

Tryggve Standal  
Christina Blekeli  
Emilie Grønmyr

# Effekter på fettsyresammensetningen hos taskekrabbe (*Cancer pagurus*) over tid, ved inntak av fôr egnet for oppdrettslaks (*Salmo salar*).

Bacheloroppgave i Biomarin Innovasjon  
Veileder: Snorre Bakke  
Medveileder: Kristine Kvangarsnes og Lara Bromann  
Mai 2023



Tryggve Standal  
Christina Blekeli  
Emilie Grønmyr

# **Effekter på fettsyresammensetningen hos taskekrabbe (*Cancer pagurus*) over tid, ved inntak av fôr egnet for oppdrettslaks (*Salmo salar*).**

Bacheloroppgave i Biomarin Innovasjon  
Veileder: Snorre Bakke  
Medveileder: Kristine Kvangarsnes og Lara Bromann  
Mai 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for naturvitenskap  
Institutt for biologiske fag Ålesund



Kunnskap for en bedre verden



## Sammendrag

Fôring av laks i tradisjonelle åpne merder fører ofte til utslipp av fôrrester. Flere villfisk- og bentiske arter utnytter den økte næringstilgangen i nærheten av oppdrettsanleggene. Fôret som brukes til oppdrettslaks består i stor grad av vegetabiliske fettsyrer. Dette kan medføre at artene som tar opp denne næringen får redusert innhold av marine fettsyrer og økt innhold av vegetabiliske fettsyrer. Vegetabiliske fettsyrer som oljesyre, linolsyre og ALA er noen av fettsyrene som har blitt brukt som biomarkører for å si noe om avtrykket oppdrett i åpne sjømerder har på miljøet rundt. Det er lite forskning på hvor raskt disse fettsyrene tas opp av marine arter som beiter på fôrspill rundt merder. I dette forsøket ble individer av taskekrabbe (*Cancer pagurus*) fôret på pellets egnet for laks. Hensikten med forsøket var å undersøke hvor lang tid det tar før det oppstår en signifikant endring i lever fettsyresammensetning. Analyse av prøvemateriale ble utført ved bruk av gasskromatografi. Resultatene viser en klar sammenheng mellom fôropptak og fettsyresammensetning. Allerede etter seks dager med fôring ble det funnet signifikant økning i alle tre vegetabiliske fettsyrene og signifikant reduksjon i marine fettsyrer ( $p < 0.05$ ). Denne trenden vedvarte gjennom hele forsøksperioden. Informasjonen fra dette forsøket kan gi økt forståelse rundt miljøpåvirkningene oppdrett har på bentiske arter, samt være nyttig ved videre studier om vegetabiliske fettsyrers innvirkning på marine arter.

## Abstract

Feeding salmon in traditional open cages often leads to release of feed residues. Several wild fish and benthic species take advantage of increased nutrient availability near farms. The feed used for farmed salmon consists largely of terrestrial fatty acids. Species that consume residues can have a reduced content of marine fatty acids and an increased content of terrestrial fatty acids. Terrestrial fatty acids such as oleic acid, linoleic acid and ALA are some of the fatty acids that have been used as biomarkers to describe impacts that open cage farms have on the surrounding environment. There is little research on how quickly marine organisms around farms absorb terrestrial fatty acids. In this scientific trial, individuals of *Cancer pagurus* were fed pellets suitable for farmed salmon. The focus of the thesis was to investigate how long it takes before a significant change occurs in the hepatopancreas's fatty

acid composition. Analysis of sample material was carried out using gas chromatography. The results show a correlation between feed intake and fatty acid composition. After six days of feeding, the data showed a significant increase in all terrestrial fatty acids and a significant decrease in marine fatty acids ( $p < 0.05$ ). Throughout the scientific trial this trend persisted. This research can be used to better understand the environmental impact farming has on benthic species, as well as being useful for further studies on the impact terrestrial fatty acids have on marine species.

## Forord

Denne bacheloroppgaven er gjennomført ved institutt for biologiske fag ved NTNU Ålesund. Oppgaven er utført i forbindelse med avslutning av et treårig studieforløp i bacheloren Biomarin innovasjon. Bakgrunnen for oppgaven kommer av manglende kunnskap om hvor raskt marine miljø rundt oppdrettsanlegg påvirkes i forhold til utslipp fra anlegget.

Forfatterne ønsker å takke alle som har bistått underveis i oppgaven. Vi ønsker å rette en spesielt stor takk til vår hovedveileder Snorre Bakke som har vist stort engasjement og interesse for vårt arbeid. Vi vil også takke Kristine Kvangarsnes og Lara Bromann for råd og veiledning i forbindelse med laboratoriearbeid. En stor takk vil også rettes til de ansatte hos Atlanterhavsparken for disposisjon til forsøksområde og innsamling av taskekrabber til forsøket. Uten denne støtten hadde det ikke vært mulig å gjennomføre oppgaven. Til slutt vil vi takke NTNU Ålesund for utstyr og økonomiske midler til gjennomføringen av oppgaven.

## Innholdsfortegnelse

Sammendrag .....	0
Abstract.....	0
Forord.....	1
1.0 Introduksjon .....	1
1.1 Matfiskproduksjon – fôrspill og fôrinnhold.....	1
1.2 Biologi taskekrabbe.....	2
1.3 Bakgrunn for studien.....	3
2.0 Material og Metode.....	3
2.2 Fôring og uttak.....	5
2.3 Registreringer og disseksjon.....	7
2.4 Fettsyreanalyse.....	7
2.5 Databehandling .....	9
3.0 Resultater .....	9
3.1 Resultater ulike fettsyrer .....	10
4.0 Diskusjon .....	14
5.0 Konklusjon og videre studier .....	19
6.0 Referanseliste.....	21

## 1.0 Introduksjon

Siden 70-tallet har norsk akvakultur utviklet seg til å bli en av Norges største eksportindustrier. Norsk akvakultur består hovedsakelig av oppdrett av laks, ørret og regnbueørret. Det drives også oppdrett av torsk og kveite (Taranger et al., 2015). Tall fra 2021 viser at det ble produsert i underkant av 1.66 mill. tonn laks, ørret og regnbueørret, som ga en samlet verdi på ca. 80 mrd. kroner etter slakt (Fiskeridirektoratet, 2022). I 2022 var det 989 aktive lokaliteter for kommersiell matfisk- og stamfiskproduksjon i Norge (Fiskeridirektoratet, 2022). Fôrforbruket til lakseproduksjon per 2021, ble beregnet til omtrentlig to millioner tonn (Grefsrud et al., 2023).

### 1.1 Matfiskproduksjon – fôrspill og fôrinnhold

Utslipp fra matfiskproduksjon består hovedsakelig av næringsalter, fekalier og fôrspill. Dette spres med vannstrømmer og kan danne større ansamlinger på havbunnen hvor det tas opp av bunnlevende organismer. Spredningsgraden av utslippet varierer fra lokalitet til lokalitet, samt ut fra topografi, strømforhold, bunntype o.l. (Kupka Hansen & Dunlop, 2022). Det er estimert at 3-5% av oppdrettsfôret går uspist gjennom nettet og ut i økosystemet (Meier et al., 2023). Fôrutslipp kan føre til økt næringstilgang for arter og miljøet rundt anleggene. Store mengder fôrspill på havbunnen kan føre til bakteriell oppblomstring (Vezzulli et al., 2002). Bakteriell nedbryting av næringsstoffer kan føre til oksygenfattige miljøer som kan påvirke både epibentiske-, bentiske- og infauna organismer.

Mange lokaliteter befinner seg ved dynamiske kystøkosystem hvor tidevann og bunnstrømmer spiller en stor rolle ved spredning av organisk materiale (Woodcock et al., 2018). Næringsgrunnlaget til den bentiske faunaen i norske fjorder kommer vanligvis fra oppløst og partikulært materiale. Dette omtales gjerne som marin snø og oppstår fra biter av døde organismer, avføring fra heterotrofe organismer og/eller ved tilførsel av næringsstoffer fra land. Lokalt vil man, i tillegg til naturlig produksjon av organisk materiale, kunne få en overproduksjon ved etablering av oppdrettsanlegg. En tidligere undersøkelse viser at et oppdrettsanlegg med biomasse på ca. 1.500 tonn, hadde påvirkning på den bentiske faunaen i en omkrets på ca. en halv kvadratkilometer. (Tett et al., 2018).



Fôrsammensetningen som brukes til lakseoppdrett har hatt en gradvis endring over tid. Det har vært en nedgang i bruk av marint råstoff og en økning i vegetabiliske ingredienser. Dagens fiskefôr inneholder omtrent 70% plantebaserte ingredienser og de resterende 30% er marine råstoff som fiskemel og fiskeolje (Kupka Hansen & Dunlop, 2022). Innhold av marine ingredienser har blitt redusert med 65%. En studie som så på ulike typer biomarkører fra akvakulturavfall, har vist at oljesyre (18:1n-9), linolsyre (18:2n-6) og alfa-linolenisyre (ALA) (18:3n-3) er gode biomarkører på utslipp som påvirker den bentiske faunaen fra akvakulturanlegg (White et al., 2019).

Flere villfiskarter, som eksempelvis torsk, sei og hestmakrell, har fått påvist endring i fettsyreprofil til høyere nivåer av oljesyre og linolsyre etter beiting på fôrrester fra oppdrettsanlegg for laks (Fernandez-Jover et al., 2011; White et al., 2019; Skog et al., 2003). I tillegg til villfisk, har også bentiske organismer som slangestjerner, kråkeboller og taskekrabber fått påvist forhøyet innhold av vegetabiliske fettsyrer etter å ha beitet på fôrrester fra matfiskproduksjon (Woodcock et al., 2018). Etersom taskekrabben er utbredt langs hele norskekysten (Moen, 2020), hvor de tradisjonelle åpne oppdrettsmerdene vanligvis befinner seg, kan det være en god indikatorart for miljøpåvirkningene fôrutslipp har på bentiske organismer

## 1.2 Biologi taskekrabbe

Taskekrabben (*Cancer pagurus* Linnaeus, 1758) er en tiftokreps som lenge har vært en viktig fiskeriressurs i Europa (Barrento et al., 2009). Arten finnes hovedsakelig i den sublittorale sone og ned til 100 m dyp, men har også blitt observert ned til 400 m (Bakke et al., 2019). På grunn av lavere temperaturer på vinterhalvåret, velger taskekrabben å trekke dypere hvor det er varmere vann (Zimmermann, 2019).

Taskekrabben har ulike vandringsmønstre som eksempelvis sesong-, gyte- og døgnvandring. Disse vandringsmønstrene varierer ut fra om krabben er kjønnsmoden eller ikke. Krabber som ikke er kjønnsmodne vandrer mindre enn krabber som er kjønnsmodne (Woll, 2005). Om sommeren oppholder krabbene seg på grunnere vann for å formere seg og spise seg opp. Når de blir kjønnsmodne vandrer de dypere. Om høsten vil de fleste kjønnsmodne krabbene gjennomgå et skallskifte noe som er viktig både for parring og for krabbens vekst (Marcussen et al., 2022).

Taskekrabben er alteter og kan observeres på både bløt- og hardbunnsområder, men undersøkelser viser at taskekrabben foretrekker bløtbunnsfauna (eks. børstemark og muslinger) (Woll, 2005). Krabbens første beinpar består av to kraftige klør som er spesialisert til å fange og åpne byttedyr. Føden fordøyes i mage og tarm, og tas opp i hepatopaneas som fungerer som en kombinasjon av lever og bukspyttkjertel. Her blir glykogen, fett og kalsium absorbert og lagret (Van der Meeren et al., 2008; Vogt, 2021). Videre i denne oppgaven vil krabbens hepatopaneas omtales som lever.

### 1.3 Bakgrunn for studien

Det er påvist forhøyet innhold av vegetabiliske fettsyrer i ulike marine arter som beiter i områder omkring oppdrettsanlegg (Fernandez-Jover et al., 2011; White et al., 2019; Skog et al., 2003). I 2016 ble det gjennomført et forskningsprosjekt nord for Frøya som undersøkte endringene i fettsyresammensetningen hos taskekrabber som befant seg med ulike avstand til et oppdrettsanlegg (Woodcock et al., 2018). Resultatene fra prosjektet viser at krabbene i nærhet til akvakulturanlegget (<2 km) hadde signifikant forhøyede nivåer av vegetabiliske C-18 fettsyrer sammenlignet med individer >2 km fra anlegget som hadde lavere nivåer av disse fettsyrene (Woodcock et al., 2018). Felles for studiene som har undersøkt påvirkningen av fettsyresammensetning hos de ulike marine artene, er usikkerheten knyttet til hvor raskt endringen fremtrer. Det er viktig å vite noe om denne usikkerheten for å blant annet finne ut av hvor lett påvirkelige ulike organismer er, samt knyttet opp til planlegging for når slike undersøkelser skal gjennomføres.

Hensikten med forsøket er å fôre opp taskekrabber med pellets beregnet for oppdrettslaks hvor det tas regelmessige uttak av individer for å måle endringer i fettsyreprofil i leveren. Målet med forskningen er å undersøke hvor lang tid det tar før en ser signifikant endring i innhold av vegetabiliske fettsyrer i lever hos krabber som har blitt fôret med pellets. Det er utformet en hypotese som baserer seg på at individer av *C. pagurus* får endret fettsyresammensetning i lever ved fôring med pellets egnet for oppdrettslaks, sammenlignet med individer fôret med hvitfisk.

## 2.0 Material og Metode

Femti taskekrabber ble samlet inn med teiner fra Aspevågen i Ålesund (62.465328 N, 6.142052 Ø) 20.12.2022 (pkt. 2, fig. 1). Gjennomsnittlig skallbredde på individene ble målt til 14.6 cm. Krabbene ble plassert i et oppbevaringskar (fig. 2) på Atlanterhavsparken som ligger i Ålesund kommune, Møre og Romsdal fylkeskommune (plassering: 62.4656523 N, 6.0960941 Ø) (pkt. 1, fig 1). I forsøket ble det bestemt å benytte hunnkrabber. Grunnen til dette er at det mest biologisk kunnskap om hunner, og har de også en mer kompleks livssyklus sammenlignet med hanner (Bakke, 2019) noe som gjør de mer relevant å studere i forhold til potensielle effekter av oppdrett.



Figur 1: Viser plassering til Atlanterhavsparken (1) og områder krabbene ble fanget (2). Hentet fra Norgeskart.

I oppbevaringskaret ble krabbene fôret med hvitfisk omtrent hver tredje dag fra fangstdato frem til forsøksperioden startet 10.01.2023. Alle individene fikk strikk/strips på klørne for å unngå skader og tap av bein og klør ved eventuelle sammenstøt (fig. 2).



Figur 2: Viser oppbevaringskar (1) og prosessen med å sette på strikk (2) og nummering av individ (3).

Fôringsforsøket ble gjennomført i fire lengdestrømsrenner (fig. 3). Rennene hadde en konstant gjennomstrømming av ufiltrert sjøvann med en temperatur på omtrent 7°C. Det ble satt ut 25 kurver med dimensjonene 36 cm x 27 cm x 15 cm (artikkel nr. 44-8001-3, Clas Ohlson) med tilhørende lokk i rennene. Hver kurv ble nummerert fra 1 til 25. Ved forsøksstart ble 25 vilkårlige individer overført til individuelle forsøkskurver. Strikk/strips ble fjernet fra krabbens klør ved uttak. Individene ble markert med eget nummer på undersiden av skallet ved bruk av blyant (fig. 2). Steiner og planker ble lagt på lokkene for å unngå eventuelle rømmningsforsøk.



Figur 3: Viser tre av fire lengdestrømsrenner med kurver brukt til å oppbevare krabbene under forsøksperioden.

## 2.2 Fôring og uttak

Det ble gjennomført et pilotprosjekt (06.01.23) med to individer som ble gitt hvitfisk noen dager før forsøksstart (10.01.23) for å bekrefte at krabbene tok til seg fôr i forsøkskurvene.

Når dette ble bekreftet ble de resterende krabbene satt i forsøkskurvene. Døgnet etter forsøksstart ble første fôring gjennomført hvor alle individene ble fôret med 21 pellets (15 g) av Ewos Rapid HP (1000) 9 mm fôrpellet (vedlegg 1). Krabbene ble fôret annenhver dag i ni døgn, men på grunn av lav appetitt ble fôringsintervallet redusert til hver tredje dag. Samtidig ble fôrmengden redusert til 14 pellets tilsvarende 10 gram. Ved dag 12 ble det observert at flere av individene ikke hadde hele pellets igjen i kurven fra sist fôring. Etter vurdering ble fôrmengden justert tilbake til utgangspunktet med 21 pellets, men fôringsintervallet ble beholdt til hver tredje dag. Denne fôrmengden ble benyttet gjennom resten av forsøksperioden. I tillegg til krabbene som ble fôret med pellets ble det tatt ut fem kontrollindivider før forsøket startet (K1-K5), samt fem kontrollindivider fra oppbevaringskaret ved forsøksslutt (som hadde vært fôret med hvitfisk gjennom hele forsøksperioden).

Før hver fôring ble det gjort målinger av vannparametere som salinitet, temperatur og oksygeninnhold i enden av hver av lengdestrømsrennene. Målingene ble utført med en YSI-måler (modell ProDSS, Ohio, USA). Fôrrester og avføring som eventuelt var til stede i kurvene, ble fjernet med en hevertslange og filtrert gjennom en fiberduk (Fiberduk 15 m<sup>2</sup>, art.nr. 45-540, Biltema) (fig. 4). Filtrene ble lagt i individuelle poser markert med individnummer, innhold og dato (fig. 4). Posene ble fryst for eventuell senere analyse (ikke analysert i denne bacheloroppgaven).



Figur 4: Viser rengjøring av kurv (1), filtrering (2) og oppbevaring av fôrrester fra de ulike kurvene (3).

Det ble gjort uttak av grupper på fem individer ved dag 6, 9, 12, 15, 18, 21 og 24 i forsøket. Ved uttak ble individenes vitalitet målt ut fra en tre-skalas indeks og registrert. Individuer med vitalitet lik 0 var døde, vitalitet lik 1 indikerte at krabben var slapp, bein og klør hang ned.

Vitalitet lik 2 indikerte at krabbene var vital, ved at bein og klør enten strakk seg ut eller trakk seg inn til kroppen. Avliving ble gjort ved innfrysning i henhold til EFSA (EFSA, 2005, 4.6). Krabbene ble lagret fryst frem til disseksjon.

### 2.3 Registreringer og disseksjon

I forkant av disseksjon ble krabbene oppbevart i kjøleskap for opptining i 48 timer. Før disseksjon ble skallbredde målt til nærmeste millimeter med skyvelære, samt svartflekker og antall tapte gangbein/klør ble registrert. Registrering av eventuelle svartflekker (melanin) ble gjort ut fra en skala fra 0 til 2. 0 indikerer ingen funn av flekker, 1 er få prikker og 2 er mange flekker eller større områder. Skallkondisjon ble vurdert på skala fra 1-2, hvorav 1 viser at skallet gir noe etter ved press og 2 at skallet ikke gir etter. Alle observasjoner ble ført opp i egne skjemaer (se vedlegg 2). Krabbene ble åpnet ved å først føre en kniv inn mellom haleklaff og ryggskjold for deretter å presse haleklaffen vekk fra ryggskjoldet. Krabbens fyllingsgrad av lever ble vurdert opp mot eget skjema og registrert (vedlegg 3). Lever ble tatt ut og samlet i poser/glass med informasjon om individ og dato (fig. 5). Alle prøver ble fryselagret frem til analyse. Magesekk ble undersøkt for eventuelle rester av pellets. For å vurdere mageinnholdet ble det benyttet en skal fra 0-1, hvorav 0 = ingen innhold og 1 = noe innhold.



Figur 5: Viser lever lagret på glass fra individ 3, 4 og 5.

### 2.4 Fettsyreanalyse

Fettsyresammensetningen ble fremstilt gjennom gasskromatografi, videre omtalt som GC. GC er et kjemisk analyseinstrument hvor væske benyttes som stasjonær fase og en inert gass som mobil fase (Wibetoe, 2022). For at gasskromatografen (Perkin Elmer Autosystem XL) skal kunne kjøres, måtte fettsyrene isoleres fra prøvene og konverteres til derivater som er

flyktige. Dette ble gjort ved behandling med kloroform og metanol.

Leverprøver ble tatt ut av fryser og lagt til tining ett døgn før lipidekstraksjonen. Ca. 2 g lever ble veid ut fra hver av prøvene og eksakt vekt ble notert, før innholdet ble overført i kloroform-bestandige sentrifugerør. Til prøven ble det tilsatt 2 mL destillert vann, 4 mL kloroform ( $\text{CHCl}_3$ , Merck, Tyskland) og 8 mL kjølt metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ , Merck, Frankrike). Prøvene ble homogenisert med en IKA T25 digital Ultra-Turrax (Tyskland) i to minutter. Etter to minutter ble det tilsatt 4 mL kloroform og homogenisert videre i 30 sek. Deretter ble det tilsatt 4 mL destillert vann til prøven og homogenisert i nye 30 sek. Prøvene ble sentrifugert (Thermo scientific SL 40 FR) i 10 minutter ved 4100 rpm (3928 G). Etter sentrifugering ble kloroformfasen pipettert ut av sentrifugerøret og overført til et glassentrifugerør. Et nytt reagensrør ble veid og tilsatt 500  $\mu\text{l}$  fra kloroformfasen. Røret ble så plassert i en fordampningsenhet (Reacti-Therm, TS-18824, Thermo Scientific, USA). Fordampningen ble gjennomført ved 70°C og ved tilsetning av nitrogengass ( $\text{N}_2$ ). Etter fordampning ble røret kjølt ned til romtemperatur og vekten av gjenværende lipider i røret notert.

1.5 mL natriumetylat ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}$ , Merck, Massachusetts, USA) ble tilsatt prøven og ristet. Prøvene ble så plassert i vannbad (100°C) i fem minutter og tatt ut for å kjøles ned. Da rørene var kjølt ned, ble det tilsatt 2 mL  $\text{BF}_3$ -løsning (Acros Organics, Geel, Belgia) og prøven ristet nok en gang. Røret ble så plassert i vannbad i 30 minutter etterfulgt av nedkjøling til ca. 30°C. Videre ble 1 mL isooktan ( $\text{C}_8\text{H}_{18}$ , Merck, Tyskland) tilsatt og prøven ristet kraftig, før 5 mL mettet NaCl-løsning (Merck, Danmark) ble tilsatt og prøven igjen ble ristet. Deretter måtte en vente til at innholdet i prøven ble separert.

Videre ble det øverste laget i røret (A) med isooktan pipettert over i et nytt rør (B) og 1 mL isooktan tilsatt det første røret (A) og det ble gjort en svak omrøring. Når rør (A) var separert og stabilt, ble det øverste laget (A) pipettert over til rør (B) hvor det ble tilsatt natriumsulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , Merck, Tyskland) for å fjerne eventuelt vann i prøven. Siste gjøremål før gjennomføring av GC-analyse, var å pipettere ut 10  $\mu\text{l}$  over til GC-hetteglass og tilsette 1.5 mL isooktan. GC-hetteglass ble så plassert i Autosampler på GC for analyse.

## 2.5 Databehandling

Rådata fra fôringsforsøk og GC ble behandlet i Excel inklusive bruk av pivottabeller. Fra fôringsforsøket ble det funnet totalt antall pellets spist for hvert individ, samt for hver uttaksgruppe. For hver gruppe ble det funnet gjennomsnittlig skallbredde, vitalitet, skallkondisjon, fyllingsgrad av lever og tapte gangbein. Standardfettsyren C23:0 ble fjernet fra rådata fra GC-analysen, og de resterende fettsyrene korrigeret til å summere opp til 100%. I den videre analysen ble det bestemt å fokusere på de vegetabiliske fettsyrene oljesyre, linolsyre og ALA, samt EPA og DHA. Dette fordi de har vist seg å være gode indikatorer for påvirkning fra oppdrett (se 1.1 i introduksjon). Effekten av tid med fôring ble undersøkt for hver av disse fettsyrene. For å undersøke hvor lang tid det gikk før krabbene eventuelt fikk en signifikant endring i innhold av vegetabiliske fettsyrer ble disse summert (% innhold oljesyre + linolsyre + ALA), og verdien normalisert ved log-transformering. En T-test ble benyttet for å sammenligne innhold i krabber fra hvert av de syv uttakene med innhold i kontrollkrabber (tid 0). Innhold av terrestriske fettsyrer i kontrollkrabber ved start av forsøk ble også sammenlignet med kontrollkrabber ved slutten av forsøket (fôret med hvitfisk hele perioden). Sammenhengen mellom innhold av de ulike fettsyrene i krabber og antall pellets spist ble undersøkt ved hjelp av en Pearson's korrelasjonsanalyse. P-verdier mindre enn 0.05 ble ansett som statistisk signifikant. Statistiske analyser ble gjennomført med assistanse fra veileder. T-tester ble gjennomført ved hjelp av analyseverktøy i Excel, mens RStudio ble benyttet i korrelasjonsanalysen (R Core Team, 2023).

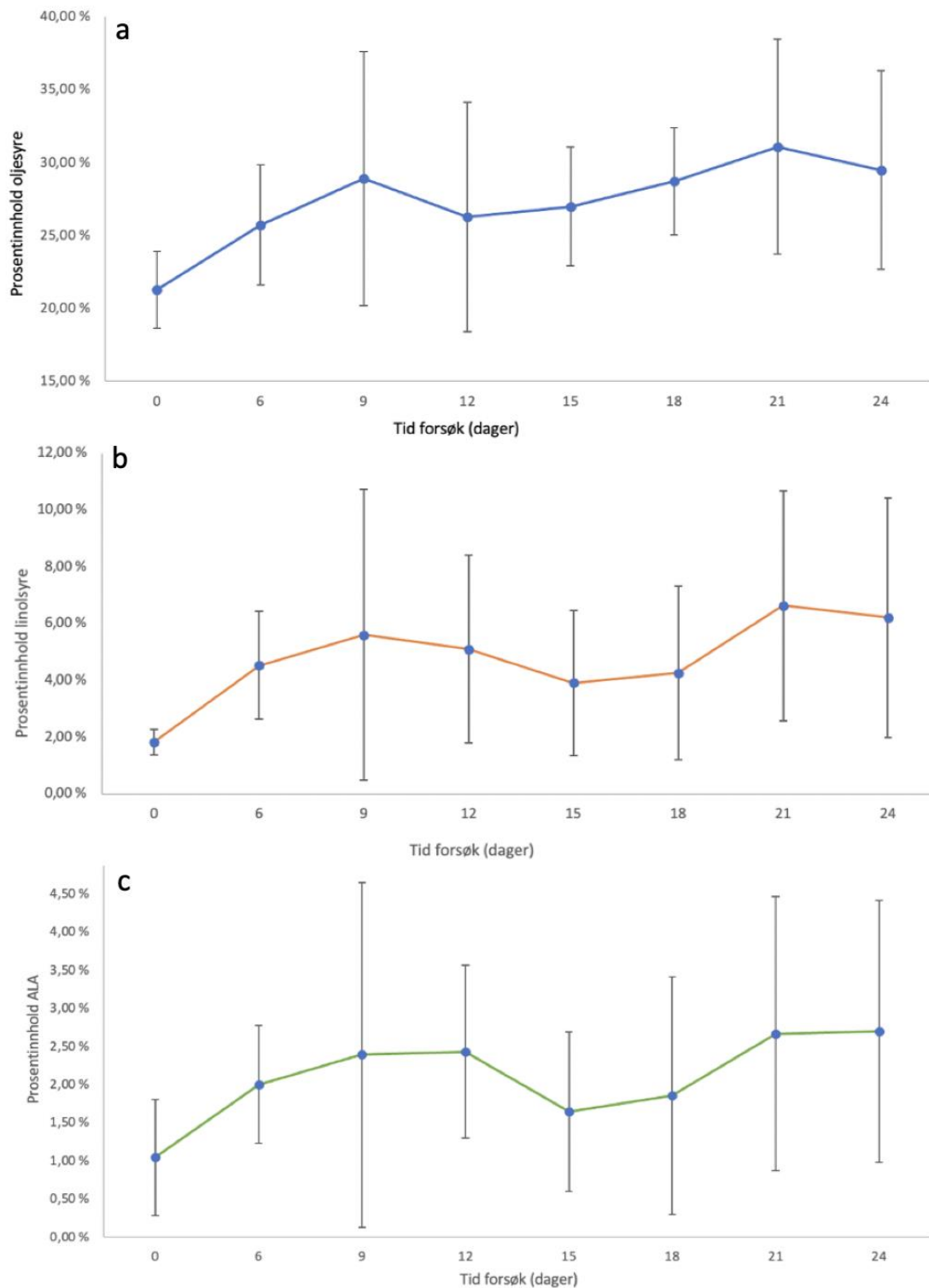
## 3.0 Resultater

Fôringsforsøket av krabbene var vellykket. Individene i forsøket hadde vitalitet målt til 2 som indikerer god vitalitet, med unntak av to individer som døde under forsøksperioden, grunnet rømming. Krabbene hadde skallkondisjon grad 2 med unntak av individ 19 og 29, som ble vurdert til skallkondisjon grad 1. Ingen av individene mistet klør eller gangbein gjennom forsøksperioden. Det ble gjort funn av svartflekker på individ 17, 24 og 28, og disse ble vurdert til 2 på skalaen. Gjennomsnittlig skallbredde for hver gruppe varierte fra 14.1 cm til 15.4 cm. Alle detaljene på individnivå er vist i vedlegg 2. Individenes gjennomsnittlige fyllingsgrad ble målt til 3 (vedlegg 3). Ved disseksjon ble det observert pellets i magesekk hos to individer. Individdata på pellets spist gjennom forsøksperioden vises i vedlegg 4.



### 3.1 Resultater ulike fettsyrer

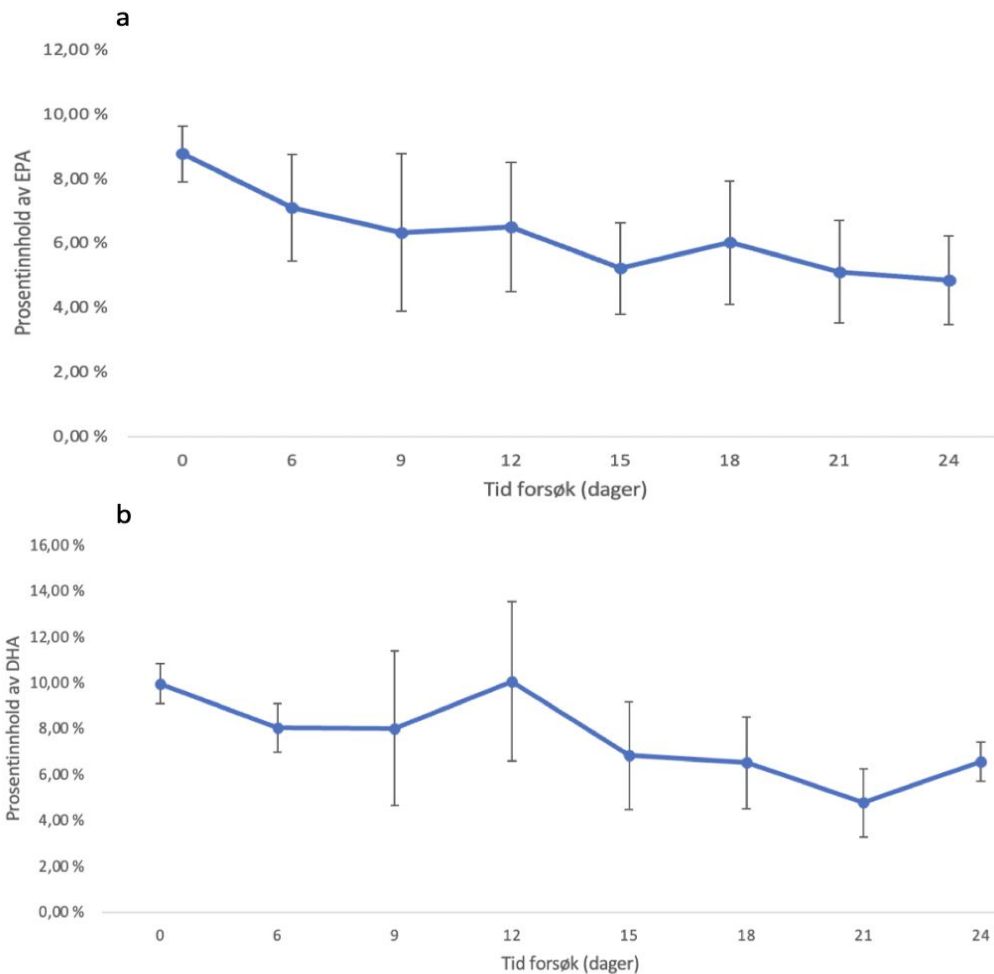
To individer ble fjernet fra analysen for figur 6 og 8, fordi de ikke tok til seg fôr gjennom forsøket. Resultatene viser gjennomsnittlig innhold per uttaksgruppe av oljesyre (a), linolsyre (b) og ALA (c) i lever i forhold til antall dager fôret på pellets (fig. 6). Innhold av alle fettsyrene er vist i vedlegg 5. De tre terrestriske fettsyrene hadde alle en gradvis økning gjennom forsøksperioden. Figur 6 (a) viser at oljesyre hadde utgangspunkt ved dag 0 med  $21.81 \pm 2.65\%$ , og avsluttet dag 24 med  $29.47 \pm 6.79\%$ . Figur 6 (b) viser at linolsyre hadde utgangspunkt dag 0 med  $1.85 \pm 0.44\%$  og endte på  $6.23 \pm 4.22\%$ . Figur 6 (c) viser at ALA hadde utgangspunkt dag 0 med  $1.85 \pm 0.44\%$ , og endte forsøket på dag 24 med  $2.70 \pm 1.72\%$ . T-testen viste en signifikant endring i innhold av vegetabiliske fettsyrer allerede etter seks dager ( $p=0.02$ ). Det ble ikke funnet signifikante forskjeller i fettsyresammensetning mellom kontrollgruppe ved forsøksstart og forsøksslutt.



Figur 6: Viser sammenhengen mellom oljesyre (a), linolsyre (b) og ALA (c) og antall dager i forsøket.

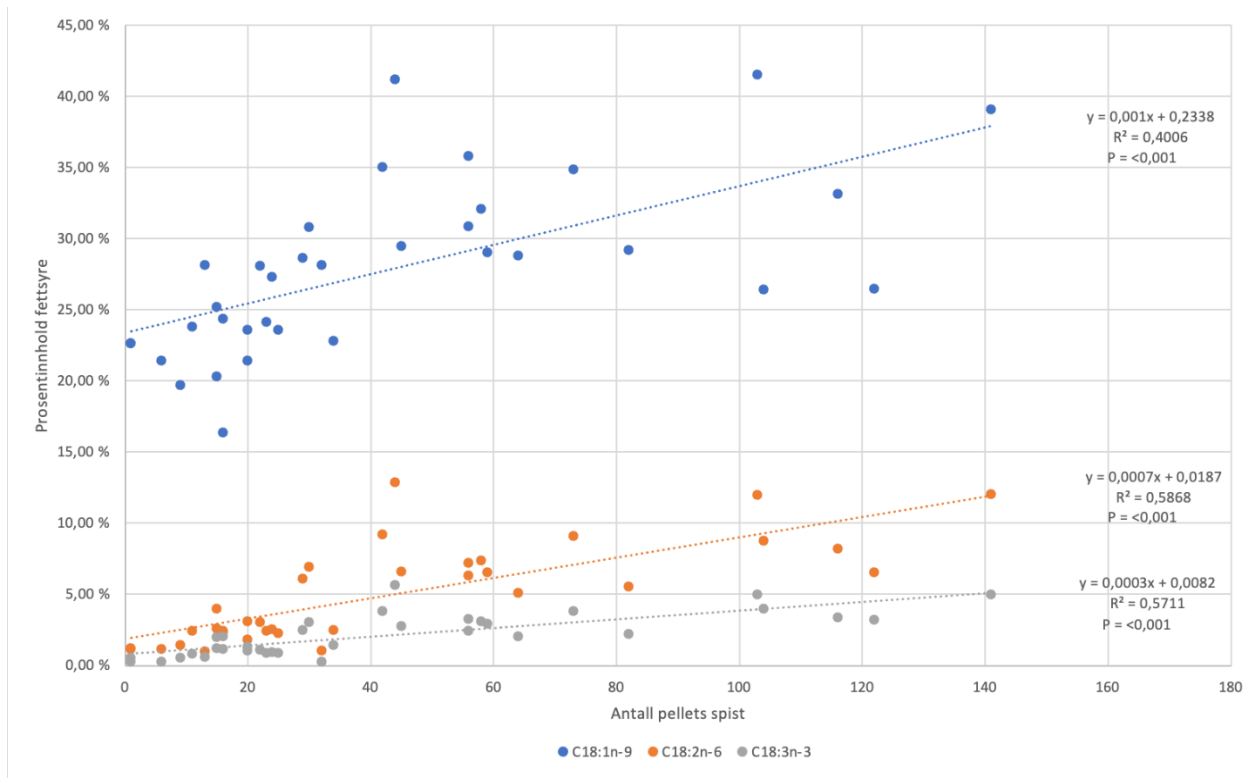
Figur 7 illustrerer gjennomsnittlig innhold av EPA (a) og DHA(b) i leveren, per uttaksgruppe, i forhold til antall dager i forsøket. Resultatene viser en jevn nedgang i både EPA og DHA fra dag 0 til forsøksslutt dag 24. Gjennomsnittet av EPA i kontrollgruppen dag 0 var  $8.77 \pm 0.86\%$  og  $4.86 \pm 1.37\%$  for kontrollgruppen som ble tatt ut ved forsøksslutt. Gjennomsnittet

av DHA i kontrollgruppen dag 0 var  $9.97 \pm 0.88\%$ , sammenlignet med gjennomsnittet for uttaket ved forsøksslutt som var  $6.58 \pm 0.86\%$ .



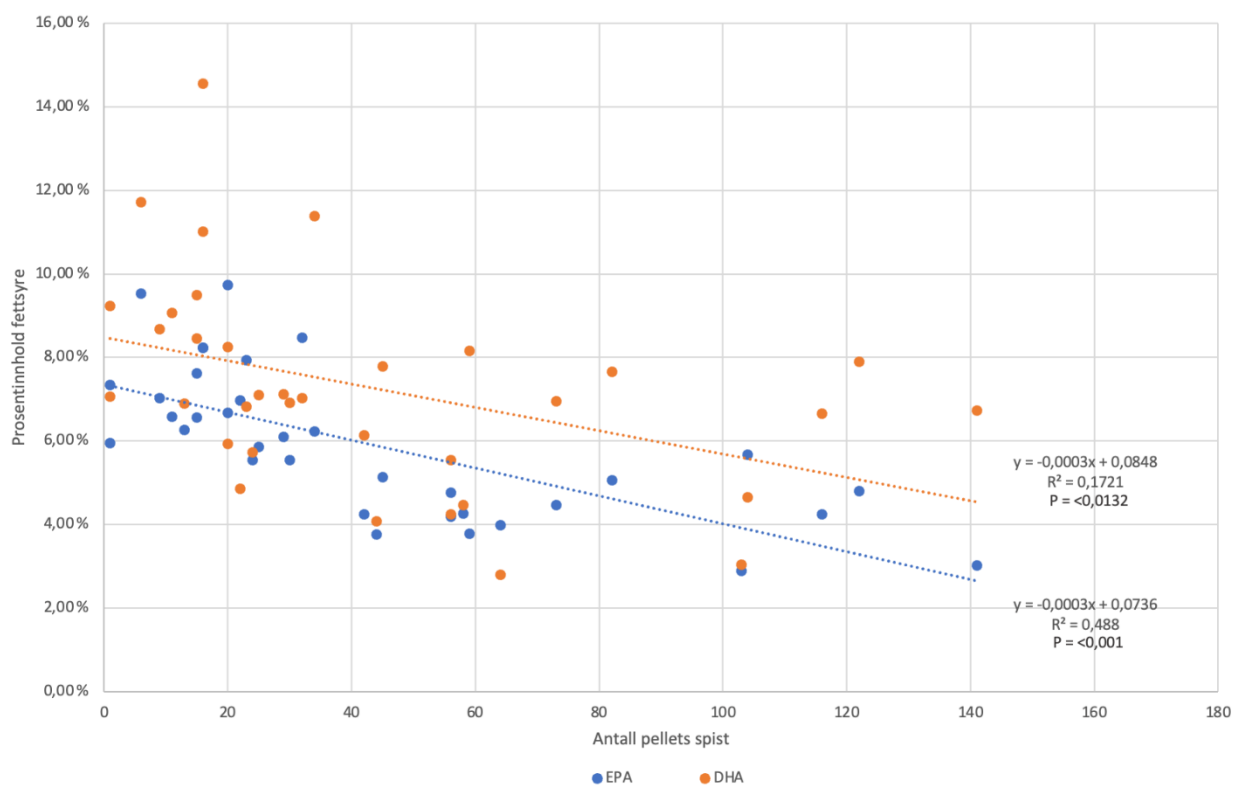
Figur 7: Viser forholdet mellom prosentinnhold EPA (a) og DHA (b) og antall dager i forsøket.

Figur 8 viser forholdet mellom oljesyre, linolsyre, alfalinolensyre og antall pellets spist under forsøket. De blå punktene representerer oljesyre, hvorav innholdet varierte mellom 16.39% og 41.50%. R-kvadrat på 0.40 viser korrelasjonsfaktoren mellom oljesyre og antall pellets spist. Gjennomsnittlig innhold av oljesyre i kontrollgruppene var  $21.81 \pm 2.52\%$ . De oransje punktene representerer linolsyre og varierte i verdi fra 0.96% til 12.86%. R-kvadrat mellom linolsyre og antall pellets spist var 0.59. Gjennomsnittlig innhold av linolsyre for kontrollgruppene var  $1.38 \pm 0.52\%$ . De grå punktene representerer innholdet av ALA og viser en variasjon i verdi fra 0.24% til 5.64%. Faktoren av R-kvadrat mellom ALA og antall pellets spist var 0.57. Gjennomsnittlig innhold av ALA i kontrollgruppene var  $0.75 \pm 0.56\%$ . Trendlinjene viser sammenhengen mellom inntak av pellets og prosentinnhold av de ulike fettsyrene. Det ble observert en signifikant positiv sammenheng for alle tre fettsyrene (Pearson`s korrelasjonstest  $p < 0.001$ ).



Figur 8: Viser forholdet mellom prosentinnhold fettsyre på y-akse og antall pellets spist på x-aksen. Blå prikker viser oljesyre, oransje prikker viser linolsyre og grå prikker viser ALA.

Figur 9 illustrerer det prosentvise forholdet mellom DHA, EPA og antall pellets spist. Figuren illustrerer med trendlinje, en nedgang i innhold av EPA og DHA ved et økende inntak av pellets. Korrelasjonsfaktoren R-kvadrat for DHA var 0.17 og 0.49 for EPA. Begge viste en signifikant negativ sammenheng med inntak av pellets (Pearson`s korrelasjonstest: EPA  $p < 0,001$ , DHA  $p < 0,0132$ ).



Figur 9: Viser forholdet mellom prosentinnhold DHA og EPA og antall pellets spist.

Tabell 1 illustrerer fordelingen av oljesyre, linolsyre, ALA, EPA og DHA i fôrpelletene. Pelletene inneholdt 43.15% oljesyre, 15.10% linolsyre, 8.78% ALA, 3.07% EPA, 2.91% DHA og 26.99% av andre fettsyrer. Total fordeling av fettsyrer i pellet er presentert i vedlegg 6.

Tabell 1: Viser prosentinnhold av fettsyrer i pellets.

Fettsyre	Prosentinnhold pellets
Oljesyre	43,15 %
Linolsyre	15,10 %
ALA	8,78 %
EPA	3,07 %
DHA	2,91 %
Andre fettsyrer	26,99 %
<b>Total</b>	<b>100,00 %</b>

## 4.0 Diskusjon

Under arbeidet med bacheloroppgaven ble vi oppmerksom på en nylig publisert studie som hadde undersøkt effekten fryselagring har på lipidoksidasjon i lever. Et forskningsprosjekt ved Universitetet i Shanghai så på lipidoksidasjon ved fryselagring av lever fra krabbearten *Eriocheir sinensis* (Fan et al., 2022). Prøvene ble lagret henholdsvis ved  $-20^{\circ}\text{C}$ ,  $-40^{\circ}\text{C}$  og  $-80^{\circ}\text{C}$  i en periode på fire, åtte, tolv og seksten uker. Resultatene viste en signifikant nedgang i oljesyre, linolsyre, EPA og DHA ved frysing ved  $-20^{\circ}\text{C}$  i åtte uker. Nedgangen var størst mellom fersk tilstand og fire uker i fryst tilstand. Av fettsyrene skilte ALA seg ut ved at mengden økte fra fersk tilstand til fryselagring ved fire uker (Fan et al., 2022). Under vårt forsøk ble leverprøvene innsamlet ved ulike tidspunkt, og noen av vevsprøvene har derfor vært lengre fryselagret enn andre. For å teste om fryselagring kunne påvirke våre resultater, ble det derfor gjennomført en ekstra analyse av åtte utvalgte leverprøver med ulik fryseperiode.

Fire av prøvene våre ble lagret ved  $-20^{\circ}\text{C}$  i syv uker, resterende prøver var lagret ved samme temperatur i ni uker. Ved undersøkelsen av fryselagringens påvirkning på fettsyrer, ble det observert en generell tendens til større reduksjon ved lengre karbonkjeder. EPA og DHA hadde tydeligere reduksjon enn de andre fettsyrene (vedlegg 7). Tilsvarende tendens hos EPA og DHA ble også observert i undersøkelsene utført av Fan et al. (2022). Oljesyre, linolsyre og ALA hadde en marginal endring (vedlegg 7). Vi kan derfor ikke med sikkerhet si at fryselagringen har hatt noen påvirkning på resultatene fra vår studie, men antar det kan ha hatt en minimal effekt.

En annen faktor som kan ha påvirket resultatene er små variasjoner i fettsyresammensetningen i ulike deler av levervevet. Dette kan være en årsak til endringene i våre resultater mellom første og andre analyse, samt i forhold til resultatene fra Universitetet i Shanghai. Analytiske og/eller tekniske feil vil også kunne ha spilt inn på resultatene. I tidligere studier hvor fettsyreanalyser er gjennomført, har en ved bearbeiding av prøvemateriale jobbet med frysede prøver for å unngå eventuelle tap av lipider (Meier et al., 2023). I analysen tilhørende denne oppgaven ble prøvematerialet bearbeidet fra tint tilstand. Ettersom alle prøvene ble behandlet likt vil det kunne antas at innvirkning av eventuelt tap av lipider vil være lik hos alle prøvene. Ved behandling av data fra analysen var det likevel store standardavvik.

Variasjonen i standardavvikene skyldes sannsynligvis variabelt inntak av pellets hos krabbene. Resultatene fra forsøket viste at krabbene fikk tydelig endring i fettsyreprofil ved inntak av laksefôr. Det ble også observert store individuelle forskjeller i fôropptak (vedlegg 4) noe som gjenspeiles i de store standardavvikene i figur 6 og 7.

Krepsdyr manipulerer maten de spiser med klørne og munndelene på utsiden av munnen før inntak. Denne måten å spise på gjør det krevende å konsumere pelletert fôr, ettersom det løses opp til mindre partikler og kan spres via strømminger i vannet (Woll et al., 2006). Ved rengjøring av kurvene ble det observert at enkelte krabber hadde flere halve og/eller hele pellets igjen. Hos andre ble det observert at pelletene var løst opp til små partikler. Pelletens grad av oppløsning har gjort at den manuelle registreringen av antallet spiste pellets i forsøket var noe unøyaktig. I dette forsøket ble trolig pelletene løst opp av vannstrømninger i lengdestrømsrennene og ved krabbenes bevegelse i kurvene. Krabbene kan ha løst opp pellets ved å trække dem i stykker og/eller ved å ha knust pelleten med klørne, ettersom konsistensen til pelleten blir løsere av å ligge i vann. Oppløsningen av pellets kan ha vært en årsak til lavt fôropptak hos enkelte individer, da de ikke har klart å konsumere pelletene. Det lave fôropptaket kan være en faktor til stor variasjon i resultatene fra fettsyresammensetningen i forhold til trendlinjen for vegetabiliske fettsyrer (18:1n-9, 18:2n-6, 18:3n-3) (fig. 8). Det kan også være en faktor til variasjonen i forhold til trendlinjen for de marine fettsyrene (fig. 9).

Andre årsaker som kan ha hatt innvirkning på fôropptaket kan være knyttet til stressrelaterte faktorer. Det antas at krabbenes stressnivå var høyest ved innsetting da de ble håndtert mye i form av flytting, nummerering og fjerning av strikk/strips. Konsumet av pellets de to første døgnene i forsøkskurvene var likevel så høyt at vi antar at stressnivået var relativt lavt. God vitalitet og ingen tap av gangbein underbygger også dette. Tap av gangbein forekommer vanligvis når krabben er utsatt for stress eller angrep (Woll, 2005). Det ble ikke registrert tap av gangbein under forsøksperioden, noe som kan tyde på at de eksperimentelle forholdene var gode.

Gjennom forsøket ble det gjort målinger av salinitet, oksygeninnhold og temperatur i lengdestrømsrennene for å kontrollere at verdiene var innenfor akseptable nivåer. Normalnivåer for oksygenmetning innenfor akvakultur er satt til 80-110% metning (Rosten, 2009). Våre målinger var innenfor grenseverdiene. Det antas derfor at parameterne ikke har

hatt betydelig innvirkning på forsøksresultatene. Resultatene fra undersøkelsene tyder også på at forholdene var gode under forsøksperioden (vedlegg 2).

En studie fra 2011 har sett på hvordan fettsyreprofilen i tilapia (*Oreochromis niloticus*) endrer seg over tid med tre ulike fôrdietter bestående av høye nivåer av soyaolje, linfrøolje eller fiskeolje (Szabó et al., 2011). I dietten med linfrøolje ble en signifikant endring i innhold av ALA funnet i leveren etter seks uker (Szabó et al., 2011). Tilapia er en mager fisk (Abolagba & Melle, 2008) og lagrer hovedsakelig fett i leveren (Nagelsen, 2021).

Laksefisk på den andre siden, som er en fet fisk, bruker muskulaturen for fettlagring (Nagelsen, 2021). I en studie gjort på coho-laks (*Oncorhynchus kisutch*) og regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*) ble det brukt to ulike dietter for å undersøke endringer i innhold av fettsyrer (Skonberg et al., 1994). En diett bestod av fôr med høyt innhold av solsikkeolje, den andre hadde høyt innhold av sildeolje. Fisk som ble fôret med høyt innhold av solsikkeolje hadde signifikant høyere nivåer av oljesyre sammenlignet med fisk på sildeolje-diett. Konsentrasjonen av oljesyre i visceralt fett i muskulaturen nådde en topp etter to uker på solsikkeolje-diett (Skonberg et al., 1994).

Det er gjort lite forskning på hvor lang tid det tar før man ser noen signifikant endring i fettsyresammensetningen ved endret diett for krepsdyr. Resultatene fra våre fettsyreanalyser viste en signifikant endring i innhold av vegetabiliske fettsyrer fra kontrollgruppen til første uttak etter seks dager. Resultatet viste også at det ikke var noen signifikant endring mellom kontrollgruppene, noe som bekrefter at fôret var den avgjørende faktoren. Med tanke på at første uttak var etter seks dager, kan vi konkludere med at endringen forekommer mellom null til seks dager.

Funksjonaliteten til organene hos fisk i forhold til krabbe kan være en årsak til at endringen i fettsyresammensetning skjer ved ulik hastighet. Dette begrunnes med at hepatopaneas, som beskrevet i pkt. 1.2, fungerer som et fordøyelsesorgan i tillegg til lever og kan derfor inneholde ufordøyde fettsyrer. I fisk er lever og fordøyelsessystem adskilt, og muligheten for å registrere fettsyrene i leveren kan derfor kunne ha et lengre tidsforløp. Dette er trolig bare deler av årsaken da det er funnet raske endringer i fettsyresammensetningen hos andre arter. Eksempelvis er det sett på forholdet mellom tid og opptak av fettsyrer hos rotter (Owen et al.,



2004). I studien gjort på rotter ble det gitt en diett som inneholdt 10% fiskeolje i en tidsperiode på 42 dager. Etter to dager ble det observert en signifikant økning i innhold av EPA og DHA, samt en signifikant reduksjon i innhold av oljesyre og linolsyre i hjertevevet til rottene (Owen et al., 2004). Som tidligere nevnt, ble det i vårt forsøk observert en signifikant forskjell i fettsyresammensetningen etter seks dager. Det kan antas at denne endringen kan observeres enda tidligere, slik som i studien med rotter. Likevel er det vanskelig å direkte sammenligne resultatene fra vårt forsøk med studien utført på rotter.

Siden det observeres en relativt rask endring i fettsyresammensetning, vil det være interessant å undersøke tiden det tar å reversere endringen. I en studie fra 2006 ble det undersøkt hvor lang tid det tar før lipidsammensetningen i kinaulhåndskrabbe (*E. sinensis*) endres ved sulting (Wen et al., 2006). Etter 30 dager uten fôr viste resultatene en signifikant nedgang i den totale fettsyresammensetningen i leveren. Det var ingen endring i innhold av oljesyre, men innholdet av linolsyre og ALA økte med noen prosentpoeng. Etter 60 dager var oljesyre betraktelig redusert, mens innholdet av linolsyre og ALA økte vesentlig (Wen et al., 2006). Denne endringen skyldes antageligvis forbruket av fettsyrer som kilde til energiforbruk og kan føre til prosentvis økning av linolsyre og ALA ved reduksjon av andre fettsyrer i leveren. I en studie gjennomført med piggvar (*Psetta maxima*) ble det gitt fôr med vegetabiliske oljer i tre måneder (Regost et al., 2003).

Etter tre måneder gikk de tilbake til en diett med marine oljer for å studere hvor lang tid det tar før fettsyresammensetningen reverseres. Etter to måneder på marint fôr samsvarte ikke fettsyresammensetningen til forsøksindividene med kontrollgruppen, som under hele forsøket hadde marin diett (Regost et al., 2003).

Informasjonen fra vårt laboratorieforsøk kan brukes til å si noe om hvordan fettsyresammensetningen til viltlevende krabber påvirkes av fôrutslipp. Oppstart av nye anlegg vil det kunne være nyttig å analysere viltlevende krabber i området. Innsamlingen av krabbene kan da, basert på kunnskap fra dette forsøket, innhentes relativt raskt etter oppstart. Dette fordi resultatene våre viser en rask endring i fettsyresammensetningen ved inntak av pellets. Grunnet variert diett hos viltlevende krabber forventes det at endringen i fettsyresammensetningen vil skje langsommere og/eller ikke gi like høye utslag på de vegetabiliske fettsyrene enn i dette forsøket.

Per i dag er det gjort lite forskning på effekten vegetabiliske fettsyrer kan ha på marine organismer. Noen undersøkelser viser at arter som kråkeboller (*Heliocidaris erythrogramma*) og slangestjerner (*Ophiocomina nigra*) kan få endret fettsyreprofil dersom de oppholder seg under og rundt oppdrettsmerder (Woodcock et al., 2018). Undersøkelsene viste blant annet at reproduksjon og overlevelsessevne til larver hos artene ble betraktelig redusert ved økt inntak av vegetabiliske fettsyrer (ALA og LA), samt ved en reduksjon i marine fettsyrer (EPA og DHA) (Woodcock et al., 2018). De langkjedede marine fettsyrene EPA og DHA er essensielle for at blant annet villtorsk skal kunne ha en optimal utvikling. Studier viser at disse fettsyrene har stor påvirkning på larvestadiet og ved eggproduksjon (Meier et al., 2023).

Flere studier har som tidligere nevnt, funnet tendenser til at diett med økt innhold av vegetabiliske fettsyrer kan ha negative konsekvenser på reproduksjon hos blant annet kråkebolle, sjøstjerne og ulike fiskearter (Meier et al., 2023; Suprayudi et al., 2004; White et al., 2016; White et al., 2017). På bakgrunn av dette kan det tenkes at de vegetabiliske fettsyrene vil kunne ha samme effekt på reproduksjonen hos krabber og andre bentiske organismer.

## 5.0 Konklusjon og videre studier

Hensikten med vårt forsøk var å undersøke hvor lang tid det tar før vi ser en signifikant endring i innhold av vegetabiliske fettsyrer i leveren til taskekrabben ved fôring av pellets for laks. Funnene i denne oppgaven viste at krabbene fikk signifikant endring i fettsyresammensetningen etter seks dager. Trolig vil denne endringen være synlig tidligere og for mer presise resultater bør videre studier gjennomføres med hyppigere uttak for å konstatere når første signifikante endring er målbar. I dette forsøket ble ikke fôrrester fra krabbene veid ut, og det er derfor ikke mulig å anslå nøyaktig hvor mye hvert individ har konsumert. Ved videre undersøkelser kan det derfor være gunstig å gjennomføre veiing av fôrrester, slik at en kan få et tydeligere forhold mellom fôropptak og fettsyresammensetning. Som nevnt i diskusjon har flere studier sett på fettsyresammensetning i gonader og andre organer hos ulike arter. Det kan være nyttig å se nærmere på sammensetningen i andre organer hos taskekrabben ved videre studier, for en bedre oversikt over den totale endringen i fettsyreprofilen.

Ved preparering av prøver til GC-analyse bør også prøvematerialet homogeniseres før innveining. Dette for å redusere usikkerheten ved at områder i leveren kan ha små ulikheter i fettsyresammensetningen. Ved videre studier bør det vurderes å preparere prøvene rett etter uttak for å unngå fryselagring, ettersom dette også er en mulig usikkerhet ved resultatene. En mer detaljert forståelse av forholdet mellom fôrintak og endring av fettsyresammensetning for viltlevende taskekrabber, kan være nyttig i videre forskning av miljøpåvirkninger som fôrutslipp kan ha for bentiske organismer. Det finnes lite kunnskap om hvor lang tid vegetabiliske fettsyrer kan spores i krabber som har sluttet å beite på pellets, eksempelvis ved brakklegging av oppdrettsanlegg. Informasjonen fra eventuelle videre studier kan brukes til å avgjøre tidspunktet for gjennomføring av miljøundersøkelser ved oppdrettsanlegg.

## 6.0 Referanseliste

- Abolagba, O. J., & Melle, O. O. (2008). *Chemical Composition and Keeping Qualities of a Scaly Fish Tilapia, Oreochromis niloticus Smoked With Two Energy Sources*.  
<http://ojs.klobexjournals.com/index.php/ajga/article/view/723/792>
- Bakke, S. (2019). *Life history and distribution of the edible crab (Cancer pagurus) in Norway - Effect of temperature and other environmental parameters at high latitudes*. [Norges Arktiske Universitet - UiT, Tromsø].  
<https://munin.uit.no/bitstream/handle/10037/15562/thesis.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Bakke, S., Buhl-Mortensen, L., & Buhl-Mortensen, P. (2019). Some observations of *Cancer pagurus* Linnaeus, 1758 (Decapoda, Brachyura) in deep water. *Crustaceana*, 92(1), 95–105. <https://doi.org/10.1163/15685403-00003857>
- Barrento, S., Marques, A., Teixeira, B., Carvalho, M. L., Vaz-Pires, P., & Nunes, M. L. (2009). Accumulation of elements (S, As, Br, Sr, Cd, Hg, Pb) in two populations of *Cancer pagurus*: Ecological implications to human consumption. *Food and Chemical Toxicology*, 47(1), 150–156. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.10.021>
- Fan, L., Xian, C., Tang, S., Ding, W., Xu, C.-H., & Wang, X.-C. (2022). Effect of frozen storage temperature on lipid stability of hepatopancreas of *Eriocheir sinensis*. *LWT*, 154, 112513. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112513>
- Fernandez-Jover, D., Martinez-Rubio, L., Sanchez-Jerez, P., Bayle-Sempere, J. T., Lopez Jimenez, J. A., Martínez Lopez, F. J., Bjørn, P.-A., Uglem, I., & Dempster, T. (2011). Waste feed from coastal fish farms: A trophic subsidy with compositional side-effects for wild gadoids. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 91(4), 559–568.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2010.12.009>
- Fiskeridirektoratet. (2022). *Akvakulturstatistikk: matfiskproduksjon av laks, regnbueørret og ørret*. <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Laks-regnbueoerret-og-oerret/Matfiskproduksjon>
- Grefsrud, E. S., Andersen, L. B., Grøsvik, B. E., Karlsen, Ø., Kvamme, B. O., Kupka Hansen, P., Husa, V., Sandlund, N., Stien, L. H., & Solberg, M. F. (2023). *Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2023*. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2023-6#sec-16>

- Kupka Hansen, P., & Dunlop, K. M. (2022). *Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2022 - risikovurdering*. <https://www.hi.no/templates/reporteditor/report-pdf?id=56843&54478807>
- Marcussen, J. B., Søvik, G., Jenssen, M., & Zimmermann, F. (2022). *Status: Taskekrabbe (Cancer Pagurus) i Norge*.
- Meier, S., Van der Meeren, T., Skjæraasen, J. E., Bannister, R. J., Rasinger, J. D., & Karlsen, Ø. (2023). Terrestrial fatty acids from feed oil in feed for farmed salmonids are transferred to the liver, gonads, and muscle of wild Atlantic cod (*Gadus morhua*). *ICES Journal of Marine Science*. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsad051>
- Moen, F. E. (2020). *Dyreliv i havet* (7th ed., pp. 290–292). Kolofon.
- Nagelsen, V. (2021, February 4). *Ny studie: Har undersøkt hva fet fisk inneholder*. <https://www.hi.no/hi/nyheter/2021/februar/ny-studie-har-undersokt-hva-fet-fisk-inneholder>
- Opinion of the Scientific Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) on a request from the Commission related to the aspects of the biology and welfare of animals used for experimental and other scientific purposes. (2005). *EFSA Journal*, 3(12), 292. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2005.292>
- Owen, A. J., Peter-Przyborowska, B. A., Hoy, A. J., & McLennan, P. L. (2004). Dietary fish oil dose- and time-response effects on cardiac phospholipid fatty acid composition. *Lipids*, 39(10), 955–961. <https://doi.org/10.1007/s11745-004-1317-0>
- Regost, C., Arzel, J., Cardinal, M., Rosenlund, G., & Kaushik, S. J. (2003). Total replacement of fish oil by soybean or linseed oil with a return to fish oil in Turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 220(1–4), 737–747. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00655-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00655-5)
- Rosten, T. W. (2009). *Oksygen i vann - hva er det beste for fisken?* [https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2009\\_794726.pdf](https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2009_794726.pdf)
- Skog, T.-E., Hylland, K., Torstensen, B. E., & Berntssen, M. H. G. (2003). Salmon farming affects the fatty acid composition and taste of wild saithe *Pollachius virens* L. *Aquaculture Research*, 34(12), 999–1007. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00901.x>
- Skonberg, D. I., Rasco, B. A., & Dong, F. M. (1994). Fatty Acid Composition of Salmonid Muscle Changes in Response to a High Oleic Acid Diet. *The Journal of Nutrition*, 124(9), 1628–1638. <https://doi.org/10.1093/jn/124.9.1628>

- Suprayudi, M. A., Takeuchi, T., & Hamasaki, K. (2004). Essential fatty acids for larval mud crab *Scylla serrata*: implications of lack of the ability to bioconvert C18 unsaturated fatty acids to highly unsaturated fatty acids. *Aquaculture*, *231*(1–4), 403–416. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00542-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00542-8)
- Szabó, A., Mézes, M., Hancz, C., Molnár, T., Varga, D., Romvári, R., & Fébel, H. (2011). Incorporation dynamics of dietary vegetable oil fatty acids into the triacylglycerols and phospholipids of tilapia (*Oreochromis niloticus*) tissues (fillet, liver, visceral fat and gonads). *Aquaculture Nutrition*, *17*(2), e132–e147. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00743.x>
- Taranger, G. L., Karlsen, Ø., Bannister, R. J., Glover, K. A., Husa, V., Karlsbakk, E., Kvamme, B. O., Boxaspen, K. K., Bjørn, P. A., Finstad, B., Madhun, A. S., Morton, H. C., & Svåsand, T. (2015). Risk assessment of the environmental impact of Norwegian Atlantic salmon farming. *ICES Journal of Marine Science*, *72*(3), 997–1021. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu132>
- Tett, P., Benjamins, S., Kenny, B., Coulson, M., Davidson, K., Fernandes, T. F., Fox, C., Hart, M., Hicks, N., Hughes, A., Hunter, D. C., Nickell, T., Risch, D., Tocher, D., Vare, L., Verspoor, E., Wilding, T., Wilson, B., & Wittich, A. (2018). *Review of the environmental impacts of salmon farming in Scotland*. [https://pureadmin.uhi.ac.uk/ws/portalfiles/portal/3214103/20180125\\_SAMS\\_Review\\_of\\_Environmental\\_Impact\\_of\\_Salmon\\_Farming\\_Report.pdf](https://pureadmin.uhi.ac.uk/ws/portalfiles/portal/3214103/20180125_SAMS_Review_of_Environmental_Impact_of_Salmon_Farming_Report.pdf)
- Van der Meeren, G. I., Woll, A. K., & Søvik, G. (2008). *Anatomi og fysiologi hos tiftokreps*. [https://www.mattilsynet.no/fisk\\_og\\_akvakultur/fiskevelferd/havforskningsinstituttet\\_anatomi\\_og\\_fysiologi\\_hos\\_tiftokreps\\_med\\_vekt\\_paa\\_nervesystem\\_og\\_velferd\\_2008.5925/binary/Havforskningsinstituttet%20Anatomi%20og%20fysiologi%20hos%20tiftokreps%20med%20vekt%20p%C3%A5%20nervesystem%20og%20velferd%202008](https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/fiskevelferd/havforskningsinstituttet_anatomi_og_fysiologi_hos_tiftokreps_med_vekt_paa_nervesystem_og_velferd_2008.5925/binary/Havforskningsinstituttet%20Anatomi%20og%20fysiologi%20hos%20tiftokreps%20med%20vekt%20p%C3%A5%20nervesystem%20og%20velferd%202008)
- Vezzulli, L., Chelossi, E., Riccardi, G., & Fabiano, M. (2002). Bacterial community structure and activity in fish farm sediments of the Ligurian sea (Western Mediterranean). *Aquaculture International*, *10*(2), 123–141. <https://doi.org/10.1023/A:1021365829687>
- Vogt, G. (2021). Synthesis of digestive enzymes, food processing, and nutrient absorption in decapod crustaceans: a comparison to the mammalian model of digestion. *Zoology*, *147*, 125945. <https://doi.org/10.1016/j.zool.2021.125945>
- Wen, X., Chen, L., Ku, Y., & Zhou, K. (2006). Effect of feeding and lack of food on the growth, gross biochemical and fatty acid composition of juvenile crab, *Eriocheir*

- sinensis. *Aquaculture*, 252(2–4), 598–607.  
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.07.027>
- White, C. A., Bannister, R. J., Dworjanyn, S. A., Husa, V., Nichols, P. D., Kutti, T., & Dempster, T. (2017). Consumption of aquaculture waste affects the fatty acid metabolism of a benthic invertebrate. *Science of The Total Environment*, 586, 1170–1181. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.109>
- White, C. A., Dworjanyn, S. A., Nichols, P. D., Mos, B., & Dempster, T. (2016). Future aquafeeds may compromise reproductive fitness in a marine invertebrate. *Marine Environmental Research*, 122, 67–75. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.09.008>
- White, C. A., Woodcock, S. H., Bannister, R. J., & Nichols, P. D. (2019). Terrestrial fatty acids as tracers of finfish aquaculture waste in the marine environment. *Reviews in Aquaculture*, 11(1), 133–148. <https://doi.org/10.1111/raq.12230>
- Wibetoe, G. (2022, August 1). *Gasskromatografi*. Store Norske Leksikon.
- Woll, A. K. (2005). *Taskekrabben*.  
[https://www.moreforsk.no/download.aspx?object\\_id=22A351AE843045A08E0BAC78B5250C9E.pdf](https://www.moreforsk.no/download.aspx?object_id=22A351AE843045A08E0BAC78B5250C9E.pdf)
- Woll, A. K., Van der Meeren, G. I., & Tuene, S. (2006). Quality improvement by feeding wild-caught edible crab (*Cancer pagurus* L.): a pilot study. *Aquaculture Research*, 37(14), 1487–1496. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2006.01587.x>
- Woodcock, S. H., Strohmeier, T., Strand, Ø., Olsen, S. A., & Bannister, R. J. (2018). Mobile epibenthic fauna consume organic waste from coastal fin-fish aquaculture. *Marine Environmental Research*, 137, 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2018.02.017>
- Zimmermann, F. (2019, March 28). *Tema: Taskekrabbe*. Havforskningsinstituttet.  
<https://www.hi.no/hi/temasider/arter/taskekrabbe>

