

Utvikling av tørrfôr for oppfôring av villfanget undermåls krabbe og krabbe med lav kjøttfylde

Faglig sluttrapport



Nofima er et ledende matforskningsinstitutt som driver med forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien. Vi leverer internasjonal anerkjent forskning og løsninger som gir næringslivet konkurransefortrinn langs hele verdikjeden.

«Bærekraftig mat til alle» er vår visjon.

Kontaktinformasjon

Telefon: 77 62 90 00

post@nofima.no

www.nofima.no

NO 989 278 835 MVA



Hovedkontor Tromsø

Muninbakken 9–13

Postboks 6122

NO-9291 Tromsø



Stavanger

Måltidets hus

Richard Johnsensgate 4

Postboks 8034

NO-4068 Stavanger



Sundalsøra

Sjøsengvegen 22

NO-6600 Sunndalsøra



Ås

Osloveien 1

Postboks 210

NO-1433 ÅS



Bergen

Kjerreidviken 16

Postboks 1425 Oasen

NO-5844 Bergen

Rapport

Rapportnummer: 15/2024	ISBN: 978-82-8296-786-0	ISSN: 1890-579X
---------------------------	----------------------------	--------------------

Dato: 31. mai 2024	Antall sider + sider vedlegg: 25 + 5	Prosjektnummer: 13748
-----------------------	---	--------------------------

Tittel:
Utvikling av tørrfôr for oppfôring av villfanget undermåls krabbe og krabbe med lav kjøttfylde

Title:
Development of dry feed for undersized wild-caught red king crab

Forfatter(e):
Tina Thesslund, Anette Hustad, Federico Lian, Tor Andreas Samuelsen, Odd Helge Romarheim og Sten Siikavuopio

Avdeling:
Produksjonsbiologi, Sjømatindustri og Ernæring- og Fôrteknologi

Oppdragsgiver:
Fiskeri -og havbruksnæringens forskningsfond

Eksternt prosjektnummer/Oppdragsgivers ref.:
901756

Stikkord:
Tørrfôr, Kongekrabbe, Vekst, Fôringsregime

Sammendrag/anbefalinger:
Se kapittel 1.

English summary/recommendation:
See chapter 1.

Forord

Prosjektet er i sin helhet finansiert av FHF.

Innhold

1	Sammendrag	1
2	Innledning	2
3	Problemstilling og formål	4
3.1	Målsetting	4
4	Prosjektgjennomføring	5
4.1	AP1: Utvikling og uttesting av tørrfôr med ulike fysiske egenskaper til kongekrabbe	5
4.2	AP2: Utvikling og produksjon av et funksjonelt og næringsriktig tørrfôr til kongekrabbe	7
4.3	AP3: Uttesting av fôringsstrategier som sikrer vekst og god dyrevelferd	7
4.4	Analyse av resultat	8
5	Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon	10
5.1	AP1: Utvikling og uttesting av tørrfôr med ulike fysiske egenskaper til kongekrabbe	10
5.1.1	Fôrinntak	10
	AP2: Utvikling og produksjon av et funksjonelt og næringsriktig tørrfôr til kongekrabbe	11
5.1.2	Fôrforbruk	12
5.1.3	Kvalitet på prosessert krabbe	13
5.2	AP3: Uttesting av fôringsstrategier som sikrer vekst og god dyrevelferd	16
5.2.1	Fôrforbruk	16
5.2.2	Kvalitet på prosessert krabbe	18
6	Hovedfunn	23
7	Referanser	24
8	Appendix	i

1 Sammendrag

Norsk sammendrag

Prosjektet tar for seg fôrutvikling og fôringsstrategi til oppfôring av små kongekrabber, delt opp i 3 arbeidspakker (AP1–3). I AP1 var fokus på å teste ut forskjellige bindemiddel for å utvikle et tørrfôr med gode tekniske egenskaper med tanke på pellethardhet, vannoppløslighet og lavt fôrspill. I AP2 ble det tatt i bruk beste bindemidler fra AP1 og produsert dietter med forskjellige nivåer protein og fett for å teste proteinets betydelse for vekst. I AP3 ble ulike fôringsregimer testet i en langtidsstudie med mål om å forbedre fôrutnyttelsen og minke fôrforbruket. Det beste bindemidlet var gelatin med høyeste verdier for både vannstabilitet og hardhet, nest best var hvetegluten. Kombinert med smakelighet ble gelatin og hvetegluten derfor valgt som bindemiddel i AP2. Proteinbehovet til juvenil kongekrabbe under vekst er ikke kjent, men våre forsøk viser at proteinnivået i fôr til juvenil krabbe bør være høyt med et nivå på mellom 50 og 60 % for god muskelvekst. I AP3 ser vi at med intervallfôring kan en opprettholde like god vekst som kontinuerlig fôring og samtidig spare på fôrkostnadene.

Engelsk sammendrag

The aim of the project, divided into three work packages (WP1–3), was to develop a feed and feeding strategy to minimize feed waste and optimize muscle growth in small red king crabs. In WP1, the focus was on developing a dry feed using different binders with good technical properties in terms of durability and low feed wastage. In WP2, the best-performing feed (binder) from AP1 was used and further modified into different diets with varying nutrient content (protein), optimized with regard to best growth. In WP3, different feeding regimes were tested in a long-term study to improve feed utilization. The best binders were gelatin and gluten in terms of stability and hardness in laboratory tests and palatability for the crabs. These two were, therefore, chosen as binders in the diets containing different protein and fat levels in WP2. The protein requirement of red king crabs in growth is unknown, but our experiments show that the protein level in feed for red king crabs after molt should be high, between 50 and 60%. The feeding costs can be reduced by interval feeding as periods of fasting did not influence muscle development in the crabs compared to those fed continuously.

2 Innledning

Kongekrabbe (*Paralithodes camtschaticus*) er den mest verdifulle marine arten som i dag eksporteres fra Norge. I 2023, eksporterte Norge 2,500 tonn kongekrabbe for til sammen 1,2 milliard NOK (Norges Sjømatråd, 2024). I fri fiskeområdet (FFO) vest for 26 lengdegrad er kongekrabben definert som en uønsket art, og det er derfor et uttalt mål å fiske opp så mye som mulig av kongekrabben fra dette området for å redusere videre utbredelse langs kysten (Fiskeri- og kystdepartementet, 2007). Regelen er at all kongekrabbe som fiskes, uavhengig om det er fra kvoteregulert eller fra FFO, skal fraktes til land levende, dvs. det er forbudt med ombordproduksjon (Lovdata, 2024). Det meste av undermåls kongekrabbene (under 800 g) i FFO finnes det ikke marked for og det som blir ilandført blir destruert. Det kan heller ikke utelukkes at små kongekrabber gjenutsettes, bevisst eller ubevisst ved å bruke store maskevidder i teina.

Kongekrabben er en unik art da den er svært tilpasningsdyktig og et sosialt dyr, dvs. krabbene trives sammen og kan gå i lag og føres i samme kar eller merd i sjø uten at de begynner å skade hverandre (Siikavuopio and James 2015). I forbindelse med skallskifte, eller svekket og når krabben er feilernært kan det enkelte ganger oppstå kannibalisme (Stevens, 2014). Et målrettet fiskeri på små kongekrabber etterfulgt av oppføring for å bedre kvaliteten kan ha et stort potensial gitt at man lykkes med å utvikle et funksjonelt tørrfôr som krabbene vokser og trives med. Kongekrabber er kjent for å være en omnivor art som kan ta til seg næring ved å spise både marine planter og dyr (Stevens, 2014). Kongekrabbe river i stykker maten den spiser og etterlater seg derfor mye fôrspill. Det vil derfor være viktig å redusere dette fôrspillet ved å utvikle et tørrfôr som ikke smuldrer når krabbene spiser.

I første del av prosjektet ønsket vi derfor å ta i bruk ulike bindemidler som alginat og gelatin i kombinasjon med optimale ekstruderbetingelser for å forbedre holdbarheten på fôret under spising.

I andre del av prosjektet var målet å ta i bruk det fôret som hadde de teknisk beste egenskapene og optimaliserer dietten med tanke på muskelvekst og ernæringsbehov. På linje med fisk har kongekrabbe behov for å få dekket sitt ernæringsbehov av proteiner, fett, karbohydrater, vitaminer og mineraler, samt er avhengig av å få tilført essensielle aminosyrer og fettsyrer i dietten sin for å kunne overleve. Det finnes i dag få spesifikke studier av kongekrabbens ernæringsbehov ei heller kommersielt tørrfôr tilgjengelig for kongekrabben (Chang & Thiel, 2015; Stevens, 2014). Ved formulering av tørrfôr ønsket vi i prosjektet å sette sammen en diett som bygger på resultater funnet i tilgjengelig litteratur fra andre skalldyrarter som hummer og reker (Chang & Thiel, 2015; Hardy et al., 2011; Stevens, 2014). I tillegg vil vi bruke vår egen kunnskap opparbeidet på fôr- og ernæringsbehov til kongekrabbe (Lian et al., 2022) og resultater fra tidligere tørrfôrkonsept (Damsgård et al., 1999; James et al., 2013). Tidligere studier av krepsdyr har vist at dyrene har et høyt proteinbehov (Wickins & Lee, 2002). Protein brukes ikke bare til vevsvekst, men kan også brukes som energikilde (D'Abramo et al., 1997). Det gunstige diettproteininnvået i fôr til krepsdyr kan variere mellom 30 og 60% avhengig av art og sesong (Wickins & Lee, 2002). Høyt proteininnhold øker kostnadene til fôret og det er derfor ønskelig å finne rett nivå av protein som sikrer høyest mulig vekst og overlevelse. Når man endrer på en ingrediens i et fôr som protein vil det samtidig påvirke nivået av andre næringsstoffer som også kan være med å påvirke resultatene. I vårt tilfelle valgte vi å balansere proteininnvået opp mot lipidnivå i fôret.

Generelt har kongekrabbe et relativt lavt energibehov som gjenspeiles gjennom et lavt stoffskifte og fôrinntak sammenliknet med for eksempel fisk. Det lave fôrinntaket skyldes at krabben vokser sakte ved lave temperaturer noe som gir lavt energibehov (Siikavuopio & James, 2015). En nøkkelfaktor for å lykkes med oppføring er valg av riktig fôringsstrategi. Hos fisk fører man i dag stort sett etter appetitt. Hos krabbe blir det ikke riktig å føre etter appetitt, da krabbene som oftest knuser og smuldrer opp maten den ikke spiser. Resultatet blir som oftest overføring og stort fôrspill. Tidligere upubliserte forsøk gjennomført hos Nofima har vist at fôrinntaket til kongekrabbe variere over tid, syklisk fra topp til bunn på opptil flere uker. I et arbeid publisert av Siikavuopio og James (2015), mener de at det henger sammen med krabben sin tarmfysiologi og at tid det tar for at tørrfôret brytes ned i tarmsystemet til

krabben er lang. Dette er også vist for andre krabbearter (Chang & Thiel, 2015). Videre er det vist i en rekke forsøk at øker man intervallet mellom fôr og sult, kompenserer fisk og skalldyr med kompensasjonsvekst og utnytter fôret bedre og dermed reduseres fôrbehovet (Jobling, 1994; Py et al., 2022). AP 3 hadde derfor som mål å se om vi kunne forbedre fôrutnyttelsen gjennom ulike lengder på fôr og sult intervallene, eventuelt kunne utnytte mulig kompensasjonsvekst potensial hos kongekrabben.

Prosjektet er delt opp i 3 arbeidspakker (AP). I AP1 har vi fokus på å lage et tørrfôr som har de beste tekniske egenskapene med tanke på holdbarhet og lavt fôrspill. I AP2 tar vi i bruk beste fôr fra AP1 og optimaliserer næringsinnholdet (protein) med tanke på best mulig vekst. I AP3 gikk vi videre med langtidsstudie av ulike sult-fôringsregimer med tanke på å optimalisere fôrfaktor og tilvekst til kongekrabbe.

3 Problemstilling og formål

Villfanget kongekrabbe eksporteres i dag enten som levende (60%) eller som prosessert (40%), dvs. som kokte og frosne legger. Bedrifter i nærheten av det kvoteregulerte området, dvs. øst for 26 lengdegrad, praktiserer i dag 1–3 ukers levendelagring. Dette gjelder kun for kongekrabbe av kommersiell størrelse (>1,6 kg), og på grunn av den korte levendelagringstiden er fôring derfor ikke nødvendig for denne størrelsesgruppen. Innovasjonen i prosjektet er å skape verdier av små krabber fangstet fra FFO (<1,6 kg), ved å utvikle et tørrfôr som tar dem sikkert gjennom ett skallskifte i levendelagringen opp til kommersiell størrelse. Dette er krabber som pr. i dag ikke har like stor kommersiell interesse. Til dette trenger vi et funksjonelt tørrfôr som både tar hensyn til krabbens ernæringsbehov og til tekniske egenskaper på grunn av krabbens spisemåte.

3.1 Målsetting

Prosjektets hovedmål er å utvikle et kostnadseffektivt tørrfôr som er teknisk og ernæringsmessig riktig sammensatt.

Prosjektets delmål er å utvikle nye fôringsregimer for kongekrabbe som gir optimal vekst, sikrer gode miljøbetingelser og ivaretar dyrevelferd.

4 Prosjektgjennomføring

Forsøksbetingelser

Alle forsøk med kongekrabbe ble utført på Havbruksstasjonen i Tromsø (HiT), gitt naturlig vanntemperatur og med kunstig lys justert etter naturlige lysforhold for Tromsø ved bruk av Astro ur og 600 lux hvitt lys. Laveste og høyeste vanntemperatur i periodene er oppgitt i Tabell 1. Mengde fôr gitt til krabbene i forsøk ble beregnet ut ifra et fôrbehov på 2,5 g fôr/kg krabbe/dag og justert opp hvis krabben spiste mer enn 80% av gitt mengde. Utføringsdagene var mandag, onsdag, fredag i samtlige forsøk.

Tabell 1 Lavest og høyest vanntemperatur (°C) i de tre ulike forsøkene (AP1, AP2 og AP3).

Forsøk	Vanntemperatur (°C)	
	Lavest	Høyest
AP1	9,5	10,8
AP2	3,8	7,4
AP3	3,8	6,9

Fôrkalibrering/Recovery test

Det ble gjort en kalibrering av hvor mye vann hver fôrtype trekker til seg og hvor mye tørrstoff som går tapt i prosessen med utføring og oppsamling. Dette ble gjort ved å la en gitt mengde fôr ligge i karene brukt i forsøkene med vanngjennomstrømning i 24 t hvorpå fôret samles opp og veies, og deretter tørkes ved 100 °C i 24 t før det veies på nytt. For å korrigere for vanntap relatert til tørkeprosessen og opprinnelig vanninnhold i fôr, tørkes også fôr fra fôrsekk.

4.1 AP1: Utvikling og uttesting av tørrfôr med ulike fysiske egenskaper til kongekrabbe

Kongekrabbe river i stykker maten den spiser og etterlater seg derfor mye fôrspill. Det vil derfor være viktig å redusere dette fôrspillet ved å utvikle et tørrfôr som ikke smuldrer når krabbene spiser. Dette kan gjøres ved å tilsette et bindemiddel i fôret og bruke ekstruderings teknologi for produksjon. Denne prosessen innebærer en kraftig elting av fôrblendingen til en deig med tilførsel av vann og varme. Deigen blir så ekspandert til fôr over en dyse og deretter tørket før fôret tilsettes olje i en vakuumcoater (Samuelsen, 2015). Nofima sin kunnskap ved Fôrteknologisenteret i Bergen innen bruk av polysakkaridbindere i fôr til kråkeboller og tidligere erfaringer med tørrfôr til kongekrabbe ble brukt for å utvikle fôr med høy styrke og redusert fôrspill (James et al., 2015; Siikavuopio & James, 2015; Siikavuopio, 2009). Det ble produsert i alt fem fôr tilsatt et av bindemidlene, lignin, guarmel og gelatin samt ingrediensene tangmel og hvetegluten. Alle fôrene ble produsert med optimale ekstruderbetingelser på pilotekstruderen ved Fôrteknologisenteret i Bergen. Formålet var å produsere fôr med ulike fysiske kvaliteter. Som basis til disse fôrene (kontroll) ble det tatt i bruk et tørrfôrkonsept utviklet for kongekrabbe av Nofima (James et al., 2013; Siikavuopio et al., 2006). Grunnnettens ingredienser og makrokomponent innhold brukt som basis til pellets i AP1 for ulike tilsetninger av bindemidler er oppgitt i Tabell A.1 og A.2 i Appendix.

For å dokumentere den fysiske kvaliteten til fôrene ble analysene, vannstabilitet og pellet hardhet utført på alle fôrene for å verifisere hvordan disse parameterne korrelerer med fôrinntak og fôrspill. Vannstabilitet er gjenværende pellet (basert på % tørrstoff) etter at 20 g pellet er ristet i 500 ml vann ved 23 °C i 120 min. Tallene er basert på triplikate målinger. Hardhet måles på liggende pellet ved bruk av

en texture analyzer (TA.XTplusC, Stable Micro Systems Ltd, Surrey, UK) og er den kraften som skal til (N) for å knuse pelleten. Tallene oppgis som snittet av 20 målte pellet.

De ulike fôrkvaliteter ble testet på et utvalg juvenile kongekrabber i lab forsøk ved HiT i 4 uker. Forsøket ble gjennomført med 24 krabber på individnivå for å få eksakte mål på mengde fôr som ble spist og fôrspill. AP1 ble utført i 6 renner delt i 4 separate kamre, til sammen 24 kamre (55/62 × 45 cm og vanndybde 14 cm) hvor krabbene ble plassert en og en. Hvert kammer hadde egen vanntilførsel og avløp (Bilde 1).



Bilde 1 Forsøksoppsett med juvenile kongekrabber i individuelle kamre.

Krabbene til AP1 var fisket i Altafjorden og levert 11. mai 2022 til HiT og oppbevart samlet i lengdestrøms renner på stasjonen til oppstart. Krabbene ble føret med sild og rå reker i oppbevaringsperioden og eksponert for naturlig lys og vanntemperatur. Ved oppstart av forsøk 22. august 2022, ble krabbene målt for karapaks vidde (KPV), veid og tilfeldig fordelt i de 24 kamrene. Type diett ble deretter tildelt krabbene, 5 krabber til hver diett med de ulike bindemidlene (gelatin, guarmel, lignin og tangmel) og 4 krabber på diett med hvetegluten som bindemidler (Tabell 2). Det ble til sammen gjennomført 8 fôropsamlinger i løpet av 4 uker.

Tabell 2 Fordeling av 5 forskjellige dietter over 24 kamre samt størrelse, karapaks vidde og vekt (gjennomsnitt ± standardavvik), på krabbene i de forskjellige diettgruppene.

Bindemidler	Kammer nr.					KPV (cm)	Vekt (g)
Gelatin	2	7	12	17	22	9,9 ± 1,3	567 ± 201
Guarmel	4	9	14	19	24	8,9 ± 0,7	407 ± 90
Hvetegluten	5	10	15	20		10,0 ± 1,3	614 ± 252
Lignin	3	8	13	18	23	9,0 ± 1,1	438 ± 180
Tangmel	1	6	11	16	21	9,3 ± 1,2	497 ± 200

4.2 AP2: Utvikling og produksjon av et funksjonelt og næringsriktig tørrfôr til kongekrabbe

I denne arbeidspakken er hensikten å optimalisere proteinnivået i fôr til juvenil krabbe. Med basis i optimal bindestrategi fra AP1 ble fire fôr med ulikproteininnhold produsert (Tabell 3). Uttesting av fôret i AP2, ble startet opp 9. desember 2022 i fire 500 L kar, 6 krabber/kar. Krabbene brukt i dette forsøket var fisket i Balsfjord (Troms) og ble oppbevart på HiT i 11 måneder og fôret sild og reker før forsøkstart. Fra samme gruppe ble 12 krabber tatt ut for 0-prøver (14. desember 2022) for sammenligning med krabber etter oppføringsperioden. Mesteparten av krabbene var opprinnelig pit-tag merket (Biomark, HDX12 tag) fra de kom inn i fangenskap, men 3 krabber uten merke måtte få satt inn nytt pit-tag merke ved oppstart av diettforsøket. Den 6. januar 2023 ble samtlige krabber fra de fire diettkarene skadescoret og flyttet over i individuelle kammer i rennene omtalt i AP1, for videre oppfølging av fôrintak. Plassering av krabbe og tilhørende diett ble randomisert (Tabell 4).

Tabell 3 Protein og fett innhold i forsøksdiettene i AP2.

Diett	Protein (%)	Fett (%)
P57	57,4	14,6
P53	53,0	19,9
P48	48,2	24,8
P41	41,4	29,4

Tabell 4 Fordeling av diett over de 24 kamrene brukt for forsøket med test av 4 forskjellige protein/fett dietter i AP2 samt gjennomsnittsstørrelse for krabbene i de 4 gruppene.

Diett	Kammer nr.						KPV (cm)	Vekt (g)
P57	3	11	16	17	19	22	9,9 ± 1,0	590 ± 166
P53	4	6	7	12	18	20	9,6 ± 1,0	554 ± 127
P48	1	2	9	10	13	21	9,5 ± 0,6	535 ± 91
P41	5	8	14	15	23	24	9,5 ± 0,7	523 ± 99

Det ble utført fôroppsamling i tidsrommet 20. mars – 5. mai 2023, til sammen 18 fôroppsamlinger i løpet av 6 uker, 3 ganger i uken med unntak av påske hvor det kun ble utført en oppsamling i påskeuken og 2 oppsamlinger uken etter. Krabbene ble fôret i til sammen 207 døgn med de forskjellige diettene. Ved avslutt ble samtlige krabber skadescoret, målt og veid før slaktning og prosessering på Nofima (Siikavuopio et al., 2019).

4.3 AP3: Uttesting av fôringsstrategier som sikrer vekst og god dyrevelferd

I AP3 ble det satt opp en langtidsstudie over et skallskifte fra desember 2022 til juni 2023, hvor effekten av ulike fôringsregimer ble testet. Forsøket ble startet 9. desember 2022 og ble utført i to stk. 1x3 m renner delt i 4 kamre, 8 kamre til sammen med eget inn og utløp (Bilde 2).



Bilde 2 Forsøksoppsett for AP3. En av de to stk. 1 x 3 m renne delt i 4 kamre med eget inn og utløp med 8 krabber per kammer. Lysnivået er noe høyere på bildet enn i forsøksperioden.

Krabbene brukt i dette forsøket var fisket i Varangerfjorden i begynnelsen av november 2022 med standard teiner, men noen krabber ble også tatt som bifangst på line. Til sammen 64 krabber ble fordelt i rennene, 8 krabber per kammer. Fra samme gruppe ble 7 krabber tatt ut for 0-prøver (14. desember 2022) for sammenligning med krabber etter oppføringsperioden. Krabbene ble skadeskåret og individuelt merket med pit-tag og påklistret nummerlapp på karapaks for å gjøre det mulig å registrere tidspunkt for skallskifte.

Krabbene ble fôret med tidligere utviklet kongekrabbefôr, 5 mm pellets. Det ble ikke benyttet beste fôr fra AP2, da resultatene fra AP2 på grunn av forsinkelser ikke forestod ved tidspunkt for oppstart, men fett/ protein ratio i dette testfôret tilsvarer protein innhold på 50,7 % som ligger mellom diett P53 og P48, og fett innhold på 17 % som ligger mellom diett P57 og P53 i AP2 forsøket (Tabell A.4 og A.6 i Appendix). Tre forskjellige fôringsregimer ble brukt. Kontrollgruppen ble fôret kontinuerlig hver uke (Kont.), gruppe 1U kun annenhver uke og gruppe 3U ble fôret tre uker og sultet 3 uker. Fôringsdagene var mandag, onsdag og fredag for samtlige grupper de ukene de ble fôret. Det ble gjennomført fôroppsamling for samtlige grupper i til sammen 12 fôringsdager i ukene hvor alle fikk fôr. Fordeling av krabber, fôringsregime og krabbens størrelse presenteres i Tabell 5.

Tabell 5 Fôringsregimer og fordeling av krabbegrupper i AP3 samt gjennomsnittsstørrelse for krabbene i de 4 gruppene.

Fôringsregime	Kammer nr.		Antall krabber	KPV (cm)	Vekt (g)	
Kont.	1	6	16 (8 pr. kammer)	13,2 ± 1,0	1261 ± 274	
1U	2	3	7	24 (8 pr. kammer)	13,3 ± 0,9	
3U	4	5	8	24 (8 pr. kammer)	13,0 ± 1,0	1221 ± 254

4.4 Analyse av resultat

Resultatene er rapportert som gjennomsnittsverdier (\pm standardavvik), og de statistiske analysene ble utført med hver krabbe som en biologisk replika. Signifikante forskjeller mellom grupper ble undersøkt med enveis variansanalyse (ANOVA) etterfulgt av post-hoc test (Tukey's test ved lik, Scheffé's test ved

ulik gruppestørrelse) ved bruk av programvaren GraphPad Prism (versjon 10.0.0 for Windows, GraphPad Software, Boston, MA, USA) og Statistica™ (versjon 13.5, TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA). En enveis ANOVA etterfulgt av Dunnett's test ble også utført for å analysere signifikante forskjeller mellom hver behandlingsgruppe og startgruppen i AP2 og AP3. Hovedkomponentanalyse (PCA) ble utført på fettsyresammensetningsdata ved bruk av pakken FactoMineR i programvaren R (versjon 4.2.2) for å forbedre datavisualisering og tolkning. Bare de fettsyrene som utgjorde minst 0,2 % av de totale påviste fettsyrene ble tatt med i PCA. Alle statistiske analyser ble utført på et 95 % konfidensnivå ($\alpha = 0,95$).

5 Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon

5.1 AP1: Utvikling og uttesting av tørrfôr med ulike fysiske egenskaper til kongekrabbe

Diettene i AP1 var produsert med ulike typer bindere i fôret for å gi pelleten ulike fysiske egenskaper som kunne bedre kongekrabbenes opptak og utnyttelse av pelleten. De fem ekstruderte fôrene ble analysert for vannstabilitet og hardhet og sammenlignet med grunndietten. Resultatene i Tabell 6 viser at lignin ikke er en god binder i ekstruderte fôr. Vannstabiliteten for fôrene kontroll, hvetegluten og guarmel var relativt like mens hardheten var høyere for tangmel, hvetegluten og guarmel relativt til kontroll. Det beste bindemidlet var gelatin med signifikant høyeste verdier for både vannstabilitet og hardhet.

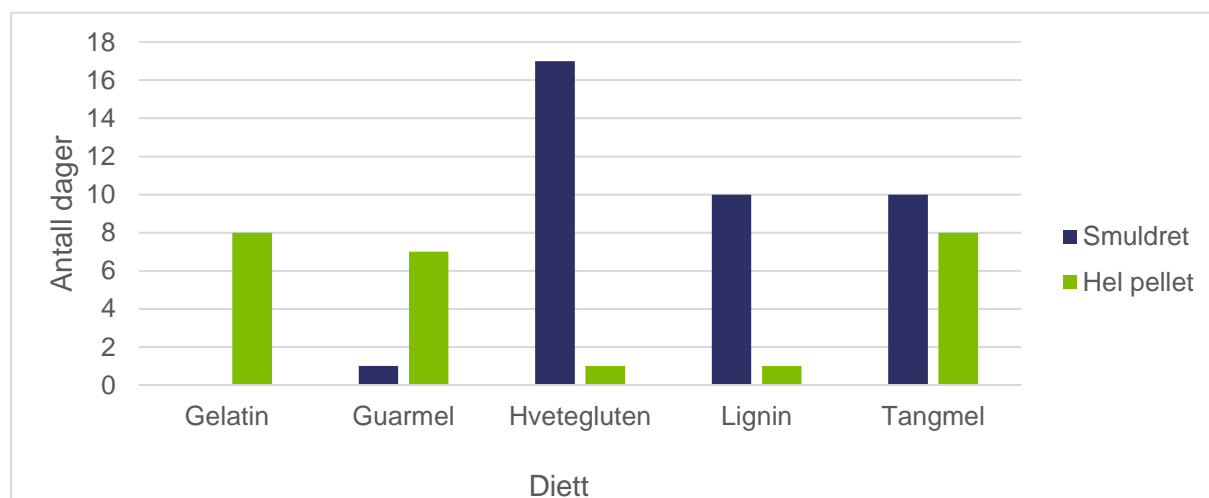
Tabell 6 Resultater fra analyser på vannstabilitet og hardhet på fôr med ulike bindere i AP1.

	Kontroll	Gelatin	Guarmel	Hvetegluten	Lignin	Tangmel	P-verdi
Vannstabilitet (% tørrstoff)	80,9 ± 0,2 ^b	86,8 ± 0,5 ^a	81,1 ± 1,1 ^b	80,9 ± 0,9 ^b	78,4 ± 0,5 ^c	80,2 ± 0,4 ^{bc}	<0,001
Hardhet (N)	31,6 ± 5,0 ^c	73,1 ± 12,6 ^a	43,0 ± 7,5 ^b	45,8 ± 10,1 ^b	29,9 ± 3,2 ^c	42,5 ± 9,6 ^b	<0,001

Merk. Verdier som ikke deler samme bokstav i hevet skrift er signifikant forskjellige ($P < 0,05$; Enveis ANOVA etterfulgt av Tukeys post-hoc test).

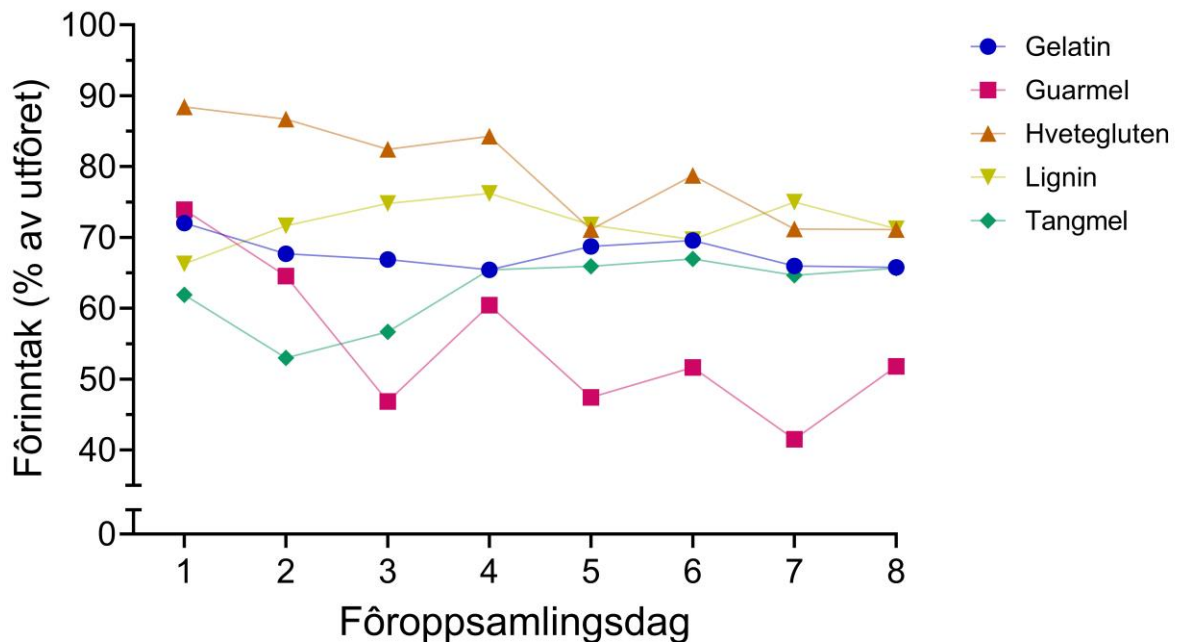
5.1.1 Fôrintak

Krabbene ble fôret som tidligere beskrevet, 3 dager i uken. Restfôr ble samlet opp dagen etterpå og veid. Det ble i tillegg til restfôrmengde, registrert om pelleten var urørt, dvs. det i hovedsak lå urørt pellet i karet og om pellets hadde blitt smuldret opp, som følge av at krabben har spist og sølt eller naturlig svullet og oppløst. Dette vil gi indikasjoner på stabiliteten til pelleten og om det er forskjellig interesse for de ulike type bindere. Sammenlignet med Tabell 6 er det relativt god korrelasjon for gelatin, lignin og delvis guarmel mellom vannstabilitet og registrerte dager med smuldring, men ikke så godt samsvar for hvetegluten og tangmel. Tangmel er dietten med flest dager hvor det er registrert mye hel pellet igjen, dvs. at krabben ikke har vist interesse for å spise, disse registreringene er gjort for 3 forskjellige krabber. Gelatin diett har også 8 registreringer med «hel pellet» men 7 av disse er registrert for samme krabbe (Figur 1).



Figur 1 Antall dager fôrøppsamling hvor pellet er urørt «hel pellet» eller smuldret i fôringsforsøk med 5 forskjellige pellet med ulike bindere (gelatin, guarmel, hvetegluten, lignin og tangmel).

At diett med hvetegluten er registrert som mer smuldrete kan indikere større interesse for å spise på den og hvis vi ser på % andel spist av de forskjellige diettene ser vi at hvetegluten ligger høyt (Figur 1). Krabbene som fôres med hvetegluten i dietten spiser størst % andel av gitt mengde fôr (Figur 2). Av alle dietter er det gelatin som ikke er registrert smuldret en eneste gang og fra fôroppsamlingsdata ser vi at krabben spiser av fôret og at interessen for fôret er stabil. Dietten som virker minst appetittlig for krabben er diett med guarmel som binder. Utfra interesse for fôret og egenskapene til pellet kommer hvetegluten og gelatin ut som beste binderne.



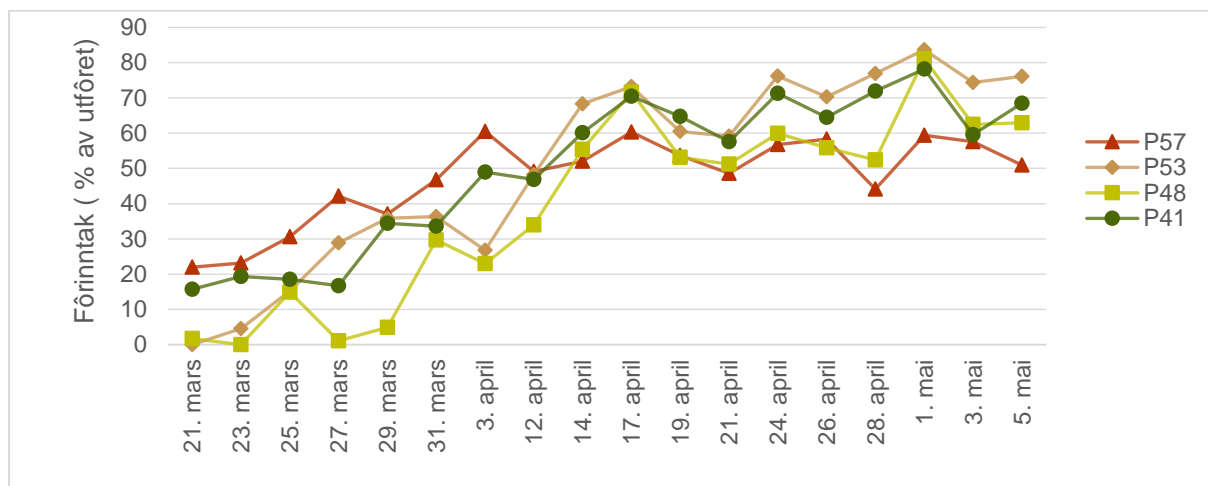
Figur 2 Fôrinntak, presentert som % konsumert i snitt av utfôret mengde, hos kongekrabber fôret med tørrfôr hvor det er brukt fem forskjellige bindere.

AP2: Utvikling og produksjon av et funksjonelt og næringsriktig tørrfôr til kongekrabbe

Arbeidspakke 2 består av både fôringsforsøk og sjekk av krabbekvalitet og muskelvekst etter en lengre periode med diettfôring. Siden krabbene var forventet å skifte skall i starten av 2023 ble krabbene fordelt i diettgrupper allerede i desember 2022, slik at de skulle få en periode med diettfôr både før og etter skallskifte. Diettene som ble produsert til AP2 er basert på erfaringene som ble gjort i AP1 med tanke på gode bindere. Til ny fôrproduksjon ble hvetegluten og gelatin valgt som binder. Fire dietter ble produsert til AP2, hvor de hadde en redusert innblanding av proteiner og økende innblanding av fett (Tabell 2). Ved oppstart av forsøket ble 12 krabber tatt ut for 0-prøver, for sammenligning med krabber etter oppfôringsperioden. Tretten av totalt 24 krabber til forsøk var helt skadefri ved oppstart. Skadefri krabber ble fordelt slik: 3 stk. til diett P57, 5 til P53, 2 til P48 og 3 til P41. I starten av forsøket var det registrert dødelighet på en krabbe (fra diett P57 i kammer 3). Alle resterende 23 krabbene skiftet skall som forventet, og skallskiftene skjedde i tidsperioden 20. februar – 24. mai 2023. Etter skallskifte var det 2 krabber fra P57 som døde like før forsøket ble avsluttet (kammer 16 og 19, diett P57), ellers ikke registrert dødelighet. Mål på skadeutvikling fra oppstart til avslutning viser ingen endring i skadeomfang underveis i forsøket. Dette er som forventet da krabbene holdes i separate kammer og ikke har mulighet å skade hverandre, og at håndtering av krabbene underveis i forsøket har vært skånsom og ikke påført nye skader.

5.1.2 Fôrforbruk

En krabbe døde i begynnelsen av forsøket (kammer 3, diett P57). I diettgruppe P53 og P48 var det 1 krabbe som ikke spiste i over 70 % av hele fôringsperioden. Disse krabber er utelatt fra snittberegningene da denne type adferd er unormal. Utfra de 18 fôringsamlingene gjort i løpet av fôringsperioden ser en at samtlige dietter følger samme mønster med lavt fôrinntak i skallskifteperioden etterfulgt av en oppgang i fôrinntak utover våren. Det er ikke stor forskjell mellom diettene (Figur 3). Krabbene som får dietten med høyest proteininnhold ser ut til å spise mer (% spist av utfôret) i begynnelsen av forsøket sammenlignet med de tre andre. Etter midten av april går fôrinntaket opp til samme nivå som diett P57 for de andre diettene og krabbene på diett P53 spiser mest.



Figur 3 Fôrinntak, presentert som % konsumert i snitt av utfôret mengde, hos kongekrabber fôret med fire forskjellige dietter med henholdsvis synkende mengde protein og stigende mengde fett. Krabbene var fôret i single kamre og snitt er beregnet utfra 5 krabber på diett P57, P53 og P41 og 6 krabber på diett P48.

Ved oppstart av forsøket, når krabbene fôres i kar gruppevis, blir det registrert flokking på vannoverflaten fôr spesielt fôr P48 (Bilde 3). Det samme ble også senere registrert ved fôring i single kammer, men i mindre omfang og ikke kontinuerlig.



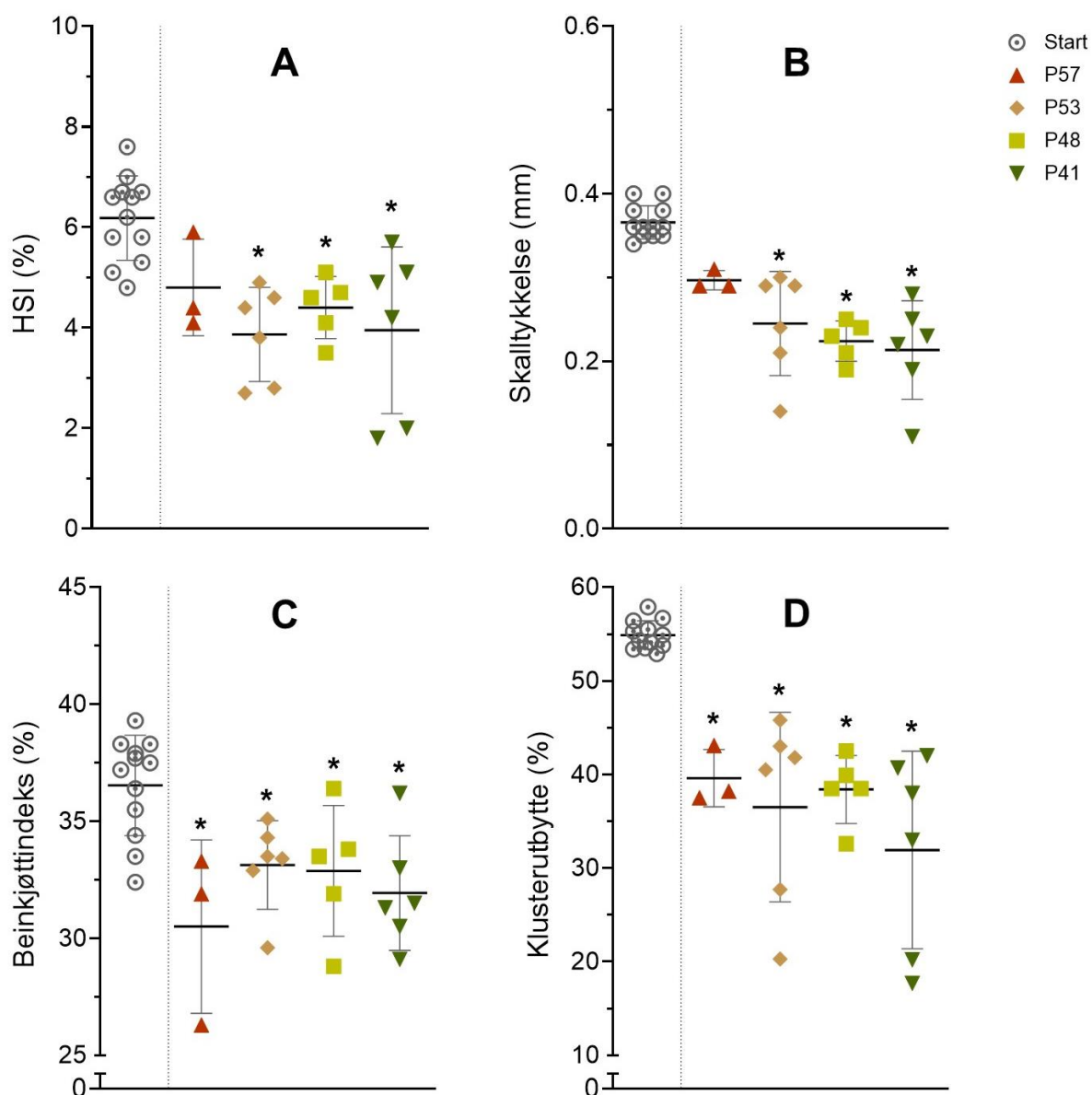
Bilde 3 Oppløst fôr av typen diett P48 samlet seg på vannoverflaten i kar i begynnelsen av forsøket hvor krabbe ble fôret gruppevis i 500 L kar.

5.1.3 Kvalitet på prosessert krabbe

Totalt 20 av krabbene ble prosessert 4. juli 2023, 3 krabber fra diett P57, 5 fra diett P48 og 6 fra diett P53 og P41. I tillegg til vekt og KPV på alle individene, ble det tatt ut hepatopankreas og muskelprøver fra 3 krabber per diettgruppe (alle med 90–100 dager siden skallskifte) til analyse av tørrstoff, råprotein, vann og aske. Det ble i tillegg kjørt analyse av fettsyreprofilen i hepatopankreas prøvene.

HSI, skalltykkelse, beinkjøttindeks og klusterutbytte

Liten forskjell i hepatopankreas indeks, skalltykkelse og utbytte mellom gruppene. Tidspunkt for skallskifte er en påvirkende faktor.

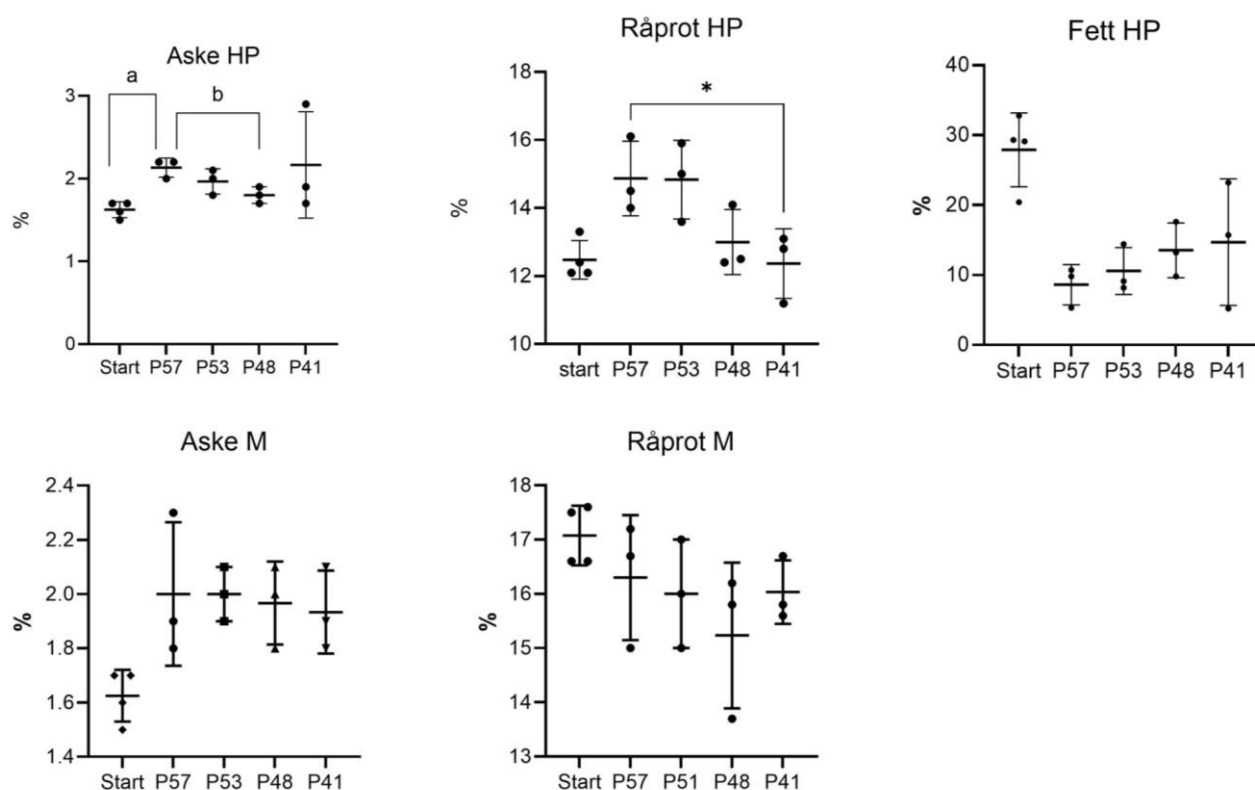


Figur 4 Hepatosomatisk indeks (HSI) (A), skalltykkelse (B), beinkjøttindeks (C) og klusterutbytte (D) fra oppstarten av AP2 (kontrollkrabber), og etter føring med ulike protein/fett dietter. Asterisk (*) over gruppedata indikerer at gruppen er signifikant forskjellig fra oppstart (Enveis ANOVA, Dunnetts test).

Selv om de fleste målte parametere viser signifikant endring fra kontroll/start, ser vi at enkelte individer når opp til samme nivå som krabbene før start for beinkjøttindeks, dette viser at det er mulig for krabben å bygge opp muskel på formulert fôr på en relativt kort periode etter skallskifte. Den store variasjon beinkjøttindeks kan muligens forklares med at vi har tatt inn villkrabbe og at ikke alle klarer å tilpasse seg oppdrettsbetingelsen. Eller så kan det gjenspeiles ved store genetiske variasjoner i vekst mellom individene.

Tørrstoff, protein, aske og fettsyresammensetning

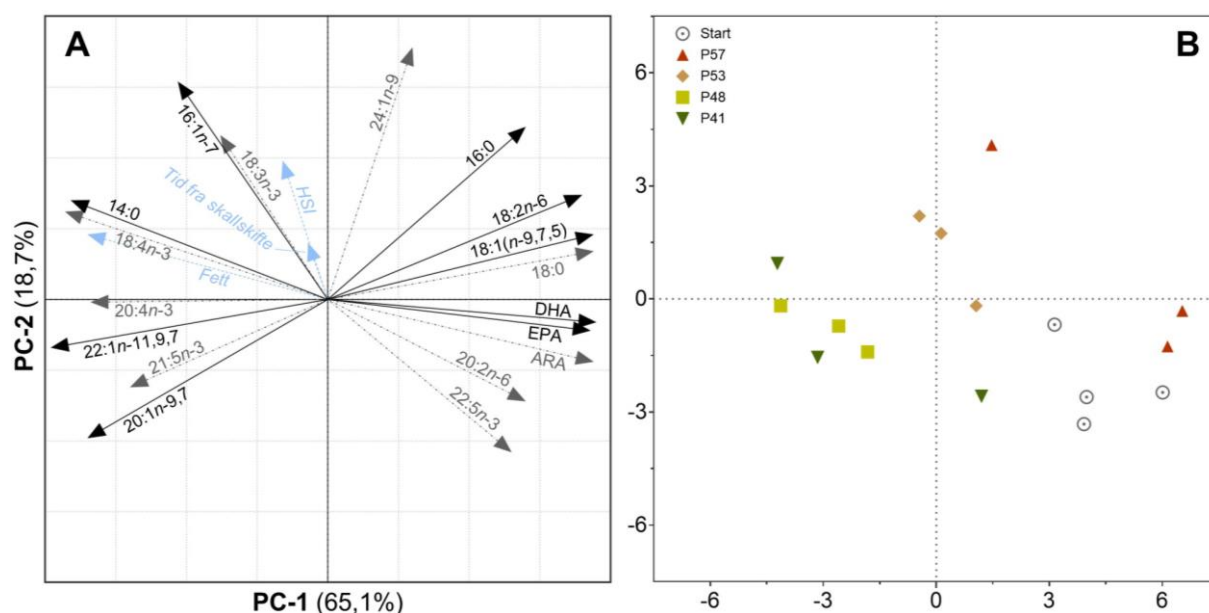
Krabber fra diett P57 hadde signifikant høyere proteininnhold i hepatopankreas sammenlignet med krabbene fra diett P41, noe som kan forventes da diett P57 hadde høyest andel protein. Fôrintaket var dog i snitt ikke høyest i denne gruppen. Råproteinandelen i muskel er lavere i samtlige diettgrupper jamført med situasjonen før oppstart som kan forventes da krabbene har vært gjennom skallskifte. Trenden for protein i muskel samsvarer til dels med proteininnholdet i fôr, men forskjellene er ikke signifikante og krabbene på P41 gjør det i snitt likt som krabbene på diett P57. Askeverdiene i hepatopankreas viste også en nedgående trend fra diett P57 til P48 (Figur 5), og askeinnholdet er signifikant høyere hos gruppen med høyt protein diett P57 jamført med dietten med nest lavest proteinandel P48. Askeverdiene er og signifikant høyere jamført med før oppstart av forsøk. Også i muskelprøvene er askeverdiene høyere i samtlige grupper jamført med ved oppstart av forsøk mens forskjellen mellom diettgruppene her er mindre tydelig. Verdiene for diett P41 hadde stor variasjon, noe som er gjennomgående i nesten samtlige analyserte parametere for denne dietten. Fettanalysene fra AP2 hepatopankreas viser den samme trenden. Fett (%) ser ut til å korrelere med fettinnhold i fôret (Figur 5). Krabbene i AP 2 var fôret med sild og reke i månedene før oppstart av forsøket, som har en effekt på fettsyresammensetningen og fett innhold (%) i hepatopankreas og er dermed ikke direkte sammenlignbar med villfanget krabbe.



Figur 5 Aske, råprotein og fett innhold (%) i hepatopankreas (HP) og aske og råprotein innhold (%) i muskel (M) i krabber fôret med ulike protein/fett dietter. Askeinnholdet i HP er signifikant høyere hos krabber på diett P57 i forhold til ved oppstart av forsøk (indikert med a) og jamført med krabber på diett med nest lavest proteinandel P48 (indikert med b). Verdiene for protein i hepatopankreas er signifikant høyere (*) i krabber på diett P57 jamfør med krabber på dietten med lavest proteininnhold P41.

Detaljerte resultater for fettsyresammensetning er rapportert i Appendix i Tabell A5. For visualisering og tolkning av data ble hovedkomponentanalyse eng. *Principal component analysis* (PCA) utført på fettsyresammensetning i hepatopankreas (Figur 6). Det er gruppen på diett P57 (dietten med laveste fettinnhold) som ligger nærmest fettssyreprofilen ved start. Det er også mulig å merke seg en distinkt gruppering av fettsyredata fra hepatopankreas langs PC-1 i henhold til fôrgruppen dem tilhører (Figur 6B). To av krabbene i P57 (kamre 11 og 17) er i motsatt posisjon til krabbene i P48 og til to av krabbene i P41 (kamre 14 og 24) langs PC-1, mens P53 krabber ligger rundt origo. Det er derfor tydelig at de ulike diettene har påvirket fettsyresammensetningen i hepatopankreas.

Spesielt var fettsyrene arakidonsyre (ARA, 20:4n-6), eikosapentaensyre (EPA, 20:5n-3), dokosaheksaensyre (DHA, 22:6n-3) assosiert med de to krabbene i P57 (kamre 11 og 17) som var nærmest krabbene i «Start» gruppe, mens eikosatetraensyre (20:4n-3), ketolinsyre/erukasyre (22:1n-11,9,7) og stearidonsyre (18:4n-3) var knyttet til dietter P48 og P41 (Figur 6A). Det er også tydelig at krabbene i gruppe P48 og P41 er samlet i samme klynge (Figur 6B) bortsett fra en krabbe i P41 (kammer 15), noe som indikerer at diettene P48 og P41 har lignende effekt på fettsyreprofilen.



Figur 6 Loading (A) og score (B) plot av prinsippkomponentanalyse («principal component analysis», PCA) av fettsyresammensetning av hepatopankreas for krabber analysert ved oppstart av forsøket (Start) og etter perioden på diett P57, P53, P48, og P41. Fettsyrer mellom 0,2% og 2,0% er markert med stiplede linjer, fettsyrer >2,0% er markert med hele linjer. For utarbeidelsen av PCA-plottet, er variablene fett, tid fra skallskifte og hepatosomatisk indeks (HSI) er regnet som tilleggsindivider faktorer, mens fôret og krabber i gruppen «Start» er regnet som tilleggsindivider. Forkortelser: ARA, arakidonsyre; DHA, dokosaheksaensyre; EPA, eikosapentaensyre.

I en tidligere studie av Lian et al. (2022) med levendelagring av kongekrabber uten fôring ble fettsyresammensetningen i hepatopankreas vurdert. I denne studien ble det observert at mettede fettsyrer, spesifikke enumettede fettsyrer (f.eks. palmitoleinsyre, 16:1n-7), samt dokosapentaensyre (DPA, 22:5n-3) ble fortrinnsvis brukt i begynnelsen av sulteperioden. Utover i sulteperioden ble umettede fettsyrer med kjedelenge C18–22 brukt. De essensielle langkjedede flerumettede fettsyrene, spesielt ARA og EPA, ble konserverv under levendelagring.

Det bør merkes at vektorene i forhold til de nevnte fettsyrene som brukes i begynnelsen av sulteperioden er spredt gjennom alle fire kvadratene i PCA loading plot (Figur 6A). Dette kan ytterligere støtte påstanden om at ulikt fettinnhold i diet kan ha en effekt på de relative fettkonsentrasjonene. Krabbene på diettene med lavere fettinnhold viste en tendens for å holde høyere relative konsentrasjoner av de essensielle langkjedede flerumettede fettsyrene (ARA og EPA, men også DHA), fettsyrer som muligens stammet fra fôr (sild og reke) i månedene før oppstart av forsøket. Krabbene med høyere fett i dietten

viste høyere relative konsentrasjoner av spesifikke enumettede fettsyrer (for eksempel 22:1(n-11)+(n-9)+(n-7)) som vanligvis finnes i vegetabiliske oljer og kan derfor tilskrives fôrformulering.

5.2 AP3: Uttesting av fôringsstrategier som sikrer vekst og god dyrevelferd

Krabbene i forsøket AP3 ble fôret i til sammen 33 uker. I perioden 20. desember 2022–20. mars 2023 gjennomgikk 69, 63 og 71% av krabber skallskifte hhv. i gruppe kont., 1U og 3U. De fleste skiftet skall i februar og begynnelsen av mars. Det var en del dødelighet knyttet til skallskifte (se detaljer nedenfor), spesielt for individer som skiftet tidlig eller seint. Av de gjenværende krabbene ved avslutt av forsøket hadde 91, 69 og 74 % av krabber hhv. i gruppe kont., 1U og 3U skiftet skall. Ved oppstart og avslutt av forsøk ble skader (hull, påbegynte leddtap og manglende bein) hos samtlige krabber registrert (Tabell 7). Antall skader går opp i gruppe kont. og 1U mens antall skader i snitt minker hos krabben i gruppe 3U.

Tabell 7 Gjennomsnitt av antall registrerte skader, mistede gangbein og påbegynt leddtap pr krabbe i forsøk AP3 ved oppstart og ved avslutt av forsøk.

Gruppe	Skader		Mistede gangbein		Påbegynt leddtap	
	Start	Slutt	Start	Slutt	Start	Slutt
Kont.	0,56	0,64	0,00	0,14	0,28	0,21
1U	0,68	0,83	0,12	0,22	0,40	0,26
3U	0,79	0,64	0,24	0,14	0,21	0,14

Underveis i forsøket var det 18 krabber som døde. Allerede kort tid etter oppstart i desember døde en krabbe i kammer 1 og 7, disse ble erstattet. Døde krabber etter dette ble ikke erstattet. Dødelighet i de tre fôringsgruppene var 32 % i gruppe Kont., 34 % i gruppe 1U, og 21 % i gruppe 3U. Dette gir en total dødelighet på 28 % i forsøket. Antall skader og type skader ser ikke ut til å være årsaken til mortalitet (Tabell 8). Dødeligheten var i hovedsak knyttet til kannibalismen i forbindelse med skallskifter. Forsøket ble avsluttet 27. juni 2023 og 30 krabber som hadde skiftet skall, 10 fra hver gruppe ble prosessert for sjekk av kvalitet.

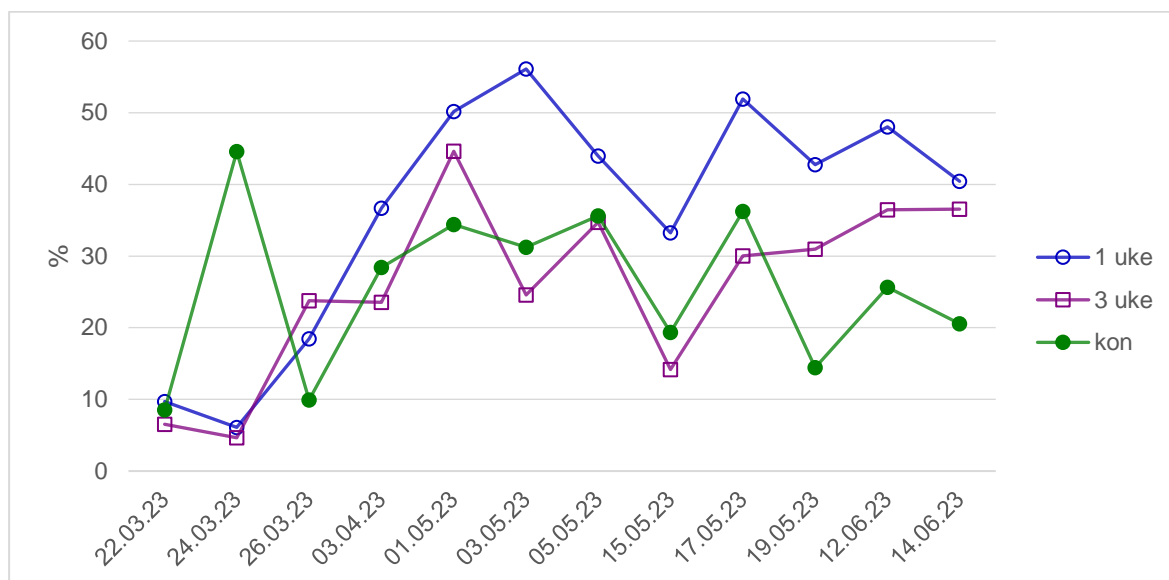
Tabell 8 Gjennomsnitt av antall registrerte skader, mistede gangbein og påbegynte leddtap ved oppstart av forsøk hos krabbene som døde i forsøk og de som overlevde.

	Død	Overlevd
Skader	0,57	0,69
Beintap	0,14	0,18
Påbegynt leddtap	0,19	0,20

5.2.1 Fôrforbruk

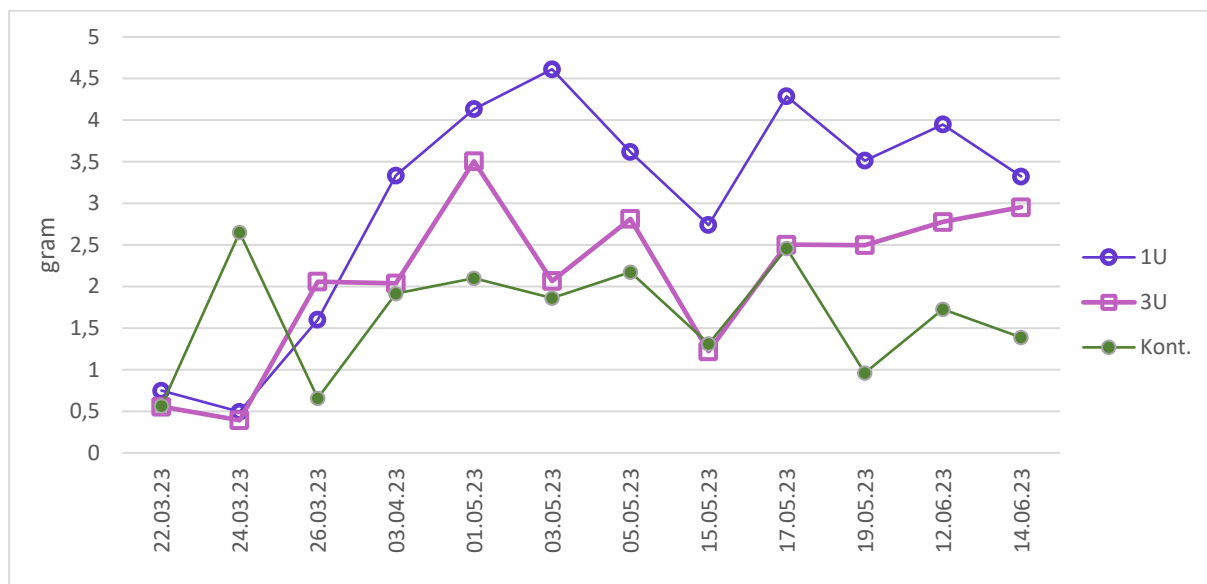
Samtlige grupper ble fôret 3 dager i uken ved oppstart av forsøket. Fra uke 3 i 2023 startet forsøket med 1 og 3 ukers fôringspause for gjeldende kammer. Fôringsregimet med fasteperioder ble fulgt frem til 2 uker før avslutning da alle gruppene ble tilbudt fôr for å sikre at samtlige krabber hadde spist og var i fordøying av mat, og dermed hadde samme status i forkant av slakting. For å sikre stort nok tilbud på fôr og kompensere for sult-ukene for gruppe 1 og 3, ble 25 % av fôret krabbene skulle ha hatt i sulteukene gitt i fôringsukene som et tillegg. For å danne et bilde av hvor mye fôr krabbene spiste ble det utført 12 fôrproppsamlinger for samtlige kamre i tidsrommet 22. mars–14. juni 2023 dvs. i perioden etter skallskifter. De ble kun utført oppsamling i de ukene alle gruppene fikk fôr. Utfra fôrproppsamplingsdataen ses en trend hvor gruppe 1U, som fikk fôr annenhver uke, spiser mest av fôret som tilbys, mens kontrollgruppen spiser minst andel av gitt fôr (Figur 7), med noen unntak. Totalt sett

for oppsamlingsdagene spiser gruppe 1 mest av fôret som tilbys 36 %, mens kontrollgruppen og gruppe 3U spiser like store andeler av gitt mengde, i snitt 25 %, men her varierer inntaket mellom dagene.



Figur 7 Fôropsamlingsdata for ulike fôringsregimer, resultater vist som % fôr spist av gitt mengde i perioden etter skallskifte.

Ser man på mengde fôr spist per kilogram krabbe ved dagene det er utført oppsamling (Figur 8) ser vi at krabben spiser mellom 0,4 og 4,6 g fôr/kg krabbe/døgn. I snitt over hele perioden spiser gruppe 1U mest med et fôrinntak på 3 g/kg krabbe/døgn mens kontroll (kontinuerlig fôring) i snitt spiser minst, 1,6 g fôr/kg krabbe/døgn. Gruppe 3U har ett gjennomsnittlig forinntak på 2,1 g fôr/kg krabbe/døgn.



Figur 8 Mengde (g) fôr spist pr. kg krabbe i løpet av et døgn ved gitte fôringsregimer, 1 uke fôring og 3 uker fôring deretter faste, og kontinuerlig fôring.

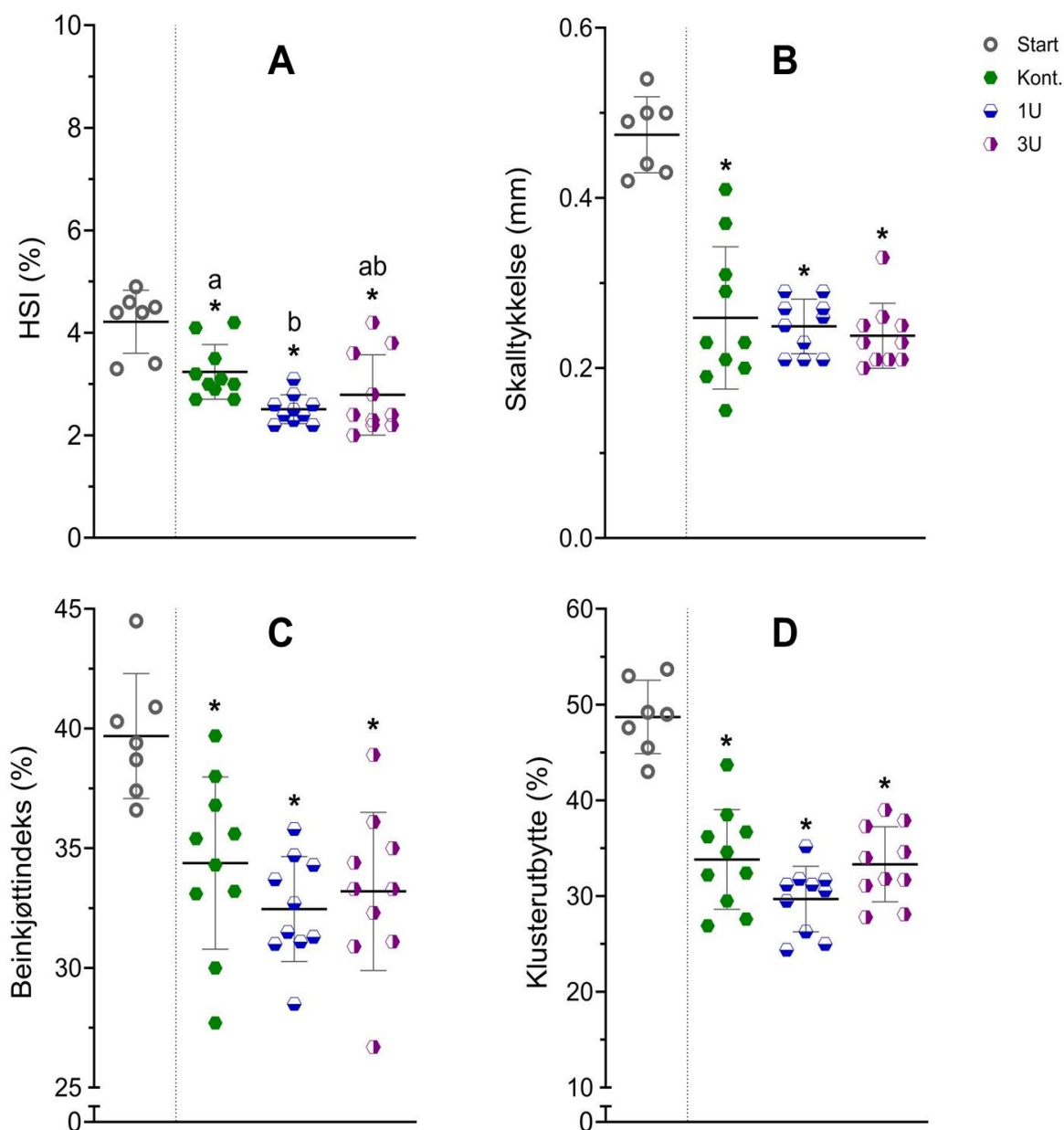
Andel spist fôr av gitt mengde, er likt mellom kontroll og 3U men litt høyere i gruppe 1, noe som kan indikere at krabben spiser meget godt, men at den rent fysiologisk ikke kan spise større volum per døgn pga. adaptasjoner i fordøyelsen. Kan tenkes at krabbene i 3U ikke har samme fôrinntakskapasitet som individene i gruppe 1 etter faste, da sulteperioden er 2 uker lenger. Mulig fordøyelsessystemet hos krabbene i 3U trenger tid å adaptere til forinntak igjen, mens den ene sulteuken for 1U krabbene fungerer

mer som en fordøyelses periode og krabben er tom og klar for nytt stort forinntak. Kontrollgruppen igjen spiser jevnt og trutt mindre mengder.

Det totale fôrforbruket er lavere for gruppe 1U og 3U, siden disse kun fôres halvparten av tiden sammenlignet med kontrollgruppen, og kun 25 % av fôrmengden dem skulle ha hatt i sulteukene ble gitt i fôringsukene som kompensasjon. Krabbene klarer likevel bare å spise 32 og 25 % av gitt mengde. Samtlige grupper har vært overfôret og mengde fôr ved utfôring kan reduseres. Dette viser at det ikke er behov for å kompensere med økning i fôrmengde ved bruk av et fôringsregime hvor krabben gjennomgår perioder med faste.

5.2.2 Kvalitet på prosessert krabbe

Ved avslutning av forsøket 27.juni 2023, ble 30 stk. oppfôret krabbe, som hadde skiftet skall, prosessert, 10 individer fra hvert fôringsregime. Krabbene ble målt og veid før prosessering, hepatosomatisk indeks (HSI), gjennomført, samt målinger på utbytte. Videre ble fettsyresammensetningen samt tørrstoff, aske og rå protein analysert i hepatopankreas og muskel for 4 intakte krabber fra gruppe 3U og kontroll, disse individene hadde vært fôret 90–120 dager siden skallskifte.

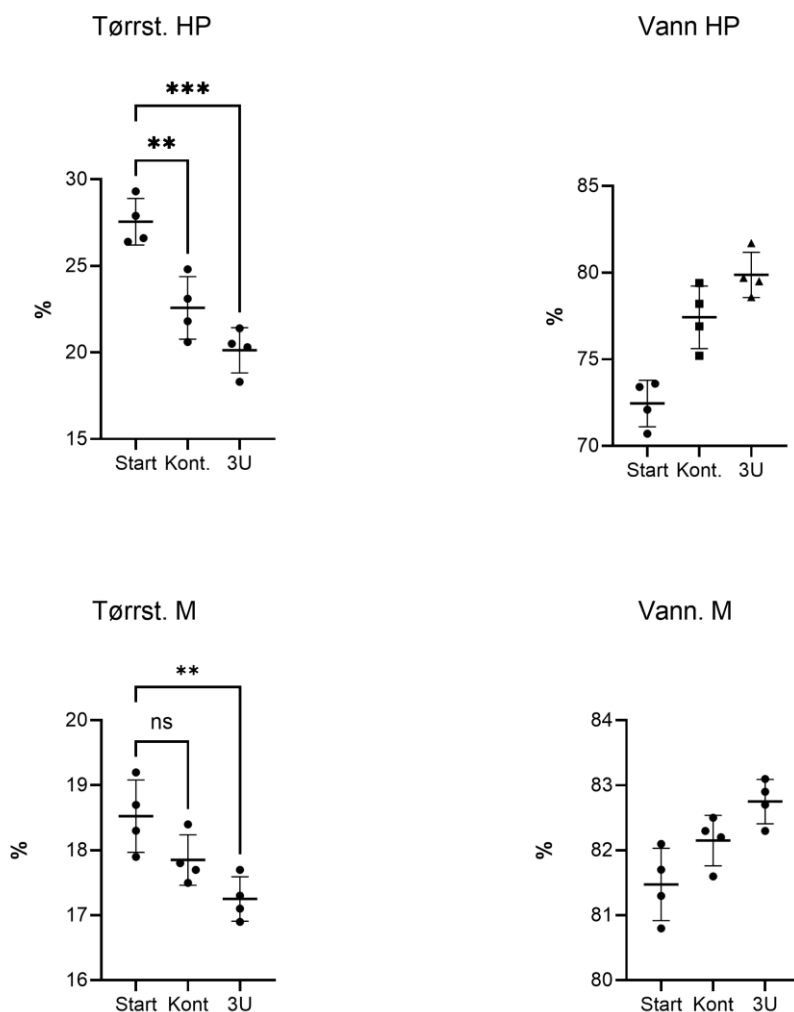


Figur 9 Hepatosomatisk indeks (HSI) (A), skalltykkelse (B), beinkjøttindeks (C) og klusterutbytte (D) fra oppstarten av AP3 (kontrollkrabbe) og etter ulike fôringsregimer (kontinuerlig (Kont.), 1-ukes intervall (1U) og 3-ukes intervall (3U)). Asterisk (*) over gruppedata indikerer at gruppen er signifikant forskjellig fra oppstart (Enveis ANOVA, Dunnetts test). Fôringsregimegrupper som ikke er merket med felles bokstav er signifikant forskjellig fra hverandre når man ikke inkluderer starten. (Enveis ANOVA, Scheffes test).

HSI, skalltykkelse, beinkjøttindeks og klusterutbytte

Det er ingen signifikante forskjeller i utbytte mellom gruppene. Krabbene som ble føret kontinuerlig og krabbene som fikk fôr i 3 ukes intervall presterer likt på klusterutbytte og beinkjøttindeks, mens krabbene føret i 1 ukes intervall i dette forsøk ligger litt lavere. Det er dog stor variasjon innad i gruppene, spesielt for mengde kjøtt i bein. Dette er ikke uvanlig da det er store individuelle forskjell i tilvekst mellom individer hos kongekrabbe. Skalltykkelsen er tilnærmet lik i alle grupper som tyder på at fôringsregimet ikke påvirker krabbens evne til å herde og bygge opp skall. At skalltykkelsen er betydelig lavere enn ved start kan forventes da krabben har gjennomgått skallskifte i forsøksperioden.

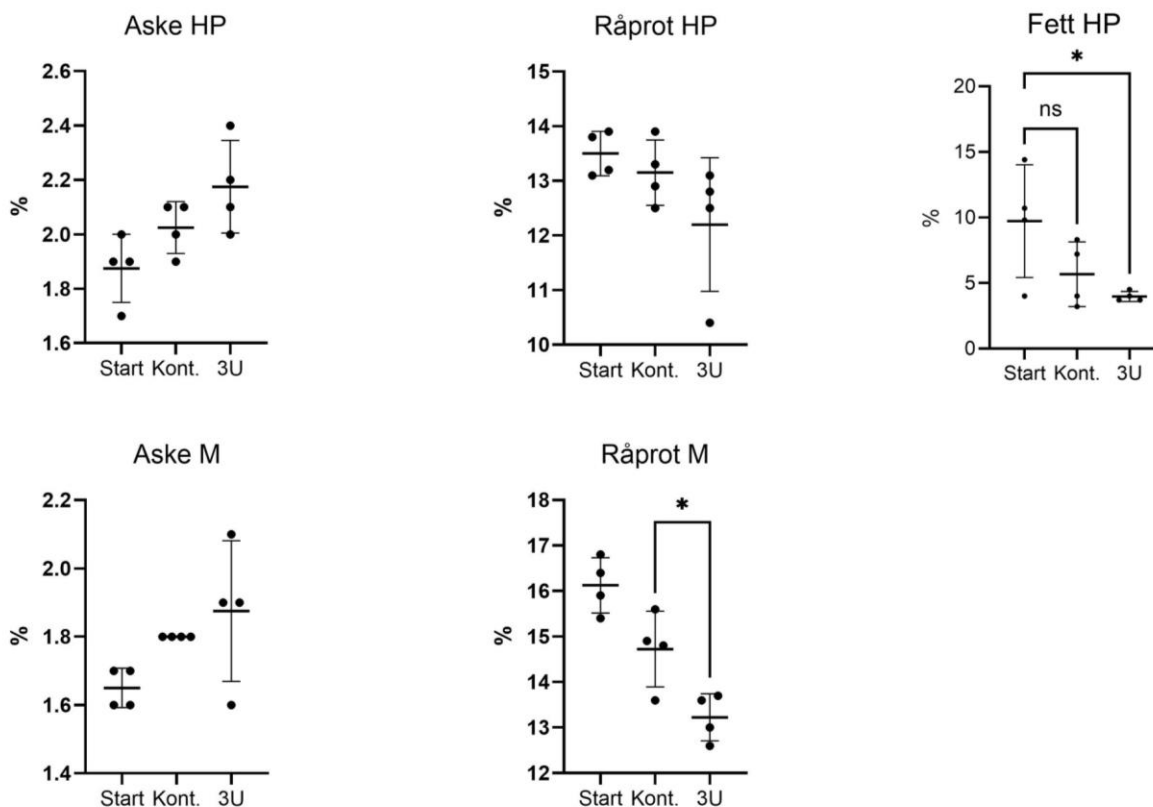
Tørrstoff, protein, aske og fettsyresammensetning



Figur 10 Tørrstoff og vanninnhold i hepatopankreas og muskel, før oppstart av forsøk, og etter 33 uker kontinuerlig fôring (kont) og 3 uker faste og 3 uker fôringsregime (3U) i perioden før og etter skallskifte. Asterisk (*) indikerer signifikant forskjell mellom gruppene.

Vann, tørrstoff og askeinnhold i hepatopankreas så vel som muskel korrelerer med fôringsintervall (Figur 10 og 11). Krabbene i gruppe 3U har høyere vann og askeinnhold, men lavere innhold av tørrstoff og protein sammenlignet med krabber i kontrollgruppen og sammenlignet med status ved oppstart. Tørrstoffinnholdet i hepatopankreas er signifikant lavere i testgruppene ved avslutt jamført med status ved oppstart, men tørrstoffinnholdet i muskel kun er signifikant lavere i gruppe 3U.

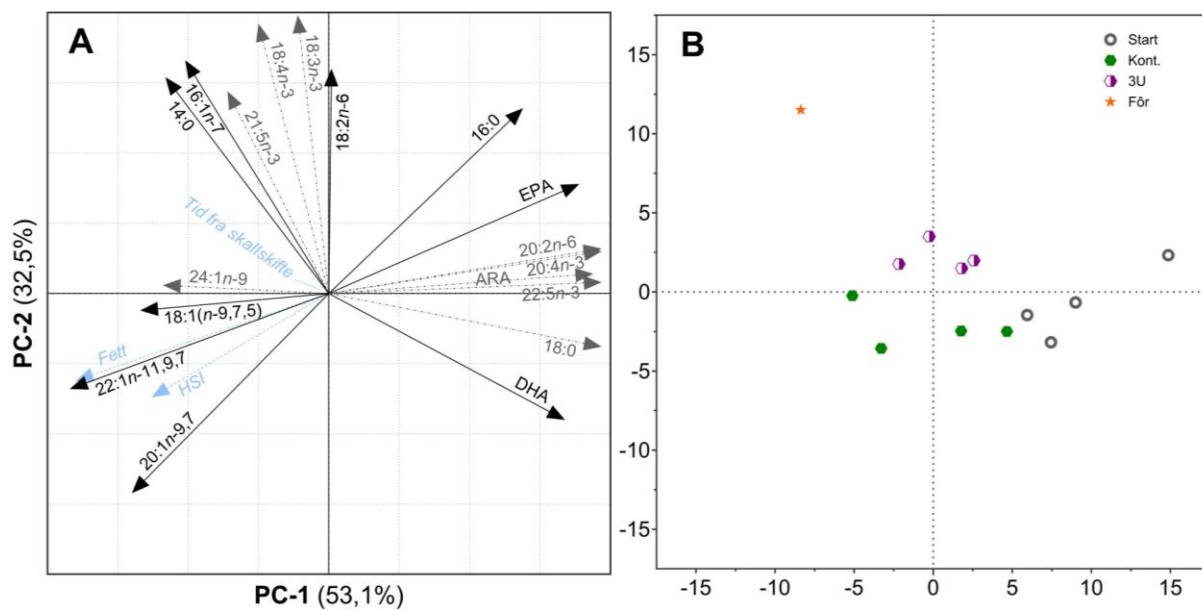
Analyser av proteininnholdet i muskel etter skallskifte i kontrollgruppen og i 3U (3 uker faste/3 uker fôring), viser at fôringsregimene og dietten ikke er god nok for å opprettholde det nivået krabbene hadde før oppstart av forsøk (start), og krabber fra 3U har signifikant lavere innhold av protein i leggmuskel enn krabber fra kontrollgruppen (Figur 11). Proteininnholdet i hepatopankreas er også lavere jamført med start. Krabbene i 3U har lavere fett (%) i hepatopankreas sammenlignet med gruppen som ble fôret kontinuerlig og kontrollkrabben før oppstart av forsøket (Figur 11). Krabbene hadde ikke blitt fôret i fangenskap (under 2 uker) før oppstart av dette forsøket.



Figur 11 Aske, råprotein og fett innhold (%) i hepatopankreas (HP) og aske og råprotein innhold (%) i muskel (M) for krabber føret kontinuerlig (Kont.; kontroll) og krabber føret-fastet periodevis (3U), sammenlignet med krabber analysert før oppstart av forsøk (start). Fett (%) er signifikant lavere (*) i 3U jamført med før oppstart av forsøk.

Detaljerte resultater for fettsyresammensetningen av føret og hepatopankreas av krabber i gruppe «Start», «Kont.» og «3U» er rapportert i Appendix henholdigvis i Tabell A6 og A7. Det kan merkes at kun 2 fettsyrer var signifikant forskjellige mellom krabbene i Kont. og 3U. Spesielt var palmitinsyren (16:0) og de totale mettede fettsyrene signifikant høyere i 3U-gruppen sammenlignet med Kont., noe som tyder på at krabbene under intervallfôring ikke gjennomgikk vesentlig fettsyre-relatert katabolisme. Metabolisering av mettede fettsyrer, inkludert 16:0, har tidligere vært knyttet til fysiologiske prosesser relatert til sult (Lian et al., 2022). De høyere nivåene av gondoin- og paullinisk syre (20:1(n-9)+(n-7)) i Kont. gruppe sammenlignet med 3U-gruppen indikerer at den relative andelen enumettede fettsyrer av vegetabilsk opprinnelse kan være uforholdsmessig høy i føret som brukes.

Hovedkomponentanalyse (PCA) utført på fettsyresammensetning vises i Figur 12. Begge fôringsgruppene ligger rundt origo (Figur 12B) og separat fra start krabben, noe som indikerer at forskjeller i mindre grad er avhengig av fôringsregime men at føret brukt påvirker fettsyresammensetningen i krabben. For fremtidig fôrutvikling bør det vurderes å forandre sammensetning og nivåer av fettsyrene med vektorer som peker mot høyre side av PC-1 i lasteplothen (Figur 12A) for å komme nærmere «Start»-krabbene i poengsummen (figur 12B).



Figur 12 Loading (A) og score (B) plot av prinsipalkomponentanalyse («principal component analysis», PCA) av fettsyresammensetning av hepatopankreas for krabber analysert ved oppstart av forsøket (Start) og etter perioden med kontinuerlig fôring (Kont.; kontroll), og periodevis fôring-fasting (3U). Fettsyrer mellom 0,2% and 2,0% er markert med stiplede linjer, fettsyrer >2,0% er markert med hele linjer. Krabber i gruppen «Start» og fôret er regnet som tilleggsindivider for utarbeidelsen av PCA-plottet. Forkortelser: ARA, arakidonsyre; DHA, dokosaheksaensyre; EPA, eikosaheksaensyre.

6 Hovedfunn

- Kongekrabber er kjent for å rive i stykker maten den spiser og etterlater seg derfor mye fôrspill. Det vil derfor være viktig å redusere dette fôrspillet ved å utvikle et tørrfôr som ikke smuldrer når krabbene spiser. Våre forsøk viser at gelatin var best egnet av de fem binderne vi testet ut med tanke på pellet stabilitet og smaklighet. Hvetegluten er en interessant binder mtp. interessen krabben viser for fôret og hveteglutens egenskaper som protein tilskudd.
- Proteinbehovet til kongekrabbe under vekst er ikke kjent. Våre forsøk viser at et gunstig proteinnivå i fôr til krabbe i skallskifteperioden ser ut til å være høyt med et nivå på mellom 50 og 60 % protein i dietten.
- Generelt har kongekrabbe et lavt energibehov som gjenspeiles gjennom et lavt stoffskifte. At krabbene river maten ved spising og innimellom opptrer kresen og selektiv fører til høy fôrfaktor. Ved å introdusere intervallfôring klarte vi å forbedre fôrfaktoren og opprettholde like god vekst som ved kontinuerlig fôring og samtidig spare på fôrkostnadene.

7 Referanser

- Chang, E. S., & Thiel, M. (2015). *Physiology. The natural history of the Crustacea* (Vol. 4). Oxford University Press.
- D'Abramo, L. R., Conklin, D. E., & Akiyama, D. M. (1997). *Crustacean nutrition* (Vol. 6). World Aquaculture Society.
- Damsgård, B., Siikavuopio, S. I., Carlehög, M., & Mortensen, A. (1999). *Oppføring av mellomlagret kongekrabbe*. Fiskeriforsknings Rapport 4/99.
- Fiskeri- og kystdepartementet. (2007). Forvaltning av kongekrabbe. (St.meld. nr. 40. 2006- 2007). Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/stmeld-nr-40-2006-2007-/id480559/>
- Hardy, R. W., Gatlin, D. M., Burtéau, D. P., D'abramo, L. R., Davis, D., Halver, J. E., Krogdal, Å., Medale, F., Shiau, S., & Tocher, D. R. (2011). *Nutrition requirements of fish and shrimp*. Animal nutrition series, National Research Councils, The National Academies Press.
- James, P., Siikavuopio, S. I., & Mortensen, A. (2015). Sea Urchin Aquaculture in Norway. In N. P. Brown & S. D. Eddy (Eds.), *Echinoderm Aquaculture* (pp. 147–173). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119005810.ch7>
- James, P., Vasilyev, R., Siikavuopio, S., Kovatcheva, N., Samuelsen, T. A., Mundheim, H., & Carlehög, M. (2013). The effects of varying the percentage of herring versus salmon protein in manufactured diets on the survival, meat content, hepatosomatic index and meat sensory quality of adult red king crab *Paralithodes camtschaticus* held in captivity. *Aquaculture*, 416–417, 390–395. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.08.002>
- Jobling, M., 1994. Fish Bioenergetics, Fish and Fisheries series 13. Chapman and Hall.
- Lian, F., Siikavuopio, S. I., Harrison, S. M., Vang, B., Brunton, N. P., Esaiassen, M., & Lorentzen, G. (2022). Fatty acid profile of cooked leg meat and raw hepatopancreas of red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) during three-month live holding without feeding at 5 and 10 °C. *Journal of Food Composition and Analysis*, 105, 104206. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104206>
- Lian, F., Siikavuopio, S. I., Hustad, A., Thesslund, T., Lindberg, S.-K., & Lorentzen, G. (2021). Comparative quality evaluation of processed clusters obtained from red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) typical of spring and autumn harvests in the Barents Sea. *Food Control*, 123, 107826. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107826>
- Lorentzen, G., Lian, F., & Siikavuopio, S. I. (2019). Quality parameters of processed clusters of red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) - Effects of live holding at 5 and 10 °C up to 92 days without feeding. *Food Control*, 95, 142–149. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.07.041>
- Lorentzen, G., Lian, F., & Siikavuopio, S. I. (2020). Live holding of snow crab (*Chionoecetes opilio*) at 1 and 5 °C without feeding — Quality of processed clusters. *Food Control*, 114, 107221. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107221>
- Lorentzen, G., Skuland, A. V., Sone, I., Johansen, J.-O., & Rotabakk, B. T. (2014). Determination of the shelf life of cluster of the red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) during chilled storage. *Food Control*, 42, 207–213. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.02.019>
- Lorentzen, G., Voldnes, G., Whitaker, R. D., Kvalvik, I., Vang, B., Gjerp Solstad, R., Thomassen, M. R., & Siikavuopio, S. I. (2017). Current Status of the Red King Crab (*Paralithodes camtschaticus*) and Snow Crab (*Chionoecetes opilio*) Industries in Norway. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26(1), 42–54. <https://doi.org/10.1080/23308249.2017.1335284>
- Lovdata (2024). *Forskrift om regulering av fangst av kongekrabbe i kvoteregulert område øst for 26 grader øst mv. i 2024*. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2023-12-20-2240>
- Norges Sjømatråd (2024). Nøkkeltall. <https://nokkeltall.seafood.no/>
- Py, C., Elizondo-González, R., & Peña-Rodríguez, A. (2022). Compensatory growth: Fitness cost in farmed fish and crustaceans. *Reviews in Aquaculture*, 14(3), 1389–1417. <https://doi.org/10.1111/raq.12656>
- Samuelsen, T. A. (2015). *Fishmeal physicochemical properties – Impact on the fish feed extrusion process, phase transitions and physical pellet quality*. PhD thesis, University of Bergen. <https://bora.uib.no/bora-xmlui/handle/1956/10080>

- Siikavuopio, S. I. (2009). *Green sea urchin (Strongylocentrotus droebachiensis, Muller) in aquaculture: The effects of environmental factors on gonad growth*. Dr. philos. thesis, University of Tromsø.
- Siikavuopio, S. I., & James, P. (2015). Effects of temperature on feed intake, growth and oxygen consumption in adult male king crab *Paralithodes camtschaticus* held in captivity and fed manufactured diets. *Aquaculture Research*, 46(3), 602–608. <https://doi.org/10.1111/are.12207>
- Siikavuopio, S. I., Aksnes, A., Hope, B., Kristoffersen, K., Dale, T., & Carlehög, M. (2006). Utvikling av spesialfôr til kongekrabbe (*Paralithodes camtschaticus*). Fiskeriforsknings Rapport 1/2006. Konfidensiell.
- Siikavuopio, S. I., Humborstad, O.-B., Haugan, E., Thesslund, T., & Hustad, A. (2018). Forbedring av kongekrabbeteine for et mer selektivt og bærekraftig krabbefiske. Nofima Rapport 7/2018.
- Siikavuopio, S. I., James, P., Olsen, B. R., Evensen, T., & Mortensen, A. (2016). Holding wild caught red king crab, *Paralithodes camtschaticus*: Effects of stocking density and feeding on survival and meat content. *Aquaculture Research*, 47(3), 870–874. <https://doi.org/10.1111/are.12546>
- Siikavuopio, S. I., James, P., Olsen, B. R., Evensen, T., Mortensen, A., & Olsen, S. H. (2017). Holding wild Snow crab, *Chionoecetes opilio*: Effects of stocking density and feeding on survival and injury. *Aquaculture Research*, 48(4), 1590–1595. <https://doi.org/10.1111/are.12993>
- Siikavuopio, S. I., Johansson, G. S., James, P., & Lorentzen, G. (2019). Effect of starvation on the survival, injury, and weight of adult snow crab, *Chionoecetes opilio*. *Aquaculture Research*, 50(2), 550–556. <https://doi.org/10.1111/are.13926>
- Sparbo, M. (2003). *Temperatureffekt på skallskifte, stoffskifte og fôrintak hos juvenil kongekrabbe (Paralithodes camtschaticus)*. PhD thesis, University of Tromsø.
- Steven, B. G. (2014). *King crabs of the world. Biology and fisheries management*. CRC Press.
- Wickins, J. F., & Lee, D. O'C. (2002). *Crustacean farming: Ranching and Culture* (2nd edition). Blackwell Science.

8 Appendix

Tabell A.1 Grunndiett til pellets i AP1, basis for ulike tilsetninger av bindermidler (gelatin, guarmel, hvetegluten, lignin og tangmel).

Ingrediens	Innhold (%)
Fiskemel	66,0
Krillmel	5,0
Hvete	14,6
Fiskeolje	8,8
Monokalsiumfosfat	3,0
Kolinklorid	0,5
Lecithin fra raps	0,5
Vitaminpremix	0,5
Mineralpremix	0,5
Kolesterol	0,5
Astaxanthin	0,5

Tabell A.2 Prosentuell innhold av makrokomponenter i grunndiett till pellets i AP1.

Makrokomponent	Innhold (%)
Protein	52,1
Fett	17,0
Stivelse	8,6
Aske	10,1
Vann	7,0

Tabell A.3 Prosentuell innhold av makrokomponenter i de fire diettene till pellets i AP2

Makrokomponent	Innhold i dietten (%)			
	P57	P53	P48	P41
Protein	57,4	53,0	48,2	41,4
Fett	14,6	19,9	24,8	29,4
Stivelse	6,8	6,9	7,4	6,7
Aske	12,5	12,5	12,4	12,0
Vann	8,7	7,5	6,7	9,1
Tørrstoff	91,3	92,5	93,3	90,9

Tabell A.4 Prosentuell innhold av makrokomponenter i diett brukt i AP3.

Makrokomponent	Innhold i dietten (%)
Protein	50,7
Fett	17,0
Aske	12,4
Vann	10,3
Tørrstoff	89,7

Tabell A.5 Fettsyresammensetning (% av identifiserte fettsyrer) i rå hepatopankreas ved start av føringsforsøket (kontroll) og etter perioden med fôring med fire ulike dietter («Start» $n = 4$, diettgrupper $n = 3$ per gruppe).

Fettsyre (% av identifiserte fettsyrer)	Start	Diett				P-verdi
		P57	P53	P48	P41	
14:0	2,0 ± 0,4	2,9 ± 0,9	3,8 ± 0,3*	4,1 ± 0,3*	3,8 ± 0,6*	0,117
16:0	10,2 ± 0,5	12,0 ± 0,4 ^{a*}	11,5 ± 0,1 ^{a*}	10,5 ± 0,3 ^b	10,6 ± 0,4 ^b	< 0,001
Sum mettede	14,0 ± 0,7	17,5 ± 0,8 ^{a*}	17,3 ± 0,4 ^{ab*}	16,2 ± 0,6 ^{ab*}	16,0 ± 0,6 ^{b*}	0,034
Sum mettede (g/100g fett)	12,2 ± 0,4	13,7 ± 1,7	14,2 ± 0,7	13,9 ± 0,7	13,0 ± 2,2	0,777
16:1 $n-7$	4,4 ± 0,5	3,5 ± 0,6	3,9 ± 0,4	3,6 ± 0,1	3,7 ± 0,4	0,736
18:1($n-9$)+($n-7$)+($n-5$)	26,8 ± 1,5	22,3 ± 0,9 ^{a*}	19,4 ± 0,6 ^{b*}	17,7 ± 0,5 ^{b*}	18,0 ± 1,2 ^{b*}	< 0,001
20:1($n-9$)+($n-7$)	15,3 ± 1,1	14,3 ± 1,2 ^c	16,6 ± 0,6 ^b	19,0 ± 0,3 ^{a*}	19,3 ± 0,7 ^{a*}	< 0,001
22:1($n-11$)+($n-9$)+($n-7$)	13,2 ± 1,5	13,1 ± 1,7 ^b	16,7 ± 0,3 ^{ab*}	20,0 ± 1,0 ^{a*}	19,4 ± 2,5 ^{a*}	0,003
Sum enumettede	60,1 ± 1,7	53,6 ± 2,3 ^{b*}	57,0 ± 0,5 ^{ab}	60,8 ± 0,9 ^a	60,7 ± 2,1 ^a	0,002
Sum enumettede (g/100g fett)	52,6 ± 2,6	41,9 ± 5,1	46,9 ± 2,2	52,4 ± 1,6	49,7 ± 8,6	0,163
18:2 $n-6$	1,2 ± 0,0	4,6 ± 0,3 ^{a*}	4,0 ± 0,1 ^{b*}	3,2 ± 0,3 ^{b*}	3,0 ± 0,3 ^{b*}	< 0,001
Sum ($n-6$)	3,3 ± 0,1	6,3 ± 0,8 ^{a*}	5,2 ± 0,2 ^{ab*}	4,2 ± 0,5 ^b	4,1 ± 0,7 ^b	0,006
Sum ($n-6$) (g/100g fett)	2,9 ± 0,1	4,9 ± 0,2 ^{a*}	4,3 ± 0,2 ^{ab*}	3,6 ± 0,4 ^{bc*}	3,3 ± 0,1 ^c	< 0,001
20:5 $n-3$ (EPA)	6,3 ± 0,4	7,4 ± 1,7	6,0 ± 0,3	5,1 ± 0,3	5,5 ± 1,3	0,115
22:6 $n-3$ (DHA)	13,2 ± 1,0	11,1 ± 1,4 ^{a*}	9,6 ± 0,2 ^{ab*}	8,7 ± 0,8 ^{b*}	8,8 ± 0,8 ^{ab*}	0,039
Sum ($n-3$)	22,4 ± 1,2	22,3 ± 2,4	20,1 ± 0,3	18,4 ± 1,0*	18,7 ± 1,7*	0,054
Sum ($n-3$) (g/100g fett)	19,6 ± 0,9	17,3 ± 1,1*	16,6 ± 0,5*	15,8 ± 0,6*	15,2 ± 1,0*	0,056
Sum flerumettede	26,0 ± 1,3	28,9 ± 3,1 ^a	25,8 ± 0,3 ^{ab}	23,1 ± 1,5 ^b	23,3 ± 2,3 ^b	0,027
Sum flerumettede (g/100g fett)	22,7 ± 1,0	22,4 ± 1,2 ^a	21,2 ± 0,6 ^{ab}	19,9 ± 1,0 ^{ab*}	18,8 ± 1,1 ^{b*}	0,011
($n-3$)/($n-6$)	6,7 ± 0,4	3,5 ± 0,2 ^{c*}	3,9 ± 0,1 ^{bc*}	4,4 ± 0,3 ^{ab*}	4,6 ± 0,3 ^{a*}	0,004
Sum flerumettede/Sum mettede	1,9 ± 0,1	1,7 ± 0,2	1,5 ± 0,0*	1,4 ± 0,1*	1,5 ± 0,2*	0,392
Sum identifiserte (g/100g fett)	87,5 ± 2,1	78,0 ± 6,4	82,4 ± 3,4	86,2 ± 1,3	81,5 ± 11,8	0,577
Sum ident.+ uident. (g/100g fett)	92,3 ± 2,1	81,9 ± 6,6	86,4 ± 3,8	90,1 ± 1,3	84,9 ± 12,4	0,608

Merk. Resultatene er uttrykt som gjennomsnittsverdier (± standard avvik). De ulike opphøyde bokstavene på same rad som p -verdien er uthevet indikerer signifikante forskjellige gjennomsnittsverdier ($p \leq 0,05$, enveis ANOVA etterfulgt av Tukeys test) mellom de ulike diettgruppene. Symbolet (*) indikerer gjennomsnittsverdiene som er signifikant forskjellig ($p \leq 0,05$, enveis ANOVA etterfulgt av Dunnetts test) fra gjennomsnittlig observert verdi for krabbene i gruppen «Start». Forkortelser: EPA, eikosapentaensyre; DHA, dokosaheksaensyre.

Tabell A.6 Fettsyresammensetning (% av identifiserte fettsyrer) i fôret brukt i AP3.

Fettsyre (% av identifiserte fettsyrer)	Innhold i dietten
14:0	7,1
16:0	15,4
18:0	1,9
Sum mettede	24,6
Sum mettede (g/100g fett)	19,5
16:1 $n-7$	4,4
18:1 $(n-9)+(n-7)+(n-5)$	16,8
20:1 $(n-9)+(n-7)$	11,0
22:1 $(n-11)+(n-9)+(n-7)$	15,7
24:1 $n-9$	0,9
Sum enumettede	48,8
Sum enumettede (g/100g fett)	38,6
18:2 $n-6$	3,7
18:3 $n-3$	1,5
18:4 $n-3$	2,3
20:2 $n-6$	0,3
20:4 $n-3$	0,5
20:4 $n-6$ (ARA)	0,4
20:5 $n-3$ (EPA)	6,6
21:5 $n-3$	0,3
22:5 $n-3$	0,6
22:6 $n-3$ (DHA)	9,7
Sum ($n-6$)	4,5
Sum ($n-6$) (g/100g fett)	3,6
Sum ($n-3$)	21,5
Sum ($n-3$) (g/100g fett)	17,1
Sum flerumettede	26,7
Sum flerumettede (g/100g fett)	21,1
$(n-3)/(n-6)$	4,8
Sum flerumettede/Sum mettede	1,1
Sum identifiserte (g/100g fett)	79,2
Sum identifiserte og uidentifiserte (g/100g fett)	86,0

Forkortelser: ARA, arakidonsyre; EPA, eikosapentaensyre; DHA, dokosaheksaensyre.

Tabell A.7 Fettsyresammensetning (% av identifiserte fettsyrer) i rå hepatopankreas ved start av forsøket og etter perioden med kontinuerlig fôring (Kont.; kontroll) og periodevis fôring-fasting (3U) (n = 4 per gruppe).

Fettsyre (% av identifiserte fettsyrer)	Start	Fôringsregime		P-verdi
		Kont.	3U	
14:0	2,7 ± 0,9	2,9 ± 0,5	3,5 ± 0,2	0,099
16:0	11,0 ± 0,6	11,8 ± 0,6 ^b	12,7 ± 0,2 ^{a*}	0,034
Sum mettede	16,6 ± 1,0	17,0 ± 0,7 ^b	18,5 ± 0,2 ^{a*}	0,008
Sum mettede (g/100g fett)	13,1 ± 1,2	12,8 ± 0,9	13,3 ± 0,5	0,343
16:1 _{n-7}	3,7 ± 0,8	2,8 ± 0,4	3,3 ± 0,2	0,056
18:1 _{(n-9)+(n-7)+(n-5)}	24,8 ± 1,8	23,8 ± 1,1	23,2 ± 0,8	0,418
20:1 _{(n-9)+(n-7)}	10,5 ± 1,4	13,4 ± 1,5 ^{a*}	10,9 ± 0,7 ^b	0,026
22:1 _{(n-11)+(n-9)+(n-7)}	9,5 ± 2,7	12,7 ± 2,2	11,2 ± 1,4	0,289
Sum enumettede	48,8 ± 1,6	53,1 ± 5,0	49,0 ± 2,1	0,179
Sum enumettede (g/100g fett)	38,5 ± 2,4	40,2 ± 7,6	35,4 ± 3,2	0,281
18:2 _{n-6}	1,6 ± 0,2	3,9 ± 0,2 [*]	4,1 ± 0,3 [*]	0,131
Sum (n-6)	6,3 ± 1,4	6,1 ± 0,8	6,6 ± 0,4	0,345
Sum (n-6) (g/100g fett)	5,0 ± 0,9	4,6 ± 0,3	4,8 ± 0,1	0,316
20:5 _{n-3} (EPA)	8,4 ± 1,9	7,3 ± 2,4	9,4 ± 1,1	0,154
22:6 _{n-3} (DHA)	14,0 ± 1,4	12,5 ± 1,4	12,0 ± 0,8	0,547
Sum (n-3)	27,8 ± 2,0	23,5 ± 3,7	25,7 ± 1,9	0,332
Sum (n-3) (g/100g fett)	21,9 ± 1,3	17,5 ± 1,1 [*]	18,5 ± 1,0 [*]	0,213
Sum flerumettede	34,6 ± 2,5	29,9 ± 4,4	32,6 ± 1,9	0,313
Sum flerumettede (g/100g fett)	27,2 ± 1,2	22,3 ± 1,3 [*]	23,5 ± 0,8 [*]	0,165
(n-3)/(n-6)	4,5 ± 0,9	3,8 ± 0,2	3,9 ± 0,3	0,681
Sum flerumettede/Sum mettede	2,1 ± 0,3	1,8 ± 0,2	1,8 ± 0,1	0,944
Sum identifiserte (g/100g fett)	78,7 ± 2,6	75,3 ± 7,4	72,2 ± 3,6	0,477
Sum ident. + uident. (g/100g fett)	87,1 ± 2,7	79,6 ± 7,6	75,6 ± 3,9 [*]	0,392

Merk. Resultatene er uttrykt som gjennomsnittsverdier (± standard avvik). De ulike opphøyde bokstavene på same rad som p-verdien er uthevet indikerer signifikante forskjellige gjennomsnittsverdier ($p \leq 0,05$, enveis ANOVA etterfulgt at Tukeys test) mellom de ulike fôringsregime gruppene. Symbolet (*) indikerer gjennomsnittsverdiene som er signifikant forskjellig ($p \leq 0,05$, t-test) fra gjennomsnittlig observerte verdi for krabbene i gruppen «Start». Forkortelser: EPA, eikosapentaensyre; DHA, dokosaheksaensyre.