temperaturer over 8 °C. Det kan være en faktor som har påvirket at fisken som lå 8 timer i sjøvann med en temperatur på rundt 9 °C har raskere utvikling av lukt enn fisken som lå på is i rundt 0,5 °C.

5.8 Begrensinger i studiet og videre arbeid

Denne studien er begrenset som følge av et lavt antall paralleller og få forsøksfisk. Et representativt utvalg bør inkludere et større utvalg fisk, ettersom et lavt antall vil være mer sårbart for naturlige svingninger i råstoffkvaliteten og med få paralleller har man svært liten feilmargin ved gjennomføring av forsøket.

Ved gjennomføring av de sensoriske målingene ble det på første uttaket gjort en samlet vurdering av flere dommer på ett ark. Dette gir ikke et optimalt resultat ved at man ikke får frem hver enkelt dommers vurdering. Samtidig var det forskjellig hvor mye erfaring de ulike dommerne i panelet hadde, noe som resultatet ved enkelte uttak blir noe påvirket av. Ved noen av de sensoriske vurderingene ble det gitt halve poeng til fisk som var vanskelig å vurdere, noe som resulterer i noe uklare poengscorer.

På grunn av covid-19 pandemien ble forsøket noe begrenset som følge av andre runde med nedstenginger av landet. Dette førte til at det ikke ble gjort en til runde med uttak av fisk på våren, noe som kunne gitt gode svar med tanke på om resultatene er gjeldende i høysesongen også.

Ved videre arbeid bør man se på om det vil være forskjeller mellom holdbarhet på fisk fanget i og utenfor sesong ved å gjennomføre flere uttak av fisk igjennom året. Samtidig vil det også være fordelaktig å gjøre forsøket på fisk som blir levert av kystflåten og ikke har vært holdt i merd for å få et mer likt råstoff i forhold til hvordan det gjøres i industrien i dag.

6 Konklusjon

I dette forsøket viser det seg at den ulike temperaturen ved «ilandføring» fører til redusert holdbarhet med rundt ett døgn. Sjøvannsgruppen nådde forkastningsverdien for QIM ett døgn tidligere, og ville blitt forkastet et døgn tidligere som følge av lukt på filetene ved filetindeksmålingene enn isvannsgruppen. For kvalitetsendringene følger fiskegruppene en relativt lik trend med stabile målinger frem til uttaket på dag ni. Etter dette skjer forringelsen raskere, og man kan se endringer på alle målepunktene brukt i dette forsøket.

Samtidig kan man se at det til dels er samsvar mellom instrumentell og sensorisk teksturmåling. Forskjellene i resultatene kan komme av at man ved sensorisk teksturmåling måler tekstur og konsistens på flere ulike punkter på fisken og fileten, mens man ved instrumentell måling har et veldig avgrenset område.

Referanseliste

- Akse, L. & Joensen, S. (2004). Fangstskader på ferskt råstoff (torsk) levert fra kystflåten. Fangstskadeindeks til bruk i mottakskontroll og kvalitetssortering. *Fiskeriforskning Rapport, 10-2004*.
- Akse, L., Kristiansen, F., Tobiassen, T., Dahl, R. W. & Eilertsen, G. (2008). Sulting og pre rigor filetering av loddetorsk. Effekt på filetspalting, drypptap og holdbarhet. *Nofima rapportserie*.
- Balevik, S. B., Haugen, T. & Slinde, E. (2005). Kvaliteten på fisk. I. *Marin fisk-kyst og havbruk*.
- Bonilla, A. C., Sveinsdottir, K. & Martinsdottir, E. (2007). Development of Quality Index Method (QIM) scheme for fresh cod (*Gadus morhua*) fillets and application in shelf life study. *Food control, 18*(4), 352-358.
- Boziaris, I. S. & Parlapani, F. F. (2017). Specific spoilage organisms (SSOs) in fish. I *The microbiological quality of food* (s. 61-98). Elsevier.
- Bremner, H. (1985). A convenient, easy to use system for estimating the quality of chilled seafoods. Fish Processing Conference,
- Cheng, J. H., Sun, D. W., Han, Z. & Zeng, X. A. (2014). Texture and structure measurements and analyses for evaluation of fish and fillet freshness quality: a review. *Comprehensive reviews in food science and food safety, 13*(1), 52-61.
- Chéret, R., Delbarre-Ladrat, C., de Lamballerie-Anton, M. & Verrez-Bagnis, V. (2007). Calpain and cathepsin activities in post mortem fish and meat muscles. *Food chemistry, 101*(4), 1474-1479.
- Delbarre-Ladrat, C., Chéret, R., Taylor, R. & Verrez-Bagnis, V. (2006). Trends in postmortem aging in fish: understanding of proteolysis and disorganization of the myofibrillar structure. *Critical reviews in food science and nutrition, 46*(5), 409-421.
- Digre, H., Hansen, U. J. & Erikson, U. (2010). Effect of trawling with traditional and 'T90' trawl codends on fish size and on different quality parameters of cod *Gadus morhua* and haddock *Melanogrammus aeglefinus*. *Fisheries Science, 76*(4), 549-559.
- Dulavik, B., Sørensen, N. K., Barstad, H., Horvli, O. & Olsen, R. (1998). Oxidative stability of frozen light and dark muscles of saithe (*Pollachius virens* L.). *Journal of Food Lipids, 5*(3), 233-245.
- Dunajski, E. (1980). Texture of fish muscle. *Journal of Texture Studies, 10*(4), 301-318.
- Døving, K. B. & Reimers, E. (1992). *Fiskens fysiologi*. John Grieg Forlag AS.

- ElMasry, G. & Wold, J. P. (2008). High-speed assessment of fat and water content distribution in fish fillets using online imaging spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(17), 7672-7677.
- Erikson, U., Digre, H. & Misimi, E. (2011). Effects of perimortem stress on farmed Atlantic cod product quality: A baseline study. *Journal of food science*, 76(4), S251-S261.
- Esaiassen, M., Carlehög, M., Eilertsen, G., Breiland, M. S. W. & Østli, J. (2011). Kvalitetsforskjeller på fersk og tint filet fra torsk: Objektive målinger. *Nofima rapportserie*.
- Esaiassen, M., Heia, K., Herland, H. & Sivertsen, A. H. (2010). Kvalitetsmålinger på hvitfisk. *Nofima Rapport, 14-2010*.
- Esaiassen, M., Joensen, S., Akse, L., Tobiassen, T., Eilertsen, G., Dahl, R. W. & Bjørkevoll, I. (2006). Temperatur i kjøledisk-en kritisk suksessfaktor for brettpakket fersk fisk. *Nofima rapportserie*.
- Esaiassen, M. & Østli, J. (2010). Kan målemetoden «filetindeks» fortelle noe om hvilke ferske torskefileter forbrukere liker? *Norsk Sjømat*, (6/2010), 36-37.
- Fiskerdirektoratet. (2021). *Rundvekt (tonn) fordelt på landingsmåned og art*. Hentet 13.05.21 fra <https://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Tall-og-analyse/Fangst-og-kvoter/Fangst/Fangst-fordelt-paa-maaned>
- Foegeding, E., Lainer, T. & Hultin, H. (1996). Characteristics of edible muscle tissues. *Food chemistry*, (3.d), 879-942.
- Gildberg, A. (1988). Aspartic proteinases in fishes and aquatic invertebrates. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 91(3), 425-435.
- Gram, L. & Dalgaard, P. (2002). Fish spoilage bacteria—problems and solutions. *Current opinion in biotechnology*, 13(3), 262-266.
- Gram, L. & Huss, H. H. (1996). Microbiological spoilage of fish and fish products. *International journal of food microbiology*, 33(1), 121-137.
- Guderley, H., Lapointe, D., Bédard, M. & Dutil, J.-D. (2003). Metabolic priorities during starvation: enzyme sparing in liver and white muscle of Atlantic cod, *Gadus morhua* L. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 135(2), 347-356.
- Hassoun, A., Ojha, S., Tiwari, B., Rustad, T., Nilsen, H., Heia, K., Cozzolino, D., Bekhit, A. E.-D., Biancolillo, A. & Wold, J. P. (2020). Monitoring Thermal and Non-Thermal Treatments during Processing of Muscle Foods: A Comprehensive Review of Recent Technological Advances. *Applied Sciences*, 10(19), 6802.

- Heide, M. & Henriksen, E. (2013). Variabel kvalitet i verdikjeden. Hvordan påvirker kvalitet lønnsomhet? *Nofima Rapport, 03-2013*.
- Huff-Lonergan, E. & Lonergan, S. M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat science, 71*(1), 194-204.
- Huss, H. H. (1995). *Quality and quality changes in fresh fish* (Bd. 348). FAO Rome.
- 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*(3), 219-242.
- Haard, N. F. (1992). Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food research international, 25*(4), 289-307.
- Ingolfsdottir, S., Stefánsson, G. & Kristbergsson, K. (1998). Seasonal Variations in Physicochemical and Textural Properties of North Atlantic Cod (*Gadus morh. ua*) Mince. *Journal of Aquatic Food Product Technology, 7*(3), 39-61.
- Iversen, A., Henriksen, E. & Bendiksen, B.-I. (2016). *Fisken og folket. I. Orkana forlag.*
- Joensen, S., Akse, L. & Sørensen, N. K. (2000). *Kjøling av fersk fisk.–Effekt på vekt og kvalitet.* Nofima AS (tidligere Fiskeriforskning).
- Johnston, I. A. (2006). Environment and plasticity of myogenesis in teleost fish. *Journal of Experimental Biology, 209*(12), 2249-2264.
- Johnston, I. A., Abercromby, M., Vieira, V. L., Sigursteindóttir, R. J., Kristjánsson, B. K., Sibthorpe, D. & Skúlason, S. (2004). Rapid evolution of muscle fibre number in post-glacial populations of Arctic charr *Salvelinus alpinus*. *Journal of Experimental Biology, 207*(25), 4343-4360.
- Johnston, I. A., Bower, N. I. & Macqueen, D. J. (2011). Growth and the regulation of myotomal muscle mass in teleost fish. *Journal of Experimental Biology, 214*(10), 1617-1628.
- Karlsen, K. M., Svorken, M., Hermansen, Ø. & Akse, L. (2012). Kvalitetsfeil og økonomiske konsekvenser-Kartlegging av bedrifters synspunkter i hvitfisksektoren. *Nofima Rapport, 33-2012*.
- Kiessling, A., Ruohonen, K. & Bjørnevik, M. (2006). Muscle fibre growth and quality in fish.
- Kristoffersen, S., Tobiassen, T., Steinsund, V. & Olsen, R. L. (2006). Slaughter stress, postmortem muscle pH and rigor development in farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *International journal of food science & technology, 41*(7), 861-864.

- 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(16), 1721-1731.
- Lougovois, V. & Kyrana, V. (2005). Freshness quality and spoilage of chill-stored fish. *Food policy, control and research*, 1, 35-86.
- Love, R. (1997). Biochemical dynamics and the quality of fresh and frozen fish. I *Fish processing technology* (s. 1-31). Springer.
- Love, R. M. & Lavéty, J. (1977). Wateriness of white muscle: A comparison between cod (*Gadus morhua*) and jelly cat (*Lycichthys denticulatus*). *Marine Biology*, 43(2), 117-121.
- Lynum, L. (1997). *Fisk som råstoff: Holdbarhet og kvalitetssikring* (2. utg.). Tapir Forlag.
- Lødemel, J. B. & Olsen, R. L. (2003). Gelatinolytic activities in muscle of Atlantic cod (*Gadus morhua*), spotted wolffish (*Anarhichas minor*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(10), 1031-1036.
- Margeirsson, S., Hrafnkelsson, B., Jónsson, G. R., Jensson, P. & Arason, S. (2010). Decision making in the cod industry based on recording and analysis of value chain data. *Journal of Food Engineering*, 99(2), 151-158.
- Martinsdóttir, E., Sveinsdóttir, K., Luten, J., Schelvis-Smit, R. & Hyldig, G. (2001). Reference manual for the fish sector: sensory evaluation of fish freshness.
- Mello, L. & Rose, G. (2005). Seasonal cycles in weight and condition in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) in relation to fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 62(5), 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*, 65(4), 571-580.
- Midling, K. Ø., Harris, S., Humborstad, O. B., Akse, L., Noble, C., Evensen, T. H., Jakobsen, R. A. & Tobiassen, T. (2011). Slakting direkte fra oppdrettsmerd. Tauranga-fase 3. *Nofima rapportserie*.
- Mørkøre, T. (2005). *Produktkvalitet i Oppdrett av Torsk - Næring med framtid*
- Nilsen, H. & Esaiassen, M. (2004). SPEKTEK-Utvikling av spektroskopiske teknikker for hurtig kvalitetsbestemmelse av fersk fisk.
- Nilsen, H., Esaiassen, M., Østli, J., Nøstvold, B. H., Pleym, I. E., Reynisson, E., Skjelvareid, M. H. & Heia, K. (2014). Verktøy for å måle fiskekvalitet-basert på forbrukernes oppfatning (Fase 1–Forprosjekt). Sluttrapport.
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2013). *Forskrift om kvalitet på fisk og fiskevarer*.

- Nærings- og fiskeridepartementet. (2016-2017). *Norges fiskeritavtalar for 2017 og fisket etter avtalane i 2015 og 2016* (Meld. St. 28). N.-o. fiskeridepartementet.
- Odeyemi, O. A., Alegbeleye, O. O., Strateva, M. & Stratev, D. (2020). Understanding spoilage microbial community and spoilage mechanisms in foods of animal origin. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 19(2), 311-331.
- Odeyemi, O. A., Burke, C. M., Bolch, C. C. & Stanley, R. (2018). Seafood spoilage microbiota and associated volatile organic compounds at different storage temperatures and packaging conditions. *International journal of food microbiology*, 280, 87-99.
- Ofstad, R., Kidman, S., Myklebust, R. & Hermansson, A.-M. (1993). Liquid holding capacity and structural changes during heating of fish muscle: cod (*Gadus morhua* L.) and salmon (*Salmo salar*). *Food structure*, 12(2), 4.
- Olsson, G. B., Seppola, M. A. & Olsen, R. L. (2007). Water-holding capacity of wild and farmed cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) muscle during ice storage. *LWT-Food Science and Technology*, 40(5), 793-799.
- Pearce, K. L., Rosenvold, K., Andersen, H. J. & Hopkins, D. L. (2011). Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes—A review. *Meat science*, 89(2), 111-124.
- Ricker, W. E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 191, 1-382.
- Robergs, R. A., Ghiasvand, F. & Parker, D. (2004). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*.
- Rotabakk, B. T., Skipnes, D., Akse, L. & Birkeland, S. (2011). Quality assessment of Atlantic cod (*Gadus morhua*) caught by longlining and trawling at the same time and location. *Fisheries Research*, 112(1-2), 44-51.
- 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*, 56(3), 303-319.
- Sigurgisladottir, S., Hafsteinsson, H., Jonsson, A., Lie, Ø., Nortvedt, R., Thomassen, M. & Torrissen, O. (1999). Textural properties of raw salmon fillets as related to sampling method. *Journal of food science*, 64(1), 99-104.

- Sivertsen, A. H., Heia, K., Hindberg, K. & Godtliebsen, F. (2012). Automatic nematode detection in cod fillets (*Gadus morhua* L.) by hyperspectral imaging. *Journal of Food Engineering*, 111(4), 675-681.
- Sivertsen, A. H., Kimiya, T. & Heia, K. (2011). Automatic freshness assessment of cod (*Gadus morhua*) fillets by Vis/Nir spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 103(3), 317-323.
- Skjelvareid, M. H., Heia, K., Olsen, S. H. & Stormo, S. K. (2017). Detection of blood in fish muscle by constrained spectral unmixing of hyperspectral images. *Journal of Food Engineering*, 212, 252-261.
- Skjervold, P. (2002). *Live-chilling and pre-rigor filleting of salmonids—Technology affecting physiology and product quality*. Dr. agric [thesis. Norwegian University of Life Sciences, As, Norway].
- 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(2-4), 265-280.
- Solberg, C., Hegli, S., Skaanevik, G. & Solberg, T. (2001). Seasonal variation in cod. I(s. 105-108). Torshavn.
- Tobiassen, T., Heia, K., Olsen, S. H., Svalheim, R. A., Joensen, S., Karlsen, K. M., Skjelvareid, M. H. & Stormo, S. K. (2016). Bløgging og holdbarhet på torsk. *Nofima Rapport*, 10-2016.
- Tobiassen, T. & Olsen, S. H. (u.å). Faktaark åte- og loddetorsk. Hentet 04.04.21, fra https://nofima.no/wp-content/uploads/2019/02/NOFIMA_Faktaark_%C3%85te_LR.pdf
- Wang, P. A., Vang, B., Pedersen, A. M., Martinez, I. & Olsen, R. L. (2011). Post-mortem degradation of myosin heavy chain in intact fish muscle: Effects of pH and enzyme inhibitors. *Food chemistry*, 124(3), 1090-1095.
- Weatherley, A., Gill, H. & Lobo, A. (1988). Recruitment and maximal diameter of axial muscle fibres in teleosts and their relationship to somatic growth and ultimate size. *Journal of Fish Biology*, 33(6), 851-859.
- Widmaier, E., Raff, H. & Strang, K. T. (2011). *Vander's human physiology* (Bd. 12). McGraw-Hill New York, NY.
- Wu, L., Pu, H. & Sun, D.-W. (2019). Novel techniques for evaluating freshness quality attributes of fish: A review of recent developments. *Trends in food science & technology*, 83, 259-273.

Vedlegg 1 - QIM skjema

QIM: torsk, SLMH

DATO:

Kvalitets parametere		Beskrivelse	Poeng
UTSEENDE	Skind	Klar, regnbueskinnende pigmentering	0
		Heller matt, begynnende misfarging	1
		Matt	2
	Konsistens (stivhet)	I rigor	0
		Fast, elastisk	1
		Myk	2
ØYNE	Hornhinne	Klar	0
		Med opalglans (regnbuefarget)	1
		Melkeaktig	2
	Form	Konveks	0
		Flat, litt innsunken	1
		Innsunken, konkav	2
	Pupiller	Svart	0
		Matt, ugjennomsiktig	1
		Grå	2
GJELLER	Farge	Klar rød	0
		Noe avfarget, begynnende misfarging	1
		Misfarget, brune flekker	2
		Brun, misfarget	3
	Lukt	Frisk, tangaktig, metallisk	0
		Nøytral, gressaktig, muggen	1
		Gjær, brød, øl, sur melk	2
		Eddiksyre, svovelaktig, meget sur	3
	Slim	Klart	0
		Melkeaktig	1
Melkeaktig, mørkt, ugjennomsiktig		2	
SLØYESNITT (fiskekjøtt)	Farge	Gjennomsiktig, blålig	0
		Voksaktig, melkeaktig	1
		Ugjennomsiktig, gul, brune flekker	2
BLØD I BUKHULE	Farge	Rød	0
		Mørk rød	1
		Brun	2
Kvalitetsindeks (0 – 23)			

Figur 16: Skjema for vurdering av QIM. (Martinsdóttir et al., 2001)

Vedlegg 2 - Filetindeksskjema

Filetindeks (torsk):

Dato:..... Prøve id:..... Dommer:.....

Parameter	Beskrivelse	Pakke 1	Pakke 2	Pakke 3	Pakke 4	Snitt
Lukt	0: Frisk lukt av sjø, blodfersk 1: Nøytral 2: Fiskelukt 3: Ammoniakk, sur					
Spalting	0: Ingen spalting 1: Begynnende spalting 2: Noe spalting, løs filet 3: Mye spalting, usammenhengende					
Farge	0: Fileten har en ensartet hvit farge 1: Fileten har en grå farge.....rødlig... 2: Flekket, misfarget gul, gjennomsiktig					
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					
Sum						

Figur 17: Skjema for vurdering av filetindeks. (Esaassen et al., 2006)

