

Teknologiutvikling for økt lønnsomhet i rekenæringen

Høytrykksprosessering som metode for tining og modning av fryste reker (AP4)

Tone Mari Rode og Heidi Nilsen





Nofima er et næringsrettet forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Nofima har om lag 400 ansatte.

Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på seks ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra, Averøy og Tromsø

Hovedkontor Tromsø:

Muninbakken 9–13
Postboks 6122 Langnes
NO-9291 Tromsø

Ås:

Osloveien 1
Postboks 210
NO-1431 ÅS

Stavanger:

Måltidets hus, Richard Johnsensgate 4
Postboks 8034
NO-4068 Stavanger

Bergen:

Postboks 1425 Oasen
NO-5828 Bergen

Sunndalsøra:

Sjølseng
NO-6600 Sunndalsøra

Averøy:

Ekkilsøy
NO-6530 Averøy

Felles kontaktinformasjon:

Tlf: 02140

Faks: 64 94 33 14

E-post: post@nofima.no

Internett: www.nofima.no

Foretaksnr.:

NO 989 278 835 MVA

Rapport

Tittel: Teknologiutvikling for økt lønnsomhet i rekenæringen Høytrykksprosessering som metode for tining og modning av fryste reker (AP4)		ISBN: 978-82-8296-151-6 (trykt) ISBN: 978-82-8296-152-3 (pdf) ISSN 1890-579X
Forfatter(e)/Prosjektleder: Tone Mari Rode og Heidi Nilsen		Rapportnr.: 2/2014
Avdeling: Prosessteknologi		Tilgjengelighet: Åpen
Oppdragsgiver: Fiskeri- og Havbruksnæringens Landsforening, Oslo		Dato: 6. januar 2014
Stikkord: Høytrykksprosessering, modning, tining, pilleutbytte		Ant. sider og vedlegg: 17+2
Sammendrag/anbefalinger: <p>I prosjektet er det gjort forsøk for å undersøke om høytrykksprosessering (HP) kan benyttes for å korte ned modningstiden på reker. To delstudier er foretatt: (1) om HP kan benyttes for å modne rekene på kortere tid, evt. uten bruk av modningslake, og (2) om HP kan benyttes for å tine og modne reker i ett trinn.</p> <p>Forsøkene viste at reduksjon i modningstid ned mot 5–10 timer kombinert med høytrykksprosessering vil kunne gi lignende utbytte som dagens modning på cirka 20 timer. Modning av reker i modningslake kombinert med HP gav et høyere utbytte enn modning av reker i ferskvann kombinert med HP.</p> <p>Det ble ikke påvist at HP, med de testede betingelser, kan benyttes til å tine reker direkte fra frossen tilstand.</p> <p>Det var en tendens til at reker etter HP var enklere å pille enn ubehandlede kontroll-reker, og andelen hele reker etter pilling var høyere for de høytrykksprosesserte rekene.</p>		Oppdragsgivers ref.: FHF#900703
Engelsk sammendrag: <p>High pressure processing (HPP) has been used on several types of commercial seafood. This study was done to explore whether HPP can be used in the maturation process of Norwegian coldwater shrimps. Two different approaches has been tested: (1) if HPP can be used to lower the maturation time of shrimps, and (2) if HPP can be used for combining thawing and maturation in one step.</p> <p>The experiments showed a reduction in the maturation step from 20 to 5–10 hours if HPP was used. Maturation in brine compared to tap water during HPP gave a higher yield. Under the tested conditions, HPP was not proven to be used for direct thawing of frozen Norwegian coldwater shrimps.</p> <p>There was a trend that shrimps after exposure to HPP was easier to pill compared with untreated control-shrimps, and the amount of whole shrimps after pilling was higher for shrimps exposed to HPP.</p>		Prosjektnr.: 10120-04

Innhold

1	Innledning og målsetting.....	1
2	Material og metode.....	3
2.1	Del 1 Bruk av HP for modning av reker	4
2.1.1	Metode for tining, modning og utbytteberegning	4
2.1.2	Forsøksoppsett	5
2.2	Del 2 Bruk av HP for tining og modning i en prosess	5
2.2.1	Metode for tining og modning og utbytteberegning	5
3	Resultater.....	6
3.1	Del 1 Bruk av HP for modning av reker	6
3.1.1	Vektøkning etter modning	6
3.1.2	Pilleutbytte ved ulike trykk og ulik modningstid	7
3.1.3	Andre vurderinger under pilleprosessen/av ferdig pillet reke.....	9
3.1.4	Vurdering av ruhet og pillbarhet – blindtesting	10
3.1.5	Oppsummering Del 1; HP for modning av reker	10
3.2	Del 2 Bruk av HP for tining og modning i en prosess	11
3.2.1	Vektøkning etter modning	11
3.2.2	Pilleutbytte ved ulike trykk og ulik modningstid	12
3.2.3	Andre vurderinger under pilleprosessen/av ferdig pillet reke.....	14
3.2.4	Oppsummering Del 2; HP for tining og modning i en prosess	15
4	Oppsummering og konklusjon.....	16
	Vedlegg A.....	i
	Vedlegg B.....	ii

1 Innledning og målsetting

Høytrykksprosessering (HP) er en forholdsvis ny teknologi som benytter ekstreme trykk, opp til 600 MPa (tilsvarende 6000 bar). Denne metoden benyttes hovedsakelig for konservering av mat. I tillegg til forlenget holdbarhet og økt mattrygghet, har HP vist seg å ha andre positive effekter. For sjømat er det kjent at HP kan løsne og skille muskelen fra skallet til skalldyr (shucking). Som et eksempel, se Figur 1 for et før- og etterbilde av en hummer som er utsatt for HP. Ved bruk av HP for shucking benyttes generelt trykk mellom 200–300 MPa og relativt korte holdetider (1–5 minutter). Løsning av skall på kort tid er gunstig. Økt produktvekt som følge av naturlig hydrering av proteiner og økt kvalitet er andre fordeler ved shucking av skalldyr.



Figur 1 Bildet viser en hummer før (til høyre) og etter (til venstre) høytrykksprosessering (www.lpapesca.com)

Tining av reker skjer per i dag ved at frosne rekeblokker blir overrislet med ferskvann. Etter tining blir rekene overført til kar for modning. Modningsprosessen av reker skjer ved lagring i en lake over flere timer. Hovedsakelig starter tineprosessen av reker den ene dagen, og rekene modnes over natt slik at rekene er klar for koking, pilling og pakking neste dag. Det er ønskelig å få kortet ned modningstiden slik at tiden fra rekene tines til de er ferdigprodusert kan kortes ned.

Målsettingen med denne studien har vært å undersøke om bruk av høytrykksprosessering kan være en metode for å modne rekene på kortere tid, eventuelt uten bruk av modningslake enn dagens 18–24 timer. I tillegg er det undersøkt om HP kan benyttes for å tine og modne reker i en prosess. Benyttet HP-utstyr kan sees i Figur 2.



Figur 2 Utstyr for høytrykksprosessering (A) med nærbilde av kammer for plassering av produkter for høytrykksprosessering (B). Kammeret er på ca 2 L.

2 Material og metode

Råstoff

Frosne blokker med kaldtvannsreker, *Pandalus borealis*, ble mottatt i to omganger til modningsforsøkene, i mai og oktober 2012. Rekeblokkene ble etter mottak kuttet opp i mindre deler på cirka 2–3 kg. De ble deretter oppbevart ved -40 °C. Det var store forskjeller i mengden innfrost vann i de ulike blokkene. Oppdelte rekeblokker ble benyttet i forsøk i Del 1. I Del 2, i tine- og modne-forsøkene, ble singelfrosne reker benyttet. Disse ble mottatt i mai 2013 og lagret ved -30 °C.

Tining

Tining av blokkfrosne reker (Del 1) ble foretatt i 40 L kar. Forholdet mellom reker og ferskvann cirka 1:10. Tiningsprosessen skjedde på kjølerom, 4 °C, over cirka 15 timer.

Modning

Modning skjedde i kar eller i poser, avhengig av hva som var mest praktisk. Forholdet mellom mengde reker og modningslake var alltid det samme: 32 % reker og 68 % lake. Modning skjedde på kjølerom ved 0,5 °C. Ved modning i poser, ble posene med reker og lake vakuumpakket og lagt i kar med isvann. Ved modning i kar, ble karet plassert på is, og i tillegg ble is tilsatt laken. Modningslaken var laget etter resept fra industrien, og holdt 0,5 °C da den ble benyttet. Ulik modningstid ble benyttet.

Høytrykk

Reker prosessert ved hjelp av. høyt trykk ble utsatt for trykk mellom 200 og 500 MPa. Holdetiden som ble undersøkt var 1 og 5 minutter. For å bygge opp trykk til 500 MPa tar det cirka 82 sek. Slipp av trykk skjer i løpet av 1–2 sek. Temperaturen i høytrykkskammeret før prosessering var cirka 8 °C.

Koking

Noen reker ble kokt etter HP, mens andre ble pillet direkte. Koking av rekene ble gjort i kjele med cirka 12 L vann. En temperaturføler ble plassert i den tykkeste delen på muskelen i den mellomste reken. Rekene ble lagt på rist og senket ned i kokende vannbad. Holdetid var 45 sekunder, tilsvarende en kjernetemperatur på cirka 72 °C. Maks temperatur oppnådd varierte med ulik størrelse på rekene. Etter koking ble rekene overført til isvann med isbiter, og lå der inntil kjernetemperaturen hadde nådd cirka 3–4 °C. Deretter avrenning og pilling.

Pilleutbytte

Rekene ble veid etter tining og før pilling for å kunne beregne vektøkning. Pilleutbytte ble beregnet ut fra vekt etter tining og etter pilling. Pilling av reker ble gjort av både rå og kokte reker. Beregning av pilleutbytte (U):

$$U = (W_f / W_0) \times 100 (\%)$$

W_0 er rekenes startvekt (g); W_f er sluttvekt (g) av enten hel reke eller renpillet muskel og biter.

I tillegg til å registrere vekt av reker før pilling og vekt av skall og muskel etterpå ble følgende vurdert:

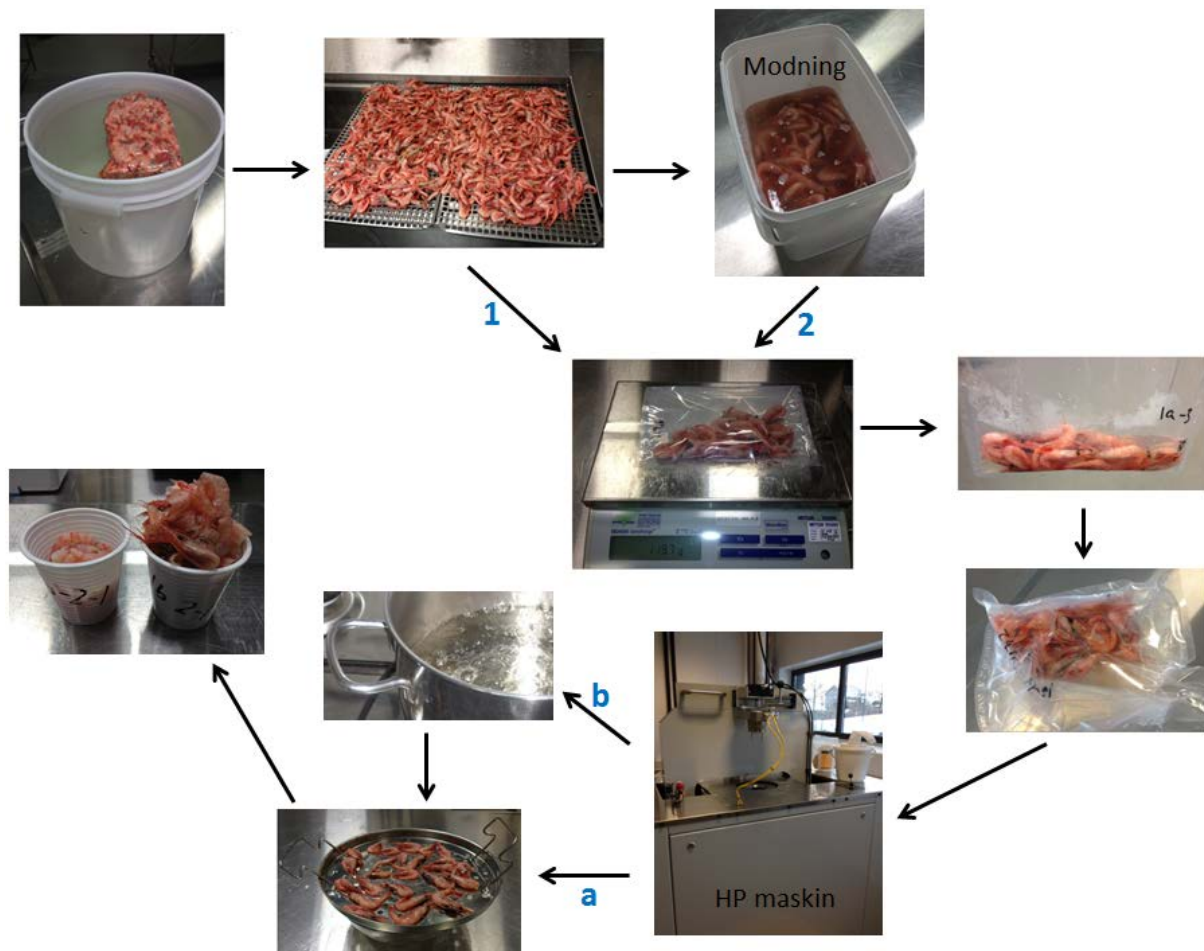
- Ruhet på skallet
- Farge
- Pillbarheten, inklusiv konsistens på rekene

2.1 Del 1 Bruk av HP for modning av reker

2.1.1 Metode for tining, modning og utbytteberegning

1. Vann for tining; 4 °C, og 0,5 °C for modningslake
2. Tining: cirka 15 timer ved 4 °C
3. Avrenning: 1 time på rist
4. Modningslake tilsatt i forholdet 32 % reker og 68 % lake
5. Modning: x timer på is på kjølerom (0,5 °C)
6. HP av reker i vann/modningslake
7. Prøvene oppbevares på is etter HP (NB! Modningslake helles av rett etter HP-behandling)
8. (Eventuelt koking)
9. Avrenning på rist i 10 minutter
10. Pilling av rekene

Figur 3 gir en visuell fremstilling av forsøksprosedyren.



Figur 3 Flytskjema for modning av reker ved hjelp av HP. Rekene ble tint i ferskvann. Deretter avrenning og sortering. Videre ble rekene (1) direkte pakket i poser med væske og utsatt for høyt trykk, eller (2) først modnet i x timer i modningslake, og deretter pakket og utsatt for HP. Etter prosessering lå rekene til avrenning før de (a) ble pillet rå, eller (b) ble kokt før de ble pillet. Utbytte ble deretter beregnet.

2.1.2 Forsøksoppsett

Frosne reker ble tint og modnet i henhold til prosedyren over. Tradisjonell modningsprosess med modningslake ble kjørt parallelt med modning direkte med HP og etter lagring i modningslake og deretter HP. Blokkfrosne reker ble benyttet i forsøkene i Del 1. Manuell rekepilling ble utført av et ikke-trenet panel bestående av totalt 4 personer.

Variasjoner i følgende betingelser ble undersøkt:

- Trykk: 200, 300, 350, 400 og 500 MPa
- Holdetid: 1 og 5 minutter
- Modningstid: 0, 1, 3, 3.5, 5, 10, 11, 15 og 20 timer

Utbytte ble beregnet på rå og kokte reker.

2.2 Del 2 Bruk av HP for tining og modning i en prosess

2.2.1 Metode for tining og modning og utbytteberegning

Prosedyre som for Del 1 med unntak av at punkt 1–3 utgikk, det vil si frosne reker ble benyttet direkte i forsøket.

Forsøksoppsett

Frosne reker ble tatt direkte ut av frys, og tilsatt vann/modningslake i forholdet 32 % reker og 68 % lake. Rekene ble holdt på kjølerom (0,5 °C) på is i 4 timer. Deretter ble rekene pakket og høytrykksprosessert ved 300 og 500 MPa i 1 minutt i vann/modningslake. Ubehandlete prøver, det vil si reker direkte fra frys som ble utsatt for HP, var også inkludert i forsøksoppsettet. Av praktiske grunner ble forsøkene utført med singel-frosne reker. Manuell rekepilling ble utført av et ikke-trenet panel bestående av totalt 3 personer.

Variasjoner i følgende betingelser ble undersøkt:

- Trykk: 200, 300, 400 og 500 MPa
- Holdetid: 1 minutt
- Modningstid: 0, 4, 11 og 18 timer

Utbytte ble beregnet på rå og kokte reker.

3 Resultater

Totalt 6 modningsforsøk og 3 tine-modningsforsøk ble utført. Effekten av høytrykksprosessering ble sammenlignet med tradisjonell modning. Endring i vekt, pilleutbytte og pillbarhet ble undersøkt ved ulike modningstider og ulike trykk.

3.1 Del 1 Bruk av HP for modning av reker

Innledende HP-forsøk ble gjort med holdetider på 1 og 5 minutter. Det ble ikke påvist forskjeller på de to holdetidene, og dermed ble videre forsøk gjort med en holdetid på 1 minutt. Siden lav temperatur er en viktig faktor for å bevare god kvalitet av sjømat, ble forsøkene utført ved lavest mulig temperatur i HP-maskinen, 8 °C. Temperaturen steg under prosessering til maks cirka 22 °C deler av holdetiden for det høyeste trykket. Dette på grunn av adiabatisk oppvarming. Reker og modningslaken holdt en temperatur før prosessering på 0,5 °C, og under HP var prosesseringstiden lav. Dermed er det rimelig å anta at det kun var en liten økning i temperatur i rekene under prosesseringen.

3.1.1 Vektøkning etter modning

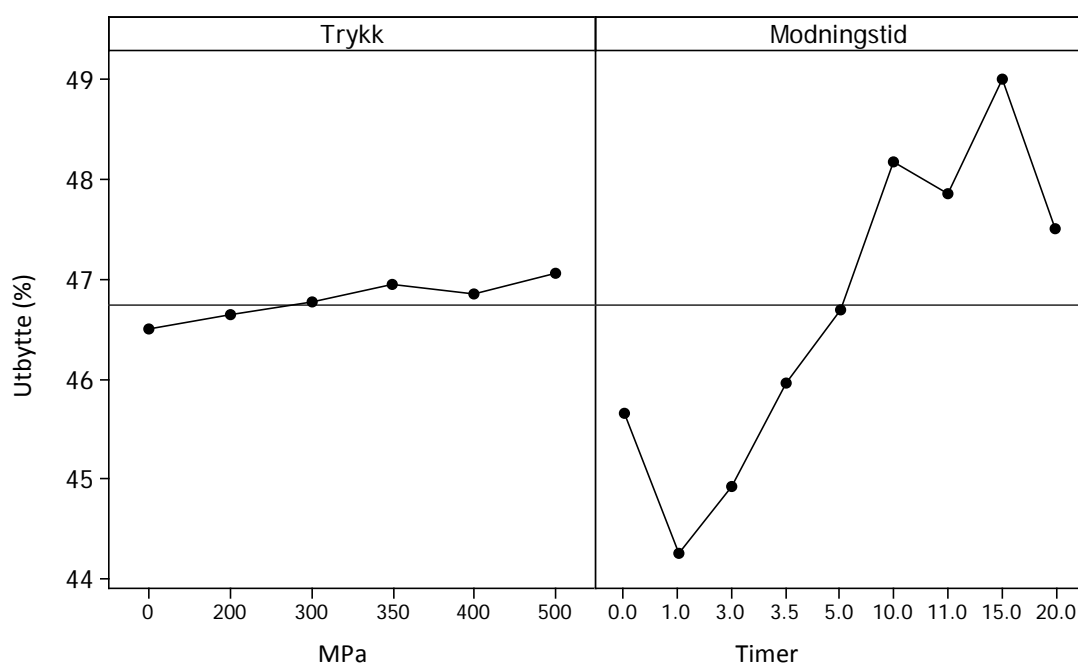
Modning i lake gav vektøkning. Det ble ikke observert statistisk signifikant høyere vektøkning for prøver som ble utsatt for HP. Tabell 1 viser resultater fra reker modnet i 11 timer og utsatt for trykk mellom 200–500 MPa.

Tabell 1 Vekt før og etter modning i 11 timer. Ved beregning av gjennomsnittlig vektendring, er parallell 1–3 slått sammen (pillet rå). Parallell 4 er pillet etter koking.

MPa	Parallell	Før (g)	Etter (g)	Muskel (g)	Skall (g)	Før-etter (g)	Før-etter (% økning)	Gj.snitt (g)	Std.avvik (g)
0	1	70.2		34.1	39.7				
	2	88.3		42.3	50.8				
	3	82.9	88.9	39.3	46.0	6.0	7.2	7.2	
	4	62.4	65.4	24.4	38.3	3.0	4.8	4.8	
200	1	90.3	99.0	42.3	52.2	8.7	9.6		
	2	86.9	96.7	41.0	51.2	9.8	11.3		
	3	83.2	91.0	40.1	47.8	7.8	9.4	10.1	1.0
	4	94.5	102.5	39.0	60.3	8.0	8.5	8.5	
300	1	85.0	93.6	39.8	49.6	8.6	10.1		
	2	92.8	105.8	44.3	55.8	13.0	14.0		
	3	90.2	96.2	44.4	49.0	6.0	6.7	10.3	3.7
	4	78.0	82.2	30.7	48.8	4.2	5.4	5.4	
400	1	89.7	100.8	43.4	53.0	11.1	12.4		
	2	92.5	104.2	44.1	55.1	11.7	12.6		
	3	96.0	102.7	45.9	54.6	6.7	7.0	10.7	3.2
	4	76.8	81.6	31.9	47.2	4.8	6.3	6.3	
500	1	84.3	96.0	40.7	50.9	11.7	13.9		
	2	90.6	102.9	44.1	54.3	12.3	13.6		
	3	78.9	84.4	37.3	45.0	5.5	7.0	11.5	3.9
	4	93.0	97.5	36.7	55.3	4.5	4.8	4.8	

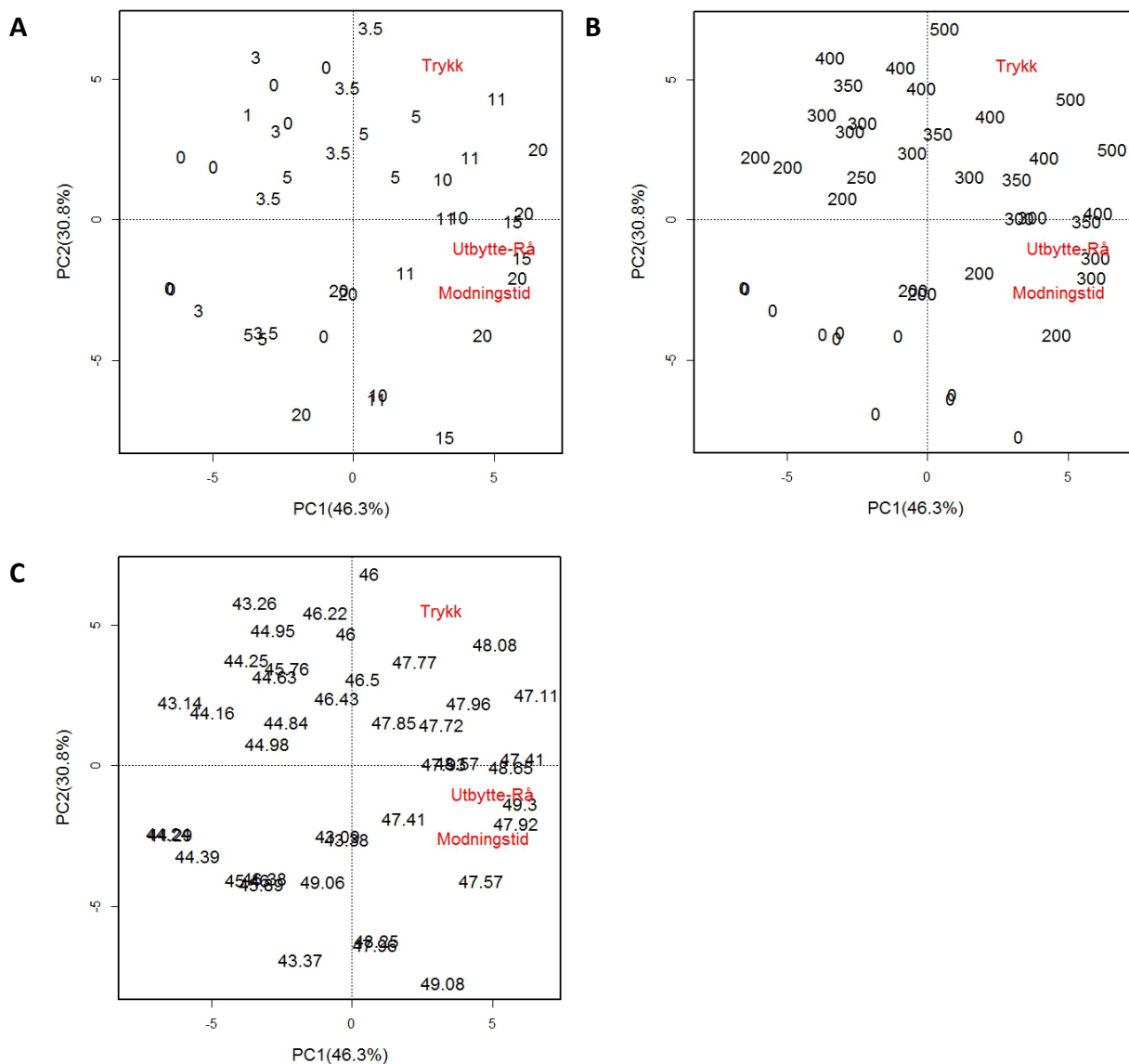
3.1.2 Pilleutbytte ved ulike trykk og ulik modningstid

Beregning av utbytte ble gjort på både rå og kokte reker. Hovedsakelig ble det fokusert på å pille rå reker. Ulike trykk ble undersøkt; 200, 300, 350, 400 og 500 MPa, i tillegg til ubehandlet kontroll. Statistiske beregninger viste at det ikke var signifikante forskjeller mellom de ulike trykkene. Selv om det ikke var statistiske signifikante forskjeller i utbytte, så er det en tendens til økt utbytte ved økende trykk. Teksturen til rekene ble påvirket av HP, og det var til dels store forskjeller i teksturen til rekemuskelen. Ved de høyeste trykkene, 400 og 500 MPa, ble muskelen mye fastere i konsistensen sammenlignet med rå reker og de rekene som var blitt behandlet ved 200–300 MPa. Figur 4 viser hovedeffekter av trykk og modningstid. Det er den samlede effekten av trykk som vises. Det vil si at det er utbytte basert på alle prøver som er utsatt for HP ved for eksempel 200 MPa som vises for 200. Tilsvarende for de andre trykkene. Det samme gjelder for modningstid.



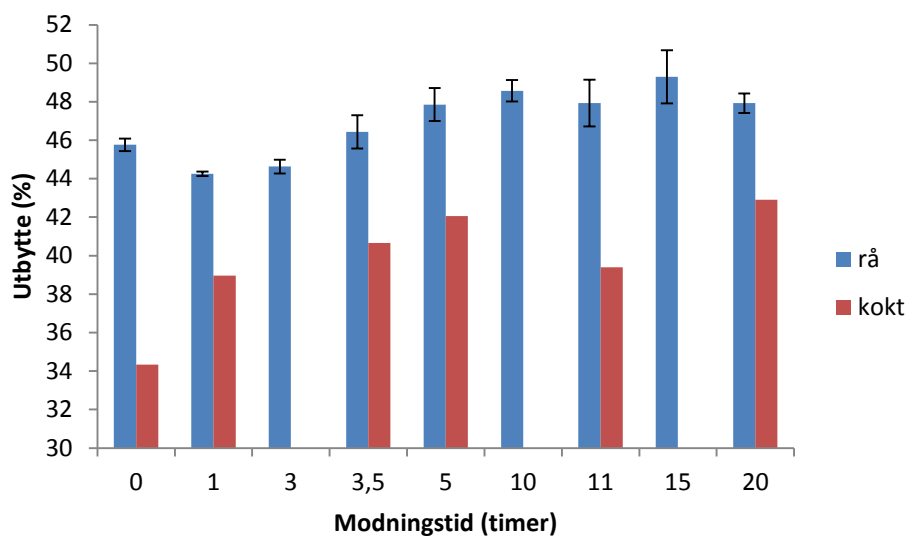
Figur 4 Hovedeffekter av trykk og modningstid basert på utbytte. For trykk; her kan effekten av alle modningstider ved de enkelte trykk sees. For modningstid; her kan effekten av all prosessering ved den enkelte modningstid sees.

Ulike modningstider ble undersøkt, fra 1–20 timer i modningslake med påfølgende HP. Resultatene viste at det var statistisk signifikante forskjeller på modningstid ($p < 0.001$). Det var hovedsakelig det høye utbyttet etter modning i 15 timer som skilte seg ut. Det var varierende hvilke trykk rekene ble prosessert ved for de ulike modningstidene. Utbytte ved de ulike modningstider og trykk som ble benyttet kan sees i Vedlegg A. I Figur 5 er det forsøkt å gi en skjematisk oversikt over variansen i datasettet. PC1 beskriver at det meste av variansen skiller på utbytte. Lavest utbytte sees til venstre, og med økende utbytte mot høyre i Figur 5C. PC2 skiller på trykk. Prøvene øverst i plottet i Figur 5B er utsatt for HP, mens de under den stiplede linjen hovedsakelig ikke er prosessert ved hjelp av HP. Det er en sammenheng mellom modningstid og utbytte. Det er en tendens til økt utbytte med økende trykk og/eller økt modningstid. Det kan se ut til at modningstid har større effekt enn trykk, men trykk kan også se ut til å ha en betydning. Dersom ikke modning benyttes, så kan det se ut til at HP har minimal effekt.



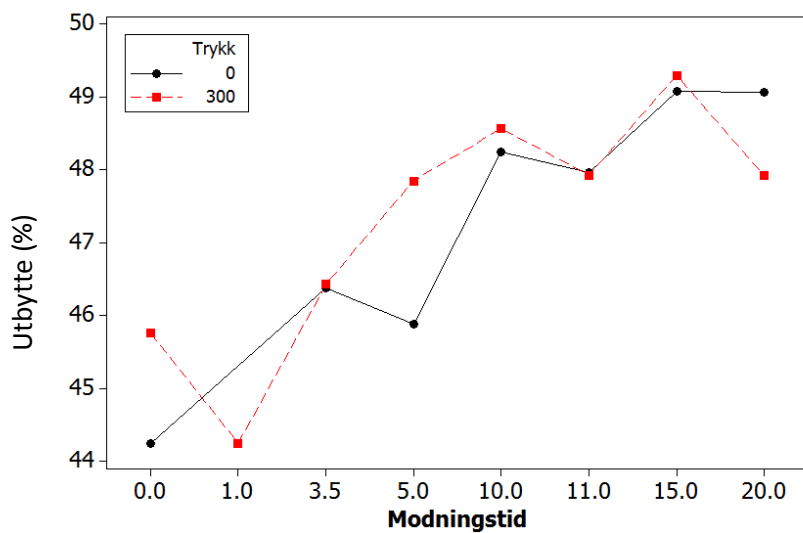
Figur 5 PCA-plot viser relasjon mellom modningstid, trykk og utbytte. Det er brukt multivariat analyse (prinsipal komponentanalyse, PCA) som viser sammenheng og variasjon mellom variabler og den enkelte prøven. Det er ett plott, men modningstid er spesifisert i plot A, trykk i plott B og utbytte i plot C. Resultatene er fra alle modningsforsøkene.

Prosessering ved 300 MPa ble foretatt for alle modningstider. I Figur 6 kan utbytte ved prosessering ved 300 MPa ved ulike modningstider sammenlignes.



Figur 6 Utbytte etter pilling av reker; rå (blå) og etter koking (rød). Rekene er modnet i modningslake i fra 0–20 timer. Alle prøvene er utsatt for HP ved 300 MPa i 1 minutt.

En annen måte å vurdere pilleutbytte etter prosessering ved 300 MPa er gjennom et interaksjonsplot, Figur 7. Sistnevnte figur gir direkte mulighet til å sammenligne utbytte mellom pilling etter modning (0, svart) og pilling etter modning og HP (300, rød). Statistiske beregninger viste signifikante forskjeller på modningstid ($p < 0.007$) ved 5 timer.



Figur 7 Utbytte etter pilling av rå reker. Rekene er modnet i modningslake i fra 0–20 timer. Prøvene er pillet direkte etter modning (svart runding), eller etter modning og HP 300 MPa i 1 minutt.

3.1.3 Andre vurderinger under pilleprosessen/av ferdig pillet reke

Før og under pilleprosessen ble det gjort vurderinger av farge, ruhet på skallet, hvor enkle rekene var å pille og konsistens.

Ved pilling av rå reker, ble reker som hadde vært utsatt for HP i noen tilfeller ansett for å være enklere å pille enn ubehandlede kontrollreker. Modningstid er trolig av betydning her. Andelen av reker som var hele etter pilling varierte, men andelen som ikke gikk i stykker under pilling var generelt høyere for de rekene som hadde vært utsatt for HP. Lang modningstid kombinert med HP, trykk > 400 MPa, gav reker som var «korte» og som smuldrer i mange mindre biter. For reker modnet ved samme betingelser, og utsatt for samme trykk, så viste det seg at rekene i flere tilfeller var vanskeligere å pille etter koking sammenlignet med pilling av tilsvarende reker som ikke var kokt. Reker behandlet med HP gav i noen tilfeller en noe fastere tekstur. Dette gjalt oftest reker prosessert ved de høye trykkene. Dette ble ikke målt maskinelt, men er kommentarer fra de som pillet rekene. Grad av ruhet var vanskelig å vurdere. Noen av rekene ble også smakt på, men det var vanskelig å vurdere forskjeller.

3.1.4 Vurdering av ruhet og pillbarhet – blindtesting

Det ble utført et forsøk med vurdering av ruhet og pillbarhet av rå og kokte reker. 5–6 personer som ikke tidligere hadde deltatt i rekeforsøkene deltok. Vurderingen ble utført som en blindtest, og resultatene kan sees i Tabell 2.

Følgende ble sammenlignet:

- To modningstider (12 og 18t)
- Rå eller kokt
- To trykk (300 og 500 MPa)

Tabell 2 Vurdering av ruhet og pillbarhet av reker som ble pillet rå eller kokt, utsatt for to modningstider og to trykk.

	Svar
Ruhet (vurdert av 6 pers.)	
Forskjell på modningstid. Pillet rå.	
M18-500 og M12-500	50-50 %. Kommentarer: liten forskjell
M18-300 og M12-300	66 %: 18t mest ru
Forskjell kokte-rå. Modnet i 12t: 500-kokte og 500-rå	83 %: Rå mest ru, eller lik
Forskjell ulike trykk. Rå, modnet 12t: 300 og 500	66 %: 300 mest ru
Pillbarhet (vurdert av 5 pers.)	
Forskjell på modningstid. Pillet rå.	
M18-500 og M12-500	100 %: 18t enklest å pille
M18-300 og M12-300	60 %: 18t enklest å pille
Forskjell kokte-rå. Modnet i 12t: 500-kokte og 500-rå	60 %: kokte enklest å pille
Forskjell ulike trykk. Rå, modnet 12t: 300 og 500	80 %: 300 enklest å pille

3.1.5 Oppsummering Del 1; HP for modning av reker

- En reduksjon i modningstid ned mot 5–10 timer kombinert med høytrykksprosessering vil kunne gi lignende utbytte som dagens modning på cirka 20 timer. Dette er basert på pilleutbytte av rå reker.

- Det var signifikante forskjeller av modningstid. En generell tendens synes å være at økt modningstid gir økt utbytte av kokte reker.
- En vektøkning på mellom 7–14 % for rå reker ble observert etter HP. For kokte reker var tilsvarende 3–9 %.
- Lang modningstid kombinert med høye trykk gav «korte» reker.
- Det var vanskelig å vurdere grad av ruhet og smak på de ulike rekene modnet ved ulike tider og prosessert ved ulikt trykk.

3.2 Del 2 Bruk av HP for tining og modning i en prosess

Frosne reker som ble lagt i vann fikk umiddelbart en ishinne. Etter 4 timer var denne ishinne fortsatt til stede, og rekene var bare delvis tint. De rekene som hadde ligget i modningslake var mer tint enn de i vann. I forsøk hvor modningslake ble benyttet ble ikke ishinne observert, men små iskrystaller/slush forekom i ulik grad.

3.2.1 Vektøkning etter modning

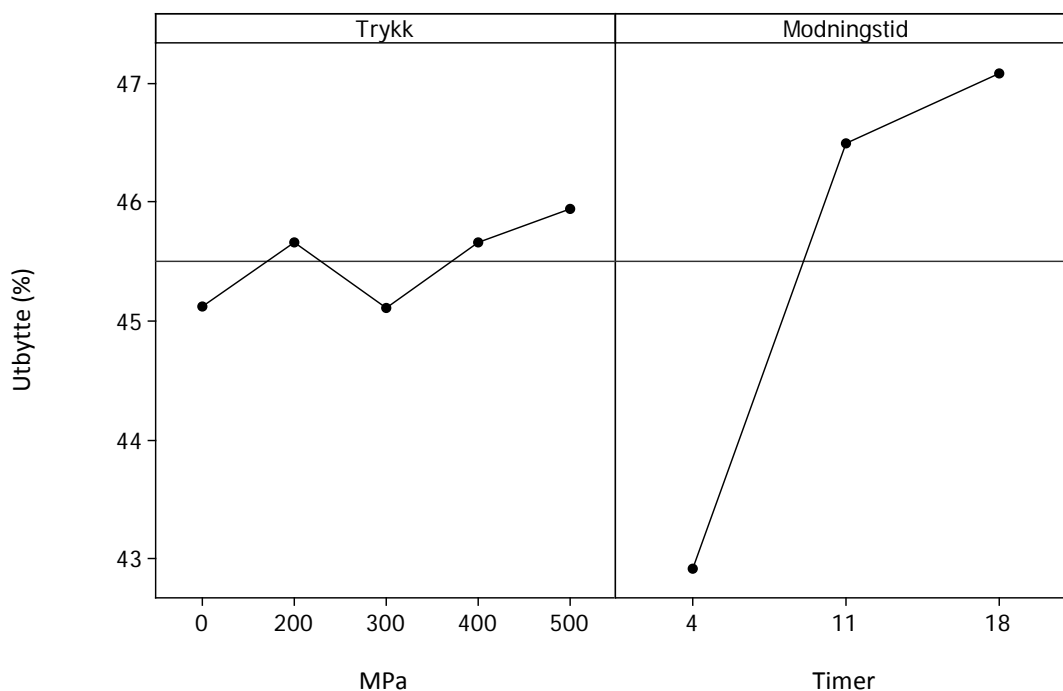
Tining og modning i en prosess i lake gav vektøkning. Det ble ikke observert statistisk signifikant høyere vektøkning for prøver som ble utsatt for HP. Tabell 3 viser resultater fra reker modnet i 11 timer og utsatt for trykk mellom 200-500 MPa.

Tabell 3 Vekt før og etter modning i 11 timer. Ved beregning av gjennomsnittlig vektendring, er parallell 1–3 slått sammen (pillet rå). Parallell 4 er pillet etter koking.

MPa	Parallell	Før (g)	Etter (g)	Muskel (g)	Skall (g)	Før-etter (g)	Før-etter (% økning)	Gj.snitt (g)	Std.avvik (g)
0	1	84.0	90.1	39.9	47.5	6.1	7.3		
	2	83.9	91.6	38.9	49.1	7.7	9.2		
	3	80.0	85.7	36.8	46.7	5.7	7.1	7.9	
	4	79.5	82.0	36.1	43.7	2.5	3.1	3.1	
200	1	84.0	93.2	39.1	50.1	9.2	11.0		
	2	84.0	87.6	38.1	47.2	3.6	4.3		
	3	89.4	94.7	39.6	52.8	5.3	5.9	7.1	3.5
	4	75.6	82.1	32.6	45.1	6.5	8.6	8.6	
300	1	83.3	92.4	38.9	49.3	9.1	10.9		
	2	82.0	91.1	37.9	50.1	9.1	11.1		
	3	77.7	84.2	36.8	44.7	6.5	8.4	10.1	1.5
	4	85.5	89.1	34.4	51.1	3.6	4.2	4.2	
400	1	76.1	83.1	35.2	45.0	7.0	9.2		
	2	78.6	87.5	36.7	47.5	8.9	11.3		
	3	86.0	92.1	40.8	49.4	6.1	7.1	9.2	2.1
	4	82.9	87.0	33.0	45.4	4.1	4.9	4.9	
500	1	83.5	93.4	39.2	50.9	9.9	11.9		
	2	81.9	91.6	38.6	49.9	9.7	11.8		
	3	74.0	80.1	34.6	43.5	6.1	8.2	10.6	2.1
	4	82.0	86.9	34.1	48.6	4.9	6.0	6.0	

3.2.2 Pilleutbytte ved ulike trykk og ulik modningstid

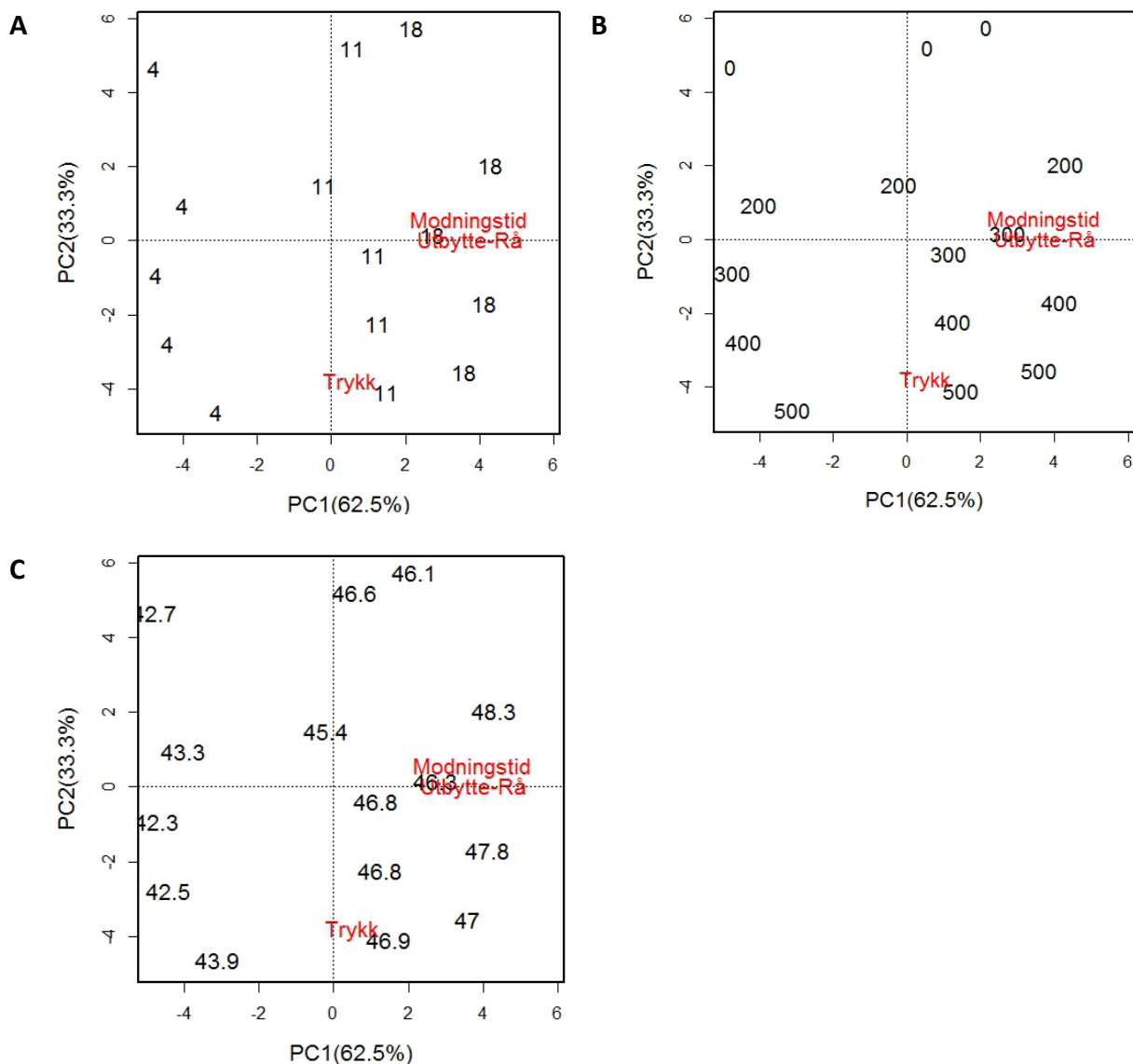
Tre ulike tine-modningstider ble undersøkt; 4, 11 og 18 timer. Resultatene viste at det var statistisk signifikante forskjeller på modningstid ($p < 0.001$), hvor modning etter 4 timer var forskjellig fra de to andre. Figur 8 viser hovedeffektene.



Figur 8 Tining og modning i en prosess, med eller uten høytrykksprosessering. Her vises hovedeffektene av trykk og modningstid basert på utbytte. For trykk; her kan effekten av alle modningstider ved de enkelte trykk sees. For modningstid; her kan effekten av all prosessering ved den enkelte modningstid sees.

For hver tine-modningstid ble det kjørt høytrykk ved 200, 300, 400 og 500 MPa. Pilleutbyttet varierte med de ulike trykk rekene ble prosessert ved. Det samme var tilfelle for både reker som var pillet rå eller kokt. Pilling av kokte reker ble utført for 11 og 18 timers tining-modning.

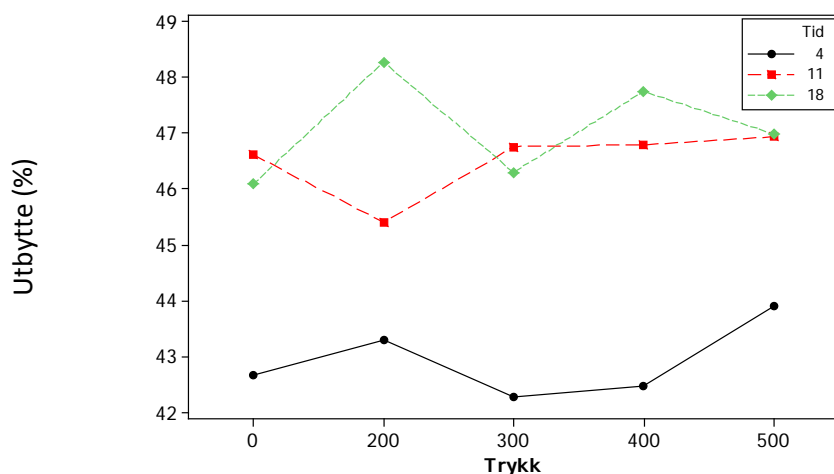
I Figur 9 er det forsøkt å gi en skjematisk oversikt over variansen i datasettet. PC1 (x-aksen) beskriver at det meste av variansen skiller på utbytte. Lavest utbytte sees til venstre, og med økende utbytte mot høyre i Figur 9C. PC2 (y-aksen) skiller på trykk. Prøvene øverst i plottet i Figur 9B er ubehandlet. De resterende prøvene er utsatt for HP, hvor en ser en gradvis økning i trykk når en går nedover i figuren. Det er en sterk sammenheng mellom modningstid og utbytte (framkommer ved at disse ligger nært hverandre i plottet). Dette kan en også se ved å sammenligne resultatene fra Figur 9A og C. HP ser ikke ut til å ha en effekt. Utbytte ved de ulike modningstider og trykk som ble benyttet for tine-modneforsøkene kan sees i Vedlegg B.



Figur 9 PCA-plot viser relasjon mellom modningstid, trykk og utbytte. Det er ett plott, men modningstid er spesifisert i plot A, trykk i plott B og utbytte i plot C. Resultatene er fra alle forsøkene hvor tining og modning ble gjort i en prosess.

Interaksjonsplottet i Figur 10 gir direkte mulighet til å sammenligne utbytte mellom trykk og de ulike modningstidene 4 (svart), 11 (rød) og 18 (grønn) timer.

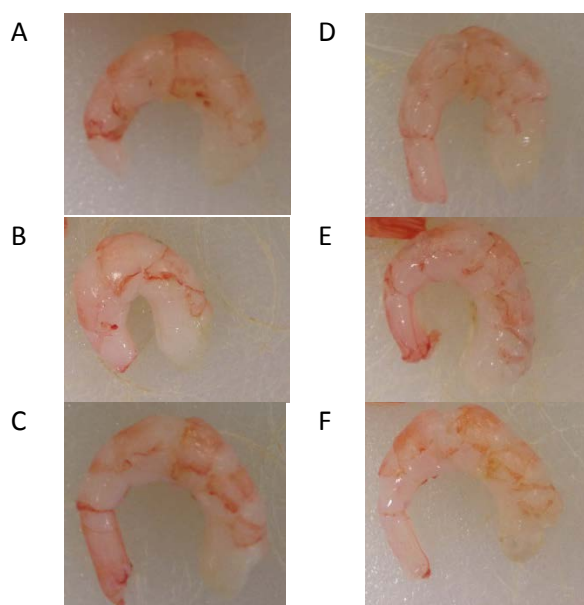
Høytrykksprosessering direkte av frosne reker ble også testet. Disse ble tatt fra frys og lagt direkte i modningslake. Deretter ble de utsatt for HP ved 500 MPa i 1 minutt. Etter prosessering var rekene like frosne. Dette viste at direkte tining av reker i lake ved hjelp av HP ikke hadde noen effekt på tiningsprosessen av rekene. Rekene var like frosne etter prosessering.



Figur 10 Utbytte etter pilling av reker som var tint om modnet i en prosess. Rekene var modnet i 4, 11 eller 18 timer i modningslake, og deretter utsatt for høytrykksprosessering ved 200–500 MPa i 1 minutt. Kun tinte og modnede prøver er merket 0.

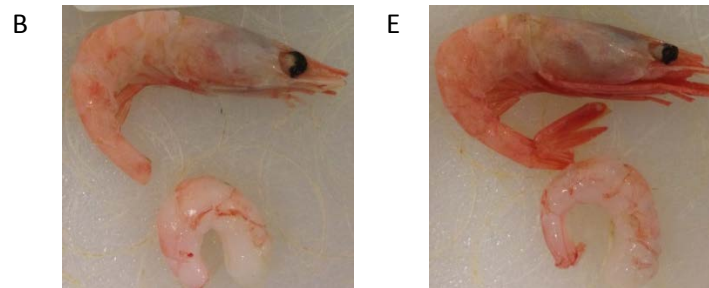
3.2.3 Andre vurderinger under pilleprosessen/av ferdig pillet reke

Etter HP viste det seg at de rekene som hadde ligget i vann under prosessering hadde et mer kokt preg enn de som ble prosessert i modningslake. De som hadde ligget i modningslake var mer gjennomskinnelige. Figur 11 viser bilde av en utvalgt reke fra hver behandling. Figur 11 B og C, som er modnet i springvann, hadde en nærmest hvit muskel, mens E og F, som hadde modnet i lake, så nærmest rå ut.



Figur 11 Reker som har tint i springvann (A-C) og modningslake (D-F). Alle rekene ble deretter utsatt for HP. Rekene lå i vann/lake i 4 timer på is i kjølerom (0,5 °C). Reke ble deretter høytrykksprosessert; B og E: 300 MPa og C og F: 500 MPa. Ubehandlete prøver som kontroll: a og d. HP foregikk ved romtemperatur med 1 minutt holdetid.

Det var ikke bare rekemuskelen som ble påvirket av om rekene ble modnet i vann eller modningslake. Figur 12 viser reker utsatt for 300 MPa. De rekene som lå i vann var blekere etter HP enn de som hadde ligget i modningslake.



Figur 12 Reker (hel og pillet) modnet i springvann (B) og i modningslake (E), som er utsatt for 300 MPa, 1 minutt.

3.2.4 Oppsummering Del 2; HP for tining og modning i en prosess

- Bruk av HP for tining og modning i en prosess hadde ingen effekt på utbytte for de testede betingelser sammenlignet med tining og modning uten HP.
- Det var signifikante forskjeller av modningstid. Modning ved 4 timer skilte seg fra modning ved 11 og 18 timer.
- Pilleutbyttet for rå reker lå cirka 1 % lavere etter 11 timers modning i forsøk Del 2 sammenlignet med forsøk i Del 1.
- En vektøkning på mellom 7–11 % for rå reker ble observert etter HP. For kokte reker var tilsvarende 3–9 %.
- Reker tint og modnet i ferskvann fikk tilnærmet hvit muskel sammenlignet med de som var modnet i lake. Sistnevnte så nærmest rå ut.
- Bruk av HP for direkte tining av reker fra frys hadde ingen effekt ved de testede betingelser.

4 Oppsummering og konklusjon

I arbeidspakke 4 er det gjennomført en rekke forsøk med både modning (Del 1) og tining og modning (Del 2) av reker i kombinasjon med høytrykksprosessering. Fra industrien var det ønske om fokus på pillbarhet og pilleutbytte. Undersøkelser relatert til holdbarhet, tekstur, sensorikk og analyse av vanninnhold og tørrstoff ble i liten grad, eller ikke utført i denne studien.

Forsøkene i Del 1 viser at en reduksjon i modningstid ned mot 5–10 timer kombinert med høytrykksprosessering vil kunne gi lignende utbytte som dagens modning på cirka 20 timer. Dette er basert på pilleutbytte av rå reker. Det var signifikante forskjeller av modningstid. En generell tendens synes å være at økt modningstid gir økt utbytte av rå reker. Rekene ble manuelt pillet av et utrenet panel. Det er dermed usikkerhet knyttet til om variasjon i pilleutbytte var genuin eller forårsaket av ujevn pilling. Dette gjelder spesielt for de rekene som ble pillet etter koking. Rekene benyttet i forsøk i Del 1 var fra ulike blokker. Det var tilsynelatende ulik mengde vann i de to blokkene. Det var tilfeldig hvilke reker som ble benyttet ved test av ulik modningstid. Hvorvidt dette har noe å si for kvaliteten på rekene er ikke kjent.

I Del 2 viste forsøkene at pilleutbyttet etter 11 timer tining-modning var på cirka samme nivå som etter 11 timer modning i forsøk 1. Pilleutbyttet for rå reker lå cirka 1 % høyere etter 11 timers modning i forsøk 1 sammenlignet med forsøk 2. Resultatene fra tining og modning i en prosess viste at bruk av HP ikke hadde noen effekt verken ved 4, 11 eller 18 timers tine-modning ved de testede betingelser sammenlignet med tining-modning uten HP. Bruk av HP for direkte tining av reker fra frys hadde heller ingen effekt ved de testede betingelser.

Både forsøk 1 og 2 viser at det er store forskjeller i pilleutbytte ved ulik modningstid, men også tendenser til forskjeller for de ulike trykkene som ble testet. Teksturen til rekene ble påvirket av HP. Ved de høyeste trykkene, 400 og 500 MPa, ble muskelen mye fastere i konsistensen sammenlignet med rå reker og de rekene som var blitt behandlet ved 200–300 MPa. Det var en tendens til at rå reker etter HP var enklere å pille enn kokte reker, og andelen hele reker etter pilling var høyere for de høytrykksprosesserte rekene sammenlignet med kontroll-reker. Fargen til rekene ble i liten grad påvirket av høyt trykk. Om rekene hadde ligget i vann eller modningslake gav et mye større utslag på fargeforskjell.

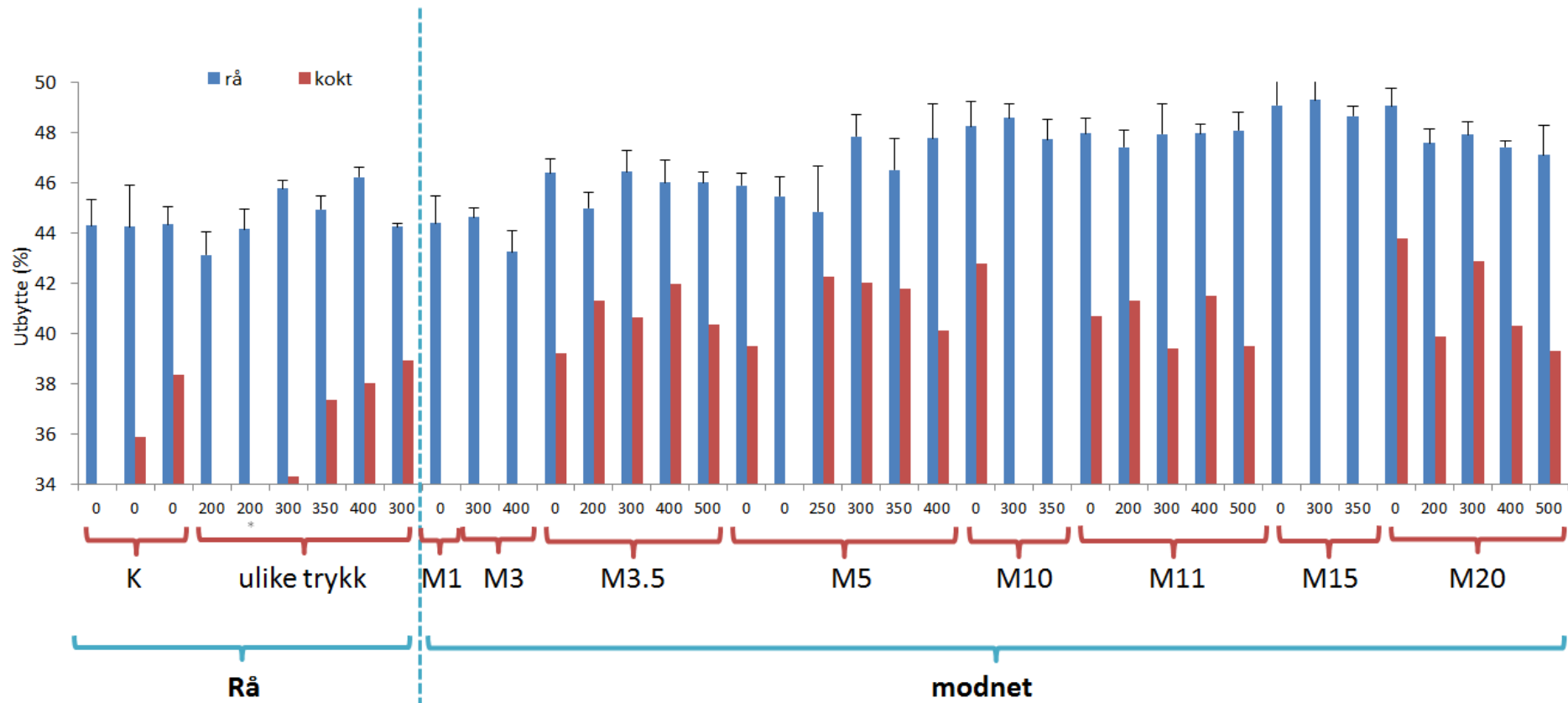
Forsøkene viser at den type råstoff som benyttes av norsk rekeindustri per i dag ikke har positiv effekt ved bruk av HP for å modne reker uten bruk av modningslake. Høytrykksprosessering er trolig bedre egnet for større skalldyr. Dersom størrelsessortering av reker blir foretatt, kan muligens HP benyttes for å oppnå et kortere modningstrinn enn dagens 18–24 timer.

Høytrykksprosessering benyttes per i dag hovedsakelig for eksklusive produkter. En årsak til dette er at det er en batchprosess og at det ligger visse begrensninger i mengde volum som kan kjøres gjennom en slik prosess i løpet av en dag. Selve investeringen i utstyr for HP er kostbart, men kostnader knyttet til bruk av utstyret er forholdsvis lav. Bruk av HP til å skape nye typer produkter er en mulighet. Store reker som eksempelvis benyttes til sushi vil det kunne være et marked for. Det samme gjelder ferske store reker til bruk i ulike middagsretter.

Et aspekt ved bruk av HP som ikke har vært berørt i denne studien er at HP ofte blir benyttet til å forlenge holdbarheten til matprodukter. Dersom rå og ikke-frosne sluttprodukter er aktuelle, vil HP kunne bidra med å gi øke holdbarhet av sluttproduktet.

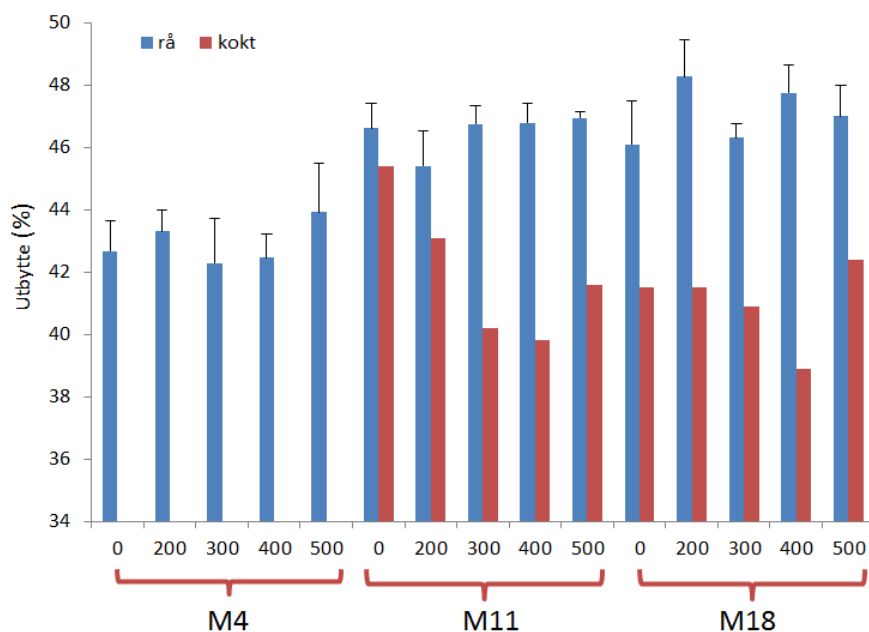
Videre forsøk vil kunne slå fast hvorvidt HP av store reker kan være interessant å arbeide videre med. Resultatene fra forsøkene i AP4 viser også at det er mulighet for å kunne optimalisere trykk og modningstid slik at en kortere modningstid enn dagens 18–24 timer kan benyttes i kombinasjon med HP.

Vedlegg A



Utbytte etter pilling av reker. Noen reker ble pillet rå og uten modning, og ikke utsatt for HP (K). Andre reker ble utsatt for HP direkte etter tining. Disse to kategoriene er til venstre i figuren under «rå». Til høyre for stiple linje er utbytte fra reker som er modnet i 1, 3, 3.5, 5, 10, 11, 15 og 20 timer. Disse har betegnelsen M1, M3 osv. Tallene rett under søylene refererer til hvilket trykk (i MPa) prøven ble prosessert ved. Tallet 0 betyr at prøvene ikke ble prosessert, men pillet direkte. Holdetiden under HP var 1 minutt, med unntak av prøve merket * (200, «ulike trykk»), denne var prosessert i 5 minutter. Søylene med std.avvik (blå) er snitt av 3 paralleller, og rekene er pillet rå. Søylar uten std.avvik (røde) viser utbytte av kokte prøver. Disse er det kun en parallell av.

Vedlegg B



Utbytte etter pilling av tinte og modne reker i en prosess. Rekene ble pillet rå (blå) eller etter koking (rød). Alle rekene ble modnet i 4, 11 eller 18 timer, med betegnelsen M4, M11 og M18. Tallene rett under søylene refererer til hvilket trykk (i MPa) prøven ble prosessert ved. Tallet 0 betyr at prøvene ikke ble prosessert, men pillet direkte. Holdetiden under HP var 1 minutt. De rå-pillede prøvene (blå) er snitt av 3 paralleller, og rekene er pillet rå. For de kokte prøvene (røde) ble det kun foretatt en pilling.

