



UiT Norges arktiske universitet

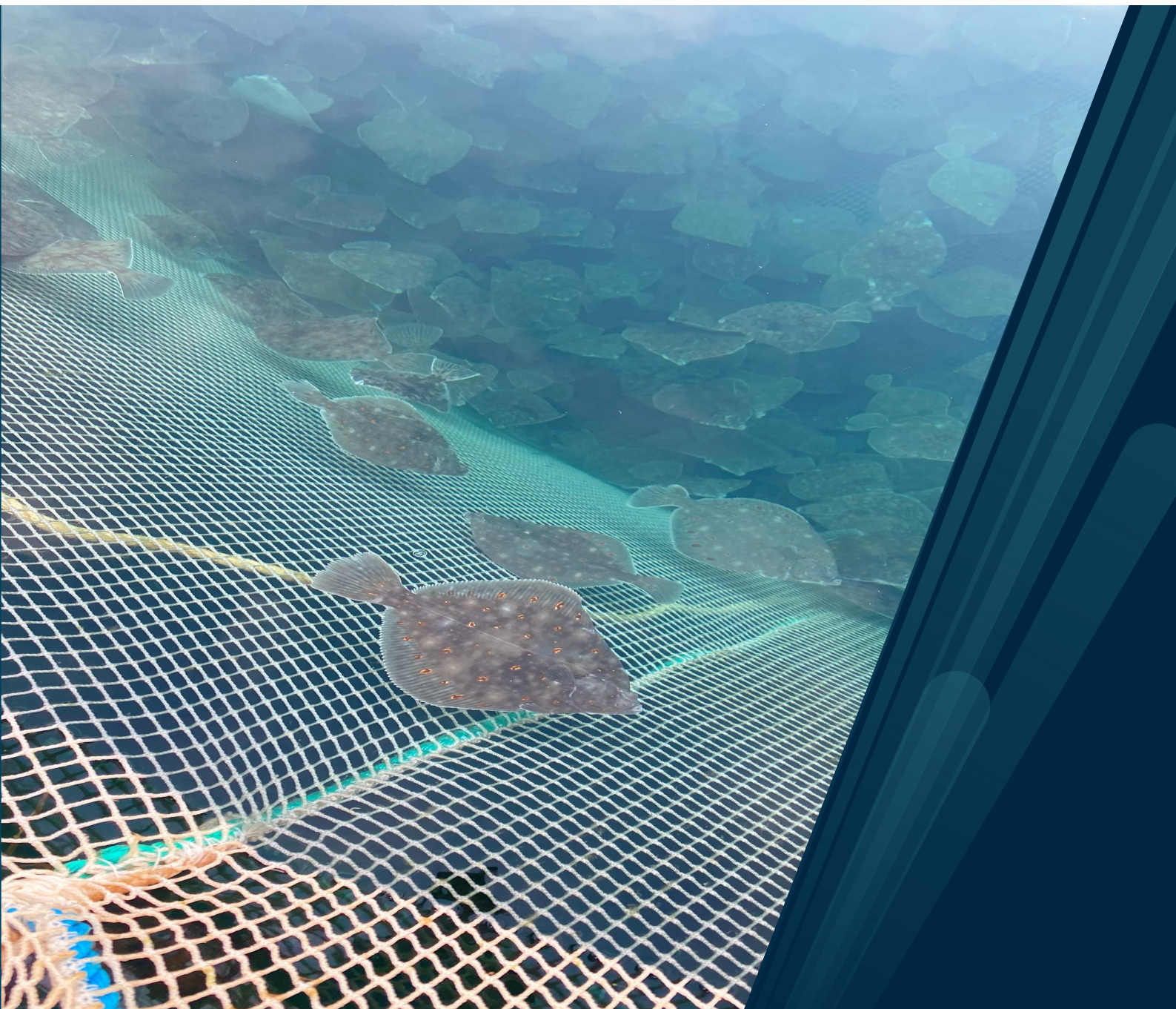
Fakultet for biovitenskap, fiskeri og økonomi

Levendelagret rødspette (*Pleuronectes platessa*) – velferd og kvalitet

Ingrid Marie Pettersen og Vilde Synnøve Aaknes

Masteroppgave i Fiskeri- og havbruksvitenskap FSK-3960

Mai 2023



Forord

Denne masteroppgaven markerer slutten på vår tid som studenter ved Norges Fiskerihøgskole. Gjennom studietiden har vi fått mange erfaringer som vi tar med oss videre. Arbeidet med masteroppgaven har vært spesielt lærerikt og gøy. Nå gleder vi oss til nye utfordringer.

Vi ønsker å takke alle som har hjulpet oss og bidratt.

Først og fremst, en stor takk til våre veiledere, Margrethe Esaiassen, Stein Harris Olsen og Torbjørn Tobiassen. Vi setter stor pris på tiden sammen med dere. Takk for alle ideer, innspill, engasjement, raske tilbakemeldinger, gode spørsmål og svar. Takk for at dere har delt av deres kunnskap både om og utenom temaer relevant for oppgaven. Takk for at døra bestandig har stått på gløtt.

Tusen takk til Gustav Martinsen for all hjelp, tilrettelegging, støtte og gode middager.

Tusen takk til Nofima AS, Tromsø. Spesielt takk til avdeling for Sjømatindustri. Ingen nevnt, ingen glemt. Takk for at vi fikk delta på prosjektet Flatsnurr. Takk for at dere stilte opp med kontorplass, ressurser, opplæring, støtte og deltakelse ved analyser og korrekturlesing.

Takk til Fiskeri- og Havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF) ved prosjektnummer: 901717, med tittel: Fangst og levendelagring av flatfisk ved bruk av artsselektiv snurrevad.

Takk til Karl Viktor Fisk AS for lån av utstyr og fasiliteter.

Takk til Manu Sistiaga og Ólafur A. Ingólfsson ved Havforskningsinstituttet for hyggelige dager i Henningsvær og korrekturlesing.

Takk til Råfisklaget og UiT for støtte til studietur til Hanstholm Fiskeauktion i Danmark.

Takk til Hanstholm Fiskeauktion for omvisning og svar på spørsmål.

Takk til våre nære, familie, venner og medstudenter.

Denne oppgaven har blitt til gjennom et solid og trivelig samarbeid.

Ingrid Marie Pettersen og Vilde Synnøve Aaknes

Tromsø, mai 2023

Antall ord: 31346

Sammendrag

I dag er verdikjeden for fisk og skalldyr bygget opp rundt utnyttelse av et fåtall arter som kan fanges i store volum og med høy markedsverdi. Bruk av lite eller ikke utnyttede marine ressurser kan være en bærekraftig tilnærming for å innfri fremtidige krav og etterspørsel til fiskekonsum.

Rødspette (*Pleuronectes platessa*) er den viktigste flatfisken i volum og verdi i europeiske fiskerier. Både fangst og prosessering av rødspette er begrenset i Norge, og det samme med lønnsomheten. Snurrevad anses som å være det mest skånsomme redskapet for å holde fangsten levende. Levendelagring av rødspette kan være et alternativ for å oppnå et lønnsomt fiskeri. Større mengder rødspette kan da lagres i merd, og slaktes ved behov for å sikre stabile leveranser til markedet.

Rødspette ble fanget kommersielt med snurrevad med lav åpning, utenfor Henningsvær i september 2022. Fisken ble transportert levende ved tetthet 250 kg/m² og 500 kg/m². Etter to dager ble fisken overført til merd for levendelagring. Prøvetaking ble tatt rett etter fangst og etter 3, 18 og 26 dager levendelagring.

Fangstskader ble registrert, og utviklingen av skadene ble fulgt gjennom levendelagringen. Velferd ble vurdert under levendelagringen. Etter avliving ble fisken lagret på is i 6, 10(9) og 13 dager før sensorisk vurdering av hel fisk og deretter filetering og sensorisk vurdering av filetene. Filetprøver ble benyttet til å analysere sammensetning av vann, aske, protein og frie aminosyrer.

Under levendelagring, ble fangstskader som bloduttredelser mindre fremtredende, mens redskapsmerker ble mer synlige. Skader på finner og katarakt økte, med lengre levendelagring. Konsistens på filet ble bløtere med økende levendelagringstid og økende islagringstid. Vanninnholdet økte signifikant under levendelagringen. Innholdet av de frie aminosyrene taurin, histidin, threonin, prolin og lysin sank under levendelagringen.

Nøkkelord: Rødspette, snurrevad, fangstskader, levendelagring, velferd, kvalitet

Summary

Today, the value chain for fish and shellfish is built around the exploitation of a small number of species that can be caught in large volumes and with a high market value. The use of underutilized or unutilized marine resources can be a sustainable approach to meet future requirements and demand for fish consumption.

Plaice (*Pleuronectes platessa*) is the most important flatfish in terms of volume and value in European fisheries. Both catch and processing of plaice are limited in Norway, as is the profitability. Demersal seine is considered the gentlest tool for keeping the catch alive. Live storage of plaice can be an opportunity to obtain a profitable fishery. Larger quantities of plaice can then be stored in cages and slaughtered when needed to ensure stable deliveries to the markets.

European plaice, *Pleuronectes platessa*, was caught off Lofoten islands (Norway) in september 2022 using demersal seine. The fish were kept alive in tanks onboard the vessel at 250 and 500 kg/m². After 2 days the fish were transferred to a sea cage for live storage. Sampling was performed after the catch and after 3, 18 and 26 days of storage.

Catch damages were recorded, and the development of the damages was followed during live storage. The fish welfare was evaluated during the live storage. After slaughter, the fish were stored on ice for 6, 10(9), or 13 days prior to sensory evaluation of whole fish and then filleting and sensory evaluation of fillets. Then, muscle samples were collected from the fillets to assess the content of water, ash, protein, and free amino acids in the flesh.

During live storage, catch damages like blood stains become less pronounced, while marks on the skin from the fishing gear become more visible. There are more damages on fins the longer the live storage. Also, there were significantly more fish with cataracts the longer the shelf life. The texture of the fillets became softer during ice storage, and the longer the live storage the softer the fillets. The water content increased significantly during live storage, while the levels of taurine, histidine, threonine, proline and lysine decreased significantly.

Key words: Plaice, demersal seine, catch damages, live storage, welfare, quality

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon	1
1.1	Problemstillinger	3
2	Teori	4
2.1	Flyndrefamilien (<i>Pleuronectidae</i>).....	4
2.1.1	Rødspette (<i>Pleuronectes platessa</i>).....	4
2.2	Fangstmetoder for å fange flatfisk	5
2.2.1	Seleksjon og adferd.....	6
2.3	Fangstskader, dyrevelferd og velferdsindikatorer.....	8
2.3.1	Fangstskader og kvalitet.....	8
2.4	Dyrevelferd og velferdsindikatorer	9
2.5	Levendelagring.....	12
2.6	Sulting og sesongvariasjon.....	13
2.7	Slakting og dyrevelferd	14
2.8	Råstoffkvalitet, -behandling og produktkvalitet	15
2.8.1	Fysiske parametere.....	15
2.8.2	Holdbarhet.....	16
2.9	Muskelkjemi.....	17
2.10	Kvalitetsmålemetoder	18
2.10.1	Sensoriske vurderinger.....	18
2.10.2	Kjemiske og fysikalske egenskaper	20
3	Materialer og metoder	23
3.1	Fangst og levendelagring	23
3.2	Uttak av forsøksfisk	25
3.2.1	Velferdsvurderinger	25
3.2.2	Kvalitet og lagringsstabilitet	25
3.3	Forsøksoppsett.....	26

3.4	Metoder	28
3.4.1	Fangstskadevurdering	28
3.4.2	Velferdsvurdering	28
3.4.3	Fiskens fysiologi	29
3.4.4	Sensoriske analyser	30
3.4.5	Kjemiske analyser	31
3.5	Statistiske analyser	34
4	Resultater og diskusjon	35
4.1.1	Kumulativ dødelighet.....	35
4.1.2	Modifisering av fangstskadeskjema for rødspette	36
4.1.3	Fangstskadevurdering av rødspette	44
4.1.4	Modifisering av velferdsskjema for rødspette	46
4.1.5	Velferdsvurdering av rødspette.....	48
4.1.6	Fiskens fysiologi	59
4.2	Kvalitet og lagringsstabilitet	62
4.2.1	Sensoriske analyser	62
4.2.2	Kjemiske analyser	76
4.3	Næringsnytte og markedsmuligheter	82
5	Oppsummering	85
6	Videre arbeid	86
7	Referanser.....	87
8	Vedlegg	106
8.1	Katarakt.....	106
8.2	Filetindeks, farge.....	106
8.3	Filetindeks, konsistens	107

Formler

Formel 1: K-faktor rund	16
Formel 2: K-faktor sløyd.....	16
Formel 3: Leverindeks	16
Formel 4: Væskeslipp.....	32
Formel 5: Vanninnhold	32
Formel 6: Askeinnhold.....	33
Formel 7: Proteininnhold	34

Tabeller

Tabell 1: Skjema for vurdering av fangstskade på rødspette fanget med snurrevad.....	37
Tabell 2: Skjema for vurdering av velferd hos rødspette.	47
Tabell 3: Total lengde (cm), vekt (g), K-faktor rund, K-faktor sløyd og leverindeks (%) under levendelagring (gjennomsnitt \pm SD).	60
Tabell 4: Kvalitetsindeksmetode for rødspette, modifisert 2022.	63
Tabell 5: Filetindeks for rødspette.	71
Tabell 6: Vann-, aske- og proteininnhold i rødspette etter levendelagring (%) \pm SD.....	77
Tabell 7: Frie aminosyrer i mg/100 g våtvekt, verdier er oppgitt som gjennomsnitt av 5 fisk per måling (n=5).....	80
Tabell 8: Sortering av rødspette i ulike vektklasser.	84

Figurer

Figur 1: Rødspette (<i>Pleuronectes Platessa</i>) (FAO, 2022).	4
Figur 2: Fangstredskaper benyttet i fiske etter rødspette. A: Garn (Seafish, 2022b). B: Bomtrål (Seafish, 2022a).....	6
Figur 3: Snurrevaden med korte (venstre) og lange vinger (høyre) (Ingólfsson et al., 2023)....	23
Figur 4: Bilder fra levendelagring. A: Rødspette i levendelagringstanker. B: Restitusjonsmerd. C: Rødspette i restitusjonsmerd sett fra merdkanten.....	24
Figur 5: Forsøksoppsett	27
Figur 6: Total kumulativ dødelighet under levendelagring av rødspette [%].	35
Figur 7: Redskapsmerker etter fangst. A: Fisk uten redskapsmerker (0 poeng). B: Fisk med moderate redskapsmerker (1 poeng). C: Fisk med alvorlige redskapsmerker (2 poeng).....	38

Figur 8: Blodsprenging i skinn. A: Ingen blodsprenging (0 poeng). B: Moderat blodsprenging (1 poeng). C: Alvorlig blodsprenging (2 poeng).	39
Figur 9: Skjelltap. A: Skjelltap på halefinne (1 poeng). B: Skjelltap på rygg (1 poeng).	40
Figur 10: Klemskader. A: Grop i muskel (1 poeng). B: Blottede innvoller (2 poeng).	41
Figur 11: Finneskader. A: Finnesplitt (1 poeng). B: Finnesplitt (1 poeng). C: Finnesplitt (2 poeng).	42
Figur 12: Blodsprenget i finnebasis (1 poeng).	43
Figur 13: Eksempel på hodeskade, avskrapning på beinknuter (1 poeng).	43
Figur 14: Fangstskader registrert rett etter fangst og før levende transport (n=100).	44
Figur 15: Fangstskader registrert på fisk som ikke var levendelagret, etter avliving og islagring i 2 dager (n=50).	46
Figur 16: Samlet poengsum for velferd, etter 3 dager levendelagring (n = 6).	48
Figur 17: Samlet poengsum for velferd, etter 18 dager levendelagring (n = 27).	49
Figur 18: Samlet poengsum for velferd, etter 26 dager levendelagring (n = 27).	50
Figur 19: Øyne hos ulike individer rødspette. A: Friske sorte pupiller (0 poeng). B: Regnbuepreg på pupiller (1 poeng). C: Regnbuepreg på pupiller ved forsøkets slutt (1 poeng).	51
Figur 20: Rødspette i merd sett fra overflaten.	52
Figur 21: Redskapsmerke etter 18 dager levendelagring. A: Fisk med redskapsmerke. B: Samme fisk, hvor redskapsmerket er markert med hvite linjer.	52
Figur 22: Beinknuter på hodet til rødspette, markert med hvit linje. A: Beinknuter uten slitasje. B: Beinknuter med slitasje.	53
Figur 23: Hodeskade bestående av blødende sår og avskrapning i underhuden. Her ser man også skjelltap rundt gjellelokket og oppå hodet (2 poeng).	53
Figur 24: To skadde individer med bitemerker. A: Mørk side med bitemerker og sårskader. B: Lys side med bitemerker.	54
Figur 25: Finneskade hos to ulike individer (2 poeng). A: Levendelagret i 18 dager. B: Levendelagret i 26 dager.	55
Figur 26: Individmerke Floy «T-Bar» tag i finnefestet etter 18 dager levendelagring.	55
Figur 27: Fangstskader på fisk ført med tetthet 250 kg/m ² under transport, etter 18 dager levendelagring (n=12).	57
Figur 28: Fangstskader på fisk ført med tetthet 500 kg/m ² under transport, etter 18 dager levendelagring (n=15).	57

Figur 29: Fangstskader på fisk ført med tetthet 250kg/m ² under transport, etter 26 dager levendelagring (n=14).	58
Figur 30: Fangstskader på fisk ført med tetthet 500 kg/m ² under transport, etter 26 dager levendelagring (n=13).	58
Figur 31: Endring i blodglukose og -laktat etter fangst [mmol/l]. Glukose målt på fisk oppbevart med tetthet på 250 kg/m ² (heltrukken linje med åpen ring) og 500 kg/m ² (heltrukken linje med fylt ring). Laktat målt på fisk oppbevart med tetthet på 250 kg/m ² (stiplet linje med åpen trekant) og 500 kg/m ² (stiplet linje med fylt trekant).	61
Figur 32: Rødspetter etter islagring. A: Rødspette etter islagring i 0 dager med klart og metallisk skinn, med tydelige spetter og ingen misfarging (0 poeng). To rødspetter islagret i 17 dager med tydelig matt farge og blåskjær i skinnen (3 poeng).	64
Figur 33: Litt klumpet, melkeaktig slim på skinn (1 poeng).	64
Figur 34: Matt hornhinne og ugjennomsiktig pupille (2 poeng).	65
Figur 35: Flate øyne, innsunket i midten (3 poeng).	65
Figur 36: Gjeller hos rødspette etter islagring. A: Gjeller hos rødspette islagret i 0 dager (0 poeng). B: Gjeller hos rødspette islagret i 13 dager (2 poeng). C: Gjeller hos rødspette islagret i 17 dager (3 poeng).	66
Figur 37: Sløyesnitt. A: Sløyesnitt med voksaktig/melkeaktig preg etter islagring i 9 dager (1 poeng). B: Sløyesnitt som er ugjennomsiktig med gul/brun misfarging etter islagring i 13 dager (2 poeng).	67
Figur 38: Poengsum for QIM for rødspette avlivet rett etter fangst (■) (n= 7), holdt levendelagret i 18 dager (▲) (n= 7) og 26 dager (●) (n=7).	69
Figur 39: Filet med ulik farge. A: Filet med ensartet, fersk, hvit farge (0 poeng). B: Filet med melkehvit, voksaktig farge (1 poeng). C: Filet med grå/gul/rødlig farge (2 poeng).	72
Figur 40: Fileten har partier med oppløst overflate etter levendelagring i 18 dager og islagring i 6 dager (1 poeng).	72
Figur 41: Filet fra ulike individer under vurdering etter filetindeksmetoden. A: Noe mer enn begynnende spalting i filet etter levendelagring i 18 dager og islagring i 6 dager (2 poeng). B: Noe mer enn begynnende spalting i filet etter levendelagring i 26 dager.	73
Figur 42: Filet med utpreget hvitfarge og gelelignende konsistens.	74
Figur 43: Filetindeks utover i islagringstid for rødspette avlivet rett etter fangst (■) (n= 7), holdt levendelagret i 18 (▲) (n= 7) og 26 dager (●) (n= 7) (median).	75
Figur 44: Fileter med melanin-fargede blodårer.	75

Figur 45: Væskeslipp under islagring av filet fra rødspette som har vært levendelagret 0 (■), 18 (▲) eller 26 (●) dager før filetering.....	76
Figur 46: Produktutbytte fra rødspette levendelagret 0, 18 dager og 26 dager (%).	83

Forkortelser

ATP	Adenosin trifosfat
DMA	Dimetylamin
FAO	FNs organisasjon for ernæring og landbruk
ICES	Det internasjonale havforskningsrådet (International Council for the Exploration of the Sea)
PUFA	Flerumettet fettsyre
TMA	Trimetylamin
TMAO	Trimetylaminoksid
TVB-N	Total flyktig basisk nitrogen
TVN	Total flyktig nitrogen
QIM	Kvalitetsindeksmetode

Kjemikalier

Svovelsyre (H_2SO_4) p.a., 95-97%, natriumhydroksid (NaOH) 32%, borsyre (H_3BO_3), p.a., natriumsulfat (Na_2SO_4) vannfri, bromkresolgrønn ($\text{C}_{21}\text{H}_{14}\text{Br}_4\text{O}_2\text{S}$) og metylrødt ($\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2$) (Merck KGaA, Darmstadt, Tyskland). Natriumhydroksid (NaOH) 1.0 M og saltsyre (HCl) 0,1 mol/liter (Titrisol) (Merck, Darmstadt, Tyskland). Katalysator, Kjeltabs, Cu/3,5 (Foss Analytical AB, Hillerød, Danmark). Rektifisert sprit, 96% (Antibac AS, Asker, Norge). Destillert vann (dH_2O) (PURELAB Chorus 2+, ELGA Labwater, High Wycombe, UK).

1 Introduksjon

Med verdens nest lengste kyst, har Norge havbunn og vann som utgjør en biologisk skattekasse. Denne ønsker man både å verne og benytte, på en bærekraftig måte (Regjeringen, 2021). Norge er verdens nest største eksportør av fisk (FAO, 2021), men i dag er verdikjeden for fisk og skalldyr bygget opp rundt utnyttelse av et fåtall arter som kan fanges i store volum og med høy markedsverdi. Kvotereduksjon for disse artene gjør næringen sårbar (Bjørklund & Henriksen, 2011). For å redusere denne sårbarheten, samt oppnå økt verdiskapning, kan bruk av lite eller ikke utnyttede marine ressurser være en bærekraftig tilnærming for å innfri fremtidige krav og etterspørsel til fiskekonsum (Bjørklund & Henriksen, 2011; Kendler et al., 2023a).

For europeiske fiskerier er rødspette (*Pleuronectes platessa*) en av de viktigste flatfiskene i volum og verdi (FAO, 2022; Bjørklund & Henriksen, 2011). Det er en mye anvendt matfisk og mesteparten av rødspette blir fisket i Nordsjøen av nederlandske, danske, tyske, franske, belgiske og britiske fiskere. Hovedsakelig foregår fiske etter rødspette i Nordsjøen og Skagerrak, og Det internasjonale havforskningsrådet (ICES) gir derfor kun kvoteråd for bestanden i disse områdene. Anbefalt kvote var på 142 508 tonn i 2022 og 150 705 tonn i 2023 (Havforskningsinstituttet, 2022; Frantzen et al., 2020; Pethon, 2019). Pris til fisker er relativt lav, men forekomst og fangstrate kan være relativt god og fisket kan ha stor betydning for den enkelte som deltar i flyndrefisket (Ingólfsson et al., 2016; Bjørklund & Henriksen, 2011). Marked og betalingsvilje er relativt godt kjent, og i det europeiske markedet omsettes store mengder flatfisk. Innenlands kan potensialet for mer omsetning være stort (Bjørklund & Henriksen, 2011).

Forvaltningen av den norske fiskeflåten og reguleringen av fangstmetoder representerer også vesentlige flaskehalsar i høyere utnyttelse av flatfisk i Norge (Bjørklund & Henriksen, 2011). I og med at flatfisk i stor grad har vært bifangst fra kysttorsk, har tiltak som gjelder kysttorsk også påvirket fangst og landing av flatfisk. På bakgrunn av råd fra ICES og Havforskningsinstituttet har Nærings- og fiskeridepartementet siden 2004 innført flere tiltak for å begrense fangster av norsk kysttorsk (Ingólfsson et al., 2016; Isaksen et al., 2016). Beskyttelse av norsk kysttorsk (*Gadus morhua*) begrenser bruken av aktive fiskeredskaper. Demersale redskaper er kjent for å være effektivt rettet mot flatfisk og er derfor i stor grad ekskluderte fra fjordene. For å utnytte rødspette, er et artsspesifikt redskap som unngår torsk nødvendig. Havforskningsinstituttet har derfor designet en snurrevad med 0,6 meter vertikal åpning (Ingólfsson et al., 2019).

I et krevende marked hvor det stilles krav om forutsigbarhet i både volum og kvalitet, vil stor variasjon i mengde fangst og variabel kvalitet bidra til at verdien på fangsten faller. Lukrative kontrakter kan gå tapt da det er vanskelig å forplikte seg til dokumentasjon og langsiktig leveranse av produkter med høy kvalitet (Sogn-Grundvåg & Hermansen, 2022). Fangstbasert akvakultur (FBA) og levendelagring av villfisk har derfor blitt sett på som et lovende konsept, for å møte utfordringene i et voksende marked for fersk sjømat (Dreyer et al., 2008; Pettersen et al., 2023).

For sjømat som holdes levende er det mulig å oppnå høy pris, men det er samtidig viktige utfordringer knyttet til velferd (Bjørklund & Henriksen, 2011). Velferden til oppdrettsfisk er et kritisk tema for både oppdretterne og samfunnet generelt. Når det gjelder fangstbasert akvakultur og bruk av vill fisk, er det knyttet spesielle bekymringer rundt velferden til fisk som skal holdes i fangenskap. Måten villfisk responderer på forholdene under transport og levendelagring kan være annerledes, sammenlignet med domestisert oppdrettsfisk (Chandararathna et al., 2021).

Levendelagring av rødspette anses å være en attraktiv mulighet for å få et lønnsomt fiskeri. Flyndre kan da lagres i større kvantum i merd, og slaktes ved behov. På denne måten kan man sikre stabil leveranse til markedet. For å sikre høyest mulig overlevelse og god fiskevelferd fra fangst til levering er det viktig å utvikle metoder som ivaretar dette (FHF: 901717, 2022).

Hensikt med oppgaven

Denne oppgaven er skrevet i tilknytning til FHF-prosjektet «Fangst og levendelagring av flatfisk ved bruk av artsselektiv snurrevad». Hensikten med prosjektet er å øke utnyttelsen av flatfisk innenfor fjordlinjene ved å videreutvikle metoder for fangst med snurrevad, levendelagring og prosessering. Hensikten med denne oppgaven er å øke kunnskapen om velferd og kvalitet på rødspette som er snurrevadfanget, levendelagret og islagret.

1.1 Problemstillinger

Hvilken mengde og hvilken alvorlighetsgrad ser man av fangstskader på snurrevadfanget rødspette?

Er det sammenheng mellom fangstskader, velferd og kvalitet?

Hvordan er velferden til rødspette som er fanget levende, transportert og levendelagret?

Hvilke konsekvenser har levendelagring og sulting for fysiologiske parametere?

Hvordan er kvaliteten på rødspette, både hel fisk og filet, som er levendelagret og islagret?

Hvordan utvikles sammensetningen i filet av sulting og islagring?

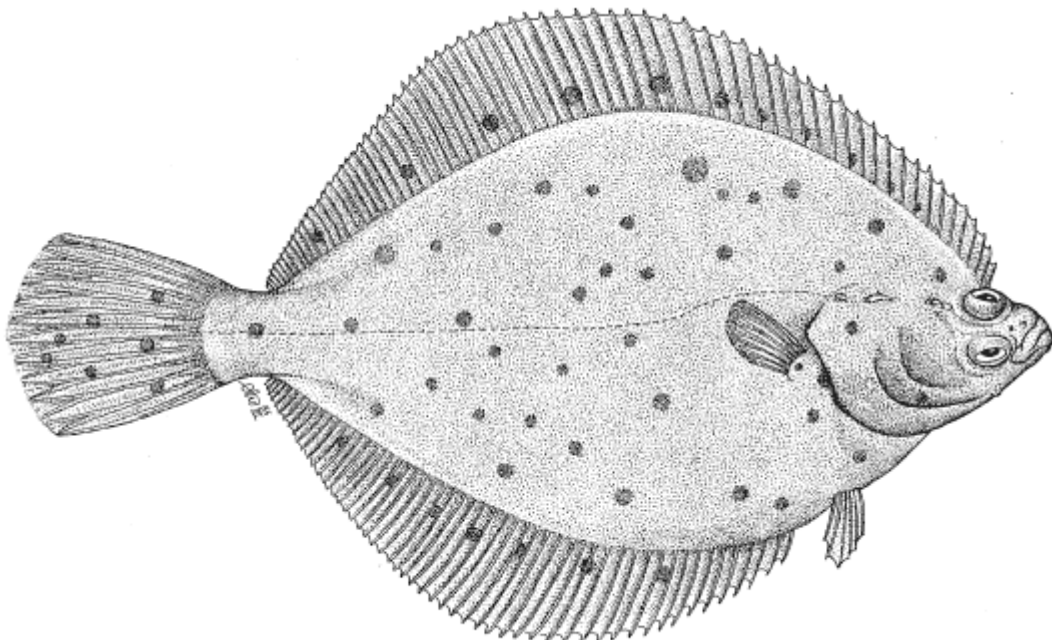
2 Teori

2.1 Flyndrefamilien (*Pleuronectidae*)

Flyndrefamilien er en gruppe saltvanns- og bunnfisker. De gjenkjennes anatomisk ved at de er flattrykte fra siden, har øynene på samme side av hodet og liten munn. Forgjellelokket er fritt, det vil si at det ikke er dekket med hud. Flyndrefisker er utbredt i de arktiske farvann, den nordlige del av Atlanterhavet og Stillehavet. Familien omfatter 93 arter, hvor vi finner 8 av dem i norske farvann. De artene som har økonomisk betydning i Norge er kveite, blåkveite, piggvar og rødspette (Pethon, 2019; Moen & Svensen, 2014).

2.1.1 Rødspette (*Pleuronectes platessa*)

Rødspette deles inn i en rekke bestander, hvor Nordsjøbestanden er størst (Havforskningsinstituttet, 2020). Kroppen er høyrevendt, og fargen er brun med rødaktige flekker. Blindsiden til rødspetten er hvit, men noen individer kan være pigmenterte på begge sider. Fra øynene og bakover på gjellelokket til sidelinjen har rødspetten en svakt buet rekke av fire til syv huddekte beinknuter. Sidelinjen er svakt buet og går over brystfinner. Bryst- og bukfinner er små, mens rygg- og gattfinnene er lange og har myke stråler, se figur 1 (Pethon, 2019; Moen & Svensen, 2014).



Figur 1: Rødspette (*Pleuronectes Platessa*) (FAO, 2022).

I Norge er rødspette vanlig å finne langs hele kysten fra fjæra og ned til omtrent 250 meters dyp. Den er vanligst å finne på sandbunn, men kan også forekomme på grus- og mudderbunn hvor den lever av bunndyr som skjell, børstemark, krepsdyr og tanglopper. I Nord-Norge spiser også rødspette sil (tobis, *Ammodytes*). På grunn av forskjellig næringstilgang på de ulike stedene varierer veksten betydelig. Rødspette kan bli opptil én meter lang og syv kg, men i Nordsjøen er den som regel under 50 cm og én kg (Pethon, 2019; Moen & Svensen, 2014).

Rødspette finnes ved temperaturer mellom 2 – 15°C (FAO, 2022). Arten regnes som en stedbunden art, men kan gjennomføre lange vandringer til bestemte gyteplasser. Den gyter ved temperaturer rundt 6°C (FAO, 2022). Gytingen foregår i februar/mars i Sør-Norge og i mars/april i Nord-Norge. Hunnfisken vokser raskere enn hannen og blir gytemoden når den er fire til syv år. Etter kjønnsmodning gyter hunnen hvert år og eggleggingen foregår i porsjoner. Hannen blir kjønnsmoden når den er tre til seks år gammel (Pethon, 2019; Moen & Svensen, 2014).

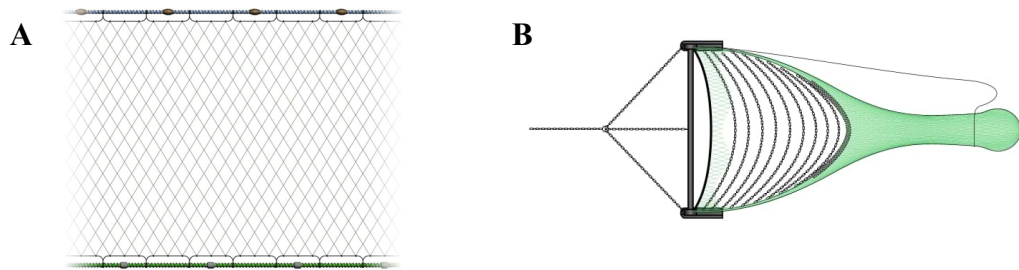
2.2 Fangstmetoder for å fange flatfisk

Snurrevad, trål og garn er de vanligste fangstredskapene som blir benyttet ved fangst av flyndre. Valg av fiskemetode avhenger av faktorer som ønsket art, fartøystørrelse, tilgjengelig kvote samt fleksibiliteten og effektiviteten til det spesifikke redskapet (Noack et al., 2019). Fangstsituasjonen er det mest avgjørende for kvaliteten som oppnås og utgjør utgangspunktet for videre behandling (Joensen et al., 2021).

Garn er mye brukt i kommersielt dansk fiskeri i Nordsjøen, Skagerrak, Kattegat og Østersjøen, hvor rødspette er en nøkkelart. Ved garnfiske blir rødspette vanligvis fisket på grunt vann (~5 – 30 m) (Ern et al., 2022). En ulempe med garn er problemer med «spøkelsesfiske», hvor garn er mistet og fortsetter å fiske en tid etterpå. Vanlig garn er en enkel vegg av netting som ankres til havbunnen for å fange fisk som svømmer inn i det (figur 2A). Det er et artsspesifikt redskap ut ifra hvilket område det settes i, da skipperen bruker sin erfaring til å plassere garnet der han forventer at den ønskede arten befinner seg. På denne måten begrenses bifangst. Kontakt med havbunnen er begrenset til lett kontakt med bunntelna og minimal kontakt med de små ankrene som brukes i hver ende (Seafish, 2022b).

Bomtrål kan brukes til å fange flatfisk på myk sandbunn og gjørmete havbunn (figur 2B). Redskapet kan fange et vidt spekter av bunnlevende arter, samt har potensial til å fange variert bifangst. Nota er festet til en ramme, som gir åpning. Det åpne redskapet kan ha flere kjettinger foran åpningen på posen, for å stimulere fisken opp av bunnen og over grunntelna.

Bomtrål og generelt bunnslpende redskapstyper er kritisert for å gjøre skade på havbunnen (Seafish, 2022a; Eigaard et al., 2016) og brukes derfor ikke til fangst av flatfisk i Norge i dag (Ingólfsson et al., 2016).



Figur 2: Fangstredskaper benyttet i fiske etter rødspette. A: Garn (Seafish, 2022b). B: Bomtrål (Seafish, 2022a).

Fiske etter flatfisk som rødspette og lomre med snurrevad har lange tradisjoner i enkelte områder i Nord-Norge, spesielt i Vesterålen, Lofoten og i Finnmark. Det er imidlertid et stort problem i dette fiskeriet at innblandingen av rundfisk, spesielt kysttorsk, kan være betydelig. Med tanke på å fange fisk for levendelagring er snurrevad, som også er et meget fangsteffektivt redskap, ansett å være det mest skånsomme for å holde fangsten levende, så lenge fangstvolumet ikke er for stort (Isaksen et al., 2004; Tobiassen et al., 2021). Store fangster kan blant annet resultere i dårlig fangstkvalitet og dumping (Joensen et al., 2021; Ingólfsson et al., 2018; Digre et al., 2017).

2.2.1 Seleksjon og adferd

Når det kommer til fangst av fisk er de to viktigste faktorene fart og retning på fiskens bevegelse forårsaket av redskapet (Hemmings, 1973). Adferd, reaksjon og stress påvirkes av en rekke faktorer slik som fysiologisk tilstand, kjønn, størrelse, livsstadium og visuelle evner, så vel som ytre faktorer som vanntemperatur, sikt, redskapsdesign og posisjonering av redskapet (Winger et al., 2010; Sopinka et al., 2016).

For å redusere problemet med bifangst er det viktig å benytte fiskeredskaper med god seleksjonsevne. De siste årene er det tatt flere grep for å utvikle og implementere selektive innretninger i trålfiskeriet (Madsen & Valentinsson, 2010). Konsekvensen av bifangstproblemet er ofte utvikling av tekniske løsninger som innebærer mekaniske og/eller atferdsmessige enheter i fangstredskapet (Ryer, 2008; Glass, 2000). Seleksjon som skiller fisken etter størrelse kan for eksempel utføres ved hjelp av ulike sorteringsgitter eller fangstmaskestørrelser (Brinkhof et al., 2020; Madsen og Valentinsson, 2010).

Seleksjon er et kjent problem i flerartsfiskerier hvor en ønsker å beskatte noen arter, men samtidig unngå uønsket bifangst av andre arter (kysttorsk, steinbit, undermåls kveite og hyse, skater), som har utfordringer knyttet til beskatningen (Ingólfsson et al., 2016; Moland et al., 2021; Norderhaug et al., 2021; Wienerroither et al., 2021; Fiskeridirektoratet, 2022). Uten en form for seleksjonsanordning som effektivt kan skille ut torsk under fiske med snurrevad etter flyndre, vil flyndre sannsynligvis ikke bli gjenstand for større beskatning langs kysten i nord (Ingólfsson et al., 2016). De mest lovende metodene for seleksjon i aktive redskaper er basert på forskjeller i adferdsmønstre mellom ønskede og uønskede arter i møte med et sleperedskap som nærmer seg, og ved samhandling med trålmunningen (Ingólfsson et al., 2019).

Hovedproblemet i fisket etter flatfisk med snurrevad er at innblandingen av rundfisk og spesielt kysttorsk, til tider kan være betydelig (Ingólfsson et al., 2016; Ingólfsson et al., 2019). For å optimalisere fangst av ønsket art og redusere bifangst, er det viktig med kunnskap om atferdsforskjeller mellom ønskede og uønskede arter, levevis, år- og alderssykluser og kvalitetsvariasjoner (Madsen & Valentinsson, 2010). En fangstprosess begynner godt foran fartøyet, hvor fisken først oppdager og reagerer på lavfrekvent støy forårsaket av fartøyet og fiskeredskapet. For bunnarter som flatfisk og skater er reaksjonsavstanden til redskapet generelt kort, og i de fleste tilfeller sees fisk å svømme i umiddelbar nærhet av redskapet (Winger et al., 2010). Adferden til flatfisk under samling, inngang i not og passasje gjennom redskapet er vesentlig forskjellig fra mange rundfiskarter. Dette kommer av kroppsmorfologi og unnvikelsestaktikk (Ryer, 2008).

Det er gjort observasjoner av at rødspette blir ledet inn mot snurrevaden av tauarmene (Hemmings, 1973). Snurrevaden taues med blytau som ligger på havbunnen. Disse taues med mye spenn og føres derfor akkurat lett nok over havbunnen til at det lages en liten sky av sand for å samle fisken inn mot snurrevadåpningen og i posen (Seafish, 2022c). Forsøk gjennomført av Havforskningsinstituttet har vist at med lav vertikal åpning på snurrevaden, svømte rundfisk (torsk og hyse) i stor grad over headlina og unngikk dermed å bli fanget, mens flatfisk i stor grad holdt seg nær bunnen og ble fanget (Ingólfsson et al., 2016; Ingólfsson et al., 2019).

Det er gjennomført flere seleksjons- og adferdsstudier på flatfisk ved bruk av trål enn snurrevad. Trål sees også på som et aktuelt redskap for fangst av flyndre, og det sies at en artsselektiv flatfisktrål vil være et svært nyttig forvaltningsverktøy for å utnytte flatfiskressursene uten å skade torskebestandene ytterligere (Madsen et al., 2006). Det er testet ut flere tråldesign som kan unngå betydelige fangster av rundfisk som torsk, hyse og sei

(Ingólfsson et al., 2019; Thomsen, 1993). Et sleperedskap med lav høyde med enten store masker i topppanelet eller et redusert topp-panel utnytter adferds-forskjellene og reduserer bifangst av torskefisker ved at hvitting og hyse svømmer over redskapet og blir ekskludert i fangsten (Briggs, 1992; Freyer et al., 2017; Madsen et al., 2006; Lomeli et al., 2018).

Madsen et al. (2006) testet trål med stormasket topp-panel og lav høyde. Et nytt forsøk med redusert topp-panel resulterte i reduksjon av større torsk og økning av rødspette. Studiet viste også at maskeformen har noe å si for rømming av rund fisk. På grunn av flatfiskens kroppsmorfologi vil det være vanskeligere å trenge gjennom firkantmasker enn diamantmasker (Madsen et al., 2006). Firkantede masker tillater rømming av flere torskefisker som ellers fanges med de konvensjonelle diamantformede maskene (Robertson & Stewart, 1988; Madsen et al., 2002).

Et annet studie testet en topløs trål som resulterte i 38% reduksjon i torskefangsten og mer enn 90% reduksjon i hyse og sei, uten tap av flatfisk. Studiet viste også at forskjellen i adferd mellom torsk og flatfisk ble tydeligere lengre bak i trålen. Flatfisken så ut til å holde seg nær grunntelna, mens torsken tok seg opp til det øvre panelet og hadde dermed muligheten til å rømme (Thomsen, 1993). Toppløs trål kan derfor være en effektiv metode for å unngå torsk, uten betydelig tap av flatfisk (Eayrs et al., 2017). Det er også vist at hyse, hvitting og sei svømmer over horisontale skillepaneler som er mindre enn 1 meter høy (Freyer et al., 2017), mens torsk kommer inn i sleperedskapet nærmere havbunnen (Ingólfsson et al., 2019; Freyer et al., 2017). Denne adferds-forskjellen har for eksempel blitt brukt til å skille torsk og hyse ved å sette inn et horisontalt skillepanel i trål (Engås et al., 1998).

2.3 Fangstskader, dyrevelferd og velferdsindikatorer

2.3.1 Fangstskader og kvalitet

I det øyeblikket fisken kommer i kontakt med fiskeredskapet kan kvaliteten på råstoffet bli påvirket i negativ retning. Ved fiske med aktive redskap vil utforming av redskap, tauetid og -fart, fangstdybde og værforhold ha noe å si for omfanget av fangstskader. Store hal og kast kan føre til stress, press, klemskader og redskapsmerker (Akse et al., 2004; Joensen et al., 2017; Margeirsson et al., 2006). Hvordan fiskeredskapet brukes og håndtering om bord påvirker ikke bare nivået av fangstskader, men har i tillegg flere innvirkninger på fiskekvalitet. Skader som oppstår på fisk i fangstøyeblikket og under håndtering av fangsten ombord, kan redusere kvalitet og utbytte, noe som videre kan resultere i nedgradering av sluttproduktet (Digre et al., 2010; Esaiassen et al., 2013; Akse et al., 2013; Akse et al., 2014a; Borderías & Sánchez-Alonso, 2010; Joensen et al., 2017; Veldhuizen et al., 2018; Sogn-

Grundvåg et al., 2020; Jensen, 2022). For å vurdere kvaliteten på nyfanget fisk har det derfor blitt utviklet enkle sensoriske metoder. Fangstskadeindeks er et verktøy som kan benyttes til gradering av kvaliteten på fisken (Esaiassen et al., 2013). Indeksen gir et øyeblikksbilde av råstoffet ved landing. For eksempel kommer bloduttredelser til syne på skinnet. Merker på skinnet kan være redskapsmerker fra noten i snurrevaden. Skjelltap og slitasje på skinnet kan oppstå som følge av gnissing mot redskap eller mot havbunnen. Klemskader fører vanligvis til at fisken må kasseres (Akse & Joensen, 2004). Esaiassen et al. (2013) utviklet en fangstskadeindeks for torsk. En fangstskadeindeks må være tilpasset art, og per i dag finnes ikke dette for flatfisk.

Som en løsning på utfordringene med sesongmessige svingninger i fiskeriene og stor variasjon i fangstskader og kvaliteten på landet fisk fra kystflåten, så har fangstbasert akvakultur blitt utviklet. Fordelene er at levendelagret fisk kan slaktes med langt lavere stressnivå sammenlignet med fangsttidspunktet, noe som kan gi betydelige fangstgevinster (Sogn-Grundvåg et al., 2022). Under fangst av fisk til levendelagring, må fisken håndteres så skånsomt som overhodet mulig. For at slike metoder skal kunne gi høy overlevelse og lite skader på fisken, er man avhengig av små og korte hal. I tillegg er det anbefalt å pumpe eller løfte fangsten om bord med lerretsløft. Dette for å redusere press fra maskene i snurrevadsekken under løfteoperasjonen. Jo større løft, desto mer press (Isaksen & Midling, 2012).

2.4 Dyrevelferd og velferdsindikatorer

Ved fangst av fisk som skal holdes levende stilles det krav til forsvarlig drift med tanke på fiskevelferd. Dette er i henhold til forskrift om fangst av fisk som skal holdes levende, samt restitusjon og mellomagring (Lovdata, 2021, § 2). Både i oppdrett- og i villfisknæringen er fiskevelferd blitt et viktig tema og avgjørende for mange viktige beslutninger, som for eksempel valg av framtidige produksjonsstrategier (Noble et al., 2018; Garratt & McCulloch, 2022). Ingen fangstmetode er skadefri, men enkelte metoder kan være mer skånsomme enn andre. For mange av redskapene kan seleksjon, ståtid, haltid, reduisering av traume som oppleves under opphaling, samt human avliving bidra til å forbedre velferden både under fangst og prosessering (Metcalf, 2009). I dag anses som nevnt snurrevad som det redskapet som er best egnet for fangst til levendehold om bord eller til levendelagring (Tobiassen et al., 2021).

I kommersielt oppdrett benyttes velferdsindikatorer for å få en viss anelse om hvordan fiskens velferdsbehov er oppfylt. Disse indikatorene kan være basert på indirekte eller direkte

observasjoner. For å dekke de ulike aspektene ved dyrevelferd bruker man ofte en kombinasjon av disse. Dette kan for eksempel omfatte indikatorer som beskriver fiskens fysiologiske tilstand, adferd, utseende eller som beskriver oppdrettsmiljøet (Noble et al., 2018).

Direkte indikatorer kalles dyrebaserte velferdsindikatorer. Dette er egenskaper hvor dyrene selv indikerer hvor godt et eller flere velferdsbehov er oppfylt (Rosten et al., 2007; Noble et al., 2018). Dyrebaserte velferdsindikatorer er direkte observasjoner av dyrenes atferd og tilstand og forteller oss om den daglige situasjonen. Eksempelvis kan avmagring og dårlig vekstrate være et tegn på at fisken ikke vil være i stand til å oppfylle sine behov og at velferden dermed er redusert (Noble et al., 2018).

Fiskens hud er et eksempel på en dyrebaserte velferdsindikator. Det er et multifunksjonelt organ med vitale funksjoner. Den første barrieren mot omgivelsene og organismer som potensielt er sykdomsfremkallende, er hud og slim. Huden gir beskyttelse både kjemisk og fysisk, den har betydning for sensorisk og atferdsmessig aktivitet, ionebalansen, hormonmetabolismen, og homeostatiske reaksjoner. Skjellene gir ytterligere styrke og hardhet, og har også funksjon som minerallager. Når huden blir svekket eller skader, står derfor fiskens helse på spill (Takle et al., 2015).

Slimlaget utgjør en kjemisk barriere ettersom at den inneholder enzymer og antistoffer som kan drepe sykdomsfremkallende organismer. Det har også funksjon som smøring, og hjelper fiskens bevegelse i vannet og er viktig for osmoregulering. Skade som resultat av håndtering i form av for eksempel fangst eller transport, kan fjerne eller skade slimlaget. Dette reduserer effektiviteten som barriere mot infeksjon, på et tidspunkt hvor denne barrieren er høyst nødvendig. En slik påvirkning på slimlaget vil kunne føre til dehydrering av saltvannsfisk. Mindre smøring fører også til at fisken bruker mer energi på å svømme, på et tidspunkt hvor energilagrene allerede er utarmet. Fysiologisk stress og fysiske skader er blant de primære årsakene til sykdom og dødelighet hos fisk i akvakultur (Rottmann et al., 1992).

Hvor fisken oppholder seg kan fortelle noe om hvilke miljøfaktorer som betyr mest for fisken og dens velferd (Rosten et al., 2007). I et forsøk gjennomført av Fiskeriforskning ble det observert at rødspette raskt etter overføring til mottaks- og lagringsmerden fordelte seg på merdbunnen. Rødspetta hadde «naturlig» adferd og reaksjonsmønstre i løpet av to til tre timer, og reagerte på ytre stimuli som lyd, røktere i merden og lignende ved at den fjernet seg fra området. Flatfisk kan derfor sies å akklimatisere seg langt raskere sammenlignet med torsk (Midling et al., 1999).

Bunnarealet vil ikke nødvendigvis tilsvare det faktisk tilgjengelige arealet i en merd. Det er ikke sikkert at rødspette vil spre seg jevnt utover bunnen i en merd, ettersom den ofte graver seg ned på sandbunn for å skjule seg. Den vil sannsynligvis fordele seg i klynger og til dels overlappende, for å søke tilflukt. En annen årsak til ansamlinger kan være at bølgebevegelser kan forplantes til bunnen, og rødspette antas å trekke unna de mest utsatte områdene. Ut fra utforming av bunnen i nota, kan derfor tilgjengelig bunnareal være noe lavere enn antatt. Tettheten ved mellomlagring bør derfor ikke være for stor, spesielt ikke i en merd med sviktende bunn. Fiskens vekt kan presse noten ned, noe som kan føre til en utposing i bunnen. I områder med stor tetthet av rødspette, kan det oppstå lavt oksygennivå som videre kan føre til stress (Ingólfsson et al., 2023).

Stress

I naturen gjør fisk regelmessige adaptive avveininger mellom ulike behov. Villfisk opplever skader, naturlige miljøendringer, varierende miljøforhold, begrenset mattilgang, parasitter, sykdom og stress ved møte med mulige rovdyr og fiskeredskap. Et dyrs første atferdsreaksjon setter i gang en fysiologisk stressrespons (Huntingford et al., 2007) og de viktigste målbare fysiologiske indikatorene for velferd har en stressrespons som grunnlag (Rosten et al., 2007).

En stressor kan være endringer i det fysiske miljøet (temperatur, salinitet og turbiditet), interaksjoner med andre dyr eller med mennesker (akvakultur, fiskeri, transport) og forurensning (Wendelaar Bonga, 1997). Når fisken konfronteres med en stressfaktor, må den reagere ved å omfordele energien mellom overlevelsesmekanismer og prosesser (Moon, 2011; Wendelaar Bonga, 1997). Det er derfor viktig å måle stress for å fastslå hvordan fiskens helse, ytelse og velferd er, for å se om fisken påvirkes av interaksjoner med mennesker (Sopinka et al., 2016). Som oftest benyttes laktatnivåer som stressindikator. I tillegg blir andre metabolske parametere som kortisol, glukose, osmolaliteten til spesifikke ioner og pH brukt (Sopinka et al., 2016; Moon, 2011; Methling et al., 2017).

Kortisol regnes som et av de viktigste «stresshormonene», og spiller en viktig rolle i regulering av andre hormoner og enzymer. Mange viktige metabolske prosesser er avhengig av kortisol. Kortisol bidrar i regulering av blodsukker (glukose) og til at adrenalin fungerer effektivt. Hormonet er alltid til stede i blodet i visse mengder og ved stress øker kortisolnivåene, noe som fører til frigjøring av glukose fra cellene. Dette kan sees ved et forhøyet blodsukkernivå. Forhøyet kortisolnivå under kortvarig stress sørger for at fisken tilpasser seg miljøet og kan flykte fra en fare. Derimot, ved langvarig stress, vil det forhøyede

nivået av kortisol kunne redusere immuniteten og tilpasningsevnen til dyret (Haugen et al., 2008; Wendelaar Bonga, 1997; Huntingford et al., 2007; Rosten et al., 2007).

2.5 Levendelagring

Kommersiell aktivitet som baserer seg på levendelagring betinger et sterkt og forpliktende engasjement fra både flåteside og landside. For å oppnå suksess med levendelagring er man svært avhengig av tilgjengelighet, volum og forutsigbarhet. Ved et tidligere forsøk ble det demonstrert at levendelagring av rødspette ga bedre pris til produsent, og eksportørene fikk også bedre pris når de kunne selge et kjent kvantum med kjent størrelses-sammensetning. I dette forsøket var det derfor mulig å øke prisen til fisker med opptil 40% (Midling et al., 1999).

Det finnes lite etablert forskning på transport og hold av levende flyndre, men tradisjonelt har flatfisk blitt levendelagret i flytende trekasser. Fortsatt på 1990-tallet ble dette praktisert i Danmark. Imidlertid hadde denne lagringsteknologien lav effektivitet, og var svært arbeidskrevende. På 1990-tallet utviklet Fiskeriforskning flatbunnede konstruksjoner for mottak og mellomagring av levende snurrevadfanger torsk. Det viktigste kravet til en lagringsenhet for flatfisk ble oppfylt med denne konstruksjonen; en stabil bunn (Midling et al., 1999).

I forsøk viste Midling et al. (1999) at rødspette kunne føres levende i spesialbygde transporttanker med en tetthet på opptil 750 kg/m², fra fangstfelt og fram til mellomagring i merd, dersom fisken fikk tilgang på minst 200 liter sjøvann per minutt per tonn flyndre. Dette tilsvarte opp mot 25 lag med rødspette i tanken. Fisken ble holdt i kar opptil 3 døgn uten å vise tegn til nedsatt velferd. Resultatene viste at dødeligheten under transport var under 2%. I sjø ble fisken lagret med en tetthet på 60 kg/m² og dødeligheten ble rapportert til å være rundt 3% etter 6 uker levendelagring. Det ble observert at flatfisk stort sett ligger i ro, tidvis har den «graveadferd» eller forflytter seg like over merdbunnen i grupper (Midling et al., 1999).

Olsen et al., (2013) fant at kort levendelagring (0, 3 og 6 timer) av trålfanger torsk hadde påvirkning på filetkvaliteten. Den kommersielle prosesseringsmetoden hvor fisken direktesløyes etter 4-6 timer etter fangst resulterte i en betydelig økning i rød misfarging sammenlignet med fisk som ble bløgget umiddelbart. Levendelagring i 3 timer økte fileten misfarging, mens fileten etter 6 timer var betydelig lysere. Dette kommer av restitusjon etter fangst og at fisken får omfordele blodet bort fra musklene.

2.6 Sulting og sesongvariasjon

Under levendelagring kan man holde fisken uten fôr i maksimum 4 uker (Lovdata, 2021, § 11). For enkelte fiskearter er reduksjon i matinntaket en del av den naturlige livssyklusen, slik som vintermånedene, beite- og gytevandring. Derfor er enkelte arter tilpasset til å mobilisere metabolske reserver (McKenzie, 2011; Navarro & Gutiérrez, 1995; Moon, 1980; Barcellos et al., 2010). Sesongvariasjoner vil derfor påvirke næringssammensetningen og dermed råstoffkvaliteten (Aidos et al., 2002; Haard, 1992).

Under sulting må fisken bruke av sine energireserver for å dekke energibehovet i forbindelse med stoffskiftet (Waagbø, 2001; Czesny et al., 2003). Ulike strategier benyttes for å håndtere perioder med matmangel, inkludert variabel bruk av lipider, karbohydrater, aminosyrer og proteiner som brytes ned og transporteres fra forskjellige plasser i kroppen (Bandein & Leatherland, 1997). I hvilken grad og hvor energireservene blir fra avhenger av ulike faktorer som størrelse, kjønn, reproduksjon og gonadevekst, hormoner, osmoregulering, geografisk område, fysiske og miljømessige påkjenninger, sesong og temperatur (Czesny et al., 2003; Sheridan & Mommsen, 1991; Metcalfe & Thorpe, 1992; Hutchings et al., 1999; MacKenzie et al., 1998; Navarro & Gutiérrez, 1995; Gökçe et al., 2004; Mommsen et al., 1999).

Metabolismen er i tillegg avhengig av andre variabler, som preferanse for metabolske lagre, mengde lagret, tilgjengelighet, samt distinkte mobiliseringsveier (Navarro & Gutiérrez, 1995). Under begrenset matinntak og sult reduseres energilager, veksthastighet, stoffskifte og dermed kondisjonsfaktor (Waagbø, 2001), organvekt (muskel, fettvev og lever) og mobilisering av glukose, lipid og aminosyrer økes (Navarro & Gutiérrez, 1995).

Hos mager fisk som rødspette tømmes lipidreservene i leveren (Johnston & Goldspink, 1973) før den så bruker muskelproteiner, hovedsakelig fra hvit muskel (Czesny et al., 2003; Haard, 1992). I tidligere studier er det observert at rød og hvit muskel responderer forskjellig på langvarig sult (Patterson et al., 1974; Johnston & Goldspink, 1973). Under forhold med lite mat så det ut til at vanninnholdet i den hvite muskelen steg med sultetid, noe som er relatert til nedbrytning av muskelprotein (Johnston & Goldspink, 1973). Dette er også vist ved sulting av torsk (Ageeva et al., 2018a). Rødspette har heller ikke store fettreserver i musklene, blodglukose, som er dannet av tilgjengelige frie aminosyrer, vil derfor være viktig drivstoff for muskler og nervevev under sulteperioden (Moon, 1980).

Rødspette er en fisk som har markerte sesongsykluser i beiting og vekst, og viser derfor signifikante forskjeller i sammensetning (Dawson & Grimm, 1980; Kendler et al.,

2023b). På sommeren bygger den energireserver av lipider og proteiner som kan brukes til metabolisme og kjønnsmodning om vinteren. Kjønnsmoden rødspette beiter derfor ikke fra desember til mars (Dawson & Grimm, 1980). Dette er i samsvar med et nyere studie som observerte lavere lipidinnhold og endret proteinsammensetning etter gytesesong i april, sammenlignet med september (Kendler et al., 2023b). Studien viser også økende vanninnhold og fall i proteinet fra september til april. Det kan tenkes at det høye proteininnholdet og middels lipidinnhold i september kan være påvirket av lengre dager og høyere vanntemperatur (Kendler et al., 2023b) som gir økt beiteaktivitet (Olsson et al., 2003). Det er også vist at uttømming av næringsstoffer under kjønnsmodning eller sulting kan resultere i økt vanninnhold i magre muskler (Haard, 1987).

2.7 Slakting og dyrevelferd

Det er ikke uvanlig at fisk blir liggende i tørre mottaksbinger i flere timer for å ro seg ned, fram til direktesløying (Tobiassen et al., 2018; Digre et al., 2010). Dette kan føre til at fisken blir utsatt for betydelig stress og smerte, og bør forbyes av velferdsmessige grunner. Studier har vist at flatfisk er lite følsomme for oksygenmangel (Morzel et al., 2002) og kan leve i flere timer når den blir liggende (Steffensen et al., 1981; Morfin et al., 2017).

Flyndre direktesløyes uten at hodet kuttes av, og i dag er det ikke krav om at villfisk skal bedøves før bløgging og direktesløying om bord. Med tanke på dyrevelferd er dette dårlig praksis når litteraturen beskriver rødspette som en hardfør art (Morfin et al., 2017).

Det kan diskuteres om bedre slakterutiner under slakting av flatfisk, bør inkludere bedøving/avliving med strøm eller slag mot hodet, før bløgging eller direktesløying gjennomføres. Dette vil bidra til å ivareta fiskevelferden til flyndrefisk under slakting. Valg av metode bør baseres på respekt for dyrevelferd, brukervennlighet, sikkerhet, kvalitet og kostnader (Morfin et al., 2017; Tobiassen et al., 2018).

Ved valg av slaktemetode i industrien er det i tillegg til fiskevelferden viktig å ivareta kvaliteten på råstoffet. Sløying av rødspette umiddelbart etter fangst har i en studie vist seg å resultere i lengre holdbarhet ved lagring på is. Det ble også funnet at forsinket sløying ikke påvirker kvaliteten i løpet av de første 4 – 5 dagene med lagring. Dersom rødspette skal konsumeres i løpet av de første dagene etter fangst, er det derfor ikke nødvendig med umiddelbar sløying ved lagring under optimale forhold. Dersom arten skal lagres for en lengre periode, er det derimot sterkt anbefalt å sløye tidlig for å opprettholde optimal kvalitet og holdbarhet (Karl & Meyer, 2007).

2.8 Råstoffkvalitet, -behandling og produktkvalitet

Begrepet kvalitet er sammensatt og kan omfatte flere parametere (Olafsdóttir et al., 1997; Nilsen et al., 2014). For en forbruker vil kvalitet ofte være subjektivt og knyttet til sensoriske egenskaper som lukt, smak, tekstur, helse, bekvemmelighet samt andre forhold som pris, merke og kjøpsituasjon (Haard, 1992; Nilsen et al., 2014). For en næringsaktør vil kvalitet ofte være «objektivt» og vurderes etter andre kriterier. Dette kan eksempelvis være størrelse, fylldighet, samt holdbarhet og prosesseegenskaper (Nilsen et al., 2014). Den sensoriske kvaliteten til sluttproduktet avhenger imidlertid av mange faktorer som fangstmetode og -prosess, samt behandlingsprosedyrer og transport. I tillegg vil kvaliteten avhenge av naturlige variasjoner som for eksempel vanntemperatur, pH, geografisk område og ernæringsstatus (Esaiassen et al., 2004; Esaiassen et al., 2013; Akse et al., 2004; Haard, 1992; Olsen et al., 2013; Sigholt et al., 1997; Tobiassen et al., 2021).

Viktigheten og betydningen av kvalitet og kvalitetsstyring øker i alle deler av fiskerikjeden (Henriksen & Svorken, 2011). I Norge har vi en forskrift om kvalitet på fisk og fiskevarer hvor formålet er å fremme god kvalitet på fisk og fiskevarer til forbruker, samt bidra til markedsadgang for norsk fisk og fiskevarer til utlandet (Lovdata, 2013, § 1). Forskriften omfatter alle ledd i produksjonskjeden, fra og med fangst og oppdrett til og med omsetning til forbruker (Lovdata, 2013, § 2). I utgangspunktet skulle forskriften ha sikret en jevn og høy råstoffkvalitet, men imidlertid er spennet i kvaliteten stor (Digre et al., 2010).

På auksjoner i Danmark vurderes ytre fangstskader på flyndre for å kategorisere kvalitetsklasse (Ekstra, A og B) og pris (Karlsen et al., 2015). I henhold til EUs regelverk (EC 1996) skal fisk i ferskhetskategori «Ekstra» være fri for trykkmerker, skader, flekker og dårlig misfarging. I ferskhetskategori «A» kan en svært liten andel av fisken ha lette trykkmerker og overfladiske skader, mens det i ferskhetskategori «B» tolereres en liten andel med mer alvorlige trykkmerker og overfladiske skader.

Imidlertid er det ikke mulig å fjerne alt av stress og skader som påføres villfisk under fangst og levendelagring. Uansett, innføring av praksis som ivaretar god fiskevelferd i kommersielt fiskeri er ikke bare etisk forsvarlig, men kan også bidra til bedre produktkvalitet, samt åpne opp nye markeder for høykvalitets, bærekraftige og etisk høstede matprodukter (Breen et al., 2020).

2.8.1 Fysiske parametere

Fiskens vektfylde (kondisjonsfaktor: K-faktor) kan være en viktig kvalitetsparameter ved omsetning. Denne verdien angir forholdet mellom vekt og lengde (Ricker, 1975; Nash et al.,

2006). Formelen for utregning av K-faktor på rund fisk brukes for å vurdere om mageinnhold, levervekt og eventuelt andel fisk reduseres i løpet av sulteperioden. Formelen for utregning av K-faktor for sløyd fisk brukes for å sammenligne og vurdere om andelen fisk reduseres i løpet av sulteperioden. Fordelen med kondisjonsfaktor er at den kan beregnes med bakgrunn i fiskens lengde og vekt. Dermed kan kondisjonsfaktor benyttes på levende fisk (Sæther et al., 2016). I en datainnsamling gjennomført av Havforskningsinstituttet ble det funnet at rødspette hadde en K-faktor på $1,14 \pm 0,16$ (Frantzen et al., 2020).

Kondisjonsfaktor (K-faktor) rund og sløyd ble beregnet etter formel 1 og 2.

Formel 1: K-faktor rund

$$K - faktor K_R = \frac{Vekt\ rund\ (g)}{Lengde^3\ (cm)} \times 100$$

Formel 2: K-faktor sløyd

$$K - faktor K_S = \frac{Vekt\ sløyd\ (g)}{Lengde^3\ (cm)} \times 100$$

Leverindeks er en vektprosent av organet i forhold til fiskens totale vekt. Den kan si oss noe om fiskens tilgang til og sammensetning på mat. Leveren har funksjon som lagringsorgan for fett og annen opplagsnæring (Stene et al., 2012). I tidligere forskning på rødspette er det rapportert en leverindeks på $1,1 \pm 0,1$, etter fire måneder sulting ble denne funnet å ha sunket til $0,54 \pm 0,04$ (Moon & Johnston, 1980). Leverindeks ble beregnet etter formel 3:

Formel 3: Leverindeks

$$Leverindeks = \frac{Levervekt\ (g)}{Vekt\ rund\ (g)} \times 100$$

2.8.2 Holdbarhet

Ferskhet er essensielt for kvaliteten på fisk eller fiskeprodukter. Til en viss grad kan ferskhet forklares ved objektive sensoriske, (bio) kjemiske, mikrobielle og fysiske parametere og kan derfor defineres som et objektivt attributt (Ólafsdóttir et al., 1997). Lagrings-temperatur er hovedfaktoren som påvirker ferskheten og kvaliteten, og under normale kjøleforhold er holdbarheten til fisk og skalldyr begrenset av enzymatisk og mikrobiologisk ødeleggelse (Ashie et al., 1996; Sigholt et al., 1997). Rask nedkjøling av fangst og god kjølekjede er

velkjent å være avgjørende for råstoffets kvalitet (Digre et al., 2010). Lagringstid og -forhold vil ha stor innvirkning på kvaliteten på fisk og fiskeprodukter, og lagringsstabiliteten til fisk er avhengig av sammensetningen i fisken (Ashie et al., 1996).

2.9 Muskelkjemi

For å forstå hva som påvirker holdbarheten til fiskefilet er det viktig å kjenne oppbygningen av en fiskemuskel. Normalt sett blir fiskemuskelen delt inn i tre hovedtyper; glatt muskulatur, hjertemuskulatur og skjelettmuskulatur. Skjelettmuskulaturen utgjør størstedelen av fiskens kroppsmasse og det er denne som benyttes som filet i dagens fiskeindustri. Muskelen omfatter den store svømmemuskulaturen, samt de andre mindre musklene i hode- og gjelleregionen. De laterale skjelettmusklene til fisk er organisert i like segmenter, kalt myotomer (Kryvi, 2016). Myotomene er en serie med blokker av muskelvev formet som en sideliggende «W», atskilt av bindevev kalt myoseptum (Nelson & Chabot, 2011; Johnston & Goldspink, 1973). I myotomene ligger to typer muskelfibre; rød og hvit muskel og det er ved hjelp av disse to skjelettmuskulaturene fisk klarer å svømme (Kryvi, 2016).

Hos rødspette utgjør rød muskel omtrent 2,3% av kroppsvekten (Moon, 1980). Muskelen brukes til langsom til moderat og vedvarende svømming (McKenzie, 2011; Kryvi, 2016; Nelson & Chabot, 2011), og til aktiviteter som å opprettholde kroppsposisjonen mot strøm (Navarro & Gutiérrez, 1995). De hvite muskelfibrene har lavere nivåer av mitokondrier, myoglobin, fett og glykogen enn de røde muskelfibrene og er dermed lysere i farge (Nelson & Chabot, 2011). I motsetning til rød muskulatur kan de hvite muskelfibrene mobilisere energi raskt og har hurtig kontraksjon med stor kraft som kan brukes i tilfelle forfølgelse eller flukt (Kryvi, 2016; Navarro & Gutiérrez, 1995). Den hvite muskelen har ekstremt anaerobt vev og er dermed lite utholdende. På grunn av utmattelse og tømming av glykogen- og oksygenlager oppstår opphopning av melkesyre og protoner, som reduserer pH i muskel. Det tar tid å frakte bort melkesyre (Kryvi, 2016) og denne restitusjonstiden kan variere avhengig av art, stressfaktor og alvorlighetsgrad (Sopinka et al., 2016).

Muskel-pH, glukose og laktat

En viktig kvalitetsindikator er surhetsgraden (pH) i muskelen. Måling av pH rett etter slakting, det påfølgende fallet, samt ultimat pH kan brukes til å vurdere kvaliteten på muskelen i fisken og slakteprosedyren (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005; Sigholt et al., 1997). Under fangst og håndtering kan fisken oppleve ulik grad av fysiologisk stress som videre kan føre til lav pH i muskel, høyere væsketap og drypptap, samt endringer i tekstur og

fasthet (Ofstad et al., 1996; Sigholt et al., 1997; Huff-Lonergan & Lonergan, 2005). Under fysisk stress omfordelles blodet mellom organer og muskler (Soldatov, 2006). Dersom fisk er utmattet og stresset før slakting kan det påvirke kvaliteten på en biokjemisk og fysisk måte (Borderías & Sánchez-Alonso, 2010; Morzel et al., 2002). Hvis fisken blir avlivet etter økt muskelaktivitet vil muskelcellene ha reduserte energilagere (ATP, kreatinfosfat og glukose) og inneholde mer melkesyre fra anaerob respirasjon. Dette vil føre til at syntese av ATP stopper og *rigor mortis* setter inn raskere (Borderías & Sánchez-Alonso, 2010). Videre kan dette påvirke for eksempel økt spalting i filet og potensielt redusere en god utblødning. Dette vil videre ha betydning for produktutbytte, kvalitet, holdbarhet samt det økonomiske perspektivet (Margeirsson et al., 2007; Bjørnevik & Solbakken, 2010; Haard, 1992).

For de fleste teleoste fisk er glykolyse den eneste måten å produsere energi på når hjertet er stoppet. *Post mortem* glykolyse fører til opphopning av melkesyre og protoner, som igjen senker pH i muskelen. Mengden melkesyre og protoner som produseres avhenger av mengden lagret karbohydrat (glykogen) i den levende muskelen. Næringsstatusen til fisken, mengde stress og aktivitet før død vil ha stor effekt på nivåene av lagret glykogen og dermed effekt på ultimate pH *post mortem* (Kristoffersen et al., 2006). Reduksjon i pH i fiskemuskel etter død har effekt på de fysiske egenskapene i muskelen. Etersom pH senkes, vil nettoladning i muskelproteinene reduseres. Dette fører til at muskelproteinene delvis denaturerer og mister noe av deres vannbindingsevne (Huss, 1995).

Lav muskel-pH ved dødstidspunkt er en indikator på håndteringsstress, noe som er observert hos blant annet piggvar (Digre et al., 2010; Morzel et al., 2002). Hos villtorsk vil muskel-pH synke raskt etter død, for så å stige langsomt under kjølelagring som følge av mikrobiell aktivitet og opphopning av ammoniakk i muskel (Digre et al., 2010; Rustad et al., 1991). I en tidligere studie er det også sett god korrelasjon mellom K-faktor og slutt-pH, hvor en høyere K-faktor ga lavere slutt-pH (Esaiassen et al., 2004).

2.10 Kvalitetsmålemetoder

2.10.1 Sensoriske vurderinger

Sensorisk evaluering brukes til å fremkalle, måle, analysere og tolke karakteristikker i mat som oppfattes av sansene syn, lukt, smak, berøring og hørsel. Valg av metode avhenger av formålet, altså om det brukes i forbindelse med produktutvikling, kvalitetskontroll, konsumentundersøkelser eller forskning. Strukturerede skalaer er mye brukt for kvalitetsvurdering for å gi en detaljert beskrivelse av en eller flere attributter (Ólafsdóttir et al., 1997).

2.10.1.1 Kvalitetsindeksmetoden (QIM)

Råstoffkvalitet er for folk flest assosiert med ferskhetsgrad og holdbarhetstid (Akse et al., 2004). Det kreves derfor pålitelige metoder og teknikker, samt trening, for å evaluere og bestemme ferskhetsgraden til fisk (Li et al., 2017). Kvalitetsindeksmetoden er basert på signifikante sensoriske parametere for rå fisk basert på karakteristiske endringer (øyne, gjeller, slim, skinn og lukt). Metoden måler graden og hastigheten av endringer, hvor den totale sensoriske poengsum kan tolkes til tilsvarende dager med lagring og gjenværende holdbarhet (Ólafsdóttir et al., 1997; Li et al., 2017; Hyldig et al., 2010). Metoden brukes dermed til å anslå restholdbarhetstid (Ólafsdóttir et al., 1997). En lav poengsum tilsvarer utmerket kvalitet, mens en økende poengsum tilsvarer forverret kvalitet. Totalt kan en rødspette oppnå en sum på totalt 24 poeng (Hyldig & Green-Petersen, 2004; Digre et al., 2010).

I forskrift om kvalitet på fisk og fiskevarer (2013, § 10) står det at slimhuden skal være klar og gjennomskinnelig. Øynene skal være klare og utstående. Fisk med grå øyne på grunn av katarakt er å anse som fersk dersom øvrige krav er oppfylt. Gjeller skal være røde (friske). Fersk fisk skal ha lukt og smak som er frisk og karakteristisk for nyfanget eller nyslaktet fisk av arten, uten avvikende lukt og smak eller spor av lukt og smak fra nedbrytningsprodukter. I samme forskrift (2013, § 10) står det at overflater, snittflater og fiskekjøtt skal ha sin naturlige farge og glans som for nyfanget eller nyslaktet fisk av arten uten spor av misfarging.

2.10.1.2 Filetindeks-metoden

Kvalitet på fileten kan vurderes med «filetindeks». Dette er en skala som går fra 0 til 15, hvor 0 er høyest kvalitet og 15 lavest. I vurderingen inngår farge, overflate, spalting, konsistens og lukt (Esaiassen et al., 2011). Filet sies å ha spalting når spalter eller hull vises i overflaten (Love, 1975). Spalting oppstår når bindevevet mellom muskelsegmentene revner. Det er ofte sammenheng mellom bløt tekstur og spalting, men det trenger ikke nødvendigvis å være det. Tekstur og konsistens er begreper som ofte brukes om hverandre. Egenskaper som kan fornemmes med fingrene og i munnen beskrives med fellesbetegnelsen tekstur, som for eksempel hardhet (Mørkøre et al., 2009).

I mange marine fiskearter er trimetylaminoksid (TMAO) en naturlig forbindelse og et nøkkelstoff for produksjon av trimetylamin (TMA) og dimetylamin (DMA) under ødeleggelse og frossenlagring av rå fisk. Innholdet av TMAO i fisk kan variere og påvirkes av en rekke faktorer som tilgjengelig diett, fiskens størrelse og alder samt miljøets temperatur,

saltholdighet og trykk til fisken (Sotelo, 2000). TMA oppfattes av folk flest som fiskelukkt, og mer TMA vil gi mer fiskelukkt (Esaiassen et al., 2011).

Under nedbrytning i fiskemuskel, dannes det flere nitrogenholdige produkter. En estimering av nedbrytning kan gjøres ved å måle totalt flyktig nitrogen (TVN) (Esaiassen et al., 2011). Totalt flyktig basisk nitrogen (TVB-N) og TMA er mye brukt for å vurdere ferskhetsgraden til marine fiskearter (Karl et al., 2013). I en studie er de kjemiske forringelsesparameterne TVB-N og TMA funnet å ikke utgjøre store forskjeller mellom sløyd og usløyd rødspette. Innholdet av TVB-N i sløyd rødspette holdt seg nesten konstant lavt på 15 – 16 mg nitrogen/100 g gjennom hele lagringsperioden. I den usløyde fisken varierte TVB-N verdiene noe mer, mellom 14 – 19 mg nitrogen/100g. Både den sløyde og den usløyde fisken hadde dermed TVB-N verdier under grenseverdien for *Pleuronectidae* på 30 mg nitrogen/100g (Forskrift om offentlig kontroll - animalsk produksjon, forordning (EU) 2019/624 og forordning (EU) 2019/627, 2020, Vedlegg VI, Kapittel II A.). TMA økte heller ikke og holdt seg under 2 mg/100g. I den samme studien ble det gjennomført mikrobielle prøvetakinger, som gjennom lagringsperioden på 11 dager ikke detekterte noen bakterier i muskelvevet, til verken sløyd eller usløyd rødspette (Karl & Meyer, 2007).

2.10.2 Kjemiske og fysikalske egenskaper

2.10.2.1 Vannbindingsevne og væskeslipp

Vannbindingsevne refererer til proteinets evne til å absorbere og holde på vann i en proteinmatrise (fiskemuskel), når den utsettes for vannutskillende kraft (Huff-Lonergan & Lonergan 2005; Ofstad et al., 1996; Offer et al., 1989).

Vannbindingsevne er økonomisk viktig. Dette fordi vannmengden påvirker vekten, kvaliteten og bearbeidingen av fisken (Haard, 1992; Huff-Lonergan & Lonergan, 2005; Ageeva et al., 2018b). I tillegg er tap av vann under lagring lite attraktivt for forbrukeren når det samler seg i produktpakken eller under tining av frossen fisk (Bjørnevik & Solbakken, 2010). Vannbindingsevnen er også tett knyttet opp mot farge, smak, filetspalting og tekstur, og er derfor en av de viktigste kvalitetsegenskapene til fisk som råstoff (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005). Fisk konsumeres vanligvis etter oppvarming og burde fortrinnsvis være ikke bare mør, men også saftig, som er relatert til vannbindingsevnen (Ofstad et al., 1993).

Iboende og ytre faktorer påvirker vannbindingsevnen i muskelvevet (Ofstad et al., 1993). Eksempler på slike faktorer er pH, temperatur og saltsammensetning (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005). Ved pH nærmere det isoelektriske punktet til det myofibrillære proteinet vil protein-protein attraksjonen øke som følge av mindre negativ ladning i aminosyrene i disse

proteinene (Ofstad et al., 1993). Det isoelektriske punkt er mellom pH 4,5 til 5,5 (Huss, 1995). Vannbindingsevnen blir dermed redusert. Den kjemiske sammensetningen og pH som innvirker på vannbindingsevnen varierer ikke bare mellom individer, men også mellom de ulike delene av fileten (Ofstad et al., 1993). For å unngå denne variasjonen måles vannbindingsevnen i grovhakket filet fra hele individet.

2.10.2.2 Muskelsammensetning

Den ernæringsmessige kvaliteten bestemmes av sammensetning av muskelen. Marine proteiner er anerkjent for deres gunstige ernæringsmessige verdi. Dette på grunn av høy biotilgjengelighet, samt overflod av viktige peptider og essensielle aminosyrer (Kendler et al., 2023a; Elvevoll, et al., 2008). Den kjemiske sammensetningen i fiskemuskel varierer avhengig av art, kjønn, alder, levested, sesongvariasjoner og ernæringsstatus (Huss, 1995), men de fleste artene har et proteininnhold på 15 – 22% (Larsen et al., 2010; Haard, 1992).

Hovedsakelig består fiskemuskelen av proteiner og vann. Mesteparten av vannet finnes inni eller mellom muskelcellene, men noe av vannet er også bundet til proteiner. Den mest varierende komponenten er lipidinnholdet, og i muskel blir variasjonen reflektert med endringer i vanninnhold. For arter som klassifiseres som mager, utgjør fett- og vanninnhold rundt 80% av muskelen (Huss, 1995). En rekke faktorer kan påvirke vanninnholdet i muskelvevet. For eksempel kan uttømming av næringsstoffer (fett, protein) under kjønnsmodning og sulting resultere i økt vanninnhold i muskler, dette er blant annet funnet i torsk og flyndre (Haard, 1992; Huff-Lonergan & Lonergan, 2005; Ageeva et al., 2018a; Kendler et al., 2023a).

Fisk kan betraktes som en god kilde til flere mineraler (Khalili Tilami & Samples, 2018; Haard, 1992). Askeinnholdet i fiskemuskler reflekterer mineralinnholdet (Esaiassen et al., 2022)

Tradisjonelt er det kjent at aminosyrenes funksjon er som byggesteiner i proteiner. I senere tid er det også blitt klart at aminosyrer fungerer som viktige metabolske regulatorer i metabolismen, da som forløpere til hormoner og andre signalstoffer. I tillegg deltar aminosyrer i regulering av genekspressjon, vanligvis ved overføring av informasjon kodet i et gen inn i RNA eller protein (Mørkøre et al., 2010; Mørkøre et al., 2009). Protein er bygd opp av aminosyrer, som vi skiller mellom ikke-essensielle og essensielle. Ikke-essensielle er aminosyrer kroppen selv kan syntetisere, mens essensielle må fås gjennom maten (Larsen et al., 2010). Hos fisk er de essensielle aminosyrene threonin, valin, isoleucin, leucine, lysin, arginin, metionin, phenylalanin, tryptofan og histidin (Terjesen, 2008). Dersom fisken ikke får

tak i de essensielle aminosyrene, begynner den å bryte ned muskulaturen for å få tak i de til bruk i både proteinsyntesen og glykolysen (Waagbø, 2001).

Frie aminosyrer spiller en viktig rolle i fiskens metabolisme, blant annet til proteinsyntese, glukosedannelse og energiomsetning (Andersen et al., 2016; Li et al., 2021). Frie aminosyrer kan benyttes til nysyntese av proteiner og utgjør omtrent 1% av de proteinbundne aminosyrene (Mørkøre et al., 2009). Under langvarig sult hvor lagrene av fett i lever og muskel er redusert, kan proteiner i spesielt hvit muskel brytes ned til frie aminosyrer og transporteres til leveren for dannelse av glukose og energi (Mommsen et al., 1980; French et al., 1981). Det er også kjent at aminosyrene glutamat, glutamin, leucin, aspartat og alanin er viktige aminosyrer i glukoneogenesen og kan sammen bidra til opp mot 80% av produksjonen av ATP i lever, tarmer, nyre og skjelettmuskulaturen hos blant annet sebrafisk og sjøabbor (Li et al., 2021). Hos vannlevende organismer varierer innholdet av frie aminosyrer i muskler rundt 0,5% våtvekt til 2% våtvekt (Haard, 1992).

Både individuelle aminosyrer og den totale aminosyreprofilen i fisk skiller seg fra de som finnes i andre kilder (Elvevoll et al., 2008). Sjømat inneholder relativt høye konsentrasjoner av frie aminosyrer, hvor glysin, alanin, lysin og taurin dominerer hos de fleste fiskeslag (Karl et al., 2013; Elvevoll et al., 2008). Taurin finnes eksklusivt i fri form i de fleste vev og organer, og inngår i mange essensielle fysiologiske reaksjoner (Mørkøre et al., 2010; Mørkøre et al., 2009; Larsen et al., 2010). Mangel på taurin kan føre til endring i osmolyttstatus og dermed ustabilitet i fiskevevet (Mørkøre et al., 2010; Mørkøre et al., 2009).

Histidin er en essensiell aminosyre i fisk og må fås gjennom kosten (Wu, 2009). Som en funksjonell aminosyre spiller den en viktig rolle for proteinmetabolismen og vekst, og andre spesifikke metabolske roller. Mangel på denne aminosyren vil dermed gi redusert kroppsvekt og aminosyreoksidasjon som videre gir en reduksjon i proteinomsetning. Det er dessuten funnet at histidin er viktig for å redusere forekomsten og alvorlighetsgraden av kataraktdannelse hos laks (Moro et al., 2020).

3 Materialer og metoder

3.1 Fangst og levendelagring

Rødspette (*Pleuronectes platessa*) ble fanget kommersielt med snurrevad av M/S Karl Viktor (N – 37 – V) i Gimsøystrømmen, utenfor Henningsvær, fra 1. til 4. september 2022.

Snurrevaden som ble brukt i dette forsøket var lik som i forsøk gjennomført av Ingólfsson et al. (2019), altså en vinge- og munnhøyde på 0,6 meter og 10 meters lengde på telne, samt korte og lange vinger (figur 3) (Ingólfsson et al., 2023). Fisket foregikk på omtrent 20 – 40 meters dyp, og fra snurrevadsekken gikk i sjøen og fram til sekken var i overflaten tok det omtrent 50 minutter (± 5 minutter).



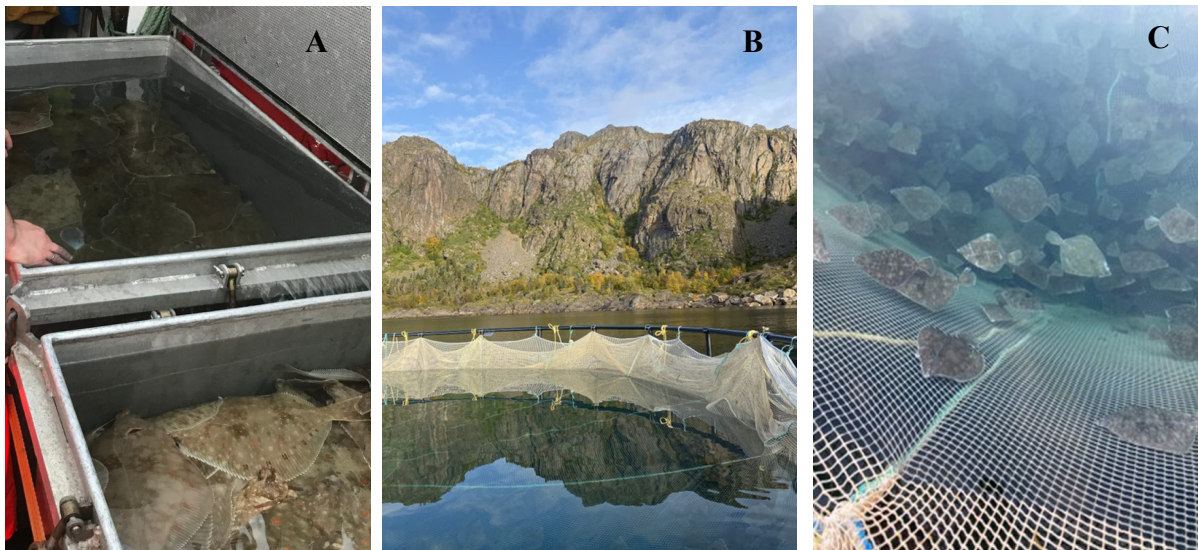
Figur 3: Snurrevaden med korte (venstre) og lange vinger (høyre) (Ingólfsson et al., 2023).

Fisken ble løftet om bord i fartøyet med lerretsløft og over i en sorteringsbinge med god sjøvannssirkulasjon (figur 4A). Fangstskader og velferdsindikatorer ble vurdert. Død, svak og skadd fisk ble sortert ut og slaktet (8,8%). Totalt var det 1213 fisk som var egnet til levendelagring. Henholdsvis 88 fisk ble fordelt i hver av de to 800 liters levendelagringstankene med oppstrøms-prinsipp (0,5 liter sjøvann per minutt per kg flyndre), hvor friskt sjøvann strømmet opp gjennom en perforert dobbeltbunn. Oksygenivået (O_2) i tanken ble målt ved hjelp av en YSI ProODO oksygen-måler (YSI Inc., Yellow Springs, OH, USA), påmontert en optisk oksygen- og temperatursonde (ODO Optical Dissolved Oxygen sensor). Når alle fiskene var kommet inn på tanken, ble luken på toppen lukket og forseglet. I avløpsvannet ble oksygenivået målt med jevne mellomrom (2 – 4 timer på dagtid og 8 – 10 timer over natten). Oksygenivået på avløpet på tank ble holdt over 80%, fra fangst og fram til fisken ble satt i merd. I de to levendelagringstankene ble fisken oppbevart med en tetthet på omtrent 250 og 500 kg/m² hvor de ble holdt levende i omtrent 2 døgn før de ble overført til

levendelagring i merd. Løyve fra Mattilsynet om bruk av dyr i forsøk (Forsøksdyrforskriften, 2015) ble innhentet før forsøkene startet opp (FOTS ID: 29747; Ref. 22/141343).

For å kartlegge mulige velferdsmessige effekter av stor tetthet under transport, og videre gjennom levendelagring ble 88 stykk rødspetter bedøvet og tagget med Floy-merker (anchor T-tags) (Floy Tag & Manufacturing Inc., Seattle, WA, USA), i hver levendelagringstank. Fiskene ble fulgt videre gjennom transport og levendelagring i flatbunnsmerd i 4 uker, sammen med resten av fangsten, på godkjent lokalitet i Geitvika hos Karl Viktor Fisk AS (figur 4B og figur 4C). Rødspette ble overført til merd ved bruk av plastkar (Sæplast Norway AS, Ålesund, Norge) med sjøvann som ble heist med kran fra fartøy. Merden var en polarcirkelmerd med omkrets 50 meter, som hadde en flatbunnet notpose som var 5 meter dyp (knuteløst lin med 25 mm maskevidde). Fisken ble holdt levendelagret i 26 dager, og ble ikke tilbudt fôr. Det ble foretatt uttak etter henholdsvis 3, 18 og 26 dager.

Temperaturen i havet ble målt ved å bruke YSI ProODO oksygen-måler (YSI Inc., Yellow Springs, OH, USA), påmontert en optisk oksygen- og temperatursonde (ODO Optical Dissolved Oxygen sensor). Temperaturen var 12,5°C ved oppstart av forsøksperioden og 11,1°C ved slutten av forsøksperioden.



Figur 4: Bilder fra levendelagring. A: Rødspette i levendelagringstanker. B: Restitusjonsmerd. C: Rødspette i restitusjonsmerd sett fra merdkanten.

3.2 Uttak av forsøksfisk

3.2.1 Velferdsvurderinger

For vurdering av velferdsmessige forhold ble det tatt ut fisk etter henholdsvis 3, 18 og 26 dager levendelagring.

Ved uttak av levende fisk etter 3, 18 og 26 dager ble nota linet opp og fisken håvet ut. Reflekser ble vurdert i henhold til velferdsskjema på et individ av gangen, henholdsvis 6, 27 og 27 individer (se kapittel 3.4.2). Fisken ble deretter avlivet med slag i hodet, og bløgging ble gjennomført ved gjellekutting kontinuerlig etter avliving. Etter avliving ble fangstskader og resterende velferdsindikatorer vurdert.

3.2.2 Kvalitet og lagringsstabilitet

Levendelagret 0 dager

Fisken ble avlivet om bord med slag i hodet med gummiklubbe, og lagret i en mottaksbunge i is, fram til levering til fiskemottaket (Karl Viktor AS) i Henningsvær. Ved ankomst ble fisken iset om i kasser og kjølelagret (0–2°C) til dagen etter, i påvente av veiing, måling, sløyning og vurdering av fangstskader samt individmerking (se kapittel 3.4.1). I kassene ble det lagt et lag is i bunnen, fisk og deretter et lag is på toppen. Fire døgn etter fangst ble fisken transportert i kar med is på henger, og kjørt fra Henningsvær til Nofima i Tromsø for videre prøveuttak og analyser.

Levendelagret 18 dager

Om bord i fartøyet ble fisken plassert i et kar med sjøvann (Sæplast Norway AS, Ålesund, Norge). Fisken ble deretter avlivet med slag i hodet med gummiklubbe, og bløgging ble gjennomført ved gjellekutting kontinuerlig etter avliving. Etter avliving og vurdering av fangstskader og velferdsindikatorer ble individmerket rødspette pakket rygg mot rygg, og buk mot buk i isoporesker med is over og under. Fisken ble sendt med Hurtigruten AS fra Svolvær samme dag. Ved ankomst Nofima i Tromsø tre døgn senere ble fisken sløyd. Den ble videre oppbevart hel med hode i plastkasser med is over og under, i kjølerom (0–2 °C) fram til filetering og videre undersøkelser.

Levendelagret 26 dager

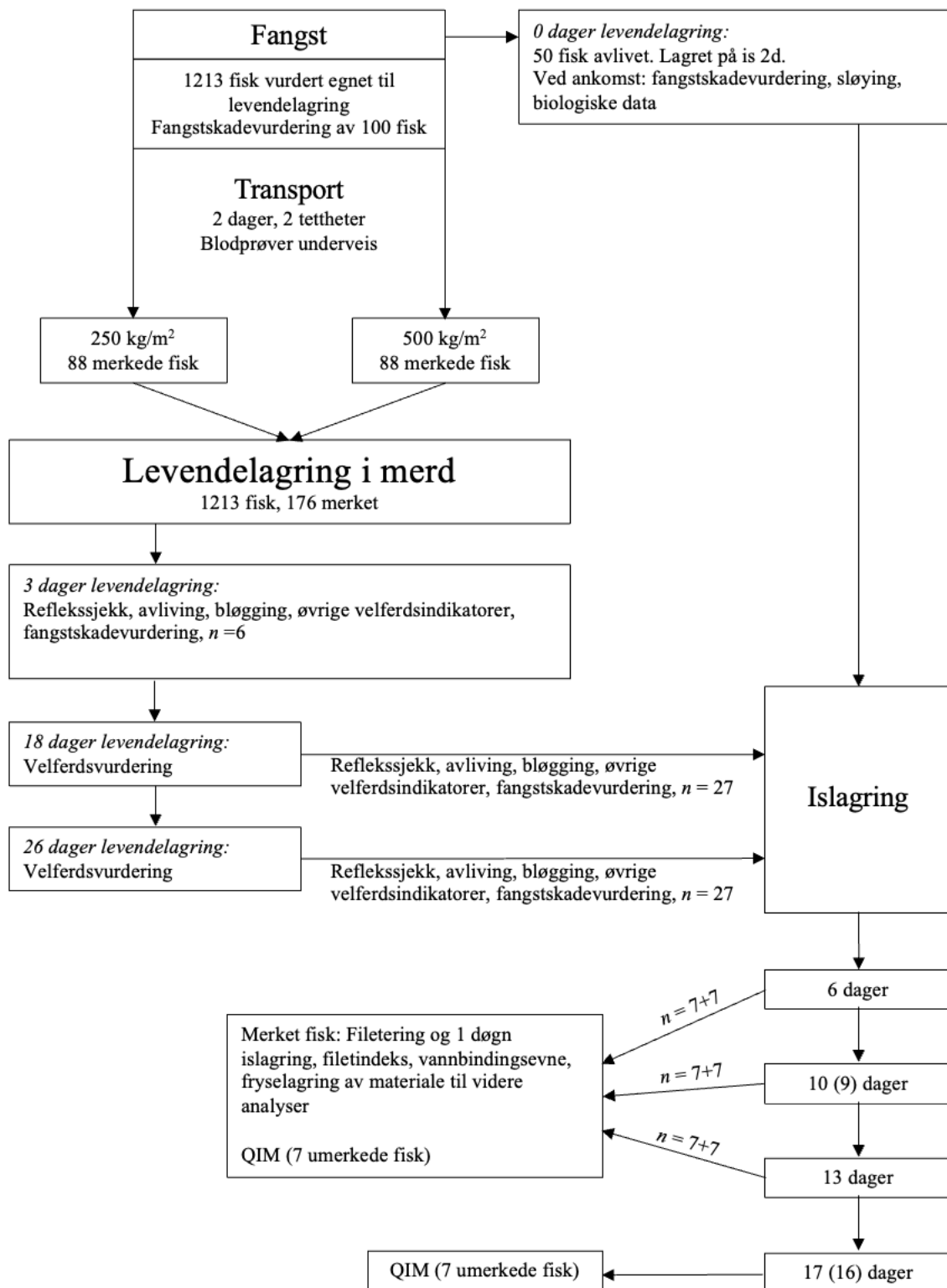
Om bord i fartøyet ble fisken plassert i et kar med sjøvann og is (Sæplast Norway AS, Ålesund, Norge). Fisken ble deretter avlivet med slag i hodet med gummiklubbe, og bløgging ble gjennomført ved gjellekutting kontinuerlig etter avliving. Etter avliving og vurdering av fangstskader og velferdsindikatorer ble individmerket rødspette pakket rygg mot rygg, og buk mot buk i isoporesker med is over og under. Fisken ble videre sendt med Hurtigruten AS fra Svolvær dagen etter at den ble avlivet. Ved ankomst Nofima i Tromsø et døgn senere ble fisken sløyd. Den ble oppbevart hel med hode i plastkasser med is over og under fram til filetering og videre undersøkelser.

3.3 Forsøksoppsett

Forsøksoppsettet i dette studiet er vist i figur 5.

Rødspette som var levendelagret 0 og 18 dager ble filetert 5, 9 og 12 dager etter avliving. Fisken som var levendelagret 26 dager ble filetert 5, 8 og 12 dager etter avliving. Ved hvert lagringsuttak ble syv individmerkede rødspetter filetert og skinnen og buklist ble trimmet vekk. Filetene ble plassert i merkede lynlåsposer og lagt på is i plastkasser i kjølerom (0–2°C) til dagen etter.

Filetene ble vurdert etter filetindeksmetoden dagen etter filetering (henholdvis 6, 10 og 13 eller 6, 9 og 13 dager etter avliving), og deretter ble rygg- og bukfilet fra hvert individ hakket for å bestemme filetenes vannbindingsevne. Samme dag ble syv fisk fra hvert levendelagringsperiode vurdert etter kvalitetsindeksmetoden (QIM). Oppmalt filet ble frosset inn på fryserom (–40°C) for kjemiske analyser.



Figur 5: Forsøksoppsett.

3.4 Metoder

3.4.1 Fangstskadevurdering

Det ble gjort fangstskadevurdering om bord i fartøyet like etter fangst (n= 100), utført av personell fra Nofima (Ingólfsson et al., 2023). Fisk som var levendelagret 0 dager (n= 50) ble vurdert på fiskebruket til Karl Viktor AS i Henningsvær ett døgn etter avliving. Vurdering av fisk levendelagret 18 og 26 dager ble gjennomført hos Nofima i Tromsø. For fisk levendelagret 18 dager ble fangstskadevurderingen gjennomført tre døgn etter avliving, og for fisk levendelagret 26 dager, ett døgn etter avliving. Skinn ble vurdert etter striper, blødning og skjelltap. Fisken ble undersøkt for klemskader og hodeskader. Alle finnene bortsett fra bukfinnene ble vurdert, her ble det sett etter splitt og blødning.

Det er tatt utgangspunkt i fangstskadeindeks utviklet for torsk og hvitfisk fanget med garn, snurrevad og line (Esaiassen et al., 2013). Tilpasning av skjema for fangstskadevurdering av rødspette er en del av denne masteroppgaven, og skjemaet er presentert i kapittel 4.1.2.

3.4.2 Velferdsvurdering

Velferdsvurdering ble gjort 3 (n= 6), 18 (n= 27) og 26 (n= 27) dager etter utsett. Under velferdsvurderingen ble reflekser, øyne, skinnskader, klemskader, finneskader og hodeskader vurdert (tabell 2). En del av denne oppgaven var å modifisere et velferdsskjema, med utgangspunkt i reflekser og skader som beskrevet av Methling et al. (2017). Velferdsskjemaet er presentert i kapittel 4.1.4.

Fisken ble tatt opp av merd og om bord i båten for vurdering av refleks mens den enda var i live. Øyerefleksen ble vurdert om fisken fulgte etter med øynene om man snudde den etter sin langsgående akse. Neste refleks var om fisken responderte om man tok spordgrep. Fisken ble også lagt på rygg på sorteringsbord for å se etter vending. Dette innebærer at fisken snur seg eller forsøker å snu seg tilbake. Til slutt ble refleks i kjeveparti og gjellelokk vurdert ved å dra fingeren langs gjellelokket og holde fingeren mot kjeven. Dersom fisken lukket gjellelokket og kjeven, var det positiv respons på disse refleksene.

Etter vurdering av refleks ble fisken avlivet og bløgget. Fisken som ble levendelagret i 3 dager ble fisken oppbevart på dekk fram til vi ankom fiskebruket. Ved levendelagring 18 dager ble fisken oppbevart i kar med vann, og ved 26 dager ble fisken oppbevart i kar med isvann.

Resterende velferdsvurderinger ble gjennomført på død fisk på fiskebruket til Karl Viktor Fisk AS. Øynene ble vurdert etter katarakt, blødninger og om de var utstående. Skinnskadene i velferdsskjemaet omfattet ytre skader som striper i skinn, skjelltap og blødninger. Rygg-, buk-, hale- og begge brystfinnene ble vurdert for splitt og blødning i finnebasis. Under vurdering av hodeskade ble sår og/eller skade på gjellelokk, snuteparti, knokler og kjeve vurdert. Observasjon av parasitter og eventuelle andre skader ble kommentert.

3.4.3 Fiskens fysiologi

3.4.3.1 Biologisk data

Biologiske data ble målt etter levendelagring i 0 (n= 50), 18 (n= 73) og 26 dager (n= 105). Følgende data ble registrert:

- Total lengde og bredde
- Rund og sløyd vekt
- Kjønn
- Mageinnhold
- Levervekt

Fiskens totale lengde ble målt med lengdebrett fra spissen av snute til enden av kaudalfinnen, mens fiskens bredde ble målt med målebånd fra ytterste punkt på ryggfinne til ytterste punkt på gattfinne. Total vekt ble registrert før bukhulen ble åpnet med kniv og innvollene ble klippet løs med saks og tatt ut. Lever og mage/tarm ble veid og mage/tarm ble sjekket for innhold. Kjønn ble bestemt, og deretter ble sløyd vekt registrert. Alle vektregistreringer ble gjennomført ved bruk av Marine Scale Model M1100/M2200, 6/15 kg (Marel, Garðabær, Island). Fisken som ble avlivet like etter fangst ble merket i finnefestet på dorsalfinnen med 6 cm individnummererte Floy «T-Bar» tag (Floy Tag & Manufacturing Inc., Seattle, WA, USA) med merkepistol (Mark III™ Pistol Grip Tool No.10651, Avery Dennison™).

3.4.3.2 Blodglukose, laktat og muskel-pH

Glukose og laktat ble målt i blodet rett etter fangst og under transport til merd, etter avliving. I tillegg ble det målt glukose og laktat i blodet etter 18 dager levendelagring (n= 15), og etter 26 dager levendelagring (n= 15), dette ble gjort etter avliving.

Blod ble tappet fra kaudalvenen ved bruk av litium-hepariniserte BD Vacutainer® (4.0 mL), BD Vacutainer® engangsholder og BD Vacutainer® Precision Glide™ Multiple Sample Blood Collection Needle (0.7 x 38 mm) (BD, Franklin Lakes, NJ, USA). Deretter ble glukose

og laktat i blodet registrert. Blodglukosen ble målt med en Accu-Chek Guide glucosemåler (Roche Diabetes Care GmbH, Tyskland). Omtrent 1 µl blod ble pipettert med steril transferpipette (3.5 mL) (Sarstedt AG & Co. KG, Nümbrecht, Tyskland) på testmåleren og målingen ble fullført etter 5–10 sekunder. Laktat i blodet ble målt med en Lactate Pro 2 Laktatmåler™ (ARKRAY, Inc. Japan). Det ble pipettert 5 µl blod med steril transferpipette (3.5 mL) (Sarstedt AG & Co. KG, Nümbrecht, Tyskland) på testmåleren og målingene ble fullført innen 60 sekunder.

Muskel-pH ble målt med en WTW330/set-1 pH-metre (Wissenschaftliche-Technische Werkstätten, Germany) påmontert en Hamilton double pore glass elektrode (Hamilton Bonaduz AG, Bonaduz, Switzerland). Instrumentet ble kalibrert før bruk og regelmessig underveis, opp mot buffer pH 4,01 og pH 7,00 og elektrodene ble rensset for å oppnå konsistente resultater. Muskel-pH ble målt direkte i hvit muskulatur ved å skjære et snitt i ryggsiden (oversiden). Etter å ha lagd snitt i huden, ble elektroden satt inn i muskelvevet.

3.4.4 Sensoriske analyser

3.4.4.1 Kvalitetsindeksmetoden

QIM ble utført av fire personer etter metoden beskrevet av Bremner (1985) og Hyldig & Green-Petersen (2004). Metoden ble modifisert i denne oppgaven, og QIM-skjemaet er presentert i kapittel 4.2.1.1. Syv individer ble vurdert per gang. Vurdering av rødspette som var levendelagret 18 og 26 dager, ble gjort etter 6, 10 og 13 dager på is. Det ble også gjort vurdering på dag 17 for å se videre utvikling på rødspette lagret på is. Etter 26 dager levendelagring ble rødspette vurdert etter 6, 9, 13 og 16 dager på is.

Et metall-bord ble dekket med papirduk (Versi-Dry™ Lab Soakers 62050, Nalgene Brand Products, Rochester, NY, USA) og syv umerkede fisk ble lagt på bordet med den lyse siden ned. Fisken lå fremme for temperering i omtrent 15 minutter.

Skinnet på fisken ble vurdert i sin helhet. Slimets farge og konsistens ble vurdert på hele fisken. Farge og klarhet på hornhinne (kornea) samt form og farge på øyet ble vurdert. Siden fisken ble avlivet med slag mot hodet, oppsto det skade på et øye. Det uskadde øyet ble derfor bedømt. Sløyesnitt ble vurdert ved å se på fargen på snittflatene langs buken. Gjellelokket (opercula) ble åpnet, og farge og konsistens på slim ble vurdert, deretter ble fargen på gjellene vurdert. Lukt på gjellene ble bedømt ved at man luktet ned i selve gjellen.

3.4.4.2 Filetindeks

Utvikling av filetindeksskjema for rødspette er en del av denne masteroppgaven. Det ble tatt utgangspunkt i filetindeksskjema utviklet for torsk av Esaiassen et al., (2013).

Filetindeksskjemaet er presentert i kapittel 4.2.1.3.

Det ble vurdert syv individer per gang. Dette ble gjort etter 6, 10 og 13 dager på is. Et metall-bord ble dekket med papirduk (Versi-Dry Lab Soakers 62050, Nalgene Brand Products, Rochester, NY, USA) og filet fra syv individer ble tatt ut av posene og lagt frem med skinnsiden ned.

Fargen ble vurdert først. Overflaten ble vurdert ved at en finger ble strøket lett over for å se etter oppløst muskel. Spalting ble vurdert ved at hver av de syv filetene ble løftet opp og dratt forsiktig over den ene hånda. Konsistens ble vurdert ved å presse med finger (fast, men ikke for hardt) i filetene, og det ble observert om og hvor hurtig avtrykk forsvant. Lukt ble vurdert sist. Det ble registrert at luktbildet var ulikt det som var beskrevet i metoden for filetindeks på torsk. Ved vurdering av lukt ble det lagt vekt på beskrivelse av luktbildet, ikke bare intensitet.

3.4.5 Kjemiske analyser

3.4.5.1 Vannbindingsevne

Vannbindingsevnen ble bestemt gravimetrisk med fem paralleller á 15 gram per individ etter metoden beskrevet av Ofstad et al. (1993). Prøvene ble oppbevart på is og på kjølerom (0 – 2°C) gjennom hele analysen. Renskåret filet ble grovhakket i Stephan-hakke (Stephan Universalmaschine UM12, A. Stephan u. Söhne GmbH & Co, Hameln, Tyskland) med vannkjøling i 3 x 5 sekunder på hakk nummer en. For å homogenisere massen best mulig ble det brukt en slikkepott mellom hakkingene til å samle fiskemassen ned fra veggene i bollen. Fiskemassen ble plassert i en merket lynlåspose som igjen ble plassert i lynlåsposen fileten hadde ligget i tidligere. Lynlåsposen ble lagt i isoporkasse som var fylt med is dekket med aluminiumsfolie. Det ble lagt et lokk av aluminiumsfolie over isoporkassen.

Korkholder ble tarert på analysevekt (Mettler Toledo MS2404TS, 0-200g, 0,0001g). Sentrifugerør (D= 42 mm) med bunnrør ble veid inn og tarert. Nettrør med tilpasset filterpapir (Whatman Cat No 1004 185) ble plassert oppå bunnrøret. Analysevekten ble tarert og prøven ble veid inn i nettrøret. Prøvene ble sentrifugert (Beckman GS-6R centrifuge) ved 1190 rpm i 15 minutter. Etter sentrifugering ble prøvene plassert i sentrifugestativ i isoporkasse med is dekket med aluminiumsfolie. Det ble lagt et lokk av aluminiumsfolie over isoporkassen.

Korkholder ble tarert. Nettrør med prøverest ble fjernet fra sentrifugerøret. Sentrifugerør og bunnrør med filtrat ble veid.

Vannbindingsevnen ble bestemt for hvert enkelt individ ved å måle væskeslipp og deretter beregne vannbindingsevnen som prosent av bundet vann (Vanninnhold i muskel - væskeslipp) i forhold til totalt vanninnhold.

Væskeslipp i % ble beregnet etter formel 4:

Formel 4: Væskeslipp

$$\text{Væskeslipp \%} = \frac{\text{Mengde filtrat (g)}}{\text{Mengde prøve (g)}} \times 100$$

Filetprøver (grovhakket med Stephan-hakke) ble fryst på fryserom (– 40 °C).

3.4.5.2 Opparbeiding av prøvemateriale til vann-, aske- og protein-innhold

Filet til videre analyser ble fryst inn etter 6 og 13 dager islagring. De innfryste filetprøvene ble tint i lynlåsposer på kjølerom (0–2 °C) dagen før forsøk. De tinte filetprøvene ble homogenisert i 3 x 1 minutt med hurtigmikser (Kenwood FP110, Kenwood Ltd., Havant, UK). For å homogenisere massen best mulig ble det brukt en slikkepott mellom hver runde til å samle fiskemassen ned fra veggene i bollen, i henhold til AOAC 937.03 (AOAC, 2023).

3.4.5.3 Vann- og askeinnhold

Vann- og askeinnhold ble bestemt gravimetrisk med tre paralleller á 10 gram per individ ved å bruke AOAC 950.46 og AOAC 923.03 (AOAC, 2023). Det ble veid inn 10 gram prøve i porselenskål (D= 60 mm) på analysevekt (Mettler Toledo MS2404TS, 0-200g, 0,0001g). Deretter ble prøvene satt i tørkeskap (Binder APT FO 53, Binder GmbH, Tuttlingen, Tyskland) på 103 °C ± 2 °C i 18 timer. Porselensskålene ble tatt ut av tørkeskapet og plassert i eksikator i 30 minutter. Umiddelbart etter at prøvene ble tatt ut av eksikatoren ble de veid på nytt.

Vanninnhold i % ble beregnet etter formel 5:

Formel 5: Vanninnhold

$$\text{Vanninnhold (\%)} = \frac{(m_a - m_b) \times 100 \%}{m_c}$$

Hvor M_a er vekt av innveid prøve, inkludert porselensskål. M_b er vekt etter tørking, inkludert porselensskål. M_c er innveid prøvemengde.

Etter innveiling ble prøvene satt i askeovn (Carbolite OAF 11/2, Carbolite Gero Ltd., Hope, Derbyshire, UK), på $550\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$ over natten. Deretter ble prøvene plassert i eksikator i 30 minutter. Umiddelbart etter at prøvene ble tatt ut av eksikatoren ble de veid på nytt.

Askeinnhold i % ble beregnet etter formel 6:

Formel 6: Askeinnhold

$$\text{Askeinnhold (\%)} \text{ av tørrvekt} = \frac{\text{Vekt etter tørking og forbrenning (g)}}{\text{Vekt etter tørking (g)}} \times 100 \%$$

3.4.5.4 Protein

Proteininnhold ble bestemt ved bruk av Kjeldahl-metoden som beskrevet av Tecator (1992). Det ble laget seks blankprøver ved at det ble tilsatt et nitrogenfritt veiepapir, to kobbersulfat-katalysatortabletter og dispensert 15 ml konsentrert svovelsyre i hvert av oppslutningsrørene.

For hver prøve ble det laget tre paralleller. Det ble veid inn omtrent 1 gram fisk av homogenisert prøve i nitrogenfritt veiepapir, som ble overført til oppslutningsrør. Det ble tilsatt to katalysatortabletter og dispensert 15 ml konsentrert svovelsyre i hvert rør.

Prøvene ble satt i blokka (Tecator Digestor 2530, Foss Analytics, Hillerød, Danmark) som var forvarmet til $420\text{ }^\circ\text{C}$ og manifoilen ble satt på rørene. Under oppslutninga ble det kontrollert at det var kondensering øverst i oppslutningsrøret. Oppslutningen tok omtrent 1 time og 15 minutter (inkludert avkjøling). Stativet med rørene ble løftet ut av blokka når den klare blå fargen var nådd og satt til avkjøling i avtrekk. Etter at prøvene var avkjølt, ble det tilsatt 30 ml destillert vann til hvert av rørene ved hjelp av kippautomat. Vannet ble hellet forsiktig ned langs kanten av røret som så ble ristet forsiktig til god blanding var oppnådd. Prøvene ble analysert i en full-automatisert Kjeldahl-analysator (Kjeltec 8400 Tecator Line, Foss Analytics, Hillerød, Danmark).

Proteininnhold i % ble beregnet etter formel 7:

Formel 7: Proteininnhold

$$\text{Proteininnhold (\%)} = \frac{(pr - bl) \times 14.01 \times N \times 6.25 \times 100 \%}{1000 \times X}$$

pr = ml 0.1 N HCl forbrukt ved titrering av prøve

bl = ml 0.1 N HCl forbrukt ved titrering av blindprøve

N = nøyaktig normalitet av titrervæska, 0.1 N HCl. (4 desimaler)

X = gram innveid prøve våtvekt (4 desimaler)

14.01 = molekylmasse for nitrogen

6.25 = omregningsfaktor fra nitrogen til protein (ammoniakk)

3.4.5.5 Analyse av frie aminosyrer

Samme materiale som ble benyttet til vannbindingsevne, opphakknet filet, ble også benyttet til analyse av frie aminosyrer. Materialet ble fryst etter opphakkning, lagret ved $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ og sendt i fryst tilstand til Nofima BioLab i Bergen. Etter tining ble prøvene homogenisert i en svakt sur løsning (0,05 M HCl) med Norleucin som intern standard. Mengde frie aminosyrer ble videre filtrert og derivatisert med phenylisothiocyanate (PITC), før derivatene ble separert med revers fase HPLC og UV-deteksjon ved 254 nm som beskrevet av Bidlingmeyer et al. (1987).

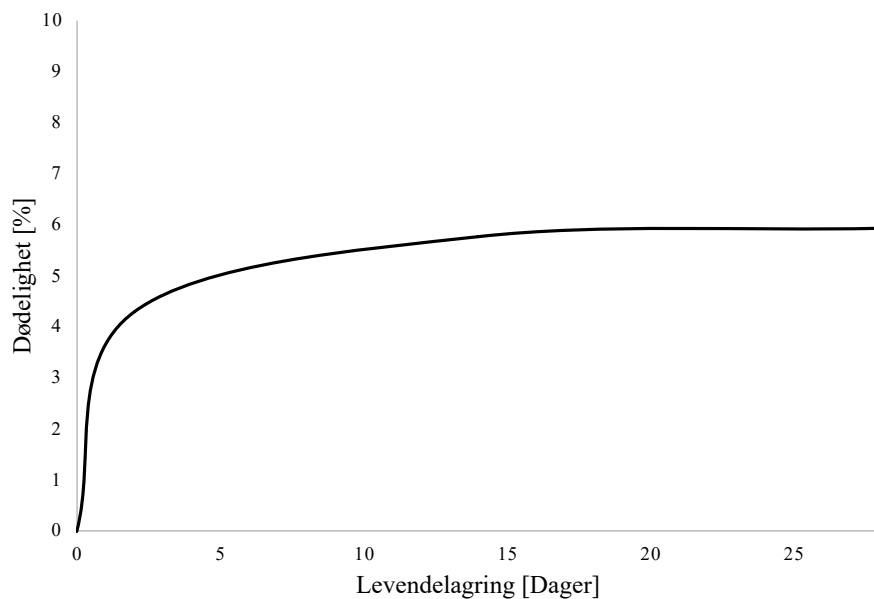
3.5 Statistiske analyser

ANOVA og Turkey HSD Post Hoc-test (IBM® SPSS® Statistics 29, New York, USA) ble benyttet for å undersøke om det var signifikante forskjeller i vann-, aske- og proteininnhold i fisk etter ulik levendelagringstid. Ved bruk av Partial Least Square (PLS)-analyse med Uncertainty test (Unscrambler 11.0, CAMO Analytics AS, Oslo, Norge) er det undersøkt om fiskens lengde, total vekt, sløyd vekt, levervekt, levendelagringstid og islagringstid har signifikant innvirkning på de enkelte parameterne som er vurdert i filetindeks, fangstskadeindeks og velferd, samt på innholdet av aminosyrer. Til øvrig databehandling er Microsoft Excel (Version 2211, Microsoft Corp, Redmond, USA) benyttet.

4 Resultater og diskusjon

4.1.1 Kumulativ dødelighet

Total kumulativ dødelighet gjennom hele levendelagringsperioden vises i figur 6. Under levendelagring ble rødspette som var skadet eller hadde avvikende svømmeadferd avlivet, og inngår i denne kurven sammen med annen død fisk. Det er større økning (%) i dødelighet i starten enn utover i forsøket, dette er forventet (Ingólfsson et al., 2023). Som nevnt i kapittel 2.5 ble dødeligheten i en tidligere studie funnet å være omtrent 3% i løpet av levendelagring av rødspette i 6 uker (Midling et al., 1999). I dette forsøket ble det funnet at kumulativ dødelighet var 0% etter 0 dager levendelagring, 4,5% etter 2 dager, 5,8% etter 14 dager og 5,9% etter 28 dager. Dødeligheten i dette forsøket er dermed høyere. Det er derimot uklart om skadd og døende fisk ble registrert som død fisk i det tidligere forsøket (Ingólfsson et al., 2023).



Figur 6: Total kumulativ dødelighet under levendelagring av rødspette [%].

4.1.2 Modifisering av fangstskadeskjema for rødspette

I dette studiet ble registreringer av fangstskader på rødspette gjennomført ved å modifisere en metode som tidligere er beskrevet for torsk av Esaiassen et al. (2013), og for rødspette av Methling et al. (2017). Skjemaet bygger på prinsippet at enkeltskader vurderes og gis poeng etter hvor alvorlig skaden er (Joensen et al., 2005). Fra skjema utviklet av Esaiassen et al. (2013) ble kategoriene redskapsmerker, skjelltap og klemskader tatt med i fangstskadeindeks for dette studiet. Fra Methling et al. (2017) ble beskrivelsene for skinntap og blødning i skinn, finneskader inkludert finneblødning tatt med i fangstskadeindeks for dette studiet. I Methling et al. (2017) beskrives finneskade som «skadde finner med mild blødning». Ettersom finner kan være uten splitt, men fremdeles ha blødning, ble det i dette fangstskadeskjemaet lagt til en egen kategori kalt «blodsprenget i finnebasis». Ettersom det var forventet at hodets utseende ville være av betydning, ble det lagt til en kategori for hodeskader.

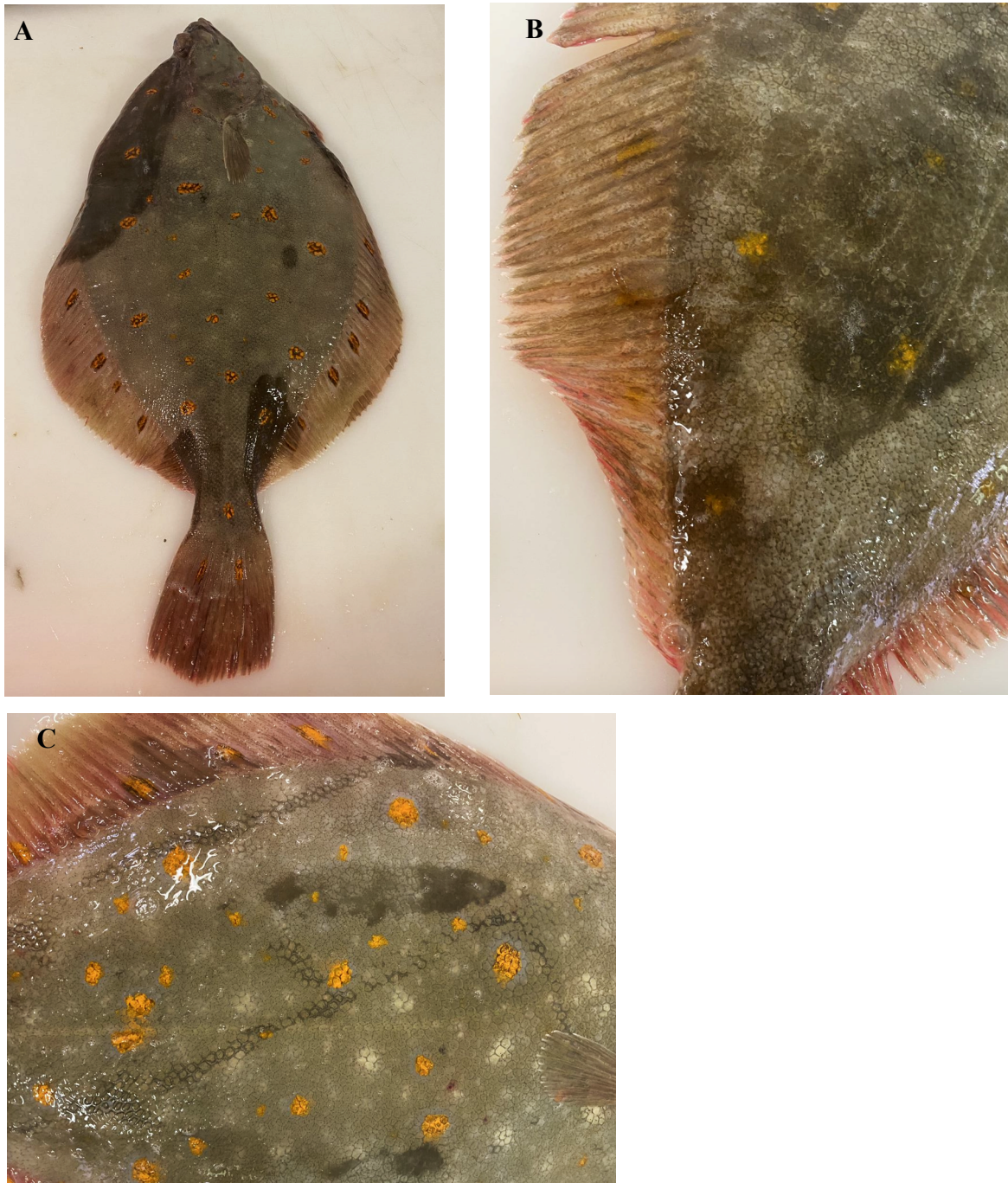
Skjemaet beskriver totalt syv skadekategorier. Hver fangstskade vurderes på enkelt fisk, og det ble gitt poeng etter alvorlighetsgraden. Feilfri fisk hvor aktuelle fangstskader ikke kan sees på fisken gis 0 poeng. Dersom en fangstskade var moderat, ble 1 poeng gitt. Hvis en fangstskade var alvorlig, ble 2 poeng gitt (Esaiassen et al., 2013). De ulike fangstskadene og alvorlighetsgraden til skadene vil ha betydning både for velferden til rødspetten under levendelagring og for kvalitetsvurdering av fisken etter slakting. De ulike kriteriene for vurdering av fangstskader på rødspette er beskrevet i tabell 1 og illustrasjoner av hvordan egenskapene er bedømt er gitt i figur 7, 8, 9, 10, 11, 12 og 13.

Tabell 1: Skjema for vurdering av fangstskade på rødspette fanget med snurrevad.

Kategori	Beskrivelse	Poengskala
Redskapsmerke	Ingen striper	0
	Striper i skinn, noe slitasje eller svak avskrapning i overhuden	1
	Dype striper/merker, perforert hud	2
Blodsprenget	Ingen blødning i skinn	0
	Rød misfarging, røde flekker, sprenget blodkar i skinn	1
	Rød misfarging, større røde blødninger/blodflekker i skinn	2
Avskrapning/skjelltap	Uskadet, glinsende skinn, ingen skjelltap	0
	Mindre skjelltap, < 30% på en side	1
	Stort skjelltap over 30% avskrapning, perforert hud	2
Klemskade	Ingen skade	0
	Grop i muskel	1
	Brekk rygg, synlige klemskader på kropp og hode, indre organer er blottet	2
Finneskade – rygg, buk, hale, brystfinner venstre og høyre	Ingen splitt	0
	En til to splitter, går ikke helt inn til finnebasis	1
	Flere splitter eller splitt som går helt inn til finnebasis, blødende	2
Blodsprenget i finnebasis	Fraværende	0
	Blodsprenget i finnebasis	1
Hodeskade – sår/skade på gjellelokk, snuteparti, beinknuter og kjeve	Ingen skade	0
	Stripeskade, sår, misfarging, avskrapning i overhuden, noe slitasje	1
	Perforert hud, blødende sår, avskrapning i underhuden ned til beinknuter	2

Redskapsmerker

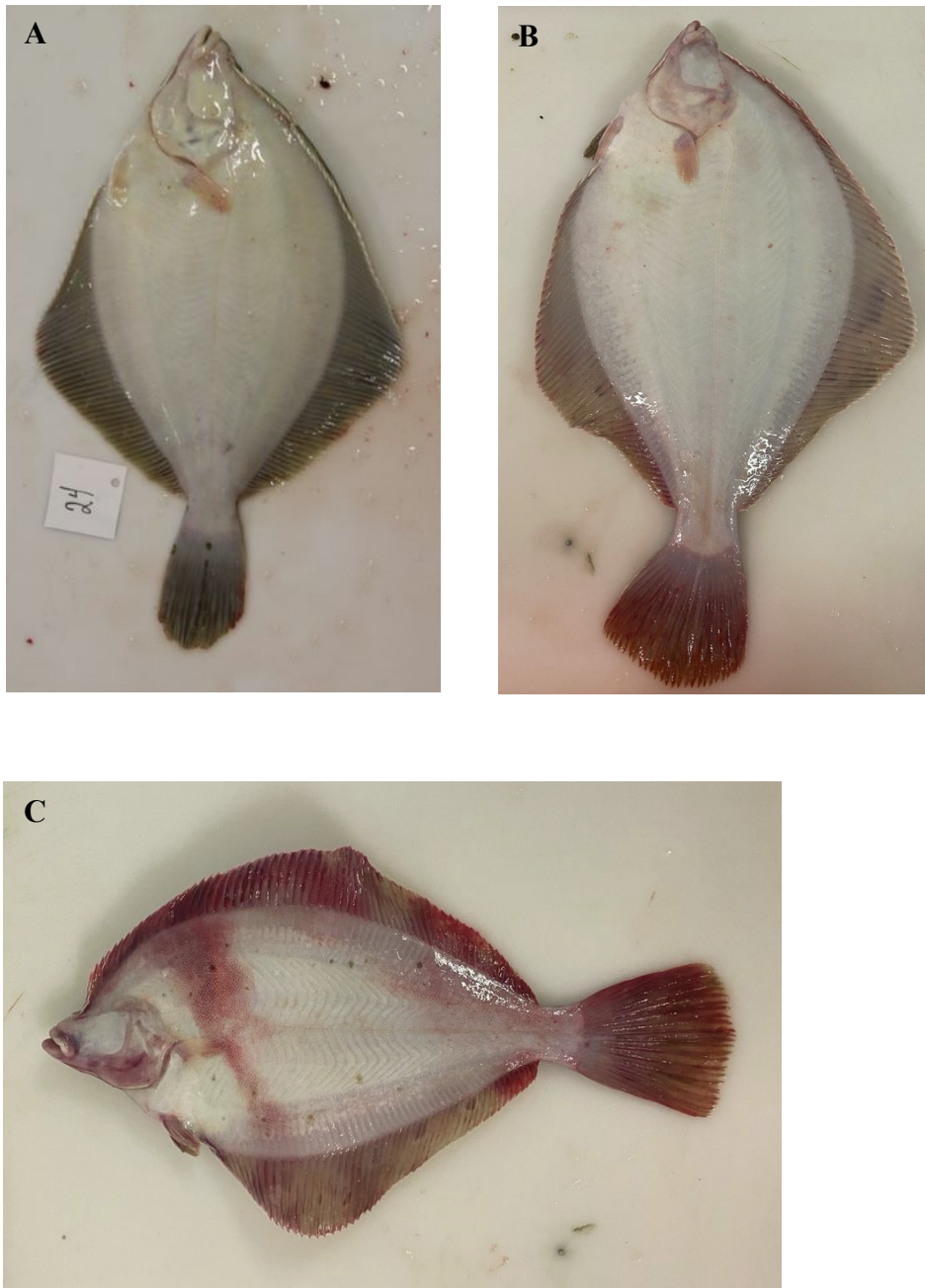
Redskapsmerker kan lett oppstå og kommer fram i skinnen som tydelige striper og merker. Klemming kan i alvorlige tilfeller føre til bloduttredelser i muskelen (Akse & Joensen, 2004). I dette studiet omfatter redskapsmerker striper i skinn, slitasje og svak avskrapning i overhuden eller perforert hud. Disse skadene er relativt lett å se og vurdere med hensyn til alvorlighetsgraden. Figur 7A, B og C viser eksempler på redskapsmerker.



Figur 7: Redskapsmerker etter fangst. A: Fisk uten redskapsmerker (0 poeng). B: Fisk med moderate redskapsmerker (1 poeng). C: Fisk med alvorlige redskapsmerker (2 poeng).

Blodsprengt fisk

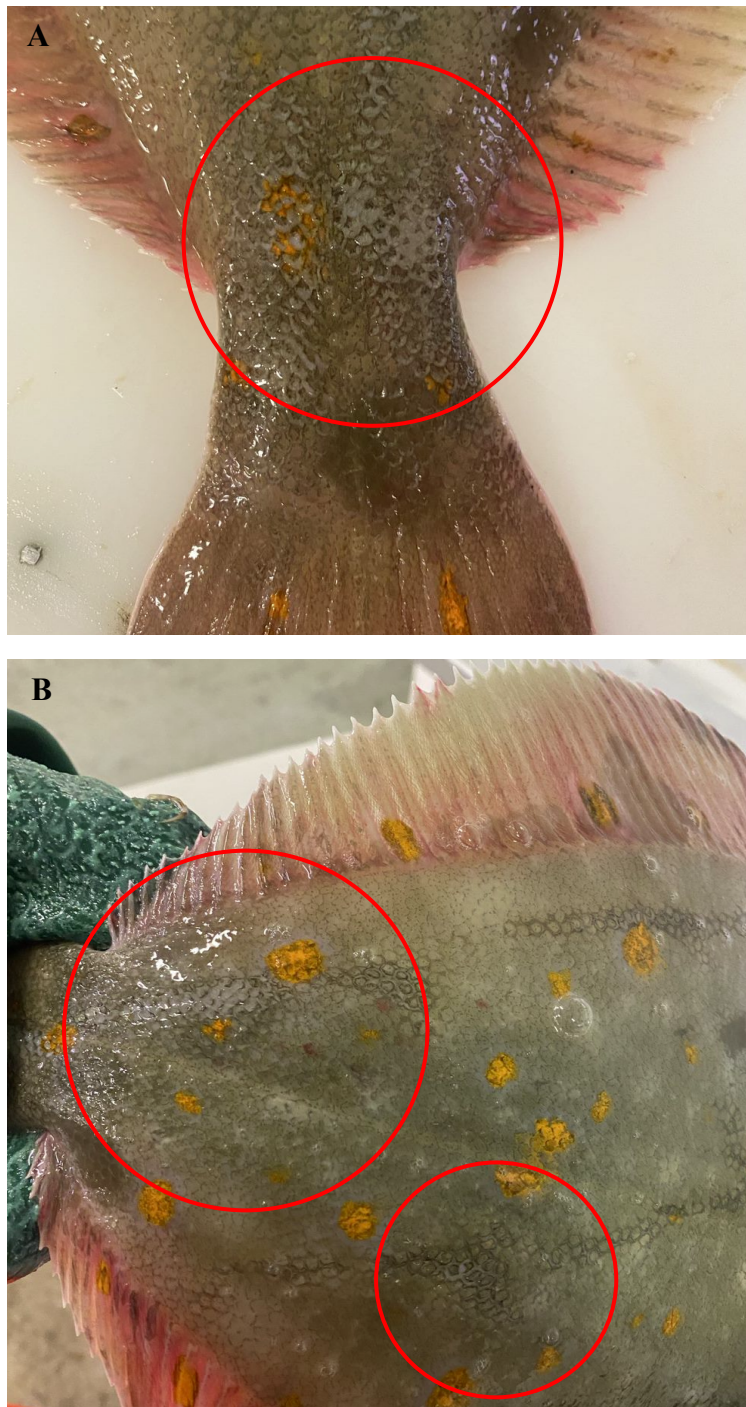
Blodsprengt fisk kan forekomme i fiske med snurrevad, og som regel kommer det fram som tydelig rødfarge på skinnen. I dette studiet omfattet kategorien rød misfarging, røde flekker og sprengte blodkar i skinnen. Intensiteten av bloduttredelsen, samt størrelsen på bloduttredelsen var avgjørende for hvilken poengsum fisken fikk. Gradering etter alvorlighetsgrad for blodsprenning i skinn vises i figurene under. Figur 8A viser feilfri fisk, figur 8B viser moderat blodsprengt fisk med små røde flekker og rød misfarging, og figur 8C viser større røde blødninger i skinnen.



Figur 8: Blodsprenning i skinn. A: Ingen blodsprenning (0 poeng). B: Moderat blodsprenning (1 poeng). C: Alvorlig blodsprenning (2 poeng).

Avskrapning/skjelltap

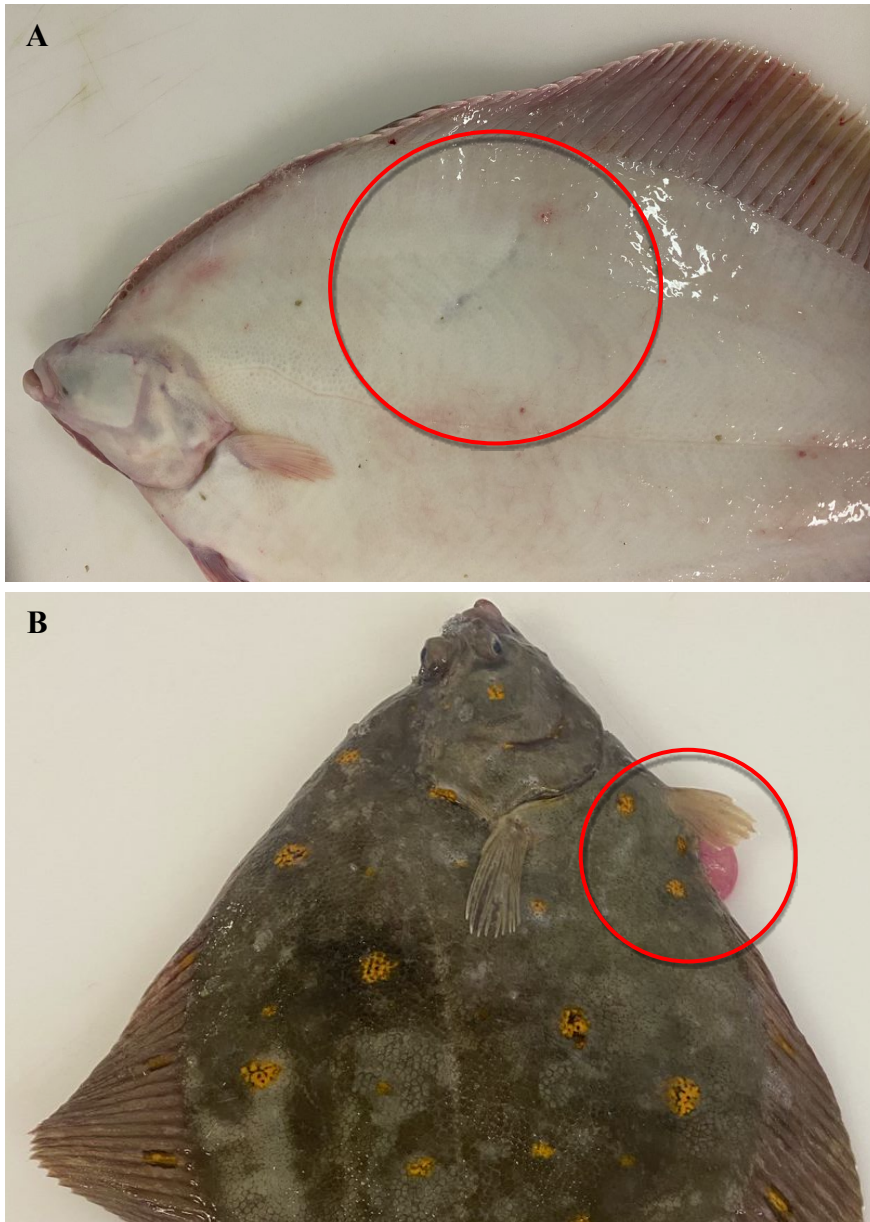
Gnissing mot redskap kan ofte føre til skjelltap og slitasje på skinnet. I dette studiet ble skjelltap vurdert som uskadet, glinsende skinn, ingen skjelltap og mindre skjelltap < 30% på en side, eller stort skjelltap hvor over 30% av fisken har avskrapning og perforert hud. Figur 9A og B viser eksempel på skjelltap.



Figur 9: Skjelltap. A: Skjelltap på halefinne (1 poeng). B: Skjelltap på rygg (1 poeng).

Klemskader

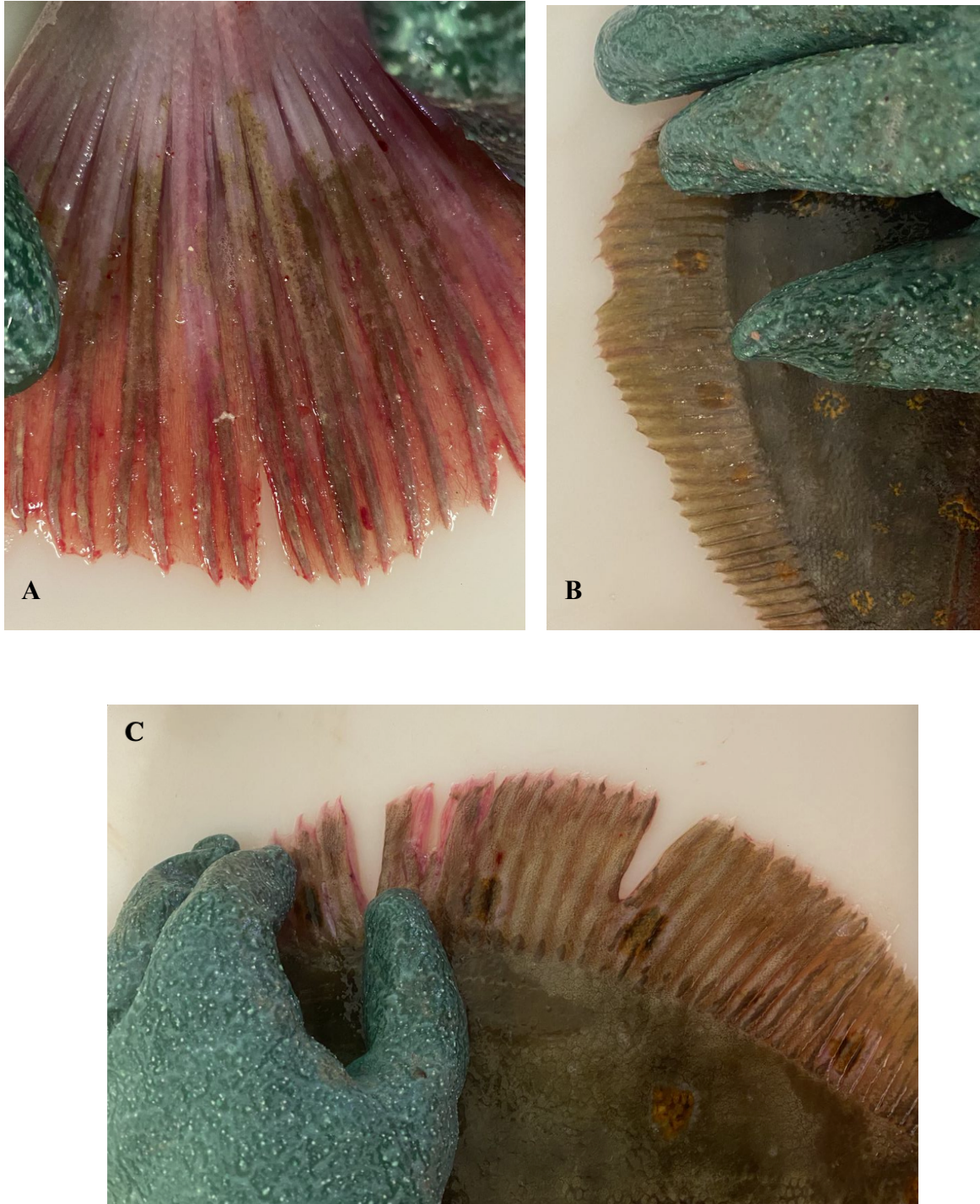
Klemskader kan oppstå i redskapet, ved ombordtaking av fangsten eller under håndtering om bord i binger, kasser eller tanker (Akse & Joensen, 2004). Denne skadekategorien omfatter feilfri fisk, grop i muskel og brekt rygg, synlige klemskader på kropp og hode, eller alvorlige klemskader hvor indre organer er blottet. Figurene under viser eksempler på klemskader som ble funnet under fangstskadevurderingen ved å se på, og å kjenne på fisken. I figur 10A fikk fisken 1 poeng, og på grunn av blottede innvoller fikk fisken i figur 10B 2 poeng.



Figur 10: Klemskader. A: Grop i muskel (1 poeng). B: Blottede innvoller (2 poeng).

Finneskader

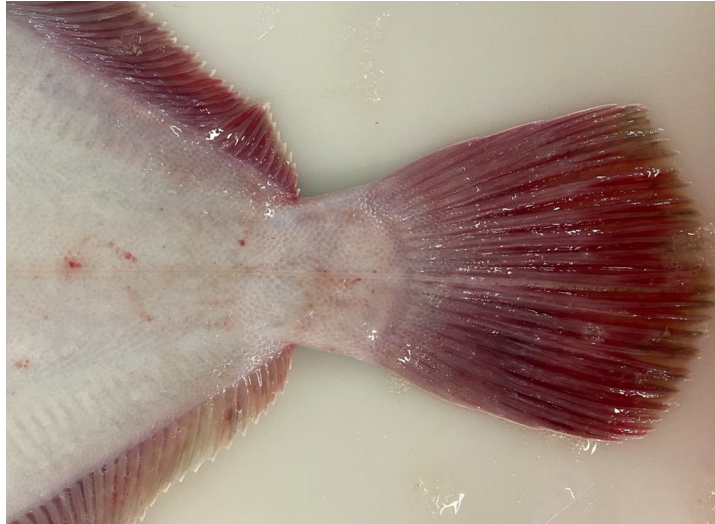
I dette studiet ble finneskader vurdert til ingen splitt (0 poeng), en til to splitt som ikke går helt inn til finnebasis (1 poeng), eller flere enn to splitter som er dypere/går inn til finnebasis og blødende finnesplitter (2 poeng). Figur 11A, B og C viser eksempler på alvorlighetsgrad av finnesplitter.



Figur 11: Finneskader. A: Finnesplitt (1 poeng). B: Finnesplitt (1 poeng). C: Finnesplitt (2 poeng).

Blodsprenget i finnebasis

Blodsprenget i finnebasis ble vurdert etter om finnene var blodsprenget eller ikke, altså ble det gitt 0 eller 1 poeng. Figur 12 viser blodsprenget i finnebasis.



Figur 12: Blodsprenget i finnebasis (1 poeng).

Hodeskade

Denne kategorien omfatter sår og skader på gjellelokk, snuteparti, beinknuter og kjeve. Figur 13 viser svak hudavskrapning på beinknutene. Det ble observert at flere fisk hadde svake hudavskrapninger på beinknutene etter fangst. Dette ble ikke oppfattet som vesentlig med tanke på fiskevelferden når fisken skulle settes i merden (Ingólfsson et al., 2023), men videre utvikling ble overvåket under levendelagringstiden i merd.

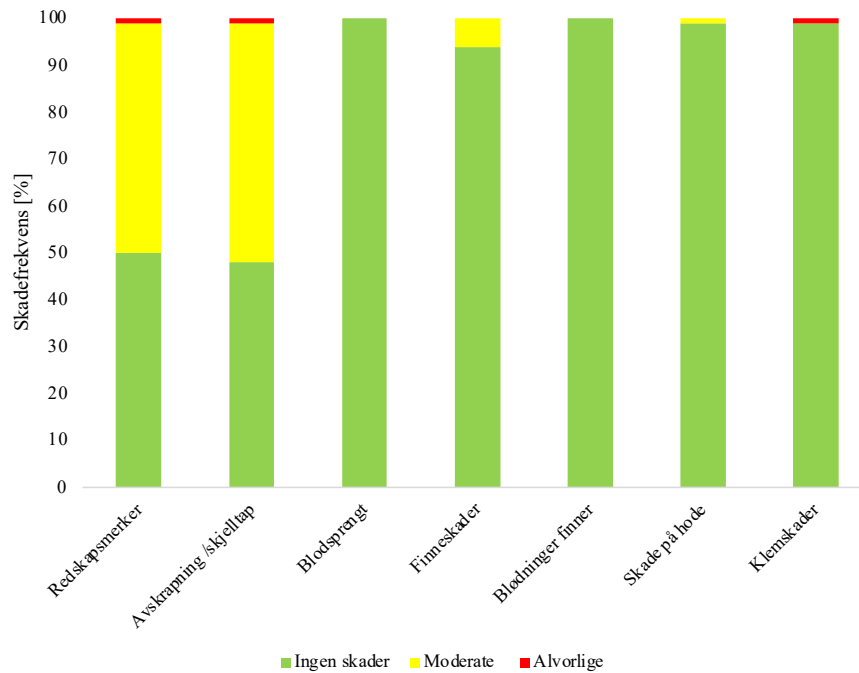


Figur 13: Eksempel på hodeskade, avskrapning på beinknuter (1 poeng).

4.1.3 Fangstskadevurdering av rødspette

Fangstskader registrert like etter fangst

Figur 14 presenterer fangstskader og prosentvis alvorlighetsgrad av skadene på levende fisk rett etter fangst. Generelt ble det her registrert milde fangstskader som redskapsmerker og skjelltap.



Figur 14: Fangstskader registrert rett etter fangst og før levende transport (n=100).

Fangstskader registrert 2 dager etter fangst og avliving

50 fisk ble avlivet og lagret på is i 2 døgn før fangstskadevurdering. Sammenligner man fangstskadene som ble registrert på levende fisk rett etter fangst (figur 14) med de som ble avlivet og islagret ser man at sistnevnte ble vurdert til å ha flere og mer alvorlige skader (figur 15). Noe av grunnen kan være at evalueringen ble gjort av personer med ulik erfaring. Evaluering av levende fisk om bord rett etter fangst ble også gjort i dagslys (figur 14), mens fisken som ble vurdert inne på fiskebruket ble vurdert under lys innendørs (figur 15). Dette kan påvirke vurdering av utseende. Lyset på fiskebruket opplevdes som dårlig og som følge av dette kom ikke redskapsmerkene like godt fram som i vanlig dagslys.

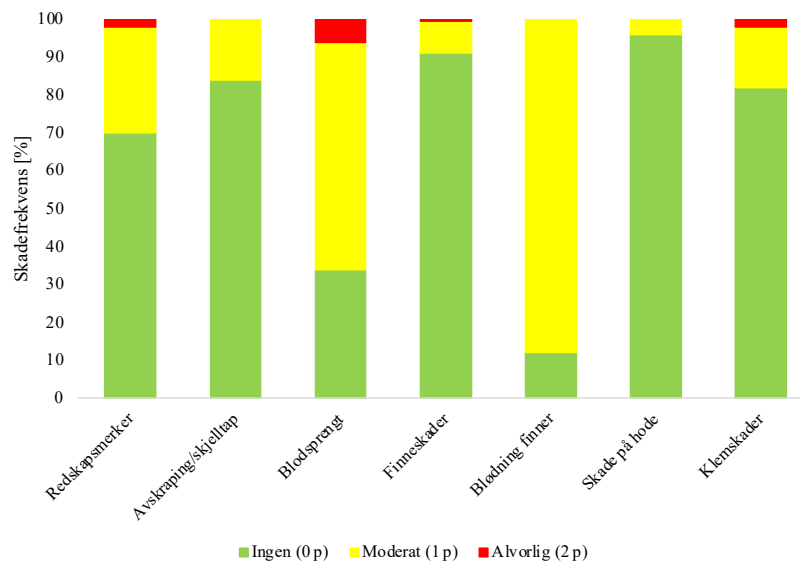
En annen forklaring på hvorfor fisken ble vurdert til å ha flere og mer alvorlige skader, kan være at denne fisken ble avlivet på grunn av teknisk svikt (pumpestans). Det kan derfor tenkes at fisken var mer stresset og hadde lavere oksygentilgang. I tillegg ble fisk som var for skadd til mellomlagring i merd og slaktet om bord, inkludert i denne gruppen. Fisken ble også lagret på is, fram til vurdering av fangstskader. På grunn av dette kan fisken ha fått en del

skader som ikke nødvendigvis er fangstrelatert, noe som kan ha ført til litt feil vurdering og dermed høyere poengsum.

Når det gjelder bloduttredelser i skinn ble det observert hele 30 individer med moderate blødninger og 3 individer med alvorlige blødninger. Ytre skader forårsaket av håndtering vil kunne gi blødning eller blodflekker i muskelen (Akse et al., 2013; Margeirsson et al., 2006; Brinkhof, et al., 2021; Jensen et al., 2022). I dette studiet ble fisken observert å generelt være mer blodsprenget på bukside, i finner og i finnebasis. Hele 44 fisk hadde moderate blødninger i finner, 4 fisk hadde moderate skader i finner og 1 fisk hadde alvorlige skader i finner. Ved bruk av PLS-analyse ble det vist at finneskader på hale økte med fiskens bredde, lengde, vekt og økende levendelagring og at blødning i finner ble signifikant svakere med økende levendelagring. Det ble ikke funnet at tid og størrelse påvirket noen andre finneskader signifikant. PLS-analyse viste også at klemskadene ble signifikant mindre, jo lengre fisken ble levendelagret.

Avskrapning på kropp kan komme av kontakt med fangstredskapet, men på grunn av rødspettas glatte og slimete øyeside var det ikke så lett å vurdere skjelltap. Under kjølelagring ble fisken lagt oppå hverandre i en kasse med is. På grunn av dette var det vanskelig å vurdere om fargeforskjeller i skinnet etter lagring kun var fargeforskjeller, eller om det var avskrapning på kropp. Totalt var det 14 individer som hadde moderate redskapsmerker, og 1 individ alvorlige. Gjennom PLS-analyser ble det funnet at redskapsmerker (striper) øker signifikant med økende lengde og vekt på fisken, samt at skjelltap økte signifikant med økende bredde og lengde. Det ble registrert at 8 individer hadde moderate skjelltap.

Etter fangst ble fisken kun avlivet og ikke bløgget. Det er godt kjent at fisk som stresser, dør i fangstredskap, eller er dårlig bløgget og utblødd vil kunne få bloduttredelser (ecchymosis) eller blodflekker i skinn. Når fisken er i live, brukes muskelen til å presse blodet som ligger i blodvener og blodkapillærer i muskel og hud, fram mot hjertet. Venene hos fisk er bygd opp med et klaffesystem som skal hindre tilbakestrømming av blod, slik at retur av blod til hjertet er avhengig av kontinuerlig muskelbevegelse. Når fisken er stresset, trengt sammen og dør, vil klaffene i venene derfor svekkes, og returen av venøst blod tilbake til hjertet vil avta. Dette kan resultere i en opphopning av blod i både muskler, finner og huden (Sandblom & Axelsson, 2007; Svalheim, 2018). Hos torsk er det dokumentert at større fisk ofte får mer bloduttredelser og blåflekker enn mindre fisk etter fangst (Tobiassen et al., 2022) Dette vil understreke våre funn ved at blødninger i skinn øker signifikant med økende lengde, bredde og vekt.



Figur 15: Fangstskader registrert på fisk som ikke var levendelagret, etter avliving og islagring i 2 dager (n=50).

4.1.4 Modifisering av velferdsskjema for rødspette

I denne oppgaven ble det modifisert et velferdsskjema med utgangspunkt i reflekser og skader som beskrevet av Methling et al. (2017).

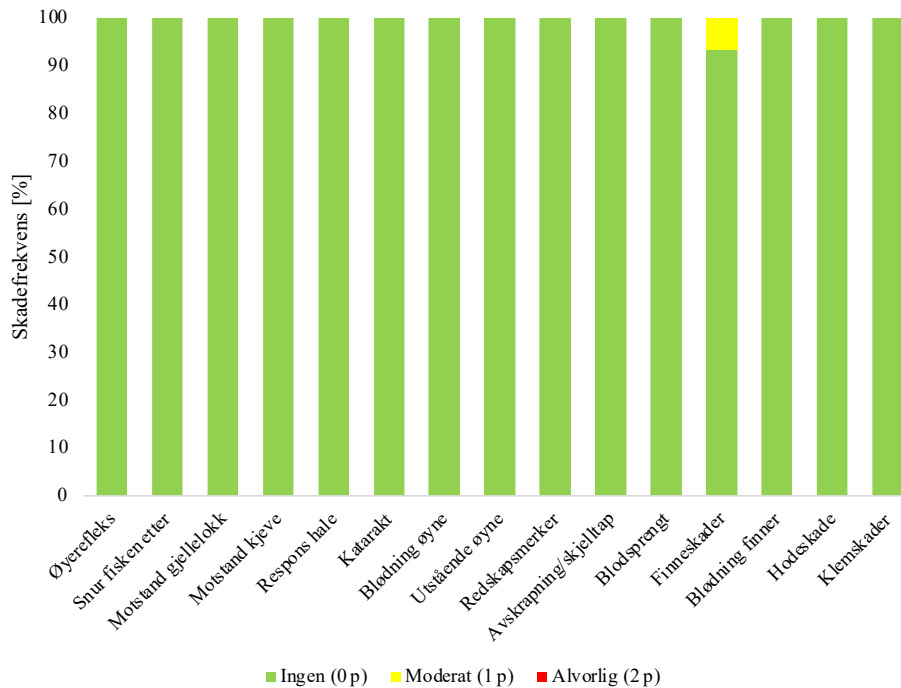
Som beskrevet i 4.1.2 ble det gjort en vurdering av hvordan man skulle beskrive finnene. For velferdsskjemaet ble det i likhet med fangstskadeskjemaet lagt til en egen kategori kalt «blodsprenget i finnebasis». I løpet av levendelagringen ble det gjort ytterligere justeringer i velferdsskjemaet. I utgangspunktet var parasitter en egen kategori, ettersom det var forventet å forekomme. Da det kun ble observert på én fisk ble kategorien tatt bort. En poengsum på 0 tilsvarte utmerket velferd, mens poengsum over dette ble vurdert som nedsatt velferd, se tabell 2. Øyelidelsen katarakt har i lang tid vært relativt vanlig innen oppdrett av laksefisk (Hargis Jr., 1991). Det ble derfor ansett som interessant å ha med katarakt i velferdsskjemaet. Fiskens øyne har også lett for å bli skadet (Hargis Jr., 1991), det ble derfor også tatt med blødning og utstående øyne. Som nevnt i 4.1.2, vil de ulike fangstskadene, alvorlighetsgraden til skadene, og hvordan skadene utvikler seg under levendelagring ha betydning for velferden til rødspetten under levendelagring. Vurdering av enkelte fangstskader ble derfor inkludert i velferdsskjemaet. Som beskrevet i 2.4 er fiskens slim, hud og skjell viktig for fiskens helse. Det ble derfor bestemt at redskapsmerker skulle være en kategori i skjemaet. Det ble også bestemt at det ville være interessant å ta med fangstskadene klemskade og hodeskade videre i velferdsskjemaet.

Tabell 2: Skjema for vurdering av velferd hos rødspette.

Kategori		Poengskala
Refleks	Øyerefleks, vending, motstand gjellelokk, motstand kjeve, respons ved spordgrep	0: OK/Normal refleks 1: Fraværende
Øyne	Katarakt	0: Fraværende 1: Endring
	Blødning	0: Ingen blødning 1: Blødning
	Utstående øyne	0: Konveks, utstående 1: Flat, til oppsvulmet 2: Flat, innsunket i midten
Redskapsmerker	Striper	0: Ingen merker 1: Striper i skinn 2: Dype stripmer/merker
	Avskrapning kropp	0: Uskadet, glinsende skinn, ingen skjelltap 1: Mindre skjelltap, < 30% på en side 2: Stort skjelltap, perforert hud, over 30%
	Blødninger (hel fisk)	0: Ingen blødning 1: Moderat rød misfarging, røde spotter og/eller sprengte blodkar 2: Kraftig rød misfarging, større røde blødninger/blodflekker
Finnesplitt	Rygg, buk, hale, brystfinne høyre og venstre	0: Ingen splitt 1: En til to splitter, går ikke helt inn til finnebasis 2: Flere splitter, går helt inn til finnebasis
Blodsprenget i finnebasis		0: Fraværende 1: Blodsprenget i finnebasis
Klemskade		0: Ingen skade 1: Klemt i haleparti 2: Brekt rygg, klemt i ryggstykket
Hodeskade	Sår/skade gjellelokk, snuteparti, beinknuter og kjeve	0: Ingen skade 1: Stripmer, skader, sår, misfarging, avskrapning i overhuden 2: Perforert hud, blødende sår, avskrapning i underhuden

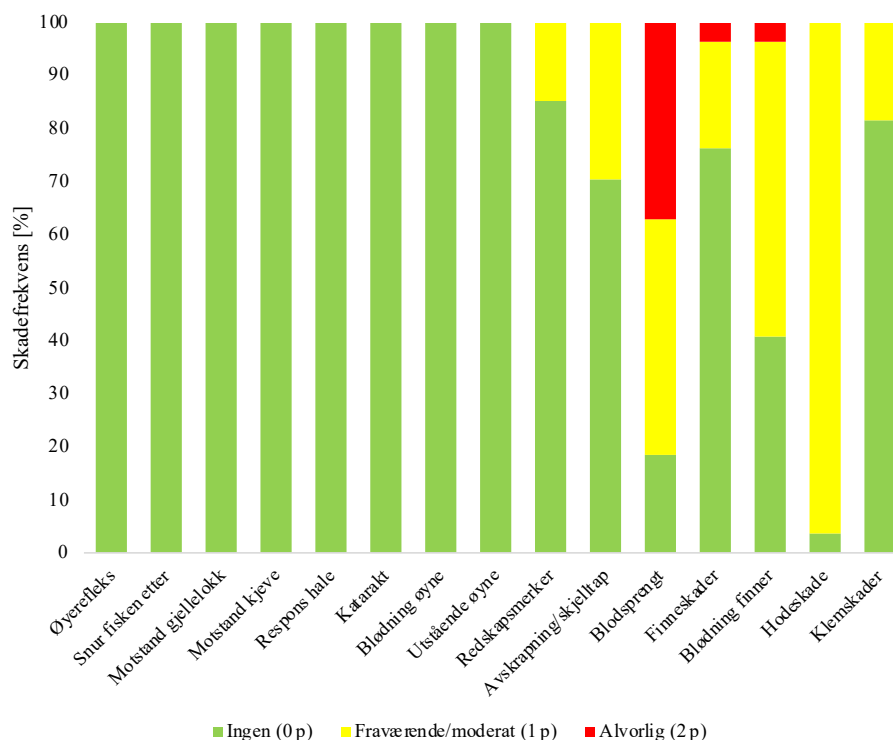
4.1.5 Velferdsvurdering av rødspette

I dette studiet ble velferdsvurdering gjort 3 (n= 6), 18 (n= 27) og 26 (n= 27) dager etter utsett. Etter **3 dager** levendelagring hadde 2 av 6 moderate finneskader i hale. Ellers var det ikke registrert endringer, se figur 16.



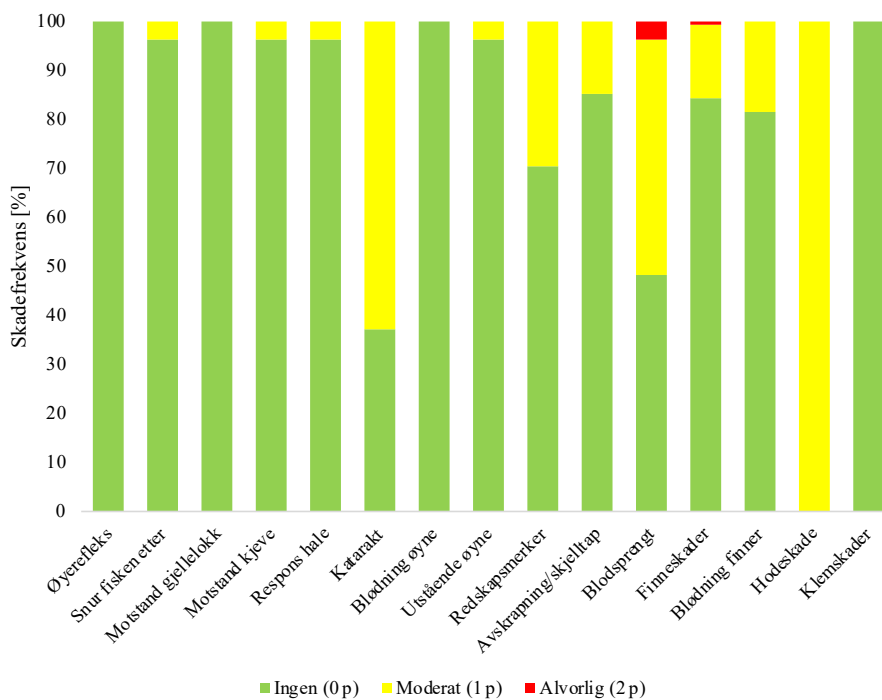
Figur 16: Samlet poengsum for velferd, etter 3 dager levendelagring (n = 6).

Etter **18 dager** levendelagring ble det registrert økning i redskapsmerker, avskrapning/skjelltap, blodsprenget, finneskader, blodsprenget i finner, hodeskader og klemskader, se figur 17. På grunn av registrering av alvorlig skadet fisk og nedsatt velferd ble 73 individer tatt ut og avlivet. Av disse fiskene utgjorde 27 stykk materialet fra dette uttaket. Dette medfører at uttaket ikke blir representativt for hva som skjer under levendelagring. 4 av de 27 individene hadde moderate redskapsmerker og 8 av 27 moderate skjelltap. Det ble også registrert at 12 av de 27 individene hadde moderate bloduttredelser, og 10 av 27 hadde alvorlige bloduttredelser. Den største endringen var utviklingen av slitasje på hodet hvor 26 av 27 individer hadde moderat slitasje. Det ble også funnet å være en del finneskader etter 18 dager levendelagring, hvor blant annet 8 av 27 individer hadde moderate skader på ryggfinne. På gattfinne hadde 4 individer moderate skader og 1 individ hadde alvorlige skader. For halefinne ble 3 individer funnet å ha alvorlige skader, og 11 moderate. Fisken i dette uttaket var også de eneste i forsøket som hadde skader på brystfinnerne, henholdsvis 4 moderate skader og 1 alvorlig.



Figur 17: Samlet poengsum for velferd, etter 18 dager levendelagring (n = 27).

Etter **26 dager** levendelagring var det 1 av 27 individ som hadde nedsatt refleks, se figur 18. Dette betyr at fisken ikke snudde seg, ikke hadde motstand i kjeve, eller responderte ved spordgrep. Den største endringen etter 26 dager levendelagring ble funnet i øynene. Resultatene viser at hele 17 av 27 individer hadde regnbuepreg på øynene. I tillegg ble det registrert at 1 av individene hadde flate, til oppsvulmede øyne. Moderate redskapsmerker ble registrert på 8 av 27 individer. Utover i lagringstiden kan fangstskader forverres og påføre fisken unødvendig lidelse (Humborstad et al., 2013). Det er derfor viktig å sortere ut fisk med sårskader for å minske sannsynligheten for redusert velferd, utvikling av sykdom, og risiko for smitte til annen fisk under mellomagring i merd. Som oftest kommer skadene av kontakt med notlin, eller steiner i snurrevadsekken (Midling et al., 1999). Sammenlignet med fisk levendelagret i 18 dager var redskapsmerkene blitt doblet etter 26 dager levendelagring, noe som tyder på at redskapsmerkene ble forverret under levendelagringen. Når det gjelder bloduttredelser i skinn var det 13 individer som hadde moderate blødninger og 1 individ som hadde alvorlige blødninger. Alle fiskene hadde moderat slitasje på beinknutene på hodet. Ingen ble registrert å ha klemskader. Det ble funnet at 5 av 27 individer hadde moderat skade på ryggfinne og 1 individ hadde alvorlig skade. På gattfinnen hadde 4 individer moderate skader, og 11 individer hadde moderate skader på halefinnen.



Figur 18: Samlet poengsum for velferd, etter 26 dager levendelagring (n = 27).

Utvikling og trender i velferd gjennom levendelagringen

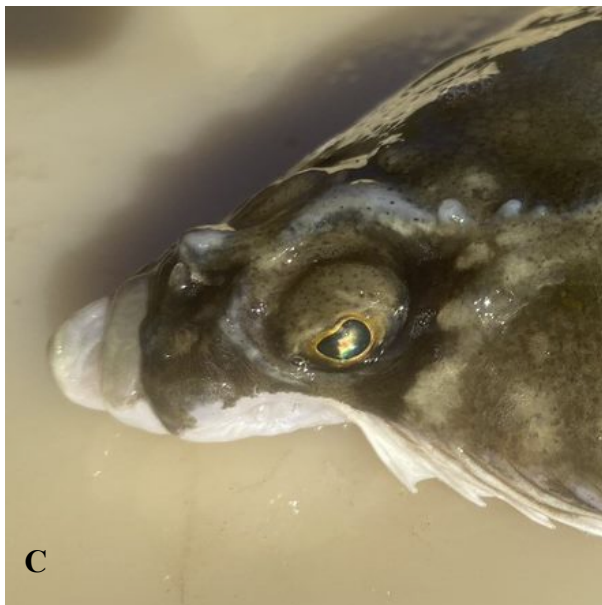
For å se litt på helheten for velferd gjennom levendelagring, er utviklingen oppsummert.

Øynene og beinknutene er de mest utsatte punktene på hodet, og i løpet av levendelagringen var det også her det ble observert størst endringer. Etter endt levendelagringsperiode ble det registrert at totalt 53 av 60 individer hadde moderate hodeskader, hvor mesteparten av skadene var slitasje på beinknuter. Av 60 individer var det totalt 12 med moderate redskapsmerker og avskrapninger/skjelltap. Totalt 25 individer hadde moderate bloduttredelser i skinn og 11 hadde alvorlige bloduttredelser i skinnen.

Etter endt levendelagringsperiode var det totalt 17 av 60 individer som viste endring og tydelige tegn til regnbuepreg på øynene. Figur 19A viser friske øyne hos rødspette hvor pupillene er sorte. Figur 19B viser et mer mattet uttrykk med en hvitaktig hinne og sort pupille. Figur 19C viser tydelig endring på øynene hvor pupillen har fått et regnbuepreg og en mattet hornhinne. Innen kveiteoppdrett er øyeskader et betydelig problem. Årsaken kan være aggressiv atferd (øyenapping), sår eller kollisjoner med fysiske strukturer som notlin. Det er ikke avklart hvilken betydning dette har for vekst, men data har indikert at kveite som mangler øyne vokser dårligere enn fisk som er uskadet (Nortvedt & Tuene, 1995).

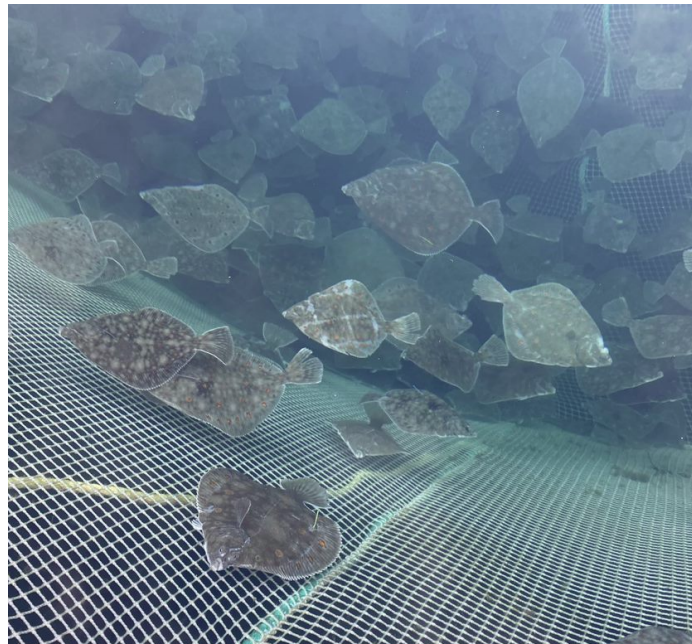
Katarakt har som nevnt tidligere i lang tid vært relativt vanlig innen oppdrett av laksefisk og er blant annet relatert til ernæring (Hargis Jr, 1991). Hos laks er det også registrert at høyere vanntemperaturer kan være en risikofaktor for utvikling av katarakt

(Waagbø et al., 2010). Gjennom PLS-analyser ble det funnet at fisken fikk signifikant mer katarakt med økende levendelagring, i tillegg ble det vist at størrelsen (lengde og bredde) også hadde signifikant innvirkning på katarakt: jo større fisk, jo mer katarakt (vedlegg 8.1). I tillegg til å være et etisk velferdsspørsmål, kan katarakt representere økonomiske tap på grunn av redusert tilvekst og potensiell kvalitetsnedgradering (Menzies et al., 2002).

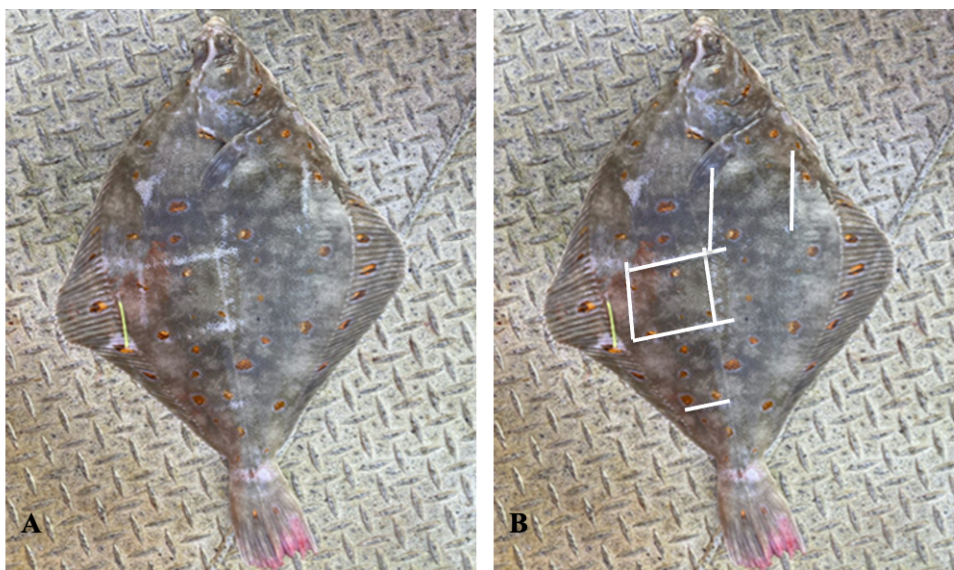


Figur 19: Øyne hos ulike individer rødspette. A: Friske sorte pupiller (0 poeng). B: Regnbuepreg på pupiller (1 poeng). C: Regnbuepreg på pupiller ved forsøkets slutt (1 poeng).

Gjennom levendelagringen ble det også observert at redskapsmerkene kom tydeligere frem i skinnet. Dette er i samsvar med Humborstad et al. (2013) som fant ut at fangstskader kan forverres utover i lagringstiden. Overfladiske sår kan leges raskt, mens dypere sår vil leges langsommere. Helningsprosessen og -hastigheten avhenger av art, alvorlighetsgrad, miljøparametere og ernæringsbehov (Anderson & Roberts, 1975). I figur 20 kan man se rødspette med tydelige redskapsmerker sett fra overflaten i merden. Redskapsmerker i skinnet til rødspette etter 18 dager levendelagring vises i figur 21A og B.

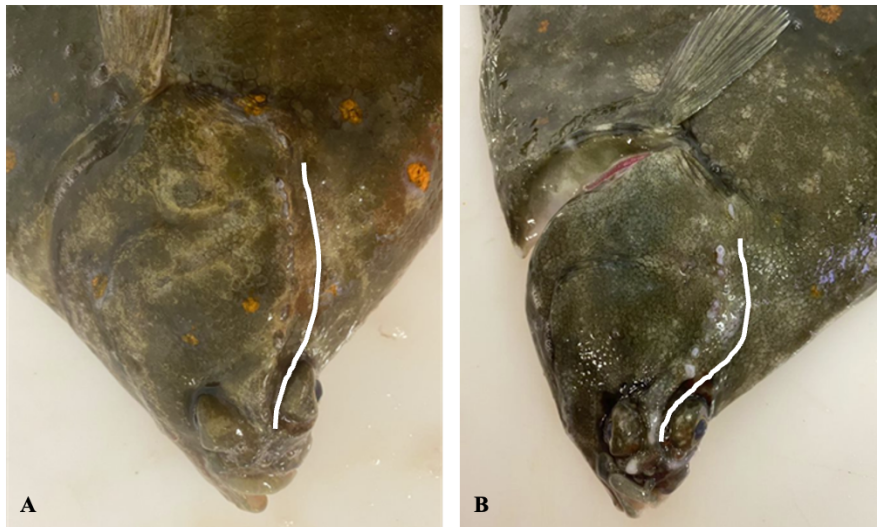


Figur 20: Rødspette i merd sett fra overflaten.



Figur 21: Redskapsmerke etter 18 dager levendelagring. A: Fisk med redskapsmerke. B: Samme fisk, hvor redskapsmerket er markert med hvite linjer.

Som nevnt ble det observert at flere individer hadde en svak hudavskrapning på beinknutene ved fangstskadevurderingen. Dette ble ikke oppfattet som vesentlig med tanke på fiskevelferden når fisken skulle settes i merd, men ble overvåket under levendelagringen. I figur 22A og B ser man utvikling av slitasje på beinknutene på hodet til rødspette. Resultatene viser at gjennom levendelagringsperioden hadde totalt 53 av 60 individer utviklet moderat slitasje på beinknutene, se figur 23. Hudavskrapninger har ikke tidligere blitt oppfattet som vesentlig med tanke på markedet, og eksportører og deres kunder i utlandet har heller ikke kommentert dette (Midling et al., 1999).



Figur 22: Beinknuter på hodet til rødspette, markert med hvit linje. A: Beinknuter uten slitasje. B: Beinknuter med slitasje.



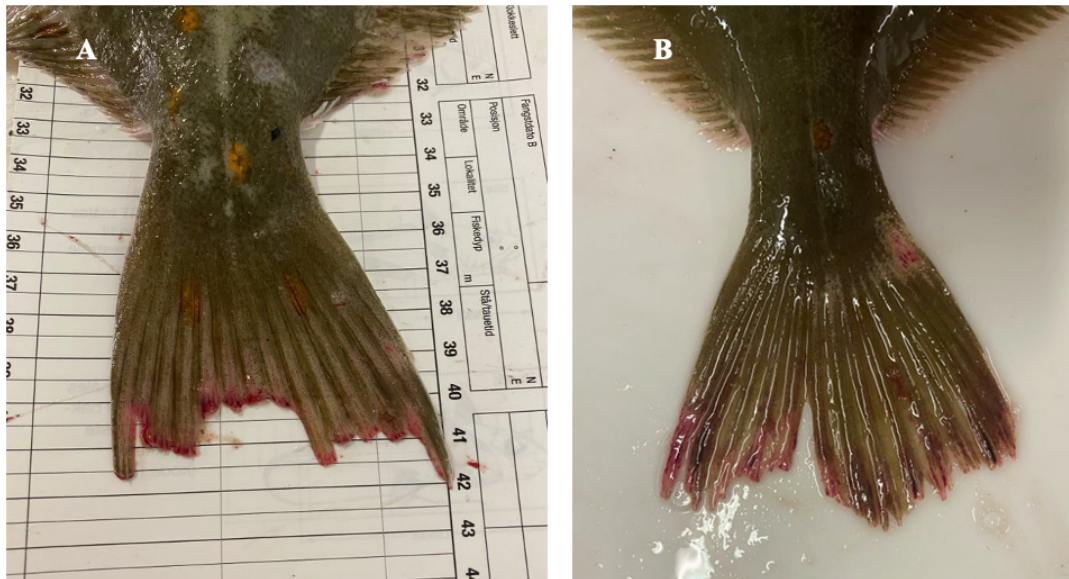
Figur 23: Hodeskade bestående av blødende sår og avskrapning i under huden. Her ser man også skjelltap rundt gjellelokket og oppå hodet (2 poeng).

To skadde individer med bitemerker vises i figur 24A og B, disse var levendelagret i 18 dager. I kveiteoppdrett kan det være utbredt med bittskader langs finnebremmene på buk- eller brystfinnene. Åpne sår kan føre til bakterieinfeksjoner som blant annet kan påvirke overlevelse. Dette kan være tegn på mistriksel (Karlsen, 2004). Eksemplene i figur 24 hadde så alvorlige skader at de ville påvirket individenes overlevelse, og de måtte derfor avlives.



Figur 24: To skadde individer med bitemerker. A: Mørk side med bitemerker og sårskader. B: Lys side med bitemerker.

Finneskade hos to ulike individer er vist i figur 25A og B. I landbaserte anlegg for kveite har det vært et problem at fisken får sår langs finnebremmer og på buksiden. Dette er trolig slitasjeskader ettersom kveite har en tendens til å grave seg ned (Karlsen, 2004). Finneskadene i figuren kan også skyldes rovdyr (Ingólfsson et al., 2023). I figur 26 ser man et individmerke i finnefestet på en rødspette. Som figuren viser er det avskrapninger i huden rundt merket, noe som kan komme av at andre rødspetter forsøker å bite i merket.



Figur 25: Finneskade hos to ulike individer (2 poeng). A: Levendelagret i 18 dager. B: Levendelagret i 26 dager.



Figur 26: Individmerke Floy «T-Bar» tag i finnefestet etter 18 dager levendelagring.

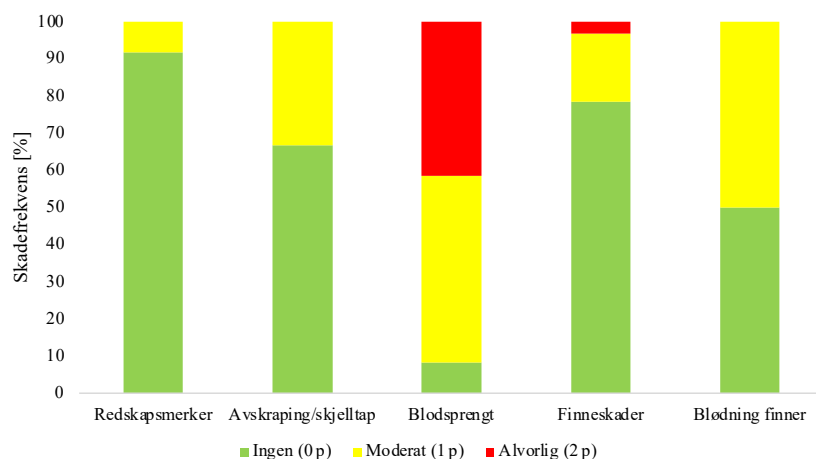
4.1.5.1 Tetthet under transport og utvikling av fangstskader under levendelagring

For å undersøke om tetthet under transport påvirker utvikling av fangstskader, er fangstskader som ble registrert under levendelagring presentert for fisk fra begge tettheter.

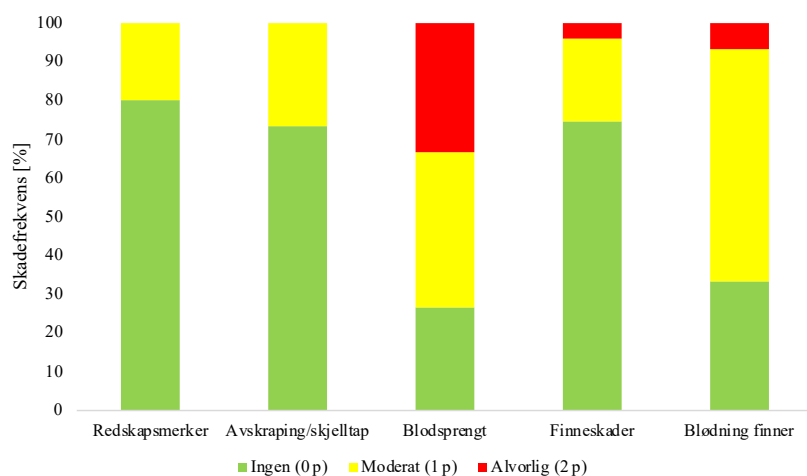
Generelt var dødeligheten rett etter fangst og under transport lav. Denne var henholdsvis 1,0% ved transporttetthet på omtrent 250 kg/m² og 1,5% ved transporttetthet på omtrent 500 kg/m².

Figur 27 og 28 viser fangstskader på fisk som var transportert til merd med tetthet på omtrent 250 kg/m² og 500 kg/m² vurdert etter **18 dager** levendelagring. Ved å sammenligne tetthetene ser man en høyere andel uten redskapsmerker, på fisken som har vært transportert ved tetthet på 250 kg/m². Ved tetthet på 500 kg/m² viser også figuren en større andel moderate redskapsmerker. Når det gjelder avskrapning på kropp er det høyere andel fisk med moderate avskrapninger ved tetthet på 250 kg/m², kontra tetthet på 500 kg/m². Det kommer også fram at fisk som er transportert med tetthet på 250 kg/m² har høyere andel moderate og alvorlig bloduttredelser i skinnet enn med tetthet på 500 kg/m². Det var noe lavere andel fisk med moderate og alvorlige finneskader og blødning i finner ved tetthet på 250 kg/m² enn ved 500 kg/m². Forskjellene på andel skader på fisk fra de ulike tetthetene, kan forklares med naturlige variasjoner, tilfeldigheter og størrelse på utvalgene.

Som tidligere nevnt kan skader som oppstår på fisken under fangst enten forsterkes eller forminskes under en påfølgende levendelagring (Humborstad et al., 2013). Midling et al. (1999) fant at rødspette levendelagret 3 dager i tank, ikke viste tegn til nedsatt velferd. Med tanke på velferd, dødelighet og restitusjon under transport, viste resultatene at en tetthet på 250 kg/m² ga lav dødelighet og god restitusjon. Forsøket viste også at rødspette kan transporteres levende med relativt høy tetthet, med forbehold om skånsom fangst og håndtering, i tillegg til god tilgang på oksygenrikt vann under transport (Ingólfsson et al., 2023). Uansett, selv om det er indikasjoner på at rødspetten restituerte i tankene under transport og under mellomagring i merden, så vil ikke dette nødvendigvis si at velferden til fisken er god. Fisken er tatt ut av sitt eget habitat, og trengt sammen både i fangstredskap og under transport, i tillegg til å bli satt i fangenskap uten tilgang på fôr og mulighet til å grave seg ned for å søke beskyttelse. Med tanke på dette kan vi ikke utelukke at velferden til fisken er redusert. Spesielt når man vet at villfisk kan respondere noe annerledes på forholdene under transport og levendelagring, enn domestisert oppdrettsfisk (Breen et al 2020; Chandararathna et al., 2021).



Figur 27: Fangstskader på fisk ført med tetthet 250 kg/m² under transport, etter 18 dager levendelagring (n=12).

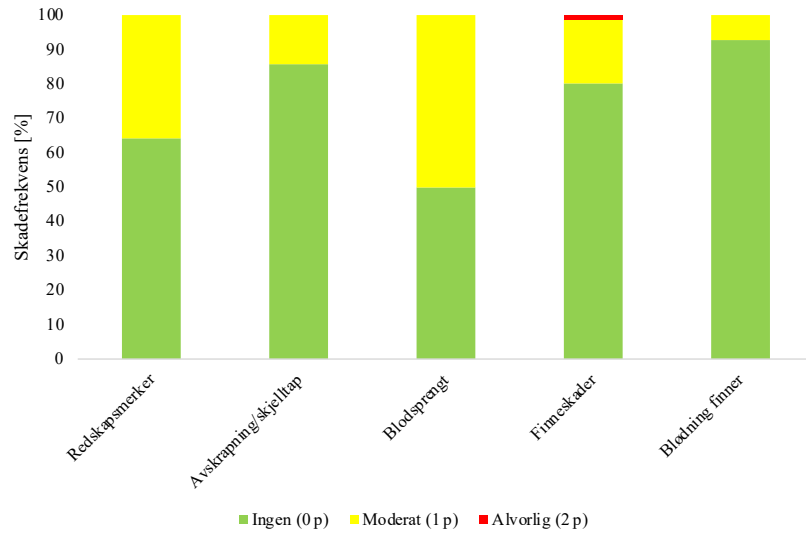


Figur 28: Fangstskader på fisk ført med tetthet 500 kg/m² under transport, etter 18 dager levendelagring (n=15).

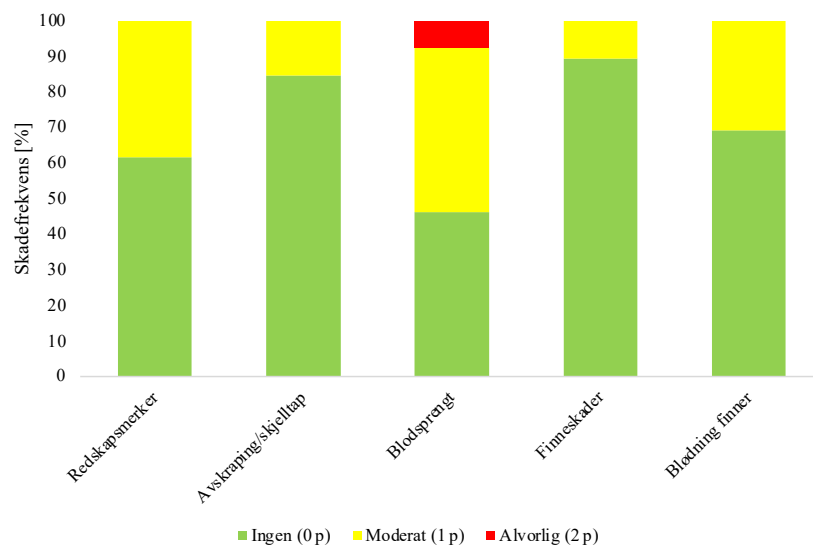
Fangstskader registrert på fisk som var transportert til merd med tetthet 250 kg/m² og 500 kg/m² etter **26 dager** levendelagring er vist i figur 29 og figur 30. Ved å sammenligne fangstskader ved de forskjellige tetthetene ser man at andelen redskapssmerker og avskrapning på kropp er relativt like. Derimot er andelen moderate og alvorlige blodutredelser i skinn på fisk høyere ved en tetthet på 500 kg/m² enn ved 250 kg/m². Blødning i finner har også en høyere andel moderate skader ved tetthet på 500 kg/m² enn ved 250 kg/m². Som nevnt i kapittel 2.9 kan fisk som er stresset omfordele blodet mellom organer og muskler (Soldatov, 2006). På grunn av høyere tetthet kan det derfor tenkes at fisken er mer stresset, noe som videre kan føre til mer blodutredelser i skinn.

Når det gjelder finneskader er prosentandelen ganske lik, men noe høyere moderate og alvorlige ved tetthet på 250 kg/m². Det er vanskelig å si hvorfor det er forskjell, men det er velkjent at fisk som er sultet kan være mer aggressiv og det kan derfor tenkes at noe

finnenapping vil forekomme. I tillegg vil det være naturlig variasjon i restitusjon, noe som kan forklare den lille forskjellen. Som følge av at fiskene er fanget i flere hal, og at hvert hal er unikt på grunn av vær, vind og tidevann, kan det også tenkes at skadene som oppstod under fangst og er blitt forverret under levendelagringen.



Figur 29: Fangstskader på fisk ført med tetthet 250kg/m2 under transport, etter 26 dager levendelagring (n=14).



Figur 30: Fangstskader på fisk ført med tetthet 500 kg/m2 under transport, etter 26 dager levendelagring (n=13).

4.1.6 Fiskens fysiologi

For å kontrollere om fisken hadde spist under sulteperioden ble mageinnhold undersøkt. Da fisken kom i land rett etter fangst, hadde 88% mageinnhold. Etter 18 dager levendelagring hadde 2,2% mageinnhold og etter 28 dager levendelagring var det 0% som hadde mageinnhold.

Total lengde, rund vekt, kondisjonsfaktor og leverindeks er gitt i tabell 3. I dette forsøket viste det seg at K-faktor rund og sløyd holdt seg stabil gjennom levendelagringen, mens leverindeksen falt signifikant under levendelagringen. Tidligere forskning har vist at rødspette har omtrent halvparten så høy basalmetabolisme som torsk. I et forsøk gjennomført av Fiskeriforskning ble det funnet at rødspette hadde en vektreduksjon på 9% i løpet av 16 uker. Dette tilsvarer et ukentlig vekttap på 0,56% per uke (Midling et al., 1999). En leverindeks på rundt 0,5% er trolig et minimum for hva fisken kan tolerere. Det vil si at videre energiforbruk må komme fra muskelfett og -proteiner (Ingólfsson et al., 2023).

I en kartlegging gjennomført av Havforskningsinstituttet på høsten, ble det funnet geografisk variasjon i størrelse og kondisjonsfaktor (rund) på rødspette. Generelt var det lengst nord på kysten, fra Nordland til Finnmark, de største fiskene ble tatt. I Finnmark og Nord-Troms ble den gjennomsnittlige kondisjonsfaktoren funnet å være høyest, med 1,24 – 1,28. Variasjonen kan ikke forklares med bare årstid, ettersom rødspetter med både høyest og lavest kondisjon ble tatt prøver av samme måned. Det er en mulighet at rødspette i nordlige områder generelt er i bedre kondisjon enn i sørlige områder (Frantzen et al., 2020). Kondisjonsfaktor i dette studiet ble beregnet på fisk fra samme årstid og omtrent samme område, og ble funnet å være $1,1 \pm 0,1$. Denne kondisjonsfaktoren er relativt lik det Havforskningsinstituttet fant. Den lille variasjonen kan skyldes naturlige variasjoner i beiteaktivitet og -områder.

Tabell 3: Total lengde (cm), vekt (g), K-faktor rund, K-faktor sløyd og leverindeks (%) under levendelagring (gjennomsnitt \pm SD).

Levendelagring	0 dager	18 dager	26 dager
Total lengde (cm)	43 \pm 4,4 (n=50)	45 \pm 5,3 (n=73)	42,8 \pm 5,9 (n=105)
Vekt (g)	968 \pm 349,2 (n=50)	1063 \pm 420,1 (n=73)	900 \pm 406,6 (n=105)
K-faktor rund	1,1 \pm 0,1 (n=50)	1,1 \pm 0,1 (n=73)	1,1 \pm 0,1 (n=105)
K-faktor sløyd	1,1 \pm 0,1 (n=50)	1,1 \pm 0,1 (n=47)	1,1 \pm 0,1 (n=104)
Leverindeks (%)	1,05 \pm 0,4 (n=50)	0,85 \pm 0,3 (n=46)	0,62 \pm 0,4 (n=24)

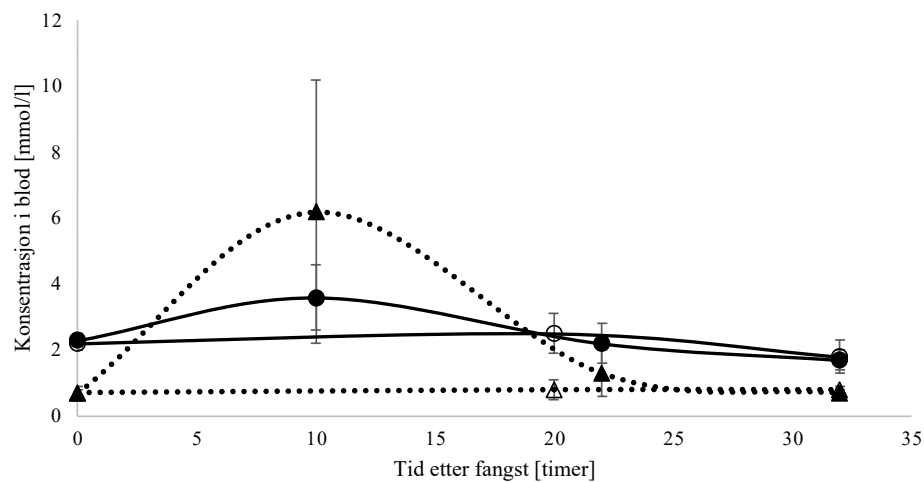
Endring i blodglukose og -laktat

Figur 31 viser endringer i blodglukose og -laktat under transport med ulik tetthet (250 kg/m² og 500 kg/m²) til merd. Som figuren viser, er det ikke store forskjeller mellom tettheten når det gjelder glukose og laktat, unntaket er etter 10 timer transport. Som beskrevet i kapittel 3.1, ble oksygenivået i avløpsvannet målt med jevne mellomrom (2–4 timer på dagtid og 8–10 timer over natten). Oksygenivået på avløpet på tank ble holdt over 80% fra fangst og fram til fisken ble satt i merd. Etter 10 timer oppsto pumpestand om bord i fartøyet i omtrent 10–15 minutter. For denne fisken, som ble lagret med en tetthet på 500 kg/m² ser man en signifikant ($P < 0,05$) økning i både glukose og laktat. Fangst, håndtering og transport er traumatiske prosedyrer som kan forårsake fysiologisk reaksjon slik som stress. Dette frigjør adrenalin og kortisol og videre følger sekundære endringer som økt muskelaktivitet, mobilisering av energilagre i muskler og lever og dermed endring i syre-balansen (Sigholt et al., 1997). Det kan derfor tenkes at pumpestands i kombinasjon med høy tetthet kan være årsaken til denne økningen. Ved senere måling ser man at nivået av glukose og laktat faller tilbake til omtrent samme nivå som fisken som ble målt like etter fangst.

Frigjøring av laktat fra hvit muskel til sirkulasjonen er begrenset hos rødspette (Wardle, 1978) og det er ikke kjent hvilket nivå glukose og laktat ligger på ved hvile for rødspette. Synkende nivåer under transport kan indikere at fisken hadde rask restitusjon og stabiliserte seg på et nivå som var omtrent likt som fisk som var lagret med tetthet 250 kg/m²

(Ingólfsson et al., 2023). Tidligere forsøk med å stresser kveite har vist at selv ved stress over lengre tid utløses ikke målbart stress og muskelkjemiske endringer (Midling et al., 1999).

Etter 18 dager levendelagring ble glukose målt å være $1,4 \pm 0,2$ og laktat ble målt å være $0,5 \pm 0,2$. Glukose ble målt å være $1,4 \pm 0,3$ etter 26 dager levendelagring, mens laktat ble målt å være $0,3 \pm 0,1$.



Figur 31: Endring i blodglukose og -laktat etter fangst [mmol/l]. Glukose målt på fisk oppbevart med tetthet på 250 kg/m^2 (heltrukken linje med åpen ring) og 500 kg/m^2 (heltrukken linje med fylt ring). Laktat målt på fisk oppbevart med tetthet på 250 kg/m^2 (stiplet linje med åpen trekant) og 500 kg/m^2 (stiplet linje med fylt trekant).

Muskel-pH

Målinger i hel fisk ble gjort på et tilfeldig utvalg av ikke-merket fisk rett etter avliving. Denne fisken hadde vært levendelagret i 26 dager. Målinger i filet ble gjort på et tilfeldig utvalg fileter fra fisk som hadde vært levendelagret i 26 dager og islagret i 9 dager. Den gjennomsnittlige muskel-pH lå henholdsvis på $7,2 \pm 0,2$ i hel fisk og $6,4 \pm 0,1$ i filet. Dette er i samsvar med Kendler et al (2023b) som målte pH i rødspette fanget langs den norske vestkysten i månedene april, september og desember. Gjennomsnittlig pH-verdi for sløyd fisk var mellom 6,6 og 6,8 *post rigor* (Kendler et al., 2023b).

4.2 Kvalitet og lagringsstabilitet

4.2.1 Sensoriske analyser

4.2.1.1 Modifisering av kvalitetsindeksmetode (QIM) for rødspette

QIM tar hensyn til hvordan ulike kvalitetsparametere hos den enkelte art endres under islagring. Det ble tatt utgangspunkt i et QIM-skjema utviklet for rødspette av Seafish (2010). Imidlertid ble det observert at dette skjemaet ikke var optimalt for levendelagret rødspette, noe som blant annet skyldes utvikling av katarakt under levendelagringen og skade på øynene under avliving. Det ble derfor gjort modifikasjoner i QIM-skjemaet. Et eksempel på modifikasjon er i kategorien øyne, hvor beskrivelsen for klarhet (1 poeng) ble endret. I utgangspunktet står det at 1 poeng skal gis dersom pupillen er noe matt og svart. Det som ble funnet var at hornhinnen ble matt før pupillen. Beskrivelsen ble derfor bestemt å endres til «Noe matt hornhinne, sort pupille». Et annet eksempel på modifikasjon var i kategorien gjeller. Her beskriver det opprinnelige skjemaet fargen (1 poeng) som noe misfarget, særlig i enden av gjellefilamentene. I dette forsøket ble det observert at misfargingen av gjellene i hovedsak oppsto nær gjellebuen. Beskrivelsen ble derfor endret til «Svakt misfarget, særlig nær gjellebue».

Det modifiserte QIM-skjemaet er gitt i tabell 4, og illustrasjoner av hvordan egenskapene er bedømt er gitt i figur 32, 33, 34, 35, 36 og 37.

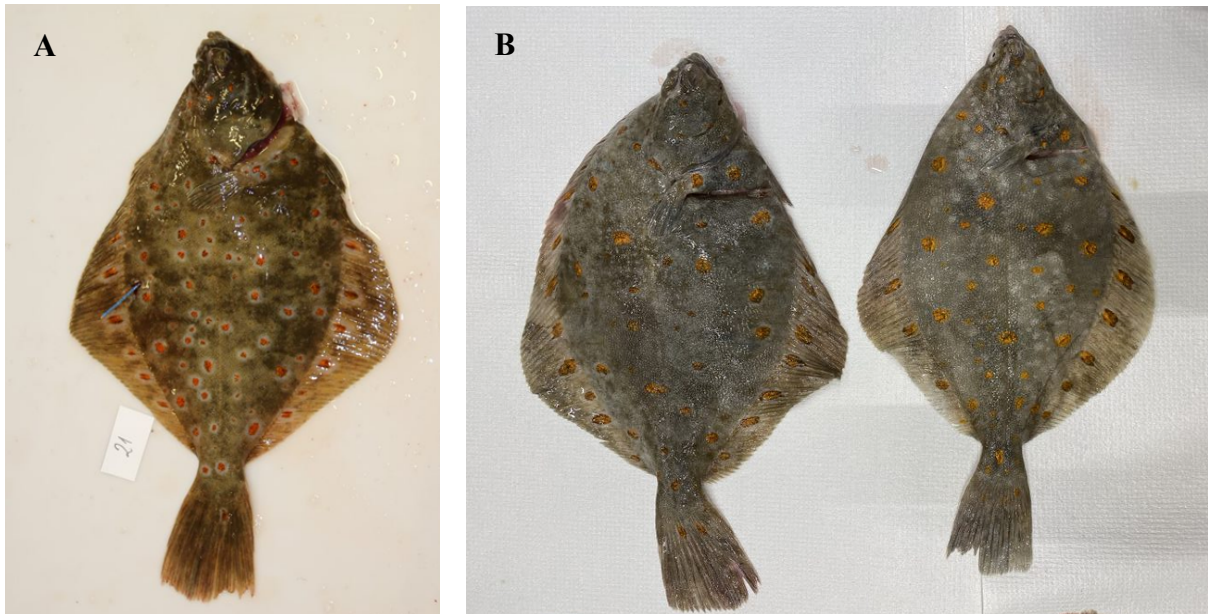
Tabell 4: Kvalitetsindeksmetode for rødspette, modifisert 2022.

Kategori		Beskrivelse	Poengskala
Utseende	Skinn	Klart, metallisk, tydelig spetter, ingen misfarging	0
		Tydelig farge, men uten glans	1
		Blek, matt farge, lett grønn/blå eller blårød misfarging	2
		Matt farge, grønn/blå, blårød misfarging	3
	Slim	Klart, sammenhengende viskøst, ikke klumpet	0
		Litt klumpet, melkeaktig	1
		Klumpet og noe gulaktig	2
		Gult og klumpet	3
Øyne	Form	Konveks (utstående)	0
		Konveks, men litt innsunket	1
		Flatt eller oppsvulmet (som en ballong)	2
		Flatt, innsunket i midten	3
	Klarhet	Klar hornhinne, sort skinnende pupille	0
		<i>Noe matt hornhinne, sort pupille</i>	1
		Matt hornhinne, ugjennomsiktig pupille	2
		Melkeaktig hornhinne, grå pupille	3
Gjeller	Slim	Intet slim	0
		Klart	1
		Gulaktig/melkeaktig, svakt klumpet	2
		Gul, brunt, klumpet	3
	Farge	Klar, lys rød	0
		<i>Svakt misfarget, særlig nær gjellebue</i>	1
		Blek, misfarget	2
		Gul, brun, grå	3
	Lukt	Frisk (fersk) olje, tangaktig, metallisk, pepper	0
		Nøytral, oljeaktig, litt tang, gress, svakt muggen	1
		Muggen, gammelt brød, øl, malt, litt harsk	2
		Harsk, sur, råttent, svovelaktig	3
Sløyesnitt (fiskekjøtt)	Farge	Frisk, gjennomskinnelig, blåaktig, ingen misfarging	0
		Voksaktig, melkeaktig	1
		Matt, litt misfarget, gulaktig	2
		Ugjennomsiktig, gul/brun misfarging	3

* Modifisering angitt i kursiv

Skinn

Figur 32A viser rødspette som var islagret i 0 dager. Som figuren viser er skinnets klart og metallisk, med tydelige spetter og ingen misfarging (0 poeng). Figur 32B viser to rødspetter som var islagret i 17 dager og som figuren viser, hadde begge fiskene tydelig matt farge og blåskjær i skinnets (3 poeng). Figur 33 viser rødspette som har fått 1 poeng for litt klumpet, melkeaktig slim på skinn.



Figur 32: Rødspetter etter islagring. A: Rødspette etter islagring i 0 dager med klart og metallisk skinn, med tydelige spetter og ingen misfarging (0 poeng). To rødspetter islagret i 17 dager med tydelig matt farge og blåskjær i skinnets (3 poeng).



Figur 33: Litt klumpet, melkeaktig slim på skinn (1 poeng).

Øyne

Figur 34 viser matt hornhinne og ugjennomsiktig pupille (2 poeng), mens figur 35 viser flate øyne, innsunket i midten (3 poeng).



Figur 34: Matt hornhinne og ugjennomsiktig pupille (2 poeng).



Figur 35: Flate øyne, innsunket i midten (3 poeng).

Gjeller

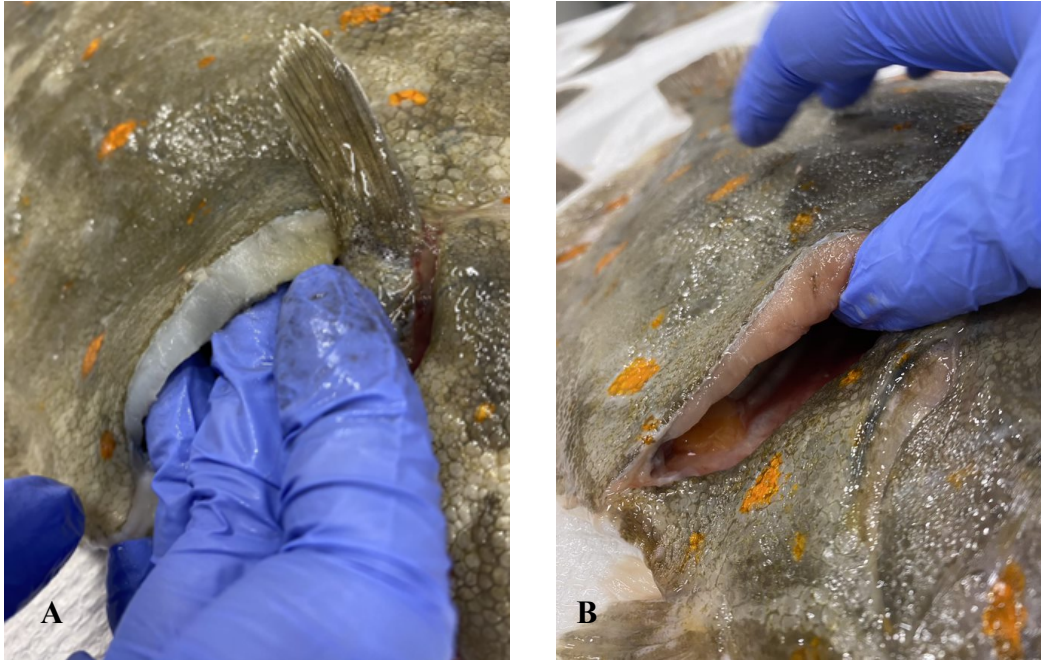
Figur 36A viser gjeller etter 0 dager islagring (0 poeng), figur 36B etter 13 dager islagring (2 poeng) og figur 36C etter 17 dager islagring (3 poeng).



Figur 36: Gjeller hos rødspette etter islagring. A: Gjeller hos rødspette islagret i 0 dager (0 poeng). B: Gjeller hos rødspette islagret i 13 dager (2 poeng). C: Gjeller hos rødspette islagret i 17 dager (3 poeng).

Sløyesnitt

I figur 37A ses et sløyesnitt etter 9 dager islagring, og som figuren viser er sløyesnippet voksaktig/melkeaktig (1 poeng). I figur 37B ses et sløyesnitt etter 13 dager islagring, og som figuren viser er dette sløyesnippet ugjennomsiktig med gul/brun misfarging (2 poeng).



Figur 37: Sløyesnitt. A: Sløyesnitt med voksaktig/melkeaktig preg etter islagring i 9 dager (1 poeng). B: Sløyesnitt som er ugjennomsiktig med gul/brun misfarging etter islagring i 13 dager (2 poeng).

4.2.1.2 Vurdering av rødspette etter kvalitetsindeksmetoden (QIM)

Utviklingen i QIM-poengsum under islagring av levendelagret rødspette er vist i figur 38. Som vist i figuren, er fisken som ble levendelagret 0 dager vurdert til å ha bedre kvalitet (lavere poengsum) ved islagringens start, sammenlignet med fisken som ble levendelagret 18 og 26 dager før avlaving. Etter 13 dager i is fikk fisken som var levendelagret 0 dager en poengsum på 17, fisk levendelagret i 18 dager fikk poengsum 16, og fisk levendelagret i 26 dager fikk poengsum 13,7. I følge Seafish (2010) er holdbarhet for rødspette lagret i is 13 dager. Poengsum vil da være totalt 17. Man ser altså at fisken som har vært levendelagret lengre har et dårligere utgangspunkt, men likevel lengre holdbarhet. QIM-skjemaet fanger ikke nødvendigvis opp alle faktorer som har betydning for konsumenten. Det kan derfor være nødvendig å benytte flere metoder samtidig for å vurdere kvalitet, slik at man får et korrekt bilde.

Poengsummene for de ulike kvalitetsparameterne er forholdsvis jevne, men en mulig årsak til økning for fisk avlivet rett etter fangst er poengsum for slim i gjeller og sløyesnitt.

Ved å bruke QIM, virker fisken i dette forsøket generelt å ha lengre holdbarhet enn tidligere antatt (Seafish, 2010).

Poengsum for **skinn** hadde en jevn og lik utvikling gjennom islagringsperioden for fisk fra de tre levendelagringsperiodene, med en poengsum på 2,1 ved islagringens slutt.

For **slim** er poengsummen jevn i starten av islagringen for de tre levendelagringsperiodene. Etter 18 dager levendelagring ser man en liten økning i poengsum sammenlignet med de andre levendelagringsperiodene, utover i islagringen.

Øynene er utsatt med sin plassering, og ettersom avliving ble gjort ved å slå fisken i hodet, var øynene til dels skadd av dette. På grunn av at skadene varierte, ble øynene vurdert forskjellig fra gang til gang. Det kan derfor tenkes at resultatet vil være noe påvirket. Som nevnt i kapittel 2.10.1.1 anses øyne som er grå på grunn av katarakt som ferske dersom øvrige krav er oppfylt (Lovdata, 2013, § 10).

Utvikling av **lukt** i gjeller under islagring er jevn for fisk fra alle tre levendelagringsperiodene.

Fargen på gjellene var ved islagringens start høyest for fisken som var levendelagret 26 dager, denne fikk i gjennomsnitt 1 poeng. Fisken som var levendelagret 18 dager hadde midt i islagringen den høyeste summen med 1,9 poeng, sammenlignet med de andre levendelagringsperiodene som lå på rundt 1 poeng. Ved islagringens slutt var poengsummen jevnt lik for fisken fra de tre levendelagringsperiodene.

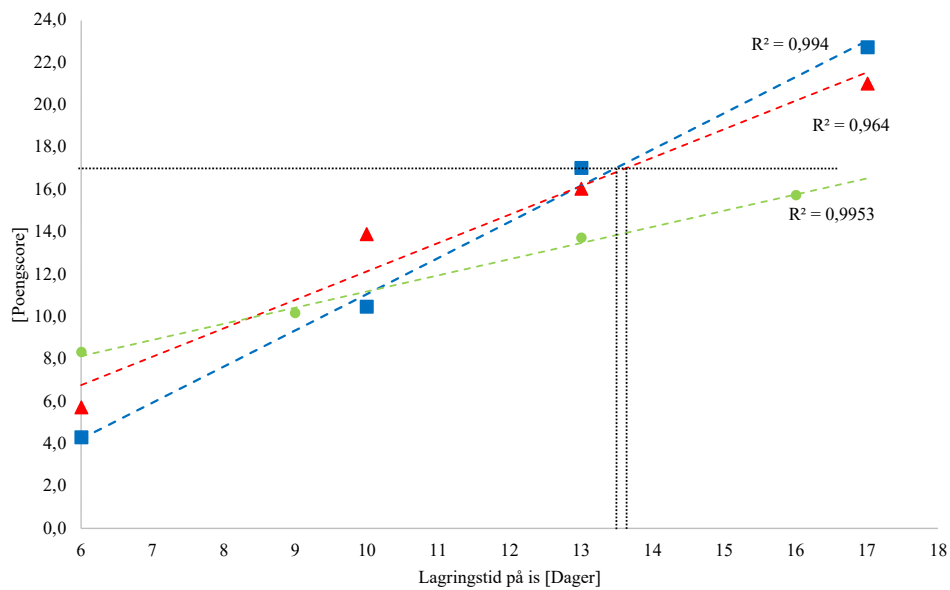
Gjellenes slim har også en ganske jevn utvikling ved islagringens start. Midt i islagringen fikk fisken levendelagret i 0 dager 2 poeng, altså høyere enn den som var levendelagret i 18 og 26 dager, som lå på rundt 1,25 poeng. Ved islagringens slutt hadde fisken som var levendelagret 0 dager fremdeles høyest poengsum med 2,7 poeng, sammenlignet med de andre to levendelagringsperiodene som da oppnådde rundt 2 poeng.

For **sløyesnitt** er poengsummen jevn med rundt 1 poeng etter 6 og 9/10 dager islagring for de tre levendelagringsperiodene. Etter 13 dager islagring ble fisken som var levendelagret 0 og 18 dager gitt en poengsum på 2,1 og 1,9. For fisk som var levendelagret 26 dager, var poengsummen 1. Dette kan skyldes at fisken som ble levendelagret 0 og 18 dager hadde mageinnhold og det gikk lengre tid før sløyning enn for fisken som var levendelagret 26 dager.

Ved sensoriske vurderinger i dette forsøket, ble dommerne enige om poeng og summen ble notert på ett ark. Dommerne kunne ha fått hvert sitt ark, men på grunn av at deler av vurderingene er nye var dette en læringsprosess for alle involverte. I tillegg var det ulike dommere med fra gang til gang, med varierende erfaring. Det kunne blant annet være

vanskelig å sette ord på hva man luktet, og det var derfor viktig å kunne diskutere for så å bli enige om poengsummen. Dette vil også gjelde for filetindeks, kapittel 4.2.1.4.

På grunn av at skadet fisk måtte avlives etter 18 dager levendelagring, og dermed virket å ha et dårligere utgangspunkt, var det forventet at poengsummen ville bli påvirket videre under islagring. Som figur 38 viser, lå denne ved forsøkets slutt likevel relativt jevnt likt med fisken som ble avlivet like etter fangst.



Figur 38: Poengsum for QIM for rødspette avlivet rett etter fangst (■) ($n=7$), holdt levendelagret i 18 dager (▲) ($n=7$) og 26 dager (●) ($n=7$).

4.2.1.3 Utvikling av filetindeks for rødspette

Filetindeksmetode for rødspette ble utviklet i denne masteroppgaven for å evaluere kvaliteten til filetene etter lagring. Filetindeks er vist i tabell 5 og illustrasjoner av hvordan egenskapene er bedømt er gitt i figur 39, figur 40 og figur 41. Den totale filetindeksen er summen av poeng for alle de vurderte egenskapene. Totalt kunne det oppnås 15 poeng. For filetindeksmetoden er det ikke fastsatt noen grenseverdi for når en fisk bør forkastes. Metoden er egnet til å skille mellom ulike grupper ettersom en lav poengsum tilsvarte utmerket kvalitet, mens en høy poengsum tilsvarte en uakseptabel kvalitet.

Trimetylaminoksid (TMAO) er en naturlig og utbredt forbindelse i mange fiskearter (Sotelo, 2000). Under kjølelagring blir TMAO omsatt til TMA av mikroorganismer. TMA oppfattes gjerne som typisk fiskelukt og inngår i vurderingsskjemaet for torskefisk (Esaiassen et al., 2011). I en studie av Karl et al. (2013) ble det funnet lavt innhold av TMA i rødspette. I arbeidet med å utvikle skjema for vurdering av filetindeks for rødspette ble det derfor lagt ekstra vekt på luktbildet.

Under vurdering av lukt ble det i stedet for fiskelukt beskrevet en aroma med fruktig eller vanilje-lignende preg. Denne aromaen kan ha sammenheng med oksidasjon av langkjedede flerumettede fettsyrer (PUFAs). Det er godt kjent at sjømat er en god kilde til langkjedede flerumettede fettsyrer (Larsen et al., 2011). Disse fettsyrene oksiderer raskt og kan danne nedbrytningsprodukter som bidrar til endringer i både lukt, smak og farge i fiskemuskel. I fersk laks er det funnet at 2,4-alkadienaler, som dekadial og isomerer, stammer fra oksidasjon av PUFA n-6, som linolsyre og arakidonsyre. Dannelse av ulike aldehyder gir spesielle noter til den helhetlige aromaen i laks, og det har blant annet vært beskrevet blomsteraktig, frukt eller gress (Varlet et al., 2006). Beskrivelsen av lukt (1 poeng) ble derfor «nøytral, fruktig, vanilje».

Aminosyrer er også assosiert med smak når de forekommer i form av frie aminosyrer (Fuke, 1991). Det er i tidligere forskning vist at glycin, glutaminsyre og alanin er blant de viktigste smaksbidragsytterne i sjømat (Fuke, 1991; Sarower, 2012; Ruiz-Capillas, 2004). Det er mulig at også frie aminosyrer bidrar til luktbildet hos rødspette.

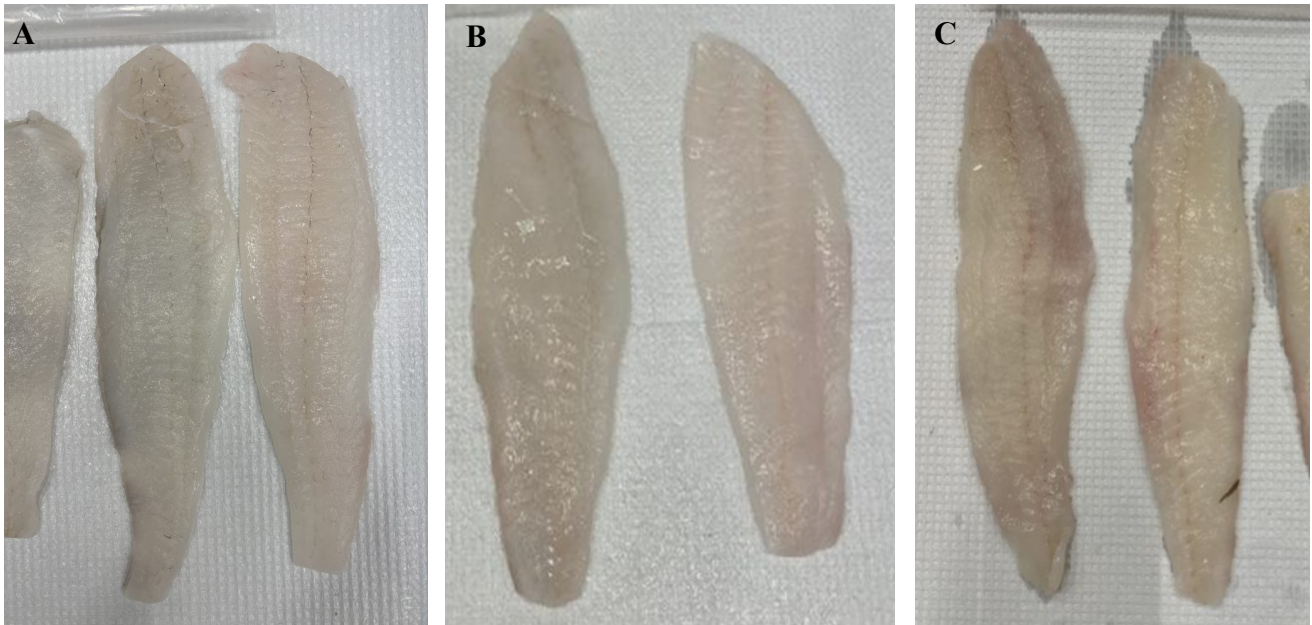
I filetindeksskjemaet for rødspette ble fargen som ga 1 poeng beskrevet som melkehvit/voksaktig. Til sammenligning vil torsk med grå/rød misfarging gis 1 poeng, og flekket, misfarget, gul farge gis 2 poeng (Esaiassen, 2011). For rødspette burde muligens 1 poeng beskrives som voksaktig, mens melkehvit farge burde gis 2 poeng, og grå/rød/gul farge 3 poeng. Videre bør det derfor vurderes en større skala for kategorien farge.

Tabell 5: Filetindeks for rødspette.

Kategori	Beskrivelse	Poengskala
Farge	Fileten har en ensartet fersk, hvit farge	0
	Fileten har en melkehvit/voksaktig farge	1
	Fileten har grå/gul/rødlig farge	2
Overflate	Tørr, blank overflate	0
	Har partier med oppløst overflate	1
	Overflaten er meget oppløst	2
Spalting	Ingen spalting	0
	Begynnende spalting	1
	Noe mer enn begynnende	2
	Moderat spalting	3
	Mye spalting, løs filet	4
	Mye spalting, usammenhengende	5
Konsistens	Naturlig konsistens	0
	Fileten er litt bløt	1
	Fileten er bløt	2
	Fileten er meget bløt	3
Lukt	Frisk lukt av sjø, blodfersk	0
	Nøytral, fruktig, vanilje	1
	Fiskelukt	2
	Ammoniakk, sur	3

Farge

Filet med ulik farge er vist i figur 39A, B og C.



Figur 39: Filet med ulik farge. A: Filet med ensartet, fersk, hvit farge (0 poeng). B: Filet med melkehvitt, voksaktig farge (1 poeng). C: Filet med grå/gul/rødlig farge (2 poeng).

Overflate

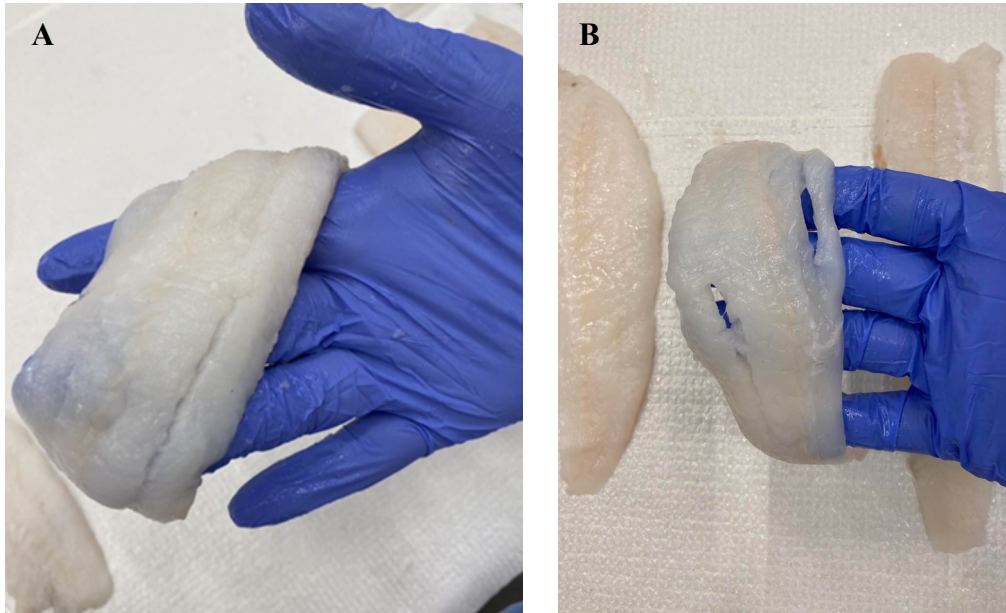
Filet med partier med oppløst overflate er vist i figur 40.



Figur 40: Fileten har partier med oppløst overflate etter levendelagring i 18 dager og islagring i 6 dager (1 poeng).

Spalting

Noe mer enn begynnende spalting er vist i figur 41A (2 poeng). Ettersom poengsum blir satt etter vurdering av alle filetene samlet, vil man kunne se fileter som enkeltvis kunne fått en høyere poengsum. I figur 41B ser man et eksempel på en filet som trolig ville fått en høyere poengsum dersom den ble vurdert alene.



Figur 41: Filet fra ulike individer under vurdering etter filetindeksmetoden. A: Noe mer enn begynnende spalting i filet etter levendelagring i 18 dager og islagring i 6 dager (2 poeng). B: Noe mer enn begynnende spalting i filet etter levendelagring i 26 dager.

4.2.1.4 Vurdering av rødspette etter filetindeks-metoden

Fargen på fileten som var levendelagret 0 dager startet med en lav poengsum (1 poeng), og utover i islagringstiden gikk den opp (2 poeng). For fileten som var levendelagret 18 og 26 dager holdt fargen seg på en jevn poengsum (1 poeng) gjennom hele levendelagingsperioden. En gjentakende observasjon var fileten med utpreget hvit farge og gelélignende konsistens, se figur 42. Ved bruk av PLS-analyse med Uncertainty Test er det funnet at poengsum for farge avtar signifikant med økende levendelagringstid (vedlegg 8.2). Dette kan skyldes ulik gjennomføring av bløgging, men også økt forekomst av atypisk hvit farge. I et tidligere forsøk med sulting av torsk ble det funnet at mindre fisk, målt i sløyd vekt, var mer utsatt for å utvikle gelekonsistens og atypisk farge (Ageeva et al., 2018a). Som nevnt i kapittel 2.4, fant Olsen et al., (2023) at bløgging og lengre restitusjon førte til at torsk fikk omfordelt blod fra musklene og dermed lysere farge på filetene.



Figur 42: Filet med utpreget hvitfarge og gelelignende konsistens.

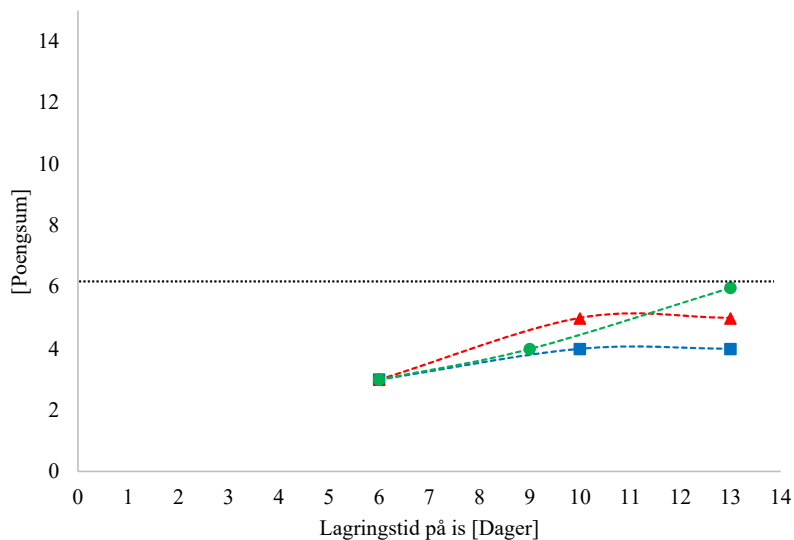
Overflaten til fisken som var levendelagret 0 og 26 dager var tørr og blank gjennom hele islagringsperioden (0 poeng). Etter 18 dager levendelagring så man en endring, hvor fileten startet med tørr og blank overflate (0 poeng), og utover i islagringen fikk den partier med oppløst overflate (1 poeng).

Etter 0 dager levendelagring så man ingen **spalting** (0 poeng) gjennom islagringen. For fisk som ble levendelagret i 18 dager gikk poengsummen fra ingen spalting (0 poeng) til begynnende spalting (1 poeng) etter 10 dager på is, og forble slik gjennom islagringstiden. Etter 26 dager levendelagring gikk poengsummen fra ingen spalting (0 poeng) til begynnende spalting (1 poeng) først etter 13 dager på is. Det ble også observert at spalting i hovedsak forekom i ryggfileten.

For **konsistens** ble det funnet at fisk levendelagret 0 dager hadde naturlig konsistens (0 poeng) gjennom hele islagringen. Etter halve islagringsperioden gikk konsistensen fra å være litt bløt (1 poeng) til å være bløt (2 poeng), for fisk som var levendelagret både 18 og 26 dager. Gjennom PLS-analyse ble det funnet at poengsum for konsistens øker signifikant med økende levendelagringstid og økende islagringstid (vedlegg 8.3). Dette kan ha sammenheng med økt forekomst av geleliknende konsistens.

Lukt holder seg innenfor nøytral, fruktig, vanilje (1 poeng) gjennom hele islagringen for fisk fra alle levendelagringstidene. Det ble notert at man ofte merket mer lukt av bukstykket av filetene. Dette kan ha sammenheng med den generelle luktutvikling i og rundt bukhalen under islagringen. Det er i bukhalen og i sløyesnitt, hvor muskel er eksponert, at det er god grobunn for bakterievekst (Akse et al., 2014b).

Samlet poengsum for filetindeks for rødspette vises i figur 43.



Figur 43: Filetindeks utover i islagringstid for rødspette avlivet rett etter fangst (■) ($n=7$), holdt levendelagret i 18 (▲) ($n=7$) og 26 dager (●) ($n=7$) (median).

Det ble også gjort gjentakende observasjoner av fileter med melanin-avleiringer, se figur 44. Tilsvarende melaninansamlinger i blodårene har vært rapportert tidligere i filet fra både oppdrettstorsk og villtorsk. Årsaken til at melaninavleiringen oppsto i blodårene til oppdrettstorsk, var at fisken fikk fôr med for høye verdier av mineraler og spormetaller (Cooper & Midling, 2007; Cooper et al., 2011). Det må nevnes at rødspettene som ble fanget og levendelagret, hadde mye skjell i tarmene de første dagene etter fangst. Høyt innhold av mineraler i fôret kan derfor være en mulig forklaring på funn av mørke blodårer i muskel, også i rødspettefiletene. Melanin-fargede blodårer i filet ble observert gjennom hele forsøket, men ikke registrert.



Figur 44: Fileter med melanin-fargede blodårer.

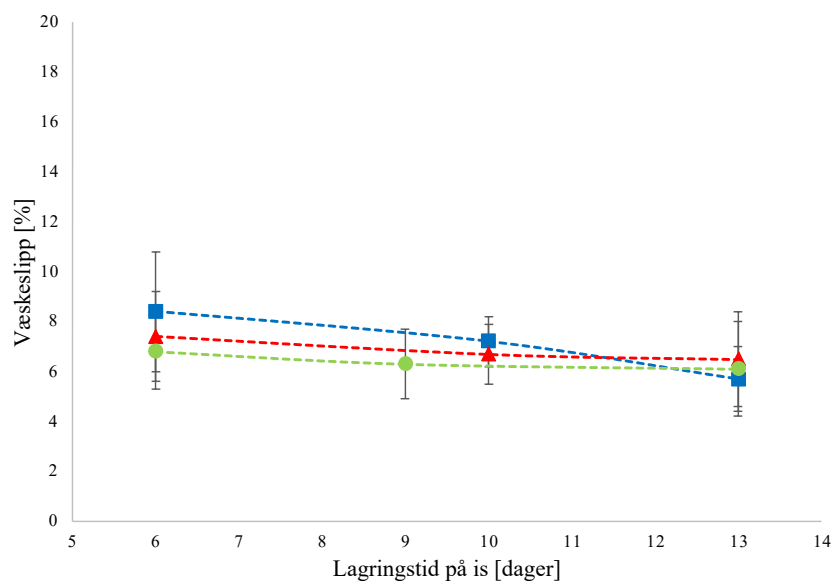
4.2.2 Kjemiske analyser

4.2.2.1 Vannbindingsevne og væskeslipp

Vannbindingsevnen er i dette forsøket presentert som væskeslipp, se figur 45. Resultatene viser en nedgang i væskeslipp, noe som tyder på at jo lengre levendelagringstid, jo mindre væskeslipp vil det være i løpet av islagringen. Figuren viser også overlappende standardavvik, noe som indikerer at det ikke er signifikante forskjeller fra levendelagring og lagringstid på is. I tillegg ble opparbeidelsen av prøvene til vannbindingsevne gjennomført dagen etter filetering, og et lite væskeslipp fra filetene ble ikke inkludert under prøveoppbeidelsen. Det er derfor mulig at væskeslippen for filetene er målt noe for lavt. Resultatene viser også noe høyt standardavvik, som delvis kan skyldes at sentrifugen var noe ustabil.

Mindre væskeslipp etter lengre levendelagring er i samsvar med Ageeva et al. (2018a) som i et levendelagringsforsøk med torsk fant at sulting ikke førte til signifikante endringer i vannbindingsevne, tross en tendens til å minke mot slutten av forsøket. Denne lille reduksjonen i vannbindingsevne kan delvis skyldes økt vanninnhold i muskelen og redusert proteininnhold (Ageeva et al., 2018a).

Ved måling av vannbindingsevne på fisk fra 0 dager levendelagring, var det to individer som skilte seg litt ut. Disse ble funnet å ha lavere vannbindingsevne sammenlignet med resterende individer fra samme levendelagringsperiode. Disse to individene viste seg også å ha gelelignende konsistens og utpreget hvit farge, som vist i figur 42.



Figur 45: Væskeslipp under islagring av fileten fra rødspette som har vært levendelagret 0 (■), 18 (▲) eller 26 (●) dager før filetering.

4.2.2.2 Vann-, aske- og protein-innhold

Tabell 6 viser en oppsummering av vann-, aske- og proteininnhold i rødspette etter levendelagring. Ved en ANOVA-test er det funnet signifikante forskjeller i vann- og proteinmengde ($<0,001$) målt etter de ulike levendelagringsperiodene. Ved en Turkey HSD Post Hoc-test er det vist at fisken levendelagret 0 dager har signifikant lavere vannmengde, enn fisken levendelagret 18 og 26 dager. Det ble også funnet at proteinmengde for fisken levendelagret 0 dager ikke var signifikant forskjellig fra fisken levendelagret 26 dager. Det er heller ikke signifikante forskjeller mellom fisk levendelagret 18 og 26 dager.

Tabell 6: Vann-, aske- og proteininnhold i rødspette etter levendelagring (%) \pm SD.

Levendelagring	Vann	Aske	Protein
0	78,7 \pm 0,6 ^a	1,1 \pm 0,1	18,5 \pm 0,4 ^a
18	80,4 \pm 1,0 ^b	1,1 \pm 0,1	20,9 \pm 0,9 ^b
26	81,6 \pm 1,3 ^b	1,1 \pm 0,0	19,7 \pm 1,3 ^{ab}

* Verdier merket med bokstav a = ikke signifikant forskjellig, b = signifikant forskjellig

Vann- og askeinnhold

Vanninnholdet i filetene ble målt etter 0, 18 og 26 dager levendelagring, og resultatene er presentert i tabell 6. Resultatene tilsier en økning i vanninnhold på 2,9%, som forventet. Dette er også i samsvar med Midling et al. (1999) som fant at fisken kompenserer forbruket av protein ved at det «pumpes» mer vann inn i muskelen.

Rødspette er en art som har markerte sesongsykluser i beiting og vekst, og derfor signifikante forskjeller i sammensetning (Dawson & Grimm, 1980; Kendler et al., 2023b). I nyere forskning er vanninnhold (%) funnet å være 80,6 \pm 1,2 i september, 82,6 \pm 1,4 i desember og 84,5 \pm 2,4 i april (Kendler et al., 2023a). Til sammenligning er det rapportert vanninnhold på 81,7 \pm 1,5 i rødspette fanget mellom mars og juni i Nordsjøen (Karl et al., 2013). I et tidligere levendelagringsforsøk med sulting av torsk er det også funnet at vanninnholdet i muskelen økte de siste 28 dagene av det 79 dager lange forsøket (Ageeva et al., 2018a). Som tabell 6 viser er vanninnholdet relativt likt tidligere funn. Det er nevnt tidligere at rødspette i nordlige områder er i bedre kondisjon. Variasjonen kan forklares både med årstid, geografisk område og variasjon innad i en populasjon (Frantzen et al., 2020).

I dette studiet ble askeinnholdet funnet å være 1,1% gjennom hele levendelagringen, se tabell 6. Dette er i samsvar med tidligere forskning. Kendler et al., (2023b) fant et

askeinnhold (%) på $1,28 \pm 0,06$ i september, $1,07 \pm 0,09$ i desember og $1,17 \pm 0,09$ i april. Askeinnholdet (%) i rødspette fanget i Nordsjøen er funnet å være $0,9 \pm 0,1$ (Karl et al., 2013). Havforskningsinstituttet har rapportert et askeinnhold på 1,15% i rødspette (Havforskningsinstituttet, 2007).

Protein

Proteininnholdet i filetene ble målt ved tre ulike tidspunkt og med tilsvarende forskjellige lengder på levendelagringsperiode. I tabell 6 er proteininnholdet i rødspette presentert, oppgitt i % av våtvekt.

Proteininnholdet i fiskemusklene varierer normalt fra 15 til 22% (Larsen et al., 2010; Haard, 1992). I tidligere forskning er det rapportert at proteininnholdet i tunge holdt seg stabilt under gyting (Gökçe et al., 2004), mens hos rødspette ble proteininnholdet påvirket avhengig av sesong (Kendler et al., 2023b). I september ble proteininnholdet (%) rapportert å være $17,64 \pm 0,9$, i desember $15,13 \pm 1,2$ og $14,17 \pm 2,4$ i april (Kendler et al., 2023b). Det høye proteininnholdet i september kan være et resultat av høyere vanntemperatur og lengre daglengder, noe som påvirker fiskens beiteaktivitet (Olsson et al., 2003). Under gyting stopper rødspette å spise, noe som videre vil føre til nedgang i proteininnhold (Dawson & Grimm, 1980). Nedgang i proteininnhold vil også forekomme under levendelagring uten tilgang til fôr (Patterson et al., 1974; Johnston & Goldspink, 1973). Karl et al., (2013) estimerte det gjennomsnittlige proteininnholdet (%) til å være $16,6 \pm 1,5$ mellom mars og juni.

I et tidligere levendelagringsforsøk med sulting av torsk ble det funnet at mengden protein ble redusert i løpet av de siste 28 dagene av det 79 dager lange forsøket (Ageeva et al., 2018a). Dette er i samsvar med Foegedin et al. (1996) som fant at fisk vil erstatte proteintapet med vann, og med dette kan vanninnholdet i alvorlig sultet torsk stige med 95% (Foegeding et al., 1996).

Ulike proteinkilder inneholder varierende mengder nitrogen som ikke er bundet til aminosyrer (ikke-aminosyre-nitrogen) (Mørkøre et al., 2009; Mørkøre et al., 2010). Indirekte proteinbestemmelse, slik som Kjeldahl-metoden, kan for eksempel gjøres ved å måle nitrogeninnhold. Metoden er dokumentert å kunne overestimere proteinmengden i forskjellige produkter (Mæhre, 2018). På grunn av at proteininnholdet etter 18 og 26 dager levendelagring er funnet å være omtrent 20%, er det mulig at proteininnholdet er overestimert. Viktigheten av å gjennomføre statistikk på disse er derfor noe redusert. På grunn av problemer med leveranse ble d

et nødvendig å blande lutløsning selv til de første analysene, og deretter benytte ferdigblandet løsning til de to siste rundene med analyser. Dette kan også ha innvirkning på resultatene.

4.2.2.3 Frie aminosyrer

Resultatene for innhold av frie aminosyrer i rødspettefiletene er vist i tabell 7. Like etter fangst var det totale innholdet av frie aminosyrer $50,1 \pm 8,8$ mg/100 g våtvekt. Dette er i samsvar med hva som er funnet tidligere i europeisk rødspette i september av Kendler et al., (2023b), hvor det totale innholdet av frie aminosyrer var $59,0 \pm 10,7$ mg/100 g. I studiet til Kendler et al., (2023b) steg for øvrig dette til $82,3$ mg/100 g i desember og videre til $100,0 \pm 38,6$ i april. Innholdet av frie aminosyrer synker som følge av levendelagring, fra de nevnte $50,1 \pm 8,8$ mg/100 g våtvekt like etter fangst, til $42,9 \pm 9,2$ etter 26 dager levendelagring. Reduksjonen har inntruffet allerede etter 18 dager levendelagring, når det var $42,0 \pm 8,2$ mg/100 g frie aminosyrer.

Tabell 7: Frie aminosyrer i mg/100 g våtvekt, verdier er oppgitt som gjennomsnitt av 5 fisk per måling (n=5).

Aminosyre	Levendelagret 0 dager, islagret i 6 dager	Levendelagret 0 dager, islagret i 13 dager	Levendelagret 18 dager, islagret i 6 dager	Levendelagret 26 dager, islagret i 6 dager
Kreatinin	1,0	-	1,0	-
Glutaminsyre	1,5	1,0	1,0	1,0
Hydroksyprolin	1,0	1,0	-	-
Serin	1,0	1,0	1,0	1,0
Glycin	5,8	5,4	5,8	5,2
Glutamin	1,0	1,0	1,0	1,5
Taurin	31,8	23,6	27,2	29,0
Histidin*	1,8	1,6	-	-
Threonin*	1,2	1,0	1,0	1,0
Alanin	2,0	2,2	2,2	2,2
Arginin*	-	1,0	-	-
Prolin	1,0	1,0	-	-
Valin*	-	-	1,0	1,0
Leucin*	-	-	1,0	1,0
Lysin*	1,0	1,0	-	-
Total	50,1 ± 8,8	40,8 ± 6,5	42,2 ± 8,2	42,9 ± 9,2

* Essensielle aminosyrer

Mengde frie aminosyrer reduseres også under islagring, illustrert ved at mengde frie aminosyrer i fisken som ikke var levendelagret redusertes fra 50, 1 ± 8,8 mg/100 g våtvekt til 40,8 ± 6,5 etter 13 dager på is. Under oppbevaring på is kan smeltevann medføre diffusjon av næringsstoffer fra fiskekjøttet over i isens væskefase. For rund fisk vil skinnet bidra til å redusere eventuell diffusjon, men for sløyd fisk og filet vil være mer eksponert og kan derfor ha noe høyere diffusjon. I tillegg vil kjøling og lagring av fisk føre til tap av proteiner og næringsstoffer som følge av drypptap/avrenning. Dette er en naturlig prosess, men muskelens

iboende egenskaper og lagringsbetingelser påvirker mengden drypptap. Kjølning og lagring er en skånsom prosess, og eventuelle tap som følge av drypp og avrenning vil generelt være lite i forhold til næringsinnholdet som er igjen i fiskekjøttet. Høye temperaturer og økt varighet på kjølelagringen vil øke tapet av næringsstoffer (Larsen et al., 2010).

I dette studiet er det funnet høyest konsentrasjon av glycin, taurin, alanin og histidin. Dette er i samsvar med hva som er rapportert av Karl et al. (2013). Resultatene viser at taurin er mest dominerende frie aminosyren i rødspetten og at nivået av frie aminosyrer i muskel, endrer seg under mellomlagring i merden. Taurin har mange funksjoner og inngår blant annet i syntese av gallealter, proteinmetabolismen, osmoregulator, antioksidant, neurotransmitter og regulering av intracellulært kalsium i nervesystemet (Sampath et al., 2020). Tidligere forskning har også vist at taurin er den mest utbredte forbindelsen i flatfisk (Karl et al., 2013). Selv om forbindelsen mangler en karboksylgruppe, karakteriseres taurin ofte som en svovelholdig aminosyre. Den inngår ikke i proteiner, men finnes i fri form, og i de fleste vev og organer. I hjerte- og skjelettmuskulatur finnes særlig høye konsentrasjoner. Sjømat, spesielt marine invertebrater, har et høyt innhold av taurin (Larsen et al., 2010). Under gjennomføring av biologiske målinger ble det observert at mageinnhold i stor grad besto av det som er anslått å være saueskjell (*Cerastoderma edule* L.), som er et bløtdyr (Artsdatabanken, 2023).

Som nevnt tidligere er histidin en av de essensielle aminosyrene fisken må få i seg gjennom føden. Det er dermed interessant å merke seg at histidin, som har en relativt høy konsentrasjon i nyfanget flyndre, ikke kan påvises i rødspetten verken etter 18 eller 26 dager levendelagring. Noe som trolig kommer av at den ikke ble føret. Mangel på histidin kan også være årsaken til den økende andelen katarakt som ble påvist under levendelagringen (se kapittel 4.1.4). Det er tidligere funnet sammenheng mellom mengde histidin og utvikling av katarakt på laks (Moro et al., 2020). Omsetning av noen essensielle frie aminosyrer vil senke nivået i muskel hos fisk under en sulteperiode, men samtidig ble det observert en økning av enkelte frie aminosyrer (valin, laucin, glutamin) i muskelen hos rødspetten i dette forsøket. Trolig kan dette skyldes nedbrytning av protein.

Andre har rapportert om lignende økninger i enkelte frie aminosyrer i muskel hos forskjellige typer fisk som har gjennomgått en langvarig sulteperiode (Gillis & Ballantyne, 1996), og som kan være forårsaket av en forhøyet ikke-selektiv proteolytisk aktivitet i hvit muskel (Mommsen et al., 1980). Kreatinin nivåene i muskel hos rødspetten var relativt stabil de første 18 dagene. Andre har sett lignende resultater i muskel hos flyndre (*Platichthys stellatus*), som var sultet i inntil 6 uker (Danulat & Hochachka, 1989). Dyr har egensyntese av

kreatin, så dette regnes ikke et essensielt næringsstoff. Kreatinin er et nedbrytningsprodukt fra spontan spalting av fosfokreatin til fosfat, vann og kreatinin i musklene (Brosnan et al., 2011)

PLS-analyse viste at det var signifikant sammenheng mellom glutaminsyre og lengde, bredde og vekt; jo større fisken er, jo høyere er nivået av glutaminsyre i fisken. Det ble også funnet en signifikant sammenheng mellom kreatinin, total vekt og sløyd vekt. Jo mer fisken veier, jo høyere er nivået av kreatinin. Utover i levendelagringstiden ble det funnet en signifikant nedgang av lysin.

4.3 Næringsnytte og markedsmuligheter

Variasjonen av sjømat på det europeiske markedet har økt de siste årene, og det importeres stadig flere fiskearter fra Nord-Stillehavet, Middelhavsområdet, Afrika og Asia. Som svar på forbrukernes etterspørsel etter flatfiskprodukter som blant annet rødspette, har fiskeindustrien økt importen av lignende arter fra tropiske farvann og Nord-Stillehavet (Karl et al., 2013). Marked og betalingsviljen i det europeiske markedet er kjent, men som bifangst med manglende kontinuitet og uforutsigbar stabilitet i leveranse med hensyn til kvalitet og volum, er det utfordrende å utvikle et marked og distribusjon for rødspette i Norge (Bjørklund & Henriksen, 2011).

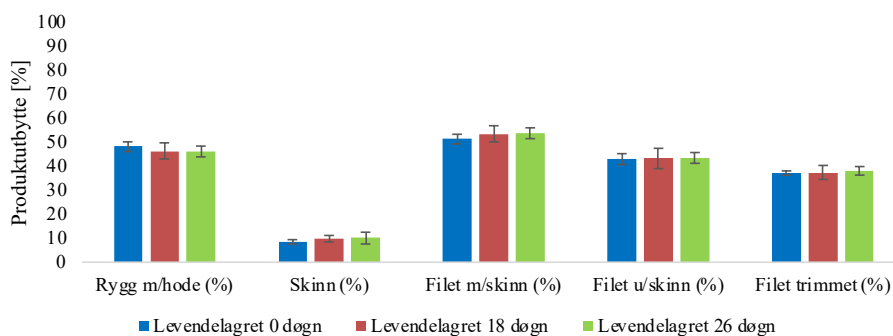
I henhold til den årlige økonomiske rapporten om EUs fiskeflåte forventes det at bestandene av europeisk rødspette vil avta i Nordsjøen etter hvert som fisken flytter seg lengre nord (European Commission, 2020; Kendler et al., 2023b). Det kan derfor tenkes at endringer i vandringsmønstre vil gi økte bestandsvolumer av europeisk rødspette i Norskehavet, og dermed endre betydningen for rødspettefisket i fremtiden (Kendler et al., 2023b). Det økonomiske potensialet må være tilstrekkelig stort, for at en lite utnyttet art skal kunne konkurrere om flåtekapasitet og arbeidskraft. For industrien er det dyrt og vanskelig å tilpasse produksjon, distribusjon og markedsføring når kvantum er lavt og uforutsigbart. Selv om en art kan oppnå høy pris i et begrenset marked, vil utnyttelse være ulønnsomt dersom det er små mengder og høye kostnader i distribusjonsleddet. Dette hevdes å være en barriere for utnyttelse av blant annet rødspette (Bjørklund & Henriksen, 2011).

Det er hevdet at kostnader og mangel på infrastruktur og kunnskap utgjør en barriere for omsetning av rødspette. Det finnes dog eksempler på arter som på tross av sporadisk uttak og kvantum kan utnyttes, forutsatt at prisen er høy nok og at marked, infrastruktur og kanaler for distribusjon eksisterer (Bjørklund & Henriksen, 2011). For utnyttelse av norsk rødspette vil det være en mulighet å benytte seg av marked og infrastruktur i andre land i større grad.

Fiske etter rødspette med snurrevad/flyndretrål kan gi viktige bidrag til fangstbasert akvakultur, i perioder av året da det ellers er lite aktivitet. Levendelagring av rødspette i merd kan bidra til at mottaksanlegget kan selge større partier med rødspette av god kvalitet, og dermed få bedre betalt per kg (Ingólfsson et al., 2023).

Midling et al. (1999) demonstrerte at lagring av levende rødspette og lomre ga bedre pris til produsent og at eksportørene oppnådde bedre pris når de kunne «reklamere» med kjent kvantum med kjent størrelse- og artssammensetning. Resultatene gjorde det mulig å øke pris til fisker med 40% på rødspette (fra 7 kr til 10 kr). Med et større volum var det grunn til å tro at fiskere og bedrifter kunne oppnå enda større verdiøkning (Midling et al., 1999).

Produktutbyttet fra levendelagret rødspette er presentert i figur 46. Vekt og utbytte er vesentlige produksjonsparametere. Det var derfor interessant å se hvordan levendelagring uten føring ville påvirke disse parameterne. I dette forsøket ble det ikke målt noen signifikante ($P > 0,05$) endringer i sløyd K-faktor og filetutbytte mellom de ulike uttakene. Det vil si at 26 dager levendelagring har ingen vesentlig betydning for det totale utbyttet (Ingólfsson et al., 2023), men effekten av å ikke føre har som vist innvirkning på kvalitet på fileten.



Figur 46: Produktutbytte fra rødspette levendelagret 0, 18 dager og 26 dager (%).

For fersk rødspette som selges sløyd med hode er minsteprisen per april 2023, 13,50 kr/kg dersom den er over 0,7 kg og 12,50 kr/kg dersom den er under 0,7 kg (Norges Råfisklag, 2023). På studietur til Hanstholm fiskeauksjon i Danmark ble det observert at fersk sløyd rødspette med hode ble solgt for blant annet 45 kr/kg (29.03.23). Klasse 2 og 3 ble oppgitt å være mest aktuell for markedene, men den største mengden som selges er klasse 4, se tabell 8. Det ble observert at rødspette muligens ble sortert i henhold til EUs retningslinjer (EC, 1996) for kvalitet (E, A og B). Kvalitet ble vurdert etter utseende (for eksempel slim og fangstskader skinn) og fangstdato. Tyskland ble sagt å være det største markedet for rødspette. Norsk

rødspette ble uttalt å være av god kvalitet og god størrelse for dette markedet da de vil ha store fileter av rødspette. “Jo større, jo bedre for Tyskland”. I hovedsak er det Berlin og sørover det er marked for de store rødspettene, i tillegg litt nord i Frankrike. I resten av Europa er det marked for både hel fisk og filet, skinnet. Det ble også uttalt at tykkelse på flatfisk var av stor betydning (NN, personlig kommunikasjon, 29. mars 2023).

Tabell 8: Sortering av rødspette i ulike vektklasser.

Klasse	Vekt (kg)
0	1+
1	0,6 +
2	0,4 – 0,6
3	0,3 – 0,4
4	0,15 – 0,3

5 Oppsummering

Hensikten med denne oppgaven var å øke kunnskapen om velferd og kvalitet på rødspette som var snurrevadfanget, levendelagret og islagret.

Når fangstskader ble vurdert på fisken like etter fangst og før levende transport, var det i hovedsak redskapsmerker, avskrapning/skjelltap og finneskader som ble funnet. På den fisk som ble avlivet og islagret i 2 dager før vurdering så man flere typer skader. Den mest utbredte andelen skader var blodsprenghet i skinn og finner/finnebasis. Dette kan komme av at det ikke ble gjennomført bløgging av denne fisken.

Utover i levendelagringen viste det seg at K-faktor rund og sløyd holdt seg stabil, mens leverindeksen falt signifikant. Under levendelagring ble det gjort vurderinger av velferd. Den hyppigst registrerte endringen var slitasje på beinknutene, og øyne med katarakt. Histidin ser ut til å være avgjørende for forebygging av katarakt. Det så også ut til at tettheten under transport ikke påvirket velferden i stor grad. Resultatene viste heller ikke store forskjeller mellom tetthetene når det gjelder konsentrasjon av glukose og laktat i blodet. Unntaket var etter 10 timer transport, noe som antas kommer av pumpestans i kombinasjon med høy tetthet.

Ved bruk av QIM hadde fisken som var levendelagret lengst dårligst utgangspunkt, men endte likevel opp med best poengsum. QIM får det tilsynelatende til å se ut som at levendelagring gir økt holdbarhet ved islagring, men fanger ikke nødvendigvis opp alle faktorer som har betydning for kvaliteten. En gjentakende observasjon ved vurdering etter filetindeks, var nemlig fileten med utpreget hvit farge og gelélignende konsistens. For videre bruk av filetindeks kan det anbefales å vurdere en tilpasning av skjemaet med hensyn til atypisk farge og konsistens. For å få et korrekt bilde vil det derfor være nødvendig å optimalisere metodene, samt benytte flere metoder samtidig for å vurdere kvalitet.

Vanninnhold økte med 2,9% gjennom levendelagringsperioden og askeinnholdet holdt seg på 1,1%. Dette er i samsvar med tidligere forskning. Proteininnhold ble funnet å ikke være signifikant forskjellig for fisken levendelagret 0 og 26 dager. Det var heller ikke signifikante forskjeller mellom fisk levendelagret 18 og 26 dager. Som følge av levendelagring og islagring ble det funnet at det totale innholdet av frie aminosyrer redusert, da i hovedsak de frie aminosyrene taurin, histidin, threonin, prolin og lysin.

Rødspette er en svært robust fisk og levendelagring ville kunne gi større kvantum, bedre kontinuitet, og dermed økt lønnsomhet og stabil leveranse til markedene. I tillegg vil levendelagring kunne gi muligheten til å løse flaskehalser knyttet til logistikk, marked og

distribusjon (Bjørklund & Henriksen, 2011). Det er også viktig å ta i betraktning at levendelagring medfører kostnader, slik som utstyr og røkting.

Som vist i denne oppgaven gjenstår det fremdeles noen utfordringer. Levendehold av vill fisk er et kontroversielt tema og en kommersiell aktivitet som kan sørge for inntekter av betydning. Dette fordrer at man kan bekrefte at de ville fiskenes velferd ikke påvirkes negativt. Fiskevelferd for oppdrettsfisk som laks har fått mye oppmerksomhet og er blitt forsket mye på. Når det kommer til levendelagring av villfisk, brukes en større variasjon av arter, og siden utbredelsen av levendelagring ikke er så stor, finnes det mye færre forskningsstudier og mindre data. Forskjeller i fysiologi og atferd mellom oppdrettet og vill fisk, samt ulike arter, kan kreve ulike tilnærminger. I tillegg vil noen former for levendelagring, for eksempel med tanke på art, kun være av interesse for mindre geografiske regioner. Derfor bør det forskes mer for å tette ulike kunnskapshull, slik at det i fremtiden blir lettere å vite hvilke velferdsvurderinger det er behov for. Det etiske aspektet med å fange og holde levende fisk er et veldig viktig tema og bør diskuteres.

God fiskevelferd er ikke bare etisk forsvarlig, men kan også bidra til bedre produktkvalitet. I denne oppgaven ble det tydelig at kvalitet bør bedømmes ved bruk av flere metoder. Det bør vurderes føring underveis i levendelagring for å forhåpentligvis oppnå både økt velferd, og bedre kvalitet på fileten med tanke på for eksempel farge og konsistens.

Levendelagring av rødspette kan på lengre sikt åpne opp nye markeder for produkter av høy kvalitet, dersom fisken er bærekraftig og etisk fanget og behandlet.

6 Videre arbeid

Et tiltak som kan testes for å forebygge skade er modifikasjoner i fiskeredskapet. En lerretsføring i snurrevadposen kan bidra til å redusere skader forårsaket av at fisken blir presset sammen. Dette kan forbedre velferden i fangstfasen, men også senere under levendelagring.

Rødspette som gikk videre til levendelagring i merd, kunne ha noen (1–2) moderate eller ingen synlige fangstskader. Fisken som ikke egnet seg til levendelagring ble slaktet ut og levert til mottaksanlegg på land (Ingólfsson et al., 2023). Joensen et al. (2021) gjennomførte fangstskadeindeksmålinger på torskefangster i kystflåten. Ettersom hver fisk får en fordeling av ulike poengsum (0, 1 eller 2 poeng) på hver skadekategori, kan kvaliteten på fangsten summeres etter tre kvalitetsklasser. Feilfri fisk og fisk med inntil to moderate feil (1 poeng) på samme fisk blir vurdert som god kvalitet. Tre eller flere moderate feil (1 poeng) på hver fisk

gir redusert kvalitet, mens fisk med alvorlig feil (2 poeng) blir satt til å ha dårlig kvalitet (Joensen et al., 2021). I likhet med Joensen et al. (2021) dekker fangstskadevurderingen i denne oppgaven noen generelle kvalitetskriterier. For at fangstskadeskjemaet skal kunne tas i bruk, bør det lages en grense for antall fangstskader og alvorlighetsgrad som kan aksepteres. Dette gjøres vanligvis ved at kjøpere/industrien verifiserer skjemaet ved å teste det ut i flere omganger, og gir tilbakemeldinger på hvilke kategorier og beskrivelser som er relevante og anvendelige med tanke på markedet. Det bør merkes at Joensen et al. (2021) gjennomførte fangstskadevurderinger med tanke på kvalitet på produkt, mens det for fangstskadevurdering for levendelagring vil være nødvendig å stille enda strengere krav.

Skjemaet for vurdering av velferd bør også justeres videre og verifiseres. Det finnes andre operasjonelle og laboratoriebaserte velferdsindikatorer som også er relevante eller viktige for rødspette. For oppdrettsfisk som laks er det som kjent etablert en rekke velferdsindikatorer som er miljø-, gruppe- og individbaserte. I velferdsskjemaet i denne oppgaven ble det for eksempel ikke tatt med miljøbaserte velferdsindikatorer.

Etter levendelagring i 18 dager måtte skadet fisk avlives. Ved gjennomføring av levendelagring burde man i slike tilfeller ta ut frisk fisk i tillegg til de som må avlives slik at utvalget man undersøker blir mer representativt.

Under kommersiell slakting av rødspette ble det observert at fisken ble direktesløyd, uten at fisken ble bedøvet i forkant. I teorien vil det si at rødspette (sløyd med hode) fortsatt kan ha hjerneaktivitet i lang tid etter sløyning. Fra et dyrevelferdsmessig perspektiv er dette svært uheldig. Det bør derfor utvikles og implementeres gode metoder for slakting av rødspette som også ivaretar fiskens velferd på slaktetidspunktet. For å sikre bruk av slike metoder i praksis kan det for eksempel arbeides med å utvikle et velferdsverifiseringssystem som kan bidra som et økonomisk insentiv til fiskere.

Før gyteperioden slutter rødspetten å spise. I denne perioden er det lavere temperatur i havet og dermed vil også metabolismen gå saktere. Det ville derfor vært interessant å undersøke om rødspette tåler sult bedre under denne perioden.

7 Referanser

- Ageeva, T. N., Olsen, R. L., Joensen, S. & Esaiassen, M. (2018a). Effects of Long-Term Feed Deprivation on the Development of Rigor Mortis and Aspects of Muscle Quality in Live-Stored Mature Atlantic Cod (*Gadus Morhua* L.). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, **27**, s. 477-485.
DOI: <https://doi.org/10.1080/10498850.2018.1448919>
- Ageeva, T. N., Olsen, R. L., Joensen, S. & Esaiassen, M. (2018b). Quality aspects of fillet, loin and tail products made from live-stored feed-deprived Atlantic cod (*Gadhus morhua* L.) at different times *post mortem*. *LWT-Food Science and Technology*, **97**, s.1096-1127. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.031>
- Aidos, I. V., Van Der Padt, A., Lutén, J. B. & Boom, R. M. (2002) Seasonal changes in crude and lipid composition of herring fillets, byproducts, and respective produced oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**, s. 4589-4599.
DOI: <https://doi.org/10.1021/jf0115995>
- Akse, L. & Joensen, S. (2004). *Fangstskader på ferskt råstoff (torsk) levert fra kystflåten – Fangstskadeindeks til bruk i mottakskontroll og kvalitetssortering*, (10/2004). Tromsø: Fiskeriforskning.
- Akse, L., Joensen, S. & Tobiassen, T. (2004). *Fangstskader på råstoff i kystfisket - Torsk fisket med garn, line, snurrevad og juksa mars - mai 2004*, (15/2004). Tromsø: Fiskeriforskning.
- Akse, L., Joensen, S., Tobiassen, T. & Olsen, S. H. (2013). *Råstoffkvalitet torsk - Gruppert i kvalitetsklasser basert på fangstskader*, (36/2013) Tromsø: Nofima.
- Akse, L., Joensen, S. & Tobiassen, T. (2014a). *Kvalitetsstatus for råstoff av torsk og hyse – Registrering av fangstskader og kvalitetsfeil i 2014*, (34/2014). Tromsø: Nofima.
- Akse, L., Olsen, S. H., Tobiassen, T. & Dahl, R. W. (2014b). *Kvalitet og holdbarhet fersk torsk: Effekt av restblod i muskelen og fjerning (børsting) av nakkeblod*, (16/2014). Tromsø: Nofima.
- Andersen, S. M., Waagbø, R. & Espe, M. (2016). Functional amino acids in fish health and welfare. *Frontiers in Bioscience-Elite*, **8(1)**, s. 143 – 169.
DOI: <https://doi.org/10.2741/757>
- Anderson, C. D. & Roberts, R. J. (1975). A comparison of the effects of temperature on wound healing in a tropical and a temperate teleost. *Journal of Fish Biology*, **7(2)**, s. 173-182. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1975.tb04588.x>

- AOAC International. (2023). Official Methods of Analysis of AOAC International, 22nd Edition (22) AOAC International: Rockville, MD, USA, 2023.
DOI: 10.1093/9780197610145.001.0001
- Artsdatabanken (2023). Saueskjell *Cerastoderma edule* (L.,1758). Hentet 29. april, 2023.
Artsdatabanken.
URL: <https://artsdatabanken.no/taxon/Cerastoderma%20edule/108288>
- Ashie, I. N. A., Smith, J. O., Simpson, B. K. & Haard, N. F. (1996). Spoilage and shelf-life extension of fresh fish and shellfish. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, **36**(1-2), s. 87-121. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408399609527720>
- Bandeen, J. & Leatherland, J. F. (1997). Changes in the proximate composition of juvenile white suckers following re-feeding after a prolonged fast. *Aquaculture International*, **5**, s. 327-337. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1018312123344>
- Barcellos, L. J., Marqueze, A., Trapp, M., Quevedo, R. M. & Ferreira, D. (2010). The effects of fasting on cortisol, blood glucose and liver and muscle glycogen in adult jundiá *Rhamdia quelen*. *Aquaculture*, **300**(1-4), s. 231-236.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.01.013>
- Bidlingmeyer, B. A., Cohen, S. A., Tarvin, T. L. & Frost, B. (1987). A New, Rapid, High-Sensitivity. *Analysis of Amino Acids in Food Type Samples*, J. Assoc. Off. Anal. Chem., Vol. 70, No. 2, 241-247
- Borderías, A. J. & Sánchez-Alonso, I. (2010). First processing steps and the quality of wild and farmed fish. *Journal of Food Science*, **72**(1).
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01900.x>
- Breen, M., Anders, N., Humborstad, O-B., Nilsson, J., Tenningen, M. & Vold, A. (2020). Catch welfare in commercial fisheries. In: Kristiansen, T. S., Fernö, A., Pavlidis, M. A., & Van de Vis, H. (red.). *The welfare of fish* (Vol. 20). Cham, Switzerland: Springer International Publishing. s. 401-437.
DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-41675-1_17
- Bremner, H. (1985). A convenient, easy to use system for estimating the quality of chilled seafoods. *Fish Processing Bulletin*, **7**, s. 59 – 70. Fish Processing Conference, Nelson, New Zealand.
- Briggs, R. P. (1992). An assessment of nets with a square mesh panel as a whiting conservation tool in the Irish Sea *Nephrops* fishery. *Fisheries Research*, **13**(2), s. 133-152. DOI: [https://doi.org/10.1016/0165-7836\(92\)90023-M](https://doi.org/10.1016/0165-7836(92)90023-M)

- Brinkhof, J., Larsen, R. B., Herrmann, B. & Sistiaga M. (2020). Size selectivity and catch efficiency of bottom trawl with a double sorting grid and diamond mesh condend in the North-East Atlantic gadoid fishery. *Fisheries Research*, **231**.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105647>
- Brinkhof, J., Herrmann, B., Sistiaga, M., Larsen, R., Jacques, N., & Gjørund, S. (2021). Effect of gear design on catch damage on cod (*Gadhus morhua*) in the Barents Sea demersal trawl fishery. *Food Control*, **120**.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107562>
- Brosnan, J. T., daSilvia, R. P. & Brosnan, M. E. (2011). The metabolic burden of creatine synthesis. *Amino Acids*, **40**, s. 1325 – 1331.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00726-011-0853-y>
- Bjørklund, O. & Henriksen, E. (2011). *Anbefalinger for videre satsing på LUR-arter*, (39/2014). Tromsø: Nofima.
- Bjørnevik, M. & Solbakken, V. (2010). Preslaughter stress and subsequent effect on flesh quality in farmed cod. *Aquaculture Research*, **41**(10), s. 467-474.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02498.x>
- Chandararathna, U., Iversen, M. H., Korsnes, K., Sørensen, M. & Vatsos, I. N. (2021). Animal welfare issues in capture-based aquaculture. *Animals*, **11**(4), s. 956.
DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11040956>
- Cooper, M. & Midling, K. Ø. (2007). Blood vessel melanosis: a physiological detoxification mechanism in Atlantic cod (*Gadhus morhua*). *Aquaculture International*, **15**, s. 43-54
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-006-9067-9>
- Cooper, M., Olsen, R., Seliussen, J. & Gannefors, C. (2011). Dietary Trace Metal Supplements Promote Blood Vessel Melanosis in Fillets of Juvenile Farmed Atlantic Cod, *Gadus morhua* L. *Journal of the World Aquaculture Society*, **42**(2), s. 222-229.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2011.00458.x>
- Czesny, S. R., Rinchar, J., Garcia Abiado, M. A. & Dabrowski, K. (2003). The effect of fasting, prolonged swimming, and predator presence on energy utilization and stress in juvenile walley (Stizostedion vitreum). *Physiology & Behavior*, **79**(4-5), s. 597-603.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(03\)00124-0](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(03)00124-0)
- Danulat, E. & Hochachka, P. W. Creatine turnover in the starry flounder, *Platichthys stellatus*. (1989). *Fish Physiology and Biochemistry*, **6**, s. 1- 9.
DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01875599>

- Dawson, A. S. & Grimm, A. S. (1980). Quantitative seasonal changes in the protein, lipid and energy content of the carvass, ovaries and liver of adult female plaice, *Pleuronectes platessa* L. *Journal of Fish Biology*, **15**(5), s. 493-504.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1980.tb03729.x>
- Digre, H., Aurand, I. G., Aasjord, H. L. & Geving, I. H. (2010). *Fangstbehandling i snurrevadflåten*, (SFH80 A105002). Trondheim: SINTEF.
- Digre, H., Rosten, C., Erikson, U., Mathiassen, J. R. & Aursand, I. G. (2017). The on-board live storage of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) caught by trawl: Fish behaviour, stress and fillet quality. *Fisheries Research*, **189**, s. 42-54. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.01.004>
- Dreyer, B. M., Nøstvold, B. H., Midling, K. Ø., & Hermansen, Ø. (2008). Capture-based aquaculture of cod. *FAO Fisheries Technical Paper*, **508**, s. 183-198.
- Eayrs, S., Pol, M., Caporossi, S. T. & Bouchard, C. (2017). Avoidance of Atlantic cod (*Gadus morhua*) with a topless trawl in the New England groundfish fishery. *Fisheries Research*, **185**, s. 145-152. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.09.014>
- EC (1996). *Council regulation (EC) no 2406/96 of 26 November 1996 laying down common marketing standards for certain fishery products*. Off J Europ Comm No L 334/1.
- Eigaard, O. R., Bastardie, F., Breen, M., Dinesen, G. E., Hintzen, N. T., Pascal, L., Mortensen, L. O., Nielsen, J. R., Nilsson, H. C., O'Neill, F. G., Polet, H., Reid, D. G., Sala, A., Sköld, M., Smith, C., Sørensen, T. K., Tully, O., Zengin, M., Rijnsdorp, A. D. (2016). Estimating seabed pressure from demersal trawls, seines, and dredges based on gear design and dimensions. *ICES journal of Marine Science*, **73**(1), s. i27-i43.
DOI: <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv099>
- Elvevoll, E. O., Eilertsen, K.-E., Brox, J., Dragnes, B. T., Falkenberg, P., Olsen, J. O., Kirkhus, B., Lamglait, A. & Østerud, B. (2008). Seafood diets: Hypolipidemic and antiatherogenic effects of taurine and n-3 fatty acids. *Atherosclerosis*, **200**(2), s. 396-402. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2007.12.021>
- Engås, A., Jørgensen, T. & West, C. W. (1998). A species-selective trawl for demersal gadoid fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, **55**(5), s. 835-845.
DOI: <https://doi.org/10.1006/jmsc.1998.0352>
- Ern, R., Molbo, K., Jensen, T. H., Kucheryavskiy, S. V., Møller, P. R. & Madsen, N. (2022). Initial experiments to assess short-term survival of discarded plaice (*Pleuronectes Platessa*) caught in trammel nets during winter season. *Fisheries Research*, **251**.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2022.106308>

- Esaiassen, M., Nilsen, H., Joensen, S., Skjerdal, T., Carlehøg, M., Eilertsen, G., Gundersen, B. & Elvevoll, E. O. (2004). Effects of catching methods of quality changes during storage of cod (*Gadus morhua*). *LWT-Food Science and Technology*, **37**(6), s. 643-648.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.02.002>
- Esaiassen, M., Carlehög, M., Eilertsen, G., Breiland, M. S. W. & Østli, J. (2011) *Kvalitetsforskjeller på fersk og tint torskefilet (Gadus morhua): Objektive målinger*, (31/2011) Tromsø: Nofima
- Esaiassen, M., Akse, L. & Joensen, S. (2013). Development of a Catch-damage-index to assess the quality of cod at landing. *Food Control*, **29**(1), s. 231-235.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.05.065>
- Esaiassen, M., Jensen, T. K., Edvinsen, G. K., Otnæs, C. H. A., Ageeva, T. N. & Mæhre, H. K. (2022). Nutritional value and storage stability in commercially produced organically and conventionally farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Norway. *Applied Food Research*, **2**(1). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2021.100033>
- European Commission, Joint Research Centre, Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries, Carcalho, N., Guillen, J., Prellezo, R. (2020). *The 2020 Annual Economic Report on the EU Fishing Fleet (STECF 20-06)*, Carvalho, N. (Red., Guillen, J. (Red.), Prellezo, R. (Red.). Publications office.
DOI: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/500525>
- FAO. (2021). *FAO Yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2019*. Roma: FAO.
DOI: <https://doi.org/10.4060/cb7874t>
- FAO. (2022). *Pleuronectes Platessa (Linnaeus), 1758*. Hentet 6. desember, 2022. Fisheries and Aquaculture Division.
URL: <https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/3354/en>
- Fiskeridirektoratet (2022). Høringsnotat. Forslag til reguleringstiltak i fisket etter kveite 3. juni 2022. Hentet 12. mai, 2023. Fiskeridirektoratet.
URL: <https://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Dokumenter/Hoeringer/forslag-til-reguleringstiltak-i-fisket-etter-kveite>
- Foegeding, E. A., Lainer, T. C. & Hulting, H. O. (1996). Characteristics of edible muscle tissues. O. R. Fennema (Red.). *Food Chemistry*. 3rd edition. Kap. 15, Marcel Dekker, Inc, New York, USA, 902-906.
- Forskrift om kvalitet på fisk og fiskevarer (2013). *Forskrift om kvalitet på fisk og fiskevarer*. (FOR-2013-06-28-844). Lovdata.
URL: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2013-06-28-844>

- Forskrift om bruk av dyr i forsøk. (2015). *Forskrift om bruk av dyr i forsøk*. (FOR-2015-06-18-761). Lovdata.
URL: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2015-06-18-761>
- Forskrift om offentlig kontroll - animalsk produksjon, forordning (EU) 2019/624 og forordning (EU) 2019/627. (2020). *Forskrift om offentlig kontroll - animalsk produksjon, forordning (EU) 2019/624 og forordning (EU) 2019/627*. (FOR-2020-03-09-720). Lovdata.
URL: https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2020-03-09-720/*#&
- Forskrift om fangst av fisk som skal holdes levende, samt restitusjon og mellomlagring. (2021). *Forskrift om fangst av fisk som skal holdes levende, samt restitusjon og mellomlagring*. (FOR-2021-12-23-3891). Lovdata.
URL: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2021-12-23-3891>
- Frantzen, S., Nilsen, B., & Sanden, M. (2020). *Fremmedstoffer i rødspette, breiflabb og lyr: Sluttrapport for kartleggingsprogrammet "Fremmedstoffer i villfisk med vekt på kystnære farvann" 2016-2018*, (20/2020). Bergen: Havforskningsinstituttet.
- French, C. J., Mommsen, T. P. & Hochachka, P. W. (1981). Amino acid utilization in isolated hepatocytes from rainbow trout. *European Journal of Biochemistry*, **113**(2), s. 311-317. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1981.tb05068.x>
- Freyer, R. J., Summerbell, K. & O'Neill, F. G. (2017). A meta-analysis of vertical stratification in demersal trawl gears. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **74**, s. 1243-1250. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjfas-2016-0391>
- Fuke, S. Konosu, S. (1991). Taste-active components in some foods: A review of Japanese research. *Physiology & Behaviour*, **49**(5), s. 863 – 868.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(91\)90195-T](https://doi.org/10.1016/0031-9384(91)90195-T)
- Garratt, J. K. & McCulloch, S. P. (2022). Wilde Fish Welfare in UK Commercial Sea Fisheries: Qualitative Analysis of Stakeholder Views. *Animals*, **12**(29).
DOI: <https://doi.org/10.3390/ani12202756>
- Gillis, T. E. & Ballantyne, J. S. (1996). The effects of starvation on plasma free amino acid and glucose concentrations in lake sturgeon. *Journal of Fish Biology*, **49**(6), s. 1306 – 1316. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1996.tb01797.x>
- Glass, C. W. (2000). Conservation of fish stocks through bycatch reduction: A review. *Northeastern Naturalist*, **7**(4), s. 395-410. DOI: <https://doi.org/10.2307/3858520>

- Gökçe, M. A., Tasbozan, O., Celik, M. & Surhan Tabakoglu, S. (2004). Seasonal variation in proximate and fatty acid compositions of female common sole (*Solea solea*). *Food Chemistry*, **88**(3), s. 419-423. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.051>
- Haard, N. F. (1987). Protein and non-protein nitrogen constituents in Jellied American Hippoglossoides platessoides. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, **20**(2), s. 98-101 DOI: [https://doi.org/10.1016/S0315-5463\(87\)71097-9](https://doi.org/10.1016/S0315-5463(87)71097-9)
- Haard, N. F. (1992). Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food Research International*, **25**(4), s. 289-307.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0963-9969\(92\)90126-P](https://doi.org/10.1016/0963-9969(92)90126-P)
- Hargis Jr., W. J. (1991). Disorders of the eye in finfish. *Annual review of Fish Diseases*, **1**, s. 95-117. DOI: [https://doi.org/10.1016/0959-8030\(91\)90025-F](https://doi.org/10.1016/0959-8030(91)90025-F)
- Haugen, T. O., Knight, C., Rosten, T., Karlsson, A. & Kristensen, T. (2008). *Velferdsmessige aspekter av forrestriksjon for villfanget torsk*, (5780-2009). Oslo: NIVA.
- Havforskningsinstituttet. (2007) Rødspette filet (*Pleuronectes platessa*). Hentet 22. februar, 2023. Sjømatdata.
URL: <https://sjomatdata.hi.no/#/seafood/7319>
- Havforskningsinstituttet. (2020, april 21.) Tema: Rødspette. Hentet 2. september, 2022.
Havforskningsinstituttet.
URL: <https://www.hi.no/hi/temasider/arter/rodspette>
- Hemmings, C. C. (1973). Direct observations of the behaviour of fish in relation to fishing gear. *Helgoländer wiss. Meeresunters*, **24**, s. 348-360.
DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01609525>
- Henriksen, E. & Svorken, M. (2011). *Fangstregulering og råstoffkvalitet i kystflåten - Ferskt råstoff til fiskeindustrien i Nord-Norge*, (25/2011). Tromsø: Nofima.
- 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), s. 194-204. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.022>
- Humborstad, O-B., Isaksen, B., Nilsson, J., Rindal, L., Pedersen, R., Enerhaug, B., Midling, K. Ø., Noble, C. & Evensen, T. (2013). *Teknologiutvikling fra fangst, føring og håndtering av levende villfanget torsk*, (20/2013). Bergen: Havforskningsinstituttet.
- Huntingford, F. A., Adams, C., Braithwaite, V. A., Kadri, S., Pottinger, T. G., Sandøe, P. & Turnbull, J. F. (2007). Current issues in fish welfare. *Journal of Fish Biology*, **68**(2), s. 332-372. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2006.001046.x>

- Huss, H. H. (1995). *Quality and quality changes in fresh fish*. (Bd. 348). FAO Rome.
- Hutchings, J. A., Pickle, A., McGregor-Shaw, C. R. & Poirier, L. (1999). Influence of sex, body size, and reproduction on overwinter lipid depletion in brook trout. *Journal of Fish Biology*, *55*(5), s. 1020-1028.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1999.tb00737.x>
- Hyldig, G. & Green-Petersen, D. (2004). Quality Index Method - An objective tool for determination of sensory quality. *Journal of Aquatic Food Product Technology* *13*(4), s. 71-80. DOI: https://doi.org/10.1300/J030v13n04_06
- Hyldig, G., Martinsdottir, E., Sveinsdottir, K., Schelvis, R. & Bremner, A. (2010). Quality Index Methods. I Nøllet, L. M. L. & Toldra, F. (Red.). *Handbook of seafood and seafood products analysis*, s. 481-498. CRC Press.
- Ingólfsson, Ó. A., Humborstad, O-B., Hansen, K., Hemnes, T., Saltskår, J., Rosen, S., & Løkkeborg, S. (2016). *Selektiv flyndresnurrevad - rapport fra forsøk med en lavåpnings snurrevad for å skille torsk fra flatfisk*, (27-2016). Bergen: Havforskningsinstituttet.
- Ingólfsson, Ó. A., Hansen, K., Isaksen, B., Saltskår, J., Totland, B., Kvalvik, L. B. K., Humborstad, O-B., Rosen, S., Løkkeborg, S., Lilleng, D., Hemnes, T., Myroldhaug, J. & Foss, B. (2018). *Fangstkontroll i snurrevad. Sluttrapport til Fiskeri- og Havbruksnæringens Forskningsfond*. Bergen: Havforskningsinstituttet
- Ingólfsson, Ó. A., Humborstad, O-B. & Løkkeborg, S. (2019). Selective flatfish seine: a knee high demersal seine barely catches cod. *ICES Journal of Marine Science*, *76*(4), s. 1200-1209. DOI: <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy200>
- Ingólfsson, Ó. A., Sistiga, M., Kvalvik, L., Anders, N., Olsen, S. H., Martinsen, G., Tobiassen, T., Pettersen, I. M., Aaknes, V. S. & Esaiassen, M. (2023). *Effekt av vingelengde på fangsteffektivitet i flyndrefiske med snurrevad og levendelagring av snurrevadsfanget flyndre - Tokt med M/S Karl Viktor oktober 2022*, (Toktrapport, 15829, 2023). Bergen: Havforskningsinstituttet.
- Isaksen, B., Midling, K. Ø., Humborstad, O-B. & Kristiansen, T. (2004). *Fangstbasert havbruk - en utredning om fangst og hold av villtorsk (Gadus morhua L.) og andre marine arter, velferd og risiko*. Havforskningsinstituttet og Fiskeriforskning.
- Isaksen, B. & Midling, K. Ø. (2012). *Fangstbasert akvakultur på torsk – en håndbok*. Havforskningsinstituttet, Nofiima og FHF
- Isaksen, J. R., Svorken, M., & Dreyer, B. M. (2016). *Fjordlinjene: For hva og for hvem?* (60/2016). Tromsø: Nofima.

- Jensen, T. K. (2022). *Catch quality of Northeast Atlantic cod (Gadus morhua) caught by bottom trawl and gillnet - Effects of changes in gear design and fishing practices*. [Doktorgradsavhandling, Universitetet i Tromsø].
- Jensen, T. K., Brinkhof, J., Lindberg, S.-K., Tobiassen, T., Heia, K., Olsen, S. H., Larsen, R. B. & Esaiassen, M. (2022). Effect of the T90-codend on the catch quality of cod (*Gadus morhua*) compared to the conventional codend configuration in the Barents Sea bottom trawl fishery. *Fisheries Research*, **250**.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2022.106277>
- Joensen, S., Akse, L., Bjørkevold, I. & Mathisen, I. (2005). *Kvalitetsforbedring av råstoff til tørrfiskproduksjon - Fangstskader på råstoffet og konsekvenser for kvaliteten på tørrfisken*, (2/2005). Tromsø: Fiskeriforskning.
- Joensen, S., Nøstvold, B. H., Tobiassen, T., Bendiksen, B. I. & Nilsen, H. (2017). *Råstoffkvalitet på torsk fra kystfartøy*, (31/2017). Tromsø: Nofima.
- Joensen, S., Bendiksen, B. I., Martinsen, G., Tobiassen, T. & Nilsen, H. (2021). *Fangstskaderegistrering 2014 – 2020*, (6/2021). Tromsø: Nofima.
- Johnston, I. A. & Goldspink, G. (1973). Some effect of prolonged starvation on the metabolism of the red and white myotomal muscles of the plaice *Pleuronectes platessa*. *Marine Biology*, **19**, s. 348-353. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00348906>
- Karl, H. & Meyer, C. (2007). Effect of Early Gutting on Shelf Life of Saithe (*Pollachius Virens*), Haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) and Plaice (*Pleuronectes Platessa*) Stored in Ice. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, **2**, s. 130-137.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00003-007-0175-x>
- Karl, H., Manthey-Karl, M., Ostermeyer, U., Lehmann, I. & Wagner, H. (2013). Nutritional composition and sensory attributes of Alaskan flatfishes compared to plaice (*Pleuronectes platessa*). *International Journal of Food Science & Technology*, **48**(5), s. 962-971. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12048>
- Karlsen, Ø. (2004). Påvekst i kar og merd. Magnor-Jensen, A. og Holm, J. C (Red..). *Håndbok i kveiteoppdrett*, s. 145-150. Bergen: Havforskningsinstituttet.
- Karlsen, J. D., Krag, L. A., Albertsen, C. M., & Frandsen, R. P. (2015). From fishing to fish processing: separation of fish from crustaceans in the Norway lobster-directed multispecies trawl fishery improves seafood quality. *PLOS ONE*, **10**(11).
DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140864>

- Kendler, S., Thornes, F. W., Jakobsen, A. N. & Lerfall, J. (2023a). Nutritional profiling and contaminant levels of five underutilized fish species in Norway. *Frontiers in Nutrition*, **10**. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1118094>
- Kendler, S., Tsoukalas, D., Jakobsen, A. N., Zhang, J., Asimakopoulos, A. G. & Lerfall, J. (2023b). Seasonal variation in chemical composition and contaminants in European plaice (*Pleuronectes Platessa*) originated from the west-coast of Norway. *Food chemistry*, **401**. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134155>
- Khalili Tilami, S. & Samples, S. (2018). Nutritional value of fish: lipids, proteins, vitamins, and minerals. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, **26**(2), s. 243-253. DOI: <https://doi-org.mime.uit.no/10.1080/23308249.2017.1399104>
- 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 and Technology*, **41**(7), s. 861-864. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01149.x>
- Kryvi, H. (2016). *Fiskeanatomi*. (2. utgave). Bergen: Fagbokforlaget.
- Larsen, R., Stormo, S. K., Eilertsen, K. E., Mæhre, H., Jensen, I. J., Østerud, B., Elvevoll, E. (2010). *Prosessering av sjømat: Endring i næringsinnhold, biotilgjengelighet og helseeffekter*, (36/2010) Tromsø: Nofima
- Larsen, R. B., Eilertsen, K.-E. & Elvevoll, E. (2011). Health benefits of marine foods and ingredients. *Biotechnology Advances*, **29**(5), s. 508-518. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.05.017>
- Li, X., Chen, Y., Cai, L., Xu, Y., Yi, S., Zhu, W., Mi, H., Li, J. & Lin, H. (2017). Freshness assessment of turbot (*Scophthalmus maximus*) by Quality Index Method (QIM), biochemical, and proteomic methods. *LWT - food science and technology*, **78**, s. 172-180. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.12.037>
- Li, X., Zheng, S. & Wu, G. (2021). Nutrition and functions of amino acids in fish. I Wu, G. (red.) *Amino Acids in Nutrition and Health. Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1285. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-54462-1_8
- Lomeli, M. J. M., Wakefield, W. W. & Hermann, B. (2018). Illuminating the headrope of a selective flatfish trawl: Effect on catches of groundfishes, including pacific halibut. *Marine and coastal fisheries: dynamics, Management, and ecosystem science*, **10**(2), s. 118-131. DOI: <https://doi.org/10.1002/mcf2.10003>

- Love, R. M. (1975). Variability in Atlantic Cod (*Gadus morhua*) from the Northeast Atlantic: a Review of Seasonal and Environmental Influences on Various Attributes of the Flesh. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, **32**(12), s. 2333-2342.
DOI: <https://doi.org/10.1139/f75-269>
- MacKenzie, D. S., VanPutte, C. M. & Leiner, K. A. (1998). Nutrient regulation of endocrine function in fish. *Aquaculture*, **161**(1-4), s. 3-25.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00253-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00253-6)
- Madsen, N., Holst, R. & Foldager, L. (2002). Escape windows to improve the size selectivity in the Baltic cod trawl fishery. *Fisheries research*, **57**(3), s. 223-235.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(01\)00355-1](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(01)00355-1)
- Madsen, N., Tschernij, V., Hansen, K. & Larsson, P.-O. (2006). Development and testing of a species-selective flatfish ottertrawl to reduce cod bycatches. *Fisheries research* **78**(2-3), s. 298-308. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.01.002>
- Madsen, N. & Valentinsson, D. (2010). Use of selective devices in trawls to support recovery of the Kattegat cod stock: a review of experiments and experience. *ICES journal of marine science*, **67**(9), s. 2042-2050. DOI: <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsq153>
- Margeirsson, S., Nielsen, A. A., Jonsson, G. R. & Arason, S. (2006). Effect of catch location, season and quality defects on value of Icelandic cod (*Gadus morhua*) products. *Seafood research from fish to dish - Quality, safety & processing of wild and farmed fish*, s. 265-274. Wageningen Academic Publishers.
- Margeirsson, S., Jonsson, G. R., Arason, S. & Thorkelsson, G. (2007). Influencing factors on yield, gaping, bruises and nematodes in cod (*Gadus morhua*) fillets. *Journal of food engineering*, **80**(2), s. 503-508. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.05.032>
- McKenzie, D. J. (2011). Energetics of fish swimming. *Encyclopedia of Fish Physiology*, (3. Utgave), s. 1636-1644.
- Menzies, F. C., Crockford, T., Breck, O. & Midtlyng, P. J. (2002). Estimation of direct costs associated with cataracts in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Bulletin-European Association of Fish Pathologists*, **22**(1), s. 27-32.
- Metcalfe, N. B. & Thorpe, J. E. (1992). Anorexia and defended energy levels in overwintering juvenile Salmon. *Journal of Animal Ecology*, **61**(1), s. 175-181.
DOI: <https://doi.org/10.2307/5520>
- Metcalfe, J. D. (2009). Welfare in wild-capture marine fisheries. *Journal of Fish Biology*, **77**(10), s. 2855-2861. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2009.02462.x>

- Methling, C., Skov, P. V. & Madsen, N. (2017). Reflex impairment, physiological stress, and discard mortality of European plaice *Pleuronectes platessa* in an otter trawl fishery. *ICES journal of marine science* **74**(6), s. 1660-1671.
DOI: <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx004>
- Midling, K., Aas, K., Joensen, S., & Akse, L. (1999). *Sluttrapport for prosjektet: Teknologi for transport og lagring av levende rødspette og andre arter uten svømmeblære*. Fiskeriforskning. Norges forskningsråd.
- Moen, F. E., & Svensen, E. (2014). *Dyreliv i havet: nordeuropeisk marin fauna* (Vol. 6. utg). Kolofon forl.
- Moland, E., Synnes, A-E., Naustvoll, L. J., Freitas, C., Norderhaug, K. M., Thormar, J., Biuw, M., Jorde, P. E., Knutsen, H., Dahle, G., Jelmert, A., Bosgraad, S., Olsen, E. M., Deininger, A. & Haga, A. (2021). *Krafttak for kysttorsken – Kunnskap for stedstilpasset gjenoppbygging av bestander, naturtyper og økosystem i Færder – og Ytre Hvaler nasjonalparker*, rapport fra havforskningen Nr. 2021-2.
- Mommsen, T. P., French, C. J. & Hochachka. (1980). Sites and patterns of protein and amino acids utilization during the spawning migration of salmon. *Canadian Journal of Zoology*, **58**(10), s. 1785 – 1799. DOI: <https://doi.org/10.1139/z80-246>
- Mommsen, T. P., Vijayan, M. M. & Moon, T. W. (1999). Cortisol in teleosts: dynamics, mechanisms of action, and metabolic regulation. *Reviews in Fish biology and fisheries*, **9**, s. 211-268. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1008924418720>
- Moon, T. W. & Johnston, I. A. (1980). Starvation and the activities of glycolytic and gluconeogenic enzymes in skeletal muscles and liver of the plaice, *Pleuronectes platessa*. *Journal of Comparative Physiology*, **136**, s. 31-38.
DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00688619>
- Moon, T. W. (2011). Stress effects on growth and metabolism. *Encyclopedia of Fish Physiology*, s. 1534-1540
- Morfin, M., Méhault, S., Benoît, H. P. & Kopp, D. (2017). Narrowing down the number of species requiring detailed study as candidates for the EU Common Fisheries Policy discard ban. *Marine policy*, **77**, s. 23-29.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.12.003>
- Moro, J., Tomé, D., Schnidely, P., Demersay, T.-C. & Azzout-Marniche D. (2020). Histidine: A systematic review on metabolism and physiological effects in human and different animal species. *Nutrients*, **12**(5).
DOI: <https://doi.org/10.3390/nu12051414>

- Morzel, M., Sohler, D., Van de Vis, H. (2002). Evaluation of slaughtering methods for turbot with respect to animal welfare and flesh quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **83**(1), s. 19-28.
DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.1253>
- Mæhre, H. K., Dalheim, L., Edvinsen, G. K., Elvevoll, E. O. & Jensen, I.-J. (2018). Protein determination - Method matters. *Foods*, **7**(1).
DOI: <https://doi.org/10.3390/foods7010005>
- Mørkøre, T., Espe, M., Veiseth-Kent, E., Terjesen, B. F. Erikson, U., Koppan, E. O. & Rørvik, K.-A. (2009). *Bred kartlegging av faktorer som påvirker teksturegenskaper i oppdrettslaks ved multivariat tilnærming*, (41/2009). Tromsø: Nofima.
- Mørkøre, T., Koppang, E. O., Espe, M., Larsson, T., Veiseth-Kent, E., Terjesen, B. F., Standal, I. B. & Rørvik, K.-A. (2010). *Optimalt fôr som gir fast filet*, (37/2010). Tromsø: Nofima.
- Nash, R. D., Valencia, A. H., & Geffen, A. J. (2006). The origin of Fulton's condition Factor: Setting the record straight. *Fisheries*, **31**(5), 236-238.
- Navarro, I. & Gutiérrez, J. (1995). Fasting and starvation. *Biochemistry and molecular biology of fishes*, **4**, s. 393-434. Barcelona, Spania: Elsevier Science.
- Nelson, J. A. & Chabot, D. (2011). General energy metabolism. Farrel A. P., (Red.), *Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome to Environment*, **3**, s. 1566-1572. San Diego: Academic Press.
- Nilsen, H., Esaiassen, M., Østli, J., Nøstvold, B. H., Pleym, I. E., Reynisson, E. M., Skjelvareid, M. H. & Heia, K. (2014). *Verktøy for å måle fiskekvalitet - basert på forbrukernes oppfatning (Fase 1 – Forprosjekt)*, (42/2014). Tromsø: Nofima.
- Noack, T., Stepputtis, D., Madsen, N., Wieland, K., Haase, S. & Krag, L. A. (2019). Gear performance and catch process of a commercial Danish anchor seine. *Fisheries research*, **211**, s. 204-211. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.11.012>
- Noble, C., Nilsson, J., Stien, L., Iversen, M., Kolarevic, J., & Gismervik, K. (2018). *Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd* (3. utg.). Tromsø: Fishwell.
- Norderhaug, K. M., Nedreaas, K., Huserbråten, M. & Moland, E. (2021). Depletion of coastal predatory fish sub-stocks coincided with the largest sea urchin grazing event observed in the NE Atlantic. *Ambio*, **50**, s. 163-173.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01362-4>

- Norges råfisklag. (2023). Rødspette-Sløyd m/hode. Hentet 27. april, 2023. Råfisklaget.
URL: <https://www.rafisklaget.no/minstepris>
- Nortvedt, R. and Tuene, S. A. (1995). Multivariate evaluation of feed for Atlantic halibut. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, **29**(2), s. 271-282.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0169-7439\(95\)80102-F](https://doi.org/10.1016/0169-7439(95)80102-F)
- Offer, G., Knight, P., Jeacocke, R., Almond, R. & Cousins, T. (1989). The structural basis of the water-holding, appearance and toughness of meat and meat products. *Food structure*, **8**(1), s. 151-170.
- 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), s. 163-174.
- Ofstad, R., Egelanddal, B., Kidman, S., Myklebust, R., Olsen, R. L. & Hermansson, A.-M. (1996). Liquid loss as effected by *post mortem* ultrastructural changes in fish muscle: cod (*Gadus morhua* L) and salmon (*Salmo salar*). *Journal of the science of food and agriculture*, **71**(3), s. 301-312.
DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199607\)71:3<301::AID-JSFA583>3.0.CO;2-0](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199607)71:3<301::AID-JSFA583>3.0.CO;2-0)
- Ólafsdóttir, G., Martinsdóttir, E., Oehlenschläger, J., Dalgaard, P., Jensen, B., Undeland, I., Mackie, I. M., Henahan, G., Nielsen, J. & Nilsen, H. (1997). Methods to evaluate fish freshness in research and industry. *Trends in Food Science and Technology*, **8**(8), s. 258-265. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(97\)01049-2](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(97)01049-2)
- Olsen, S. H., Tobiassen, T., Akse, L., Evensen, T. H. & Midling, K. Ø. (2013). Capture induced stress and live storage of Atlantic cod (*Gadus morhua*) caught by trawl: Consequences for the flesh quality. *Fisheries research*, **147**, s. 446-453.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2013.03.009>
- Olsson, G. B., Olsen, R. L., Carlehög, M. & Ofstad, R. (2003). Seasonal variations in chemical and sensory characteristics of farmed and wild Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Aquaculture*, **217**(1-4), s. 191-205.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00191-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00191-6)
- Patterson, S., Johnston, I. A. & Goldspink, G. (1974). The effect of starvation on the chemical composition of red and white muscles in the Plaice (*Pleuronectes platessa*). *Experientia*, **30**, s. 892-894. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01938344>
- Pethon, P. (2019). Aschehougs store fiskebok: artsfiske, artsbestemmelse, artsutbredelse. Aschehoug.

- Pettersen, I. K., Asche, F., Bronnmann, J., Sogn-Grundvåg, G., & Straume, H. M. (2023). Is capture-based aquaculture viable? The case of Atlantic cod in Norway. *Aquaculture*, **572**. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739520>
- Regjeringen. (2021). *Norges kyst og havområder*. Klima- og miljødepartementet, Oslo. Hentet 13. desember, 2022. Regjeringen. URL: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/naturmangfold/innsiktsartikler-naturmangfold/hag-og-kyst---behov-for-a-sikre-arts-mangfold/id2076396/>
- Ricker, W. E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, **191**, 1-382.
- Robertson, J. H. B. & Stewart, P. A. M. (1988). A comparison of size selection of haddock and whiting by square and diamond mesh codends. *ICES Journal of marine science*, **44(2)**, s. 148-161. DOI: <https://doi.org/10.1093/icesjms/44.2.148>
- Rosten, T., Braaten, B., Olafsen, T., Mejdell, C., Wollfrom, T., Myhr, E. & Rosseland, B. (2007). *Bistand til mattilsynet kmyttet til utredning av dyrevelferd i akvatisk dyrehold, herunder fremtidens dyrehold*, (5469-2007). Oslo: NIVA.
- Rottmann, R., Francis-Floyd, R., & Durborow, R. (1992). The Role of Stress in Fish Disease. *Southern Regional Aquaculture Center*, **474**.
- Ruiz-Capillas, C. & Moral, A. Free amino acids in muscle of Norway lobster (*Nephrops norvegicus* (L.)) in controlled and modified atmospheres during chilled storage. (2014). *Food Chemistry*, **86(1)**, s. 85 – 91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.08.019>
- Rustad, T. P., Padget, E. & Mohr, V. (1991). *Muskelkvalitet hos oppdrettstorsk*, (301.016). Trondheim: Institutt for bioteknologi, Norges Tekniske Høyskole. Bioteknologi, Norges Tekniske Høyskole.
- Ryer, C. H. (2008). A review of flatfish behavior relative to trawls. *Fisheries Research*, **90(1-3)**, s. 138-146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2007.10.005>
- Sandblom, E. & Axelsson, M. (2007). The venous circulation: A piscine perspective. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A: Molecular & Integrative Physiology*, **148(4)**, s. 785-801. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2007.08.036>.
- Sampath, W. W. H. A., Rathnayake, R. M. D. S., Yang, M., Zhang, W. & Mai, K. (2020). Roles of dietary taurine in fish nutrition. *Marine Life Science & Technology*, **2**, s. 360 – 375. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42995-020-00051-1>

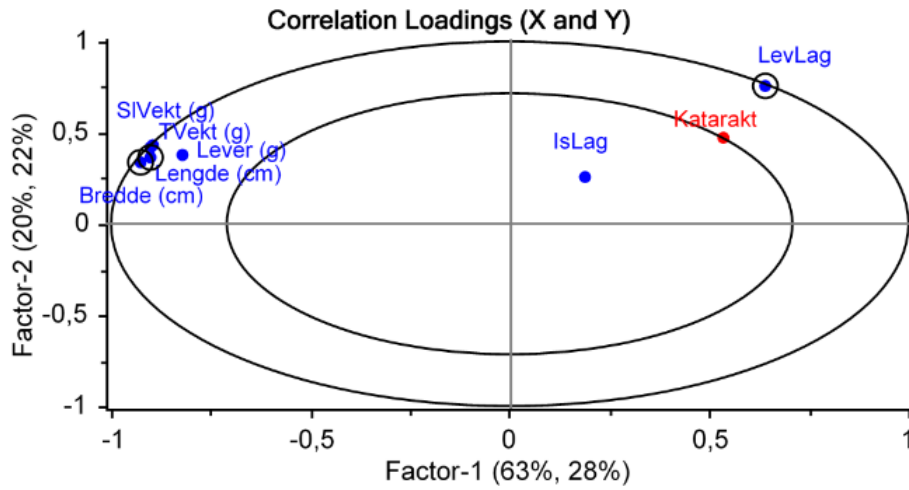
- Sarower, G., Md. Hasanuzzaman, A. F. & Biswas, B. (2012). Taste producing components in fish and fisheries products: A review. *International Journal of Food and Fermentation Technology*, **2**, s. 113-121. DOI:
- Seafish. (2010). *Sensory assessment scoresheets for fish and shellfish- Torry & QIM*. Research & Development Department. Seafood Training Academy.
- Seafish. (2022a). *Beam Trawl-Open gear*. Hentet 08. desember, 2022. Seafish, URL: <https://www.seafish.org/responsible-sourcing/fishing-gear-database/gear/beam-trawl-open-gear/>
- Seafish. (2022b). *Gill Nets*. Hentet 12. desember, 2022. Seafish, URL: <https://www.seafish.org/responsible-sourcing/fishing-gear-database/gear/gill-nets/>
- Seafish. (2022c). *SSC-Scottish Seine*. Hentet 08. desember, 2022. Seafish, URL: <https://www.seafish.org/responsible-sourcing/fishing-gear-database/gear/ssc-scottish-seine/>
- Sheridan, M. A. & Mommsen, T. P. (1991). Effect of nutritional state on in vivo lipid and carbohydrate metabolism of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *General and Comparative Endocrinology*, **81**(3), s. 473-483. DOI: [https://doi.org/10.1016/0016-6480\(91\)90175-6](https://doi.org/10.1016/0016-6480(91)90175-6)
- Sigholt, T., Erikson, U., Rustad, T., Johansen, S., Nordtvedt, T. S. & Seland, A. (1997). Handling stress and storage temperature affect meat quality of farmed-raised atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of food science*, **62**(4), s. 898-905. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1997.tb15482.x>
- Sogn-Grundvåg, G., & Hermansen, Ø. (2022). Quality-enhancing fishing in the coastal fishery for Atlantic cod in Norway. *Marine Policy*, **143**. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105191>
- Sogn-Grundvåg, G., Zhang, D. & Dreyer, B. M. (2020). Fishing methods for Atlantic cod and haddock: Quality and price versus costs. *Fisheries research*, **230**. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105672>
- Sogn-Grundvåg, G., Zhang, D., Henriksen, E., Joensen, S., Bendiksen, B. I. & Hermansen, Ø. (2022). Fishing tactics and fish quality: the case of the coastal fishery for Atlantic cod in Norway. *Fisheries Research*, **246**. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2021.106167>

- Soldatov, A. A. (2006). Organ blood flow and vessels of microcirculatory bed in fish. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, **42**(3), s. 243-252.
DOI: <https://doi.org/10.1134/S002209300603001X>
- Sopinka, N. M., Donaldson, M. R., O'Connor, C. M., Suski, C. D. & Cooke, S. J. (2016). Stress indicators in fish. *Fish physiology*, **35**, s. 405-462.
DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802728-8.00011-4>
- Sotelo, C. G. (2000). TMAO-degrading enzymes. I N. F. Haard, *Seafood enzymes: Utilization and influence on postharvest seafood quality*, s. 167-190. New York, USA: Marcel Dekker Inc.
- Steffensen, J. F., Lomholt, J. P. & Johansen, K. (1981). The relative importance of skin oxygen uptake in the naturally buried plaice, *Pleuronectes platessa*, exposed to graded hypoxia. *Respiration physiology*, **44**(3), s. 269-275.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-5687\(81\)90022-0](https://doi.org/10.1016/0034-5687(81)90022-0)
- Stene, A., Hellebø, A., Kennedy, J., Barnung, T., Aspehaug, V. (2012) *Interaksjon mellom oppdrettstorsk og torsk frå ville bestander*. (HIÅ/Møreforskning)
- Svalheim, R. A. (2018). *Stress responses influencing fillet quality of trawled Atlantic cod and haddock*. [Doktorgradsavhandling, Universitetet i Tromsø]
- Sæther, B.-S., Noble, C., Midling, K. Ø., Tobiassen, T., Akse, L., Koren, C. & Humborstad, O.-B. (2016). *Velferd hos villfanget torsk i merd: Hovedvekt på hold uten føring ut over 12 uker*, (16/2016). Tromsø: Nofima.
- Takle, H. R., Ytteborg, E., Nielsen, K. V., Karlsen, C. R., Nilsen, H. K., Sveen, L., Colquhoun, J. D., Olsen, A. B., Sørum, H. & Nilsen, A. (2015). *Sårproblematikk og hudhelse i laks- og regnbueørretoppdrett*, (5/2015). Tromsø: Nofima.
- Tecator (1992). Kjeltec Auto 1035/38 Sampler System manual. Part no 1000. 4305 Rev. 1.0 Tecator AB Sweden. (Kjeltech 8400).
- Terjesen, B. F. (2008). Nitrogen excretion. *Fish Larval Physiology*, eds. R., Finn & B. Kapoor, s. 263-302. New York: Science Publisher
- Thomsen, B. (1993). Selective flatfish trawling. *ICES Marine Science Symposium*, **196**, s. 161-164.
- Tobiassen, T., Hustad, A., Evensen, T. H., Ageeva, T. N., Martinsen, G., Joensen, S., Olsen, S. T., Heia, K. & Mejdell, C. M. (2018). *Bedøvelse og bløgging av fisk om bord i fartøy – Faglig sluttrapport*, (28/2018). Tromsø: Nofima

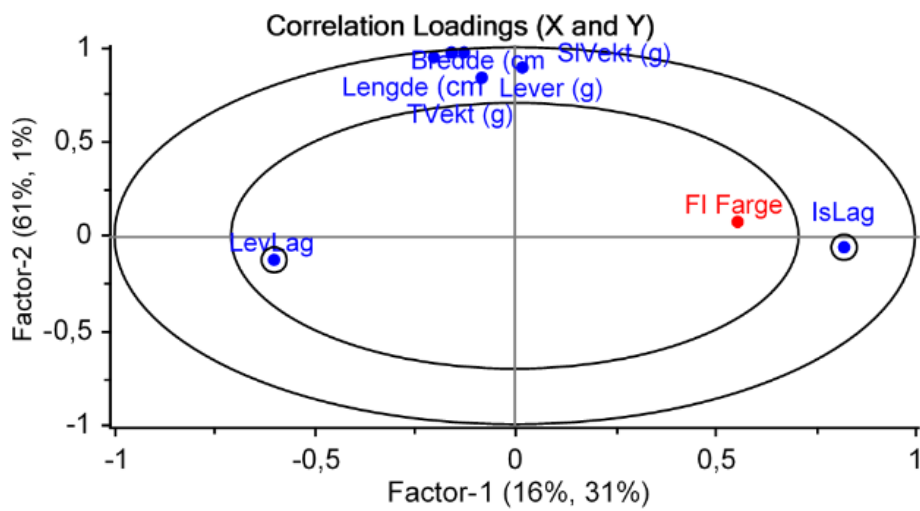
- Tobiassen, T., Kristoffersen, S., Joensen, S., Martinsen, G. & Olsen, S. H. (2021). *Kvalitetsutfordringer med stor snurrevadtorsk - Kunnskapsstatus fra tidligere forskning*. Tromsø: Nofima.
- Varlet, V., Knockaert, C., Prost, C. & Serot, T. (2006). Comparison of odor-active volatile compounds of fresh and smoked salmon. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **54**(9), s. 3391-3401. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf053001p>
- Veldhuizen, L. J. L., Berentsen, P. B. M., De Boer, I. J. M., Van De Vis, J. W. & Bokkers, E. A. M. (2018). Fish welfare in capture fisheries: A review of injuries and mortality. *Fisheries Research*, **204**, s. 41-48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.02.001>
- Waagbø, R. E. (2001). Fiskeernæring. I (. 415). Bergen: Kystnæringen forl. & bokklubb.
- Waagbø, R., Trösse, C., Koppe, W., Fontanillas, R. & Breck, O. (2010). Dietary histidine supplementation prevents cataract development in adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in seawater. *British journal of Nutrition*, **104**(10), s. 1460-1470.
DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007114510002485>
- Wardle, C. S. (1978). Non-release of lactic acid from anaerobic swimming muscle of plaice *Pleuronectes platessa* L.: a stress reaction. *Journal of Experimental Biology* **77**(1), s. 141-155. DOI: <https://doi.org/10.1242/jeb.77.1.141>
- Wendelaar Bonga, S. E. (1997). The Stress Response in Fish. *Physiological Reviews*, **77**(3), s. 591-625. DOI: <https://doi.org/10.1152/physrev.1997.77.3.591>
- Wienerroither, R., Hesthagen, T., Bjelland, O., Byrkjeda, I., Fiske, P., Lynghammar, A., Nedreaas, K. & Straube, N. (2021). *Artsgruppeomtale fisker (Myxini, Petromyzontiformes, Chondrichthyes, Osteichthyes)*. Norsk rødliste for arter 2021. Hentet 12. mai, 2023. Artsdatabanken.
URL: <https://www.artsdatabanken.no/rodlisteforarter2021/Artsgruppene/Fisker>
- Winger, P. D., Eayrs, S. & Glass, C. (2010). Fish Behaviour near bottom trawl. I P. H. (Red.), *Behavior of marine fishes: capture processes and conservation challenges*, s. 65-95. Ames, Iowa: Wiley-blackwell.
DOI: <https://doi.org/10.1002/9780813810966.ch4>
- Wu, G. (2009). Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. *Amino Acids*, **37**(1), s. 1-17. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00726-009-0269-0>

8 Vedlegg

8.1 Katarakt



8.2 Filetindeks, farge



8.3 Fileindeks, konsistens

