

# Varmebehandling av snøkrabbecluster

Grete Lorentzen, Federico Lian, Gustav Martinsen & Sten Ivar Siikavuopio

---

Nofima AS, Muninbakken 9-13, Breivika, 9291 Tromsø (www.nofima.no)

---

## *Sammendrag:*

Den spiselige delen, clusteret, det vil si kjøttet i legger og klør, varmebehandles etter at snøkrabben er slaktet. Industriell varmebehandling innebærer gjerne en temperatur på over 95 °C i opptil 20 minutter. Hovedårsaken til den lange varmebehandlingen er å inaktivere enzymet polyfenoloksidase (PPO). Inaktivering av enzymet er viktig for å unngå at produktet får en blå misfarging (melanose). Målet i dette studiet var å undersøke produkttegenskapene ved en litt lavere varmebelastning, det vil si 430 s i vann ved 87 °C og 148 s i vann ved 96 °C. En lavere varmebelastning kan være fordelaktig fordi det innebærer et lavere energiforbruk, kortere prosesseringstid, og et høyere utbytte. Den lave varmebelastningen førte til at PPO-enzymet ikke ble inaktivert, noe som resulterte i en rask utvikling av melanose. Cluster som var varmebehandlet ved 96 °C i 148 s hadde imidlertid en forsinket utvikling av melanose sammenlignet med varmebehandlingen ved 87 °C i 430 s. Dette indikerer at en kort tid ved høye temperaturer kan være en fremtidig løsning, men at ytterligere forsøk med optimalisering er nødvendig for å finne ut om dette kan være en fremtidig metode for industriell koking.

## *Abstract in english:*

The edible part of the crab, i.e., the meat located inside the legs and the claws, is exposed to heat treatment after the slaughtering of the crab. In the industry, the crab is heated at temperatures above 95 °C up to 20 min. in order to inactivate the enzyme polyphenoloxidase (PPO). Prevalence of active PPO involves a development of blue discoloration, i.e., melanosis, of the cooked product. The aim of this study was to explore the effect of a lower heat exposure; i.e., 430 s at 87 °C and 148 s at 96 °C. A lower heat exposure can be beneficial in terms of lower energy requirement, shorter cooking time, and a higher yield. The heating regimen tested did not inactivate the PPO, resulting in melanosis. However, clusters heat treated at 96 °C in 148 s showed prevalence of melanosis at a later stage compared to heat treatment at 87 °C in 430 s. This indicates that heat treatment at a short time at an elevated temperature has a future potential. However, further experiments are required to optimize the time and temperature before concluding if this can be applied industrially.

## Innledning

Snøkrabben som i dag fangstes blir prosessert fortløpende ombord på fiskefartøyene ute på feltet. Tradisjonell prosessering starter med slaktning. Ved slaktning blir clustrene splittet fra huset. Et cluster består av leggbein og klo festet i en skulder, og det spiselige kjøttet finnes kun i disse delene. Splittingen skjer maskinelt. Deretter grupperes clustrene etter vekt, og cluster innen samme vektgruppe kokes ofte samtidig for å sikre en lik varmeeksponering. Før koking er det en fordel å fjerne mest mulig av hemolymfevæsken gjennom en såkalt utblødning. Hemolymfen er «blodet» til krabben, og gjenværende hemolymfevæske kan bidra til at krabben

får en blå/svart misfarging, noe som ofte beskrives som blueing eller melanose (Figur 1).

Melanosen skyldes i hovedsak enzymet polyfenyloksidase (PPO), og dette enzymet finnes i hemolymfevæsken, overflatemembranen og i leddene (Sae-leaw, & Benjakul, 2019; Lian *et al.*, 2018). Cluster som har en mørk misfarge på leggbeinene eller i skulderleddet oppfattes gjerne som mindre sensorisk attraktive sammenlignet med cluster uten slik misfarging (Lian *et al.*, 2018). Misfargingen kan enten bare være på skallet, eller både på skallet og på selve muskelen. Uavhengig av hvor misfargen er lokalisert, er det ikke farlig å spise kjøttet fra slike cluster.



Figur 1 Melanose i kokt cluster av snøkrabbe (Foto: A. Agersborg Røhme, Nofima).

I industrien varmebehandles ferdig utblødde cluster ved å senke de i ferskvann på cirka 100 °C. Tid for varmebehandling er på cirka 20 minutter. For å oppnå en kokt muskel er det tilstrekkelig at kjernetemperaturen i muskelen er mellom 72 og 78 °C (Lian, 2019). De internasjonale anbefalingene for spiseklar mat er varmebehandling i minimum 2 minutter ved 70 °C (CCFRA, 1996). Kokingen har også en annen og viktig funksjon, den bidrar til at enzymet som forårsaker melanose inaktiveres. For å oppnå dette må imidlertid kjernetemperaturen være mellom 85 og 90 °C i minst 30 minutter (Williams, Mamo, & Davidson, 2007). Ved en høyere kjernetemperatur kan krabbene imidlertid kokes i kortere tid for å inaktivere dette enzymet.

Etter koking, kjøles clustrene raskt ned, for eksempel i sjøvann. Temperaturen på sjøvannet vil variere med årstiden, da temperaturen er høyere på sommeren/høsten enn ellers i året. Etter avkjøling, fryses clustrene. Frysing kan skje ved å senke krabben i underkjølt mett saltlake med en laketemperatur mellom -18 og -20 °C. Alternativt kan frysing foregå i en tunnelfryser (blast) hvor kald luft blåses direkte over produktet. Etter innfrysing kan clustrene glasseres. Dette skjer enten ved dusjing med ferskvann, eller ved at de dyppes i en beholder med ferskvann. Begge glasseringsmetodene gir en ishinne, og andelen glasseringsis kan utgjøre opp til 20 % av den totale vekten. Uavhengig av frysemetode pakkes clustrene i esker av kartong

med en innerplastpose. Kartonger med kokte frosne cluster av snøkrabbe merkes med en holdbarhet på 2 år forutsatt lagring ved minimum -18 °C.

I forhold til en industriell prosess for varmebehandling, har vi i dette forsøket undersøkt hvilken betydning en lavere varmeeksponering vil ha for vektendring, melanose, og mikrobiell vekst ved lagring på 4 °C. En lavere varmeeksponering medfører et lavere energiforbruk og en kortere prosesseringstid totalt sett. Det antas også at tapet av vannløselige smaksstoffer (primært aminosyrer) fra muskelen blir mindre. Aminosyrene bidrar til den unike krabbesmaken på produktet. Det antas også at utbyttet kan påvirkes både av koketid og temperatur. I dette forsøket har derfor målet vært å studere effekten av en litt lavere varmeeksponering sammenlignet med det som i dag praktiseres i industrien. Denne artikkelen viser i hovedsak et utdrag av resultater som tidligere er publisert (Lorentzen *et al.*, 2019).

## Material og metode

I mars 2017, ble snøkrabbe fangstet i Barentshavet (75°30.372 N-33°14.957 E) på 230 til 350 meters dyp. For å få oversikt over temperaturprofilen ved industriell koking ombord, ble kjernetemperaturen i utvalgte cluster logget (modell 175H1, Testo Ltd., Hampshire, UK). De siste

fangstene av krabbe ble lagret levende om bord i tanker og fraktet til Forsøksstasjonen i Kårvika. Krabbene ble restituert i 7 døgn i sjøvann på 3 °C i 6 m<sup>3</sup> kar. Deretter ble krabbene plukket ut av karene og fraktet tørt i polystyrenkasser til Nofima i Tromsø. Etter ankomst Nofima, ble krabbene oppbevart ved 2–3 °C, og prosessert etter cirka 15 timer. Gjennomsnittsvekten på krabbene var 604 ± 164 g.

Krabbene ble slaktet ved å splitte (skille) clustrene fra huset. Deretter ble lymfevæsken i clustrene redusert ved å la de blø ut i kar med ferskvann. Deretter ble clustrene delt i fire grupper. Gruppe 1 ble kokt 430 s i vann ved 87 °C, og gruppe 2 ble kokt på samme måten, men med 5 % NaCl i kokevannet. Gruppe 3 ble kokt 148 s i vann ved 96 °C, mens gruppe 4 ble kokt som gruppe 3 men med 5 % NaCl i kokevannet. Felles for alle gruppene var at kjernetemperaturen i clusterets tykkeste leggbein var på 80,8 °C. Clustrene fra de fire gruppene ble lagret på 4 °C i klimaskap umiddelbart.

### Koketap

Koketapet ble beregnet som prosent vektendring av clustrene a) etter utblødning, b) etter koking, og c) etter avkjøling og drenering i forhold til vekt av rå cluster rett etter splitting. Beregningene ble utført på minimum 15 parallelle cluster for hver av de fire gruppene.

### Drypptap

Drypptap ved lagring på 4 °C ble beregnet som prosent vektendring i forhold til vekt rett etter avkjøling og drenering. For å oppnå like betingelser for drenering ble alle clustrene plassert vertikalt i plastposene, med skulderleddet vendt ned.

### Melanose

Melanose ble vurdert i 6 cluster i løpet av de første 48 timene på 4 °C. Det ble tatt bilder av clustrene under standardiserte betingelser og fire trente dommere gjennomførte deretter en

scoring ut ifra bildene basert på en 5-punkt skala (Lian *et al.*, 2018). Cluster med 3, 4, eller 5 poeng ble definert til å være sensorisk akseptable. Denne 3 poengs grenseverdien er i henhold til tilsvarende studier for andre matvarer som er utsatt for enzymatisk misfarging (López-Gálvez *et al.*, 2015).

### Mikrobiologiske analyser

Mikrobiologiske analyser av det totale antall bakterier (TVC) og *Pseudomonas* spp. ble utført som tidligere beskrevet (Lorentzen *et al.*, 2014). Den største leggen fra tre utvalgte cluster fra hver av de fire gruppene ble analysert på dag 4, 5, 7, 9 og 12 ved 4 °C lagringen. De mikrobiologiske resultatene ble uttrykt som log<sub>10</sub> CFU/g.

### Saltanalyser

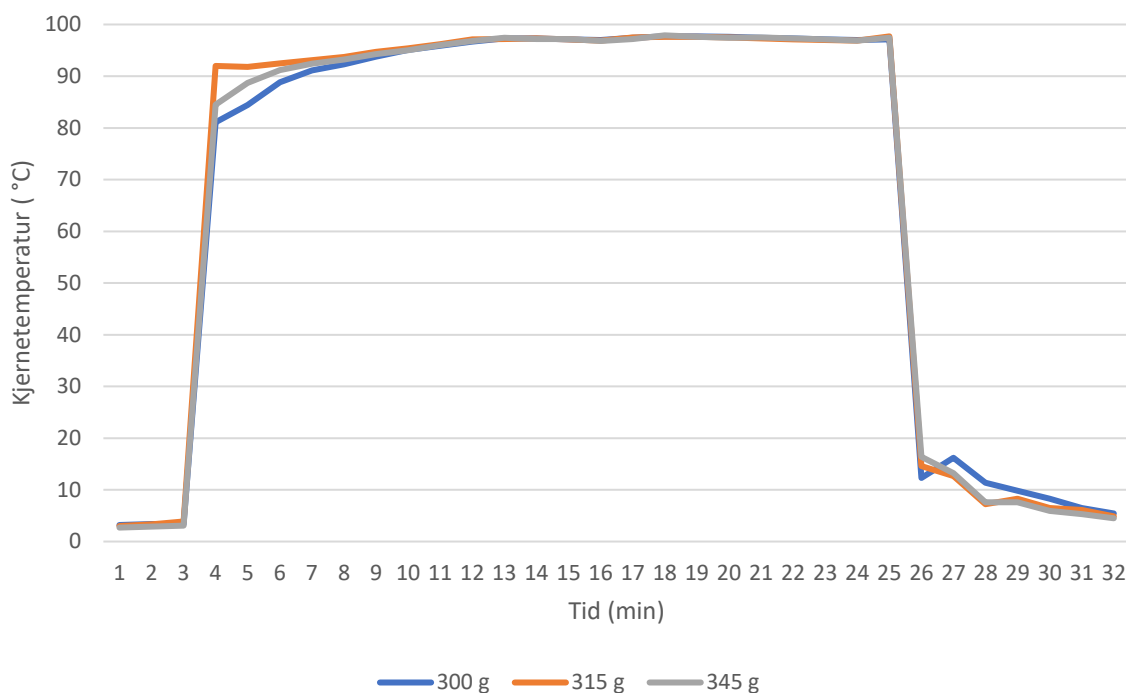
Saltinnholdet ble målt i muskelen fra ett leggbein i clusteret fra hver av de fire ulike gruppene. Analysen ble utført i henhold til standard prosedyre (AOAC, 1990).

### Statistikk

Regresjonsanalyse, Scheffe's test, og Tukey's test på 5 % nivå ble utført for å avdekke eventuelle forskjeller mellom de fire ulike gruppene (SPSS windows version 25, SPSS Inc., Chicago, IL, USA). På grunn av et ulike antall prøver mellom de ulike gruppene, ble Scheffe's test anvendt for å finne eventuelle forskjeller i vektendring og drypptap, mellom de fire gruppene. Tukey's test ble utført for å finne eventuelle forskjeller i mikrobiologiske analyseresultater og melanose. I de tilfeller der antall bakterier var under deteksjonsnivået (< 1,7 log<sub>10</sub> CFU/g), ble ikke Tukey's test utført.

### Resultater og diskusjon

Temperaturprofilen på tre utvalgte cluster som gjennomgikk den industrielle kokingen og nedkjølingen er vist i figur 2.



Figur 2 Temperaturprofil ved industriell koking og kjøling av snøkrabbecluster. Temperaturen er målt i kjerne i cluster på 300 (blå), 315 (oransje), og 345 (grå) g.

I løpet av ett minutt hadde kjernetemperaturen steget fra cirka 3 °C til 81–92 °C etter at kurven med cluster ble overført til kokekaret. Etter 6 minutter hadde kjernetemperaturen nådd cirka 97 °C, og denne temperaturen vedvarte i cirka 13 minutter. Total tid i kokekaret var 21 minutter, og etter avsluttet kokeprosess, ble kurven med clustrene overført til sjøvann for avkjøling. I sjøvannet tok det cirka 7 minutter inntil kjernetemperaturen var redusert til cirka 5 °C. Selv med en vektvariasjon fra 300 til 345 g på de tre clustrene, fulgte de i stor grad samme

temperaturprofil. Etter avkjøling ble clustrene frosset i frysetunell, glassert, pakket og lagret. Denne lange koketiden er primært for å inaktivere PPO-enzymet for å unngå melanose, f.eks. etter tining og kjølelagring. Selv om clustrene fra dette kokeforsøket ikke ble evaluert med hensyn på melanose i tint tilstand, antar vi likevel at dette ikke skjedde på grunn av den totale varmeeksponeringen.

I forsøkene med en lavere varmebelastning var det forskjeller i vektendring mellom de fire gruppene (Tabell 1).

Tabell 1 Vektendring etter koking og drenering, og drypptap ved lagring på 4 °C (N=11).

Temperatur kokevann (°C)/ Koke-tid (s)	5% (w/v) NaCl i kokevannet	Vektendring (%) etter koking og drenering	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4	Dag 5
87/430	Ja	0,02 ± 0,85a	-2,19 ± 0,53a	-2,64 ± 0,58a	-2,84 ± 0,64a	-2,71 ± 1,41a	-3,65 ± 1,10a
	Nei	-1,14 ± 1,05b	-1,72 ± 0,78a	-2,30 ± 0,78a	-2,67 ± 0,91a	-2,35 ± 1,58a	-3,03 ± 1,08a
96/148	Ja	-0,53 ± 0,79ab	-2,21 ± 0,71a	-2,56 ± 0,81a	-2,71 ± 0,77a	-2,61 ± 0,97a	-3,00 ± 0,99a
	Nei	-0,54 ± 0,91ab	-1,57 ± 0,49a	-2,12 ± 0,60a	-2,38 ± 0,80a	-2,51 ± 0,78a	-2,72 ± 0,86a

Ulike bokstaver (a eller b) innen samme kolonne indikerer signifikant forskjell ( $p < 0.05$ ).

Clustre i 87/430 gruppen kokt med salt viste en gjennomsnittlig vektøkning, mens de øvrige gruppene viste en gjennomsnittlig vektnedgang. I den påfølgende lagringen ved 4 °C viste 87/430-gruppen kokt med salt et større drypptap på dag 1 sammenlignet med cluster kokt uten salt. Det samme ble også observert for cluster i 96/148-gruppen.

Drypptap i de etterfølgende lagringsdøgnene viste ingen signifikante forskjeller mellom de fire gruppene ( $p > 0,05$ ). Dette viser at saltets vannbindingseffekt i koketrinnet er kortvarig ved at det opphører i den påfølgende lagringsperioden på 4 °C.

Resultater for både vektendring og drypptap viser store standardavvik noe som indikerer store individuelle forskjeller mellom clustrene. Et høyt standardavvik på verdier for drypptap kan i tillegg forklares med at ikke alle clustrene var i en vertikal posisjon gjennom hele kjølelagringen. Varierende posisjoner gir mest sannsynlig ulike betingelser for å miste væske, det vil si drypptap ved lagring.

De første antydninger på melanose ble gjort allerede et par timer etter koking på clustrene fra alle fire gruppene. Misfargingen ble i hovedsak lokalisert på leddene i clusteret. Etter 6 timers lagring på 4 °C, var det ingen signifikant

forskjell mellom de ulike gruppene ( $p > 0,05$ ) (Tabell 2).

Etter 24 timers lagring ved 4 °C var det en signifikant større grad av melanose i clustrene fra 87/430-gruppen sammenlignet med 96/148-gruppen ( $p < 0,05$ ). Dette viser at selv med den samme kjernetemperaturen på 80,8 °C er det en større inaktiveringseffekt av PPO ved 96/148 enn det er ved 87/430. Dette viser at kombinasjonen med en høyere vannetemperatur og kortere tid, er det mest gunstige for å redusere melanose. Resultatene viser at grad av melanose i langt større grad har sammenheng med total varmeeksponering på overflaten enn faktisk kjernetemperatur. Dette kan forklares med at enzymene som forårsaker melanose i stor grad er lokalisert til clusterets ledd og i muskelens overflatemembran (Gonçalves & de Oliveira, 2016). Disse delene vil raskt oppnå samme temperatur som i kokevannet, noe som igjen bidrar til redusert melanose.

Mikroorganismene som ble analysert var under deteksjonsnivået ( $< 1,7 \log_{10}$  CFU/g) opp til dag 4 ved 4 °C (Tabell 3). For TVC var det ingen signifikante forskjeller mellom de ulike gruppene ved verken dag 7, 9, og 12. For *Pseudomonas* spp. var det et signifikant lavere nivå på dag 9 og 12 i gruppen 96/148 tilsatt salt ( $p < 0,05$ ) sammenlignet med de øvrige gruppene.

Tabell 2 Visuell kvalitetsvurdering av melanose.

Temperatur i kokevannet (°C)/ Koketid (s)	5% (w/v) NaCl i kokevannet	Tid ved 4 °C (timer)	
		6	24
87/430	Ja	4,7 ± 0,5 <sup>a</sup>	3,1 ± 0,9 <sup>a</sup>
	Nei	4,5 ± 0,6 <sup>a</sup>	3,1 ± 0,9 <sup>a</sup>
96/148	Ja	4,8 ± 0,4 <sup>a</sup>	4,5 ± 0,7 <sup>b</sup>
	Nei	4,9 ± 0,3 <sup>a</sup>	4,4 ± 0,7 <sup>b</sup>

Ulike bokstaver (a eller b) innen samme kolonne indikerer signifikant forskjell ( $p < 0,05$ ).

Tabell 3 Total antall bakterier (TVC) og *Pseudomonas* spp. for kokte cluster av snøkrabbe (N=3).

Temperatur i kokevannet (°C)/ Koketid (s)	5% (w/v) NaCl i kokevannet	TVC / <i>Pseudomonas</i> spp. ( $\log_{10}$ CFU/g)			
		Dag 5	Dag 7	Dag 9	Dag 12
87/430	Ja	3,7/ND	5,4 <sup>a</sup> /4,7 <sup>a</sup>	6,5 <sup>a</sup> /5,1 <sup>a</sup>	8,4 <sup>a</sup> /7,4 <sup>a</sup>
	Nei	ND/ND	4,6 <sup>a</sup> /3,9 <sup>a</sup>	5,8 <sup>a</sup> /4,7 <sup>a</sup>	7,8 <sup>a</sup> /6,9 <sup>a</sup>
96/148	Ja	3,7/ND	5,6 <sup>a</sup> /4,0 <sup>a</sup>	6,5 <sup>a</sup> /4,4 <sup>b</sup>	8,0 <sup>a</sup> /6,5 <sup>b</sup>
	Nei	4,0/ND	5,5 <sup>a</sup> /4,2 <sup>a</sup>	7,6 <sup>a</sup> /5,8 <sup>a</sup>	8,1 <sup>a</sup> /8,6 <sup>a</sup>

Ulike bokstaver (a eller b) innen samme kolonne indikerer signifikant forskjell ( $p < 0,05$ ).

## Avsluttende bemerkninger

Varmeesponeringen som ble testet ut i dette forsøket var langt lavere sammenlignet med den industrielle kokeprosessen. Med en lavere varmeeeksponering, ble PPO-enzymet ikke fullstendig inaktivert. Ved å studere melanoseutviklingen i clusterene i den påfølgende lagringen ved 4 °C, ble det klart at PPO-enzymet ga en rask melanoseutvikling. Utvikling av melanose var den klart mest begrensende holdbarhetsfaktoren.

Ved å sammenstille melanoseutviklingen mellom de ulike gruppene hadde clustrene i gruppen 87/430 en holdbarhet på mindre enn 24 timer, mens clustrene fra 96/148-gruppen fremdeles var sensorisk akseptable etter 24 timer. Siden melanose ikke ble målt etter 24 timer, er det uvisst hvor lenge clustrene var over 3-poengsgrensen for melanose.

I tidligere holdbarhetsstudier med kokte snøkrabbecluster har vi konkludert med en holdbarhet på 10 døgn ved lagring på 4 °C (Lorentzen *et al.*, 2016). Bakgrunnen for denne holdbarheten var avvikende lukt. Clustrene i dette forsøket ble imidlertid kokt til en kjerne-temperatur på minst 91 °C i kloa, noe som innebærer at kjernetemperaturen i leggene var

høyere enn 91 °C. Det vil si at enzymene som forårsaker melanose ble inaktivert, og melanose ble heller ikke observert i lagringsperioden.

Dersom lav varmeeeksponering skal anvendes bør dette kombineres med emballasjeløsninger som reduserer tilgangen på oksygen. Dette kan for eksempel være MAP (modifisert atmosfære pakking), eller vakumpakking (Kimbuathong *et al.*, 2020; Mohan *et al.*, 2017). Fravær av oksygen reduserer risikoen for misfarging, da PPO-enzymet krever oksygen for å være aktivt.

En lavere varmeeeksponering kan være fordelaktig ut ifra at det tar kortere tid å koke krabbene i tillegg til at det er energisparende. I noen europeiske land kokes for eksempel taskekrabbe ved en lavere temperatur. Disse produktene selges gjerne som høykvalitetsprodukter i Storbritannia, Irland og Frankrike til en høyere pris (Lian, 2019).

En industriell kokeprosess som tar opptil 21 minutter med over 97 °C i kjernetemperatur er en stor varmelastning for produktet. Selv om det i dette forsøket ikke ble målt på verken, utbytte eller melanose i cluster fra denne varmebehandlingen i tint tilstand, anbefaler vi at det utføres kokeforsøk med en kortere tid i vann ved høy temperatur, og at effekten av dette måles.

## Referanser

- AOAC. (1990). Official methods for analysis (15<sup>th</sup> ed.). Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists, 937.09.
- CCFRA (Campden and Chorleywood Food Research Association). (1996). Code of practice for the manufacture of vacuum and modified atmosphere packaged chilled foods. Guideline No. 11. Chipping Campden, Gloucestershire, UK: CCFRA.
- Gonçalves, A.A. & A.R.M de Oliveira (2016). Melanosis in crustaceans: A review. *LWT - Food Science and Technology*, **65**, pp. 791–799.
- Kimbuathong, N., P. Leelaphiwat & N. Harnkarnsujarit (2020). Inhibition of melanosis and microbial growth in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) using high CO<sub>2</sub> modified atmosphere packaging. *Food Chemistry*, **312**, 126114.
- Lian, F. (2019). Hva har krabber til felles med frukt? Tilgjengelig på <https://nofima.no/blogg/hva-har-krabber-til-felles-med-frukt/>
- Lian, F., I. Måge, G. Lorentzen, S.I. Siikavuopio, K. Øverbø, B. Vang & D. Lindberg (2018). Exploring the effect of inhibitors, cooking and freezing on melanosis in snow crab (*Chionoecetes opilio*) clusters. *Food Control*, **92**, pp. 255–266.
- López-Gálvez, F., P. Ragaert, M.A. Haque, M. Eriksson, M.C. van Labeke & F. Devlieghere (2015). High oxygen atmospheres can induce russet spotting development in minimally processed iceberg lettuce. *Postharvest Biology and Technology*, **100**, pp. 168–175.

- Lorentzen, G., F. Lian, A.A. Røhme, E. Johannessen, K.V. Grastveit, A. Eysler Grip & S.I. Siikavuopio (2019). Effect of freezing-thawing on weight loss, melanosis, and microbial growth in mildly cooked snow crab (*Chionoecetes opilio*) clusters. *LWT – Food Science and Technology*, **108**, pp. 283–288.
- Lorentzen, G., B.T. Rotabakk, S.H. Olsen, A.V. Skuland & S.I. Siikavuopio (2016). Shelf life of snow crab clusters (*Chionoecetes opilio*) stored at 0 and 4 °C. *Food Control*, **59**, pp. 454–460.
- Lorentzen, G., G. Voldnes, R.D. Whitaker, I. Kvalvik, B. Vang, R. G. Solstad, ... & S.I. Siikavuopio (2018). Current Status of the Red King Crab (*Paralithodes camtschaticus*) and Snow Crab (*Chionoecetes opilio*) Industries in Norway. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, **26:1**, pp. 42–54.
- Lorentzen, G., A.V. Skuland, I. Sone, J.-O. Johansen & B.T. Rotabakk (2014). Determination of the shelf life of cluster of the red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) during chilled storage. *Food Control*, **42**, pp. 207–213.
- Mohan, C.O., C.N. Ravishankar & T.K. Srinivasa Gopal (2017). Effect of Vacuum Packaging and Sous Vide Processing on the Quality of Indian White Shrimp (*Fenneropenaeus indicus*) During Chilled Storage. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, **26:10**, pp. 1280–1292.
- Sae-leaw, T. & S. Benjakul (2019). Prevention of melanosis in crustaceans by plant polyphenols: A review. *Trends in Food Science & Technology*, **85**, pp. 1–9. doi:10.1016/j.tifs.2018.12.003
- Williams, H.G., J. Mamo & G.W. Davidson (2007). Polyphenoloxidase and Its Thermal Deactivation in Western Rock Lobster (*Panulirus cygnus*) Processing. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, **16:1**, pp. 87–102. doi:10.1300/j030v16n01\_07