



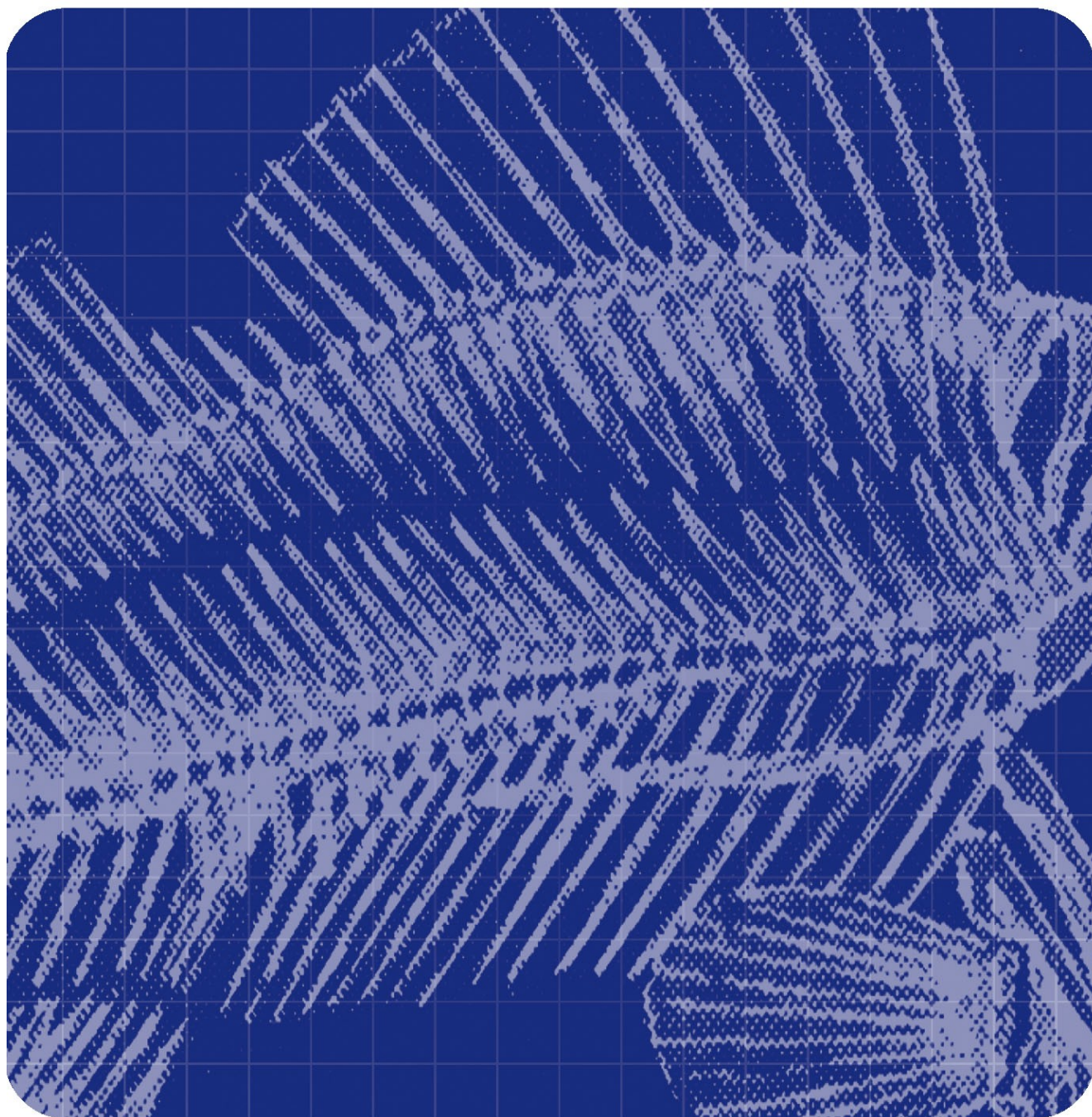
Fiskeriforskning

RAPPORT 18/2003 • Utgitt desember 2003

Måling av fyllingsgrad i legger fra kongekrabber

Evaluering av NIR spektroskopi som metode

Agnar H. Sivertsen og Karsten Heia





Norut Gruppen er et konsern for anvendt forskning og utvikling og består av morselskap og seks datterselskaper. Konsernet ble etablert i 1992 - fundamentert på daværende FORUTs fire avdelinger og Fiskeriforskning.

Konsernet består i dag av følgende selskaper:

Fiskeriforskning, Tromsø

Norut IT, Tromsø

Norut Samfunnsforskning, Tromsø

Norut Medisin og Helse, Tromsø

Norut Teknologi, Narvik

Norut NIBR Finnmark, Alta

Konsernet har til sammen vel 240 ansatte.



Fiskeriforskning (Norsk institutt for fiskeri- og havbruksforskning AS) utfører forskning og utvikling for fiskeri- og havbruksnæringen innen

- sjømat og industriell foredling
- marin bioteknologi og fiskehelse
- fôrutvikling og marin prosessering
- havbruk
- økonomi og marked

Fiskeriforskning har ca. 160 ansatte fordelt på Tromsø (110) og Bergen (50). Fiskeriforskning har velutstyrte laboratorier og forsøksanlegg i Tromsø og Bergen.

Hovedkontor Tromsø:

Muninbakken 9-13

Postboks 6122

N-9291 Tromsø

Telefon: 77 62 90 00

Telefaks: 77 62 91 00

E-post: post@fiskeriforskning.no

Avdelingskontor Bergen:

Kjerreidviken 16

N-5141 Fyllingsdalen

Telefon: 55 50 12 00

Telefaks: 55 50 12 99

E-post: office@fiskeriforskning.no

Internett: www.fiskeriforskning.no

RAPPORT

Tilgjengelighet:

Åpen

Rapportnr:

18/2003

ISBN:

82-7251-529-6

Tittel:

Måling av fyllingsgrad i legger fra kongekrabber

Dato:

18.12.2003

Antall sider og bilag:

18

Forfatter(e):

Agnar H. Sivertsen og Karsten Heia

Forskningssjef:

Even Stenberg

Prosjektnr.:

3007

Oppdragsgiver:

Oppdragsgivers ref.:

3 stikkord

kongekrabbe, fyllingsgrad, NIR-spektroskopi

Sammendrag: (maks 200 ord)

Kongekrabber (*Paralithodes camtschaticus*) prisklassifiseres basert på fyllingsgraden. Det eksisterer ingen objektiv metode for å måle fyllingsgraden i kokte legger, og det er vanlig å bruke forholdet mellom diameteren på muskelen og diameteren på skallet som et estimat for fyllingsgraden. Vi har vist at dette estimatet kan gi kraftig overestimering når fyllingsgraden er liten, og en overestimering på 60 % er registrert. Vi har foreslått en ny estimator for fyllingsgraden i kokte krabbelegger, som halverer den midlere kvadratiske feilen til fyllingsgrad estimatet. Det er ønskelig å kunne bestemme fyllingsgraden i levende krabber før slakting, da det vil kunne gi muligheten til å fore opp krabber med lav fyllingsgrad. Vi har studert to ulike målemetoder, for måling av fyllingsgrad i ferske krabbelegger: NIR transmisjon og NIR transfleksjon. Vi konkluderer med at NIR transfleksjon er best egnet, men at det er for tidlig å avgjøre om metoden egner seg som en hurtigmetode for måling av fyllingsgrad i levende krabber.

English summary: (maks 100 ord)

The market value of the King crab (*Paralithodes camtschaticus*) legs is heavily influenced by the muscle content. There exist no objective method for measuring the muscle content in boiled crab legs, and its common to use the ratio between the muscle diameter and the shell diameter as an estimate for the fullness ratio. We have seen that this estimator can overestimate the fullness ratio with 60%. We have proposed a new estimator which halves the mean square error of the fullness ratio. To day there exist no methods for measuring the fullness ratio legs from in live crabs. We have tested two different methods for measuring the fullness ratio in fresh crab legs: NIR transmission and NIR transflection. We conclude that NIR transflection shows promising results, but it is to early to conclude upon whether this method can be used on live crabs or not.

INNHold

1	INNLEDNING.....	1
2	FYLLINGSGRAD OG ESTIMERING AV FYLLINGSGRAD	2
	2.1 Fyllingsgrad i kokte kongekrabbelegger	2
	2.2 Fyllingsgraden i ferske kongekrabbelegger	4
3	INSTRUMENTERING	7
	3.1 Linearitetsanalyse.....	10
	3.2 Belysningsfunksjonen til probene	10
4	METODE.....	11
	4.1 Måleprinsipp 1: NIR transmisjon	11
	4.2 Måleprinsipp 1: NIR transfleksjon	11
5	RESULTATER.....	12
	5.1 Resultater fra NIR transmisjons målingene.....	12
	5.2 Resultater fra NIR transfleksjon.....	13
6	DISKUSJON.....	15
7	KONKLUSJON.....	16
8	VIDERE ARBEID	17
9	REFERANSER.....	18

1 INNLEDNING

Kongekrabber prisklassifiseres etter fyllingsgraden på kokte krabbelegger, og det eksisterer tre ulike prisklasser: legger med mindre enn 40 % fylling, legger med 40-60% fylling og legger med mer enn 80 % fylling. Fyllingsgraden i legger fra kongekrabber defineres som mengden av kjøtt innenfor skallet. Det er derimot ingen som beregner denne verdien direkte, men estimerer den som forholdet mellom arealet av kjøtt og arealet av skall i et tverrsnitt midt på øvre segment av leggen. Krabbelegger prisklassifiseres ved at en person betrakter et tverrsnitt og kan basert på erfaring si hvilken prisklasse krabbeleggen tilhører.

Det har vært vist at krabber med lav fyllingsgrad kan bli foret opp, og på den måten øke fyllingsgraden og verdien [1]. Hadde man kjent fyllingsgraden på hver krabbe før slakting, kunne krabber med lav fyllingsgrad bli sendt til oppforing. Dette gjør at en metode for å bestemme fyllingsgraden i levende krabber kan bidra til å øke kvaliteten på krabbeleggen som selges.

I dette prosjektet har vi sett på bruk av nær infrarødt lys (NIR) til måling av fyllingsgrad i ferske krabber. Vi har testet ut to målemetoder, NIR transmisjon og NIR transfleksjon. Begge metodene krever at man lager et eller to hull med diameter 1.5mm i skallet. Resultatene har vist at NIR transmisjon ikke egner seg til å måle fyllingsgrad, men at NIR transfleksjon kan være mulig å bruke. Vi har sett at NIR transfleksjon kan brukes til å måle diameteren til muskelen, men at muskeltråder som ofte er å finne i ferske krabber kan skape problemer.

Det er vanlig å bruke forholdet mellom diameteren til muskelen og diameteren til skallet som en estimator for fyllingsgraden. I avsnitt 2.1 viser vi at denne estimatoren kan gi svært store feil for legger med lav fyllingsgrad. Vi foreslår en ny estimator som halverer den midlere kvadratiske feilen for fyllingsgradestimatet.

I avsnitt 2.2 drøfter vi fyllingsgraden i ferske krabbelegger, og vi ser at krabbeskallet utvider seg når leggen kokes.

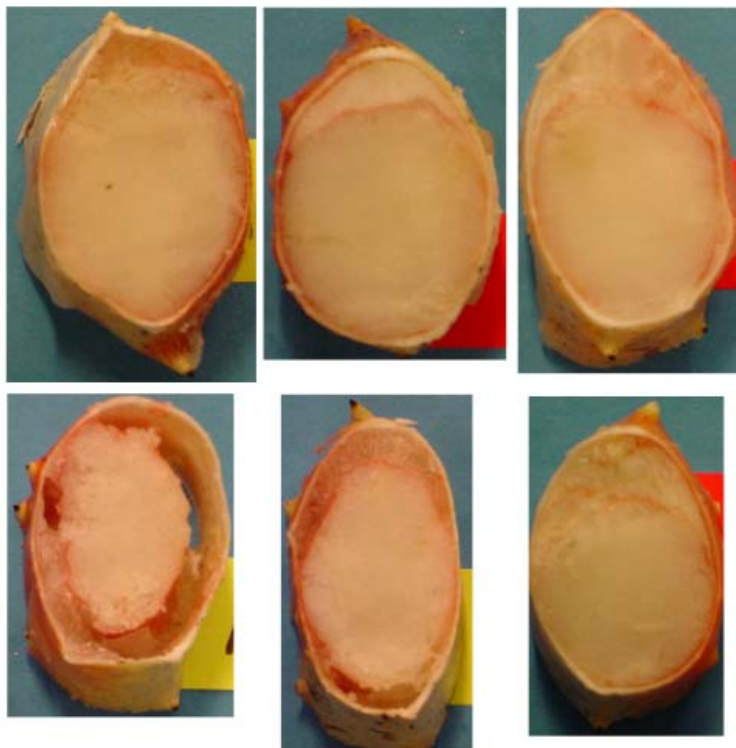
I avsnitt 3 beskriver vi instrumenteringen vi har brukt i NIR målingene, og i avsnitt 4 beskriver vi de to måleoppsettene vi har testet: NIR transmisjon og NIR transfleksjon.

I avsnitt 5 viser vi resultatene fra de to målemetodene og i avsnitt 6 diskuterer vi de viktigste resultatene i denne rapporten.

I avsnitt 6 konkluderer vi og i avsnitt 7 foreslår vi oppgaver som egner seg for videre arbeid.

2 FYLLINGSGRAD OG ESTIMERING AV FYLLINGSGRAD

Fyllingsgraden (FG) defineres som forholdet mellom arealet av kjøtt ($A_{kj\ddot{o}tt}$) og totalt areal (A_{tot}) av et todimensjonalt snitt av leggen.



Figur 1. Snitt fra seks ulike kokte frosne krabbelegger. Snittene er tatt midt på øvre segment av krabbeleggen. Formen på snittet av krabbeleggen er tilnærmet elliptisk.

Forsøk har vist at fyllingsgraden endrer seg avhengig av hvor på krabbeleggen vi måler. Man forsøker derfor alltid å måle fyllingsgraden i samme posisjon, og posisjonen som brukes er midt på det øvre segmentet av leggen.

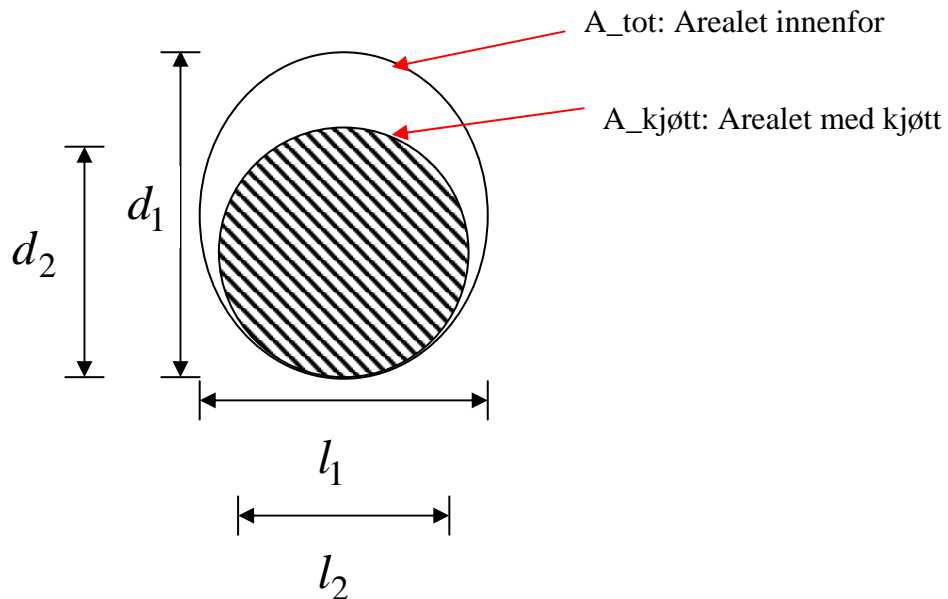
2.1 Fyllingsgrad i kokte kongekrabbelegger

De eksakte verdiene for arealet av kjøttet og det totale arealet innenfor skallet er vanskelig å måle manuelt. Man har derfor ofte brukt følgende estimat for fyllingsgraden.

$$FG_{diameter} = \frac{d_2}{d_1}.$$

Formel 1. Estimat for fyllingsgraden. Størrelsene er illustrert i Figur 2.

Hvis vi antar at formen på snittet av en kongekrabbelegg er elliptisk eller sirkulær vil estimatet i Formel 1 være feil. Dette skyldes at forholdet mellom arealet til to sirkler er gitt som forholdet mellom kvadratet til sirklens radier, og forholdet mellom arealet til to ellipser er gitt som forholdet mellom produktene av ellipsenes to radier.



Figur 2. Tegningen illustrerer et snitt av en kokt krabbelegg. Den eksakte fyllingsgraden defineres som $A_{kj\ddot{o}tt}/A_{tot}$.

Når vi prøver å estimere forholdet mellom to sirkler eller ellipser ved å bruke Formel 1, vil feilen bli stor når differansen mellom arealene er stor, dvs. når fyllingsgraden er liten. Antar vi at snittet av krabbeleggen er elliptisk og deler arealet av den elliptiske muskelen på arealet innenfor det elliptiske skallet, kan vi lage følgende estimat for fyllingsgrad:

$$FG_{ellipse} = \frac{d_2 \cdot l_2}{d_1 \cdot l_1}$$

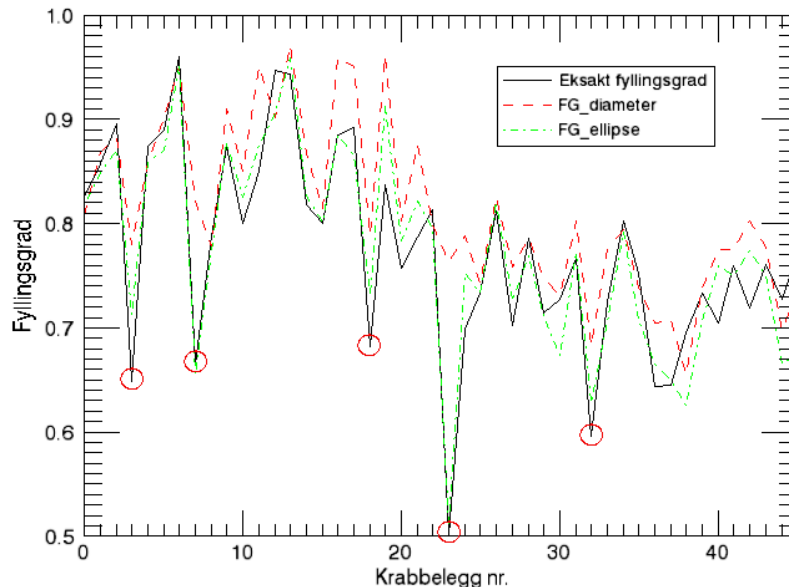
Formel 2. Et estimat for fyllingsgraden som baserer seg på antagelsen om at formen på krabbeleggen er elliptisk. Størrelsene er illustrert Figur 2.

For å sammenligne estimatene $FG_{diameter}$ og $FG_{ellipse}$ målte vi den eksakte fyllingsgraden, høyden og bredden på både muskelen og skallet for 45 ulike kokte krabbelegger. Målingene gjorde vi vha. et egenutviklet bildebehandlingsprogram hvor brukeren tegner på omrisset av muskelen og skallet, samt høyden og bredden på skallet. Programmet beregner da fyllingsgraden som forholdet mellom antall piksler innenfor muskel omrisset og innenfor skall omrisset. Vi beregnet også estimatene basert på Formel 1 og Formel 2 fra disse målingene, og resultatene er oppsummert i Figur 3. I denne figuren har vi tegnet inn fem røde sirkler. Sirklene indikerer krabbelegger med lav fyllingsgrad. Vi ser fra figuren at $FG_{diameter}$ avviker fra den eksakte fyllingsgraden med opptil 30 %. (fjerde røde sirkel fra venstre), som tilsvarer et feilestimat på 60 %. $FG_{ellipse}$ avviker aldri med mer enn 7 % (første røde sirkel fra venstre). Den mildere kvadratiske feilen for estimatene er gitt som:

$$MSE_{diameter} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \left\{ (FG_{eksakt}(i) - FG_{diameter}(i))^2 \right\}^{1/2} = \underline{0.50\%}$$

$$MSE_{ellipse} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \left\{ (FG_{eksakt}(i) - FG_{ellipse}(i))^2 \right\}^{1/2} = \underline{0.26\%}$$

Formel 3. Midlere kvadratisk feil (MSE) for $FG_{diameter}$ og $FG_{ellipse}$ beregnet for målingene i Figur 3, der $N=45$ er antall krabbelegger i datasettet.



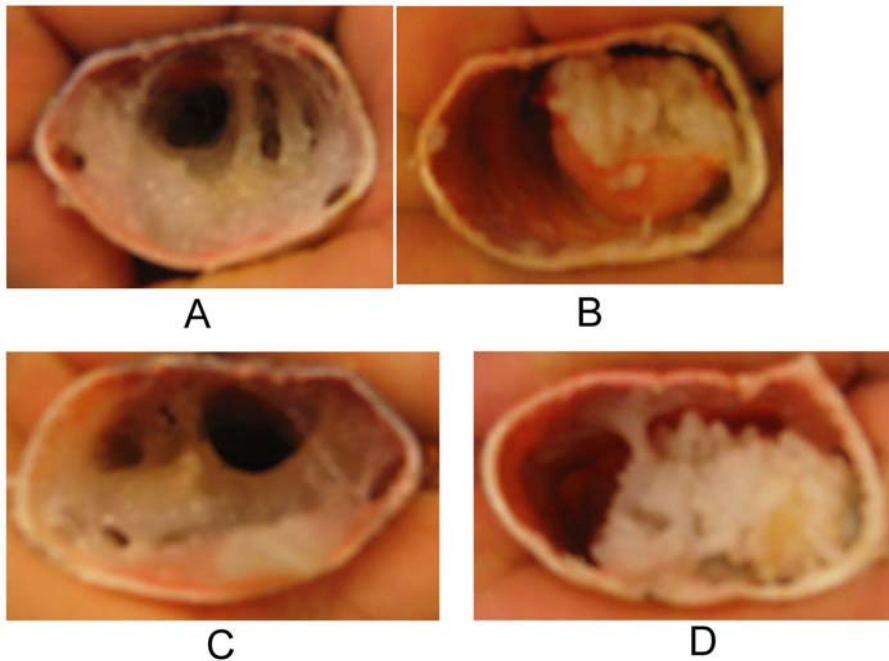
Figur 3. Den eksakte fyllingsgraden og to estimater for fyllingsgraden for 45 forskjellige legger fra kongekrabber.

Fra Formel 3 ser vi at den midlere kvadratiske feilen for $FG_{diameter}$ er nesten dobbel så stor som den midlere kvadratiske feilen for $FG_{ellipse}$. Fra Figur 3 ser vi også at $FG_{diameter}$ overestimerer den eksakte fyllingsgraden, og at feilen blir større når fyllingsgraden blir liten. For fyllingsgrader mindre enn 70 % er den midlere kvadratiske feilen for $FG_{diameter}$ på 11.1 % mens den midlere kvadratiske feilen for $FG_{ellipse}$ er på 3.5 %.

Konklusjonen er at $FG_{diameter}$ overestimerer fyllingsgraden, og feilen kan bli stor når fyllingsgraden blir liten. Man bør derfor bruke $FG_{ellipse}$ fremfor $FG_{diameter}$ til å estimere fyllingsgraden i kokte legger fra kongekrabber.

2.2 Fyllingsgraden i ferske kongekrabbelegger

Legger fra kongekrabber kokes før de selges, og det er derfor naturlig at det er fyllingsgraden på kokte legger som legges til grunn for prisklassifiseringen. Det er derfor viktig at fyllingsgraden i ferske krabber samsvarer med fyllingsgraden i kokte krabber. Dette har vi undersøkt ved å måle fyllingsgraden før og etter koking.

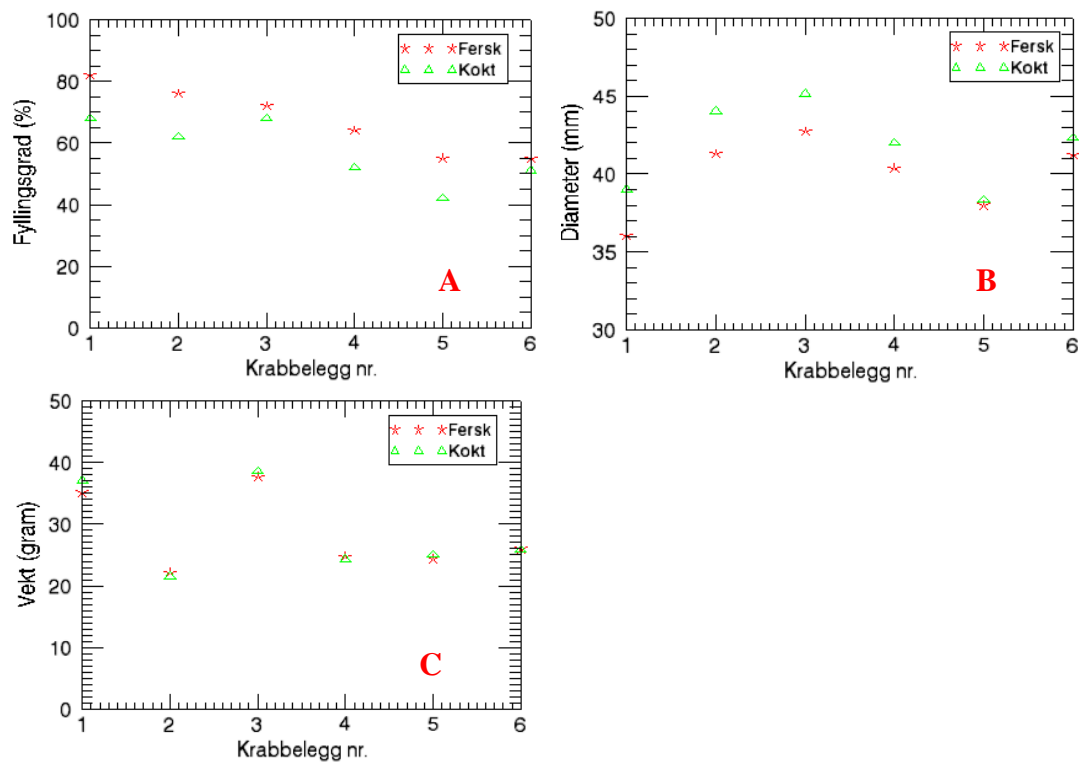


Figur 4. Snitt av to ulike krabbelegger. Bilde A og C er fra henholdsvis høyre og venstre framlegg. Bilde C og D er de samme snittene etter koking. Krabben ble slaktet ca. to timer før bildene ble tatt.

Vi observerte at geometrien på kjøttet endret seg etter koking (se Figur 4). I ferske krabber er mesteparten av kjøttet festet til undersiden av krabbeleggen, men også noe av kjøttet kan være festet til oversiden (se Figur 4A). Vi har og sett at ferske krabber kan ha en eller flere langsgående kanaler i leggen (se Figur 4A og C). På krabbene vi har undersøkt er disse alltid plassert over muskelen, men plasseringen av kanalene kan variere fra side til side. Muskelen i kokte krabbelegger er mer kompakt enn for ferske krabbelegger, noe som skyldes at muskelhinnen som ligger inntil skallet før koking trekker seg sammen rundt muskelen. I Figur 5 har vi plottet fyllingsgraden, diameteren til skallet og vekten til seks ulike snitt av kongekrabbelegger før og etter koking. Snittene som ble brukt var ca. 5 cm lange, og snittene ble kokt i 1.3 liter vann med 30 gram salt i 20 minutter. Figur 5B viser at diameteren på skallet har en signifikant økning etter koking, noe som kan forklare at fyllingsgraden, i Figur 5A, avtar etter koking. Fra Figur 5C ser vi at vekta endrer seg minimalt før og etter koking, noe som tyder på at krabbeleggen verken tar til seg eller avgir vann under koking.

I motsetning til kokt krabbemuskel har fersk krabbemuskel verken elliptisk eller sirkulær form. Dette betyr at estimatorene for fyllingsgraden beskrevet i avsnitt 1 ikke kan benyttes på fersk krabbemuskel. Fra Figur 4 A og C ser vi at kjøttet fyller skallet fra bunn til topp. Vi ser og at muskeloverflaten ikke er flat, men har muskeltråder som er festet i toppen av skallet. Dette gjør det vanskelig å beregne diameteren til muskelen, og den eksakte fyllingsgraden.

I levende krabber er tomrommet i Figur 4 A og C fylt med en klebrig hvit væske. En proteinanalyse av en fersk kongekrabbe viste at væsken inneholdt 2.3 % protein (våtvekt), og kjøttet inneholdt 14.3 % protein.



Figur 5. Plottene illustrerer fyllingsgrad (A), diameter på krabbeskallet (B) og vekt (C) for seks ulike snitt av krabbelegger før og etter koking. Snittene som er brukt er ca. 5 cm lange.

3 INSTRUMENTERING

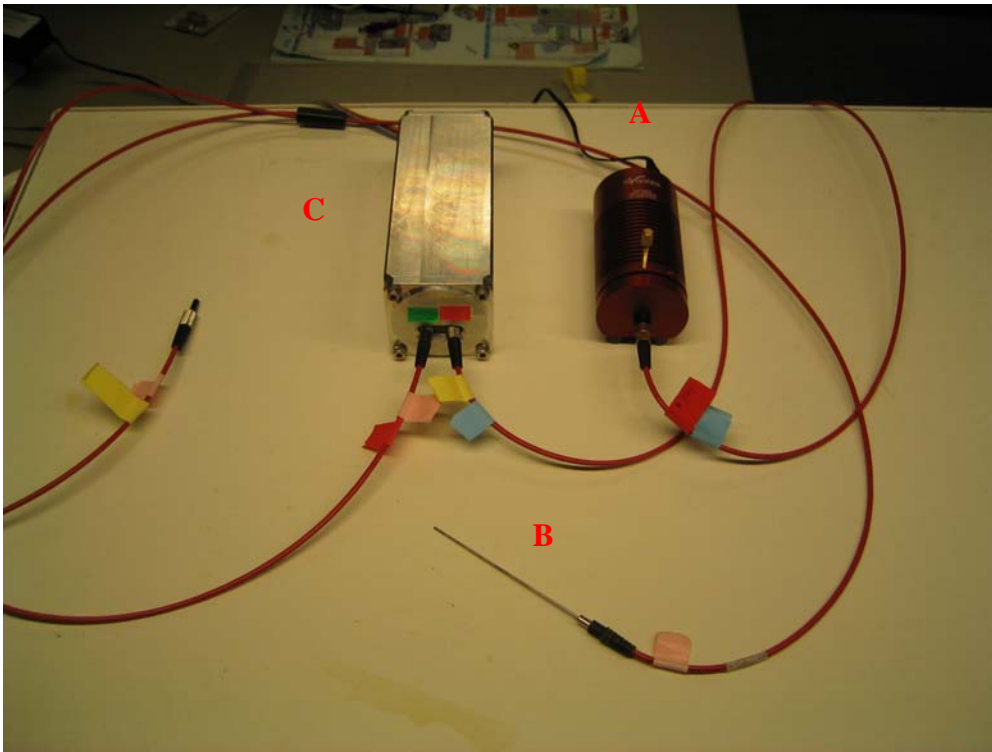
Instrumenteringen vi har brukt består av en halogen fiber lyskilde (AVANTES HL-2000-FHSA), fiberprober (AVANTES FCR-7IR200-1,5x100-2) og et tokanals spektrometer som kan registrere stråling i området 580-1080 nm. De ulike bestanddelene i instrumenteringen er vist i Figur 6. Lyskilden gir ut et spekter som vist i

Figur 7. Fiberprobene inneholder to fiberbunter, der den ene bunten har seks fibrer og den andre bunten har et fiber. Disse fiberprobene er designet for bølgelengder mellom 350 og 1100 nm. Spektrometerets viktigste bestanddeler er en spektrograf og en 14-bits linje detektor med 512 elementer. Spektrografen har to kanaler, der hver kanal sprer lyset over hver sin halvdel av detektoren. Hvert element registrerer mengden av lys innenfor et gitt tidsintervall og representerer dette som 14 bit, dvs. et tall mellom 0 og 16384. Disse tellingene refereres til som råtellingene (CTS). Tidsintervallet refereres til som eksponeringstid, og kan varieres mellom 10 og 2550 ms. Ønsker man å regne om råtellingene til absorbans, kan man bruke følgende formel [2]

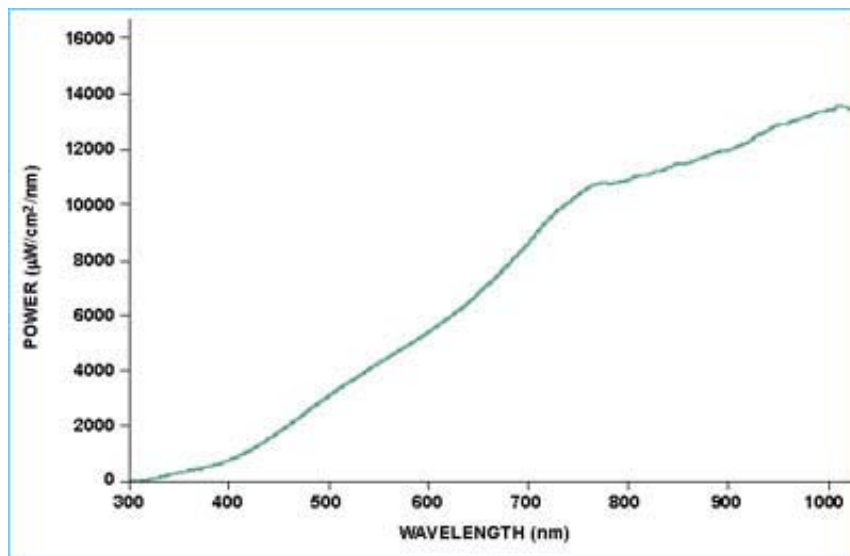
$$A = \log_{10} \left(\frac{T_s}{T_r} \cdot \frac{I_r}{I_s} \right) = \log_{10} \left(\frac{T_s}{T_r} \right) + \log_{10} \left(\frac{I_r}{I_s} \right).$$

Formel 4. Omregningsformel fra råtellingene til absorbans. T_s og T_r representerer eksponeringstidene til henholdsvis signalet og referansen. I_s og I_r representerer råtellingene til henholdsvis signalet og referansen.

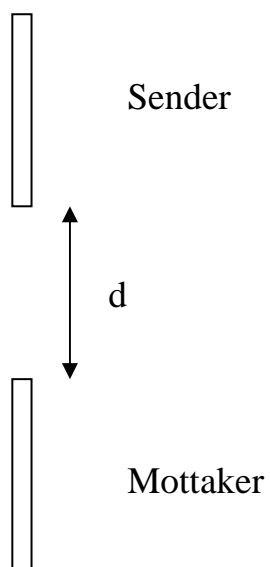
Formel 4 forutsetter at råtellingene som funksjon av eksponeringstid er en lineær funksjon. Dette er ikke alltid tilfelle for CCD sensorer, og hvor lineær funksjonen er avhenger av sensoren, ladning på CCD-en og intervallet av eksponeringstid vi betrakter.



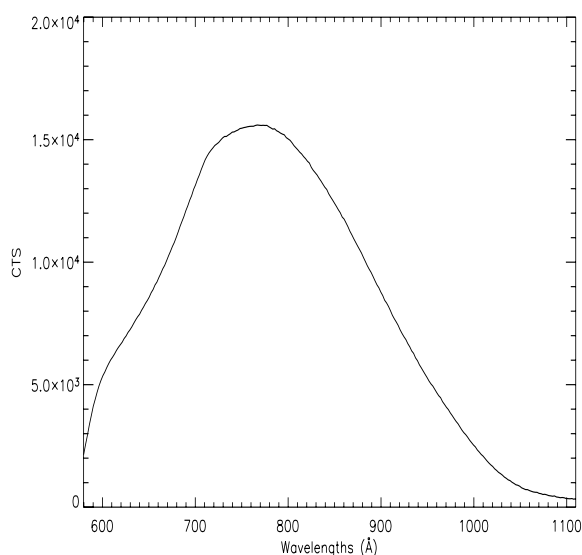
Figur 6. Bilde viser de ulike bestandelene i instrumentering brukt for å måle fyllingsgraden. (A) AVANTES lyskilde, AVANTES fiberprobe og (C) Spektrometeret.



Figur 7. Spektet fra lyskilden (www.avantes.com).



Figur 8. Måleoppsett for analyse av spektrometer data.



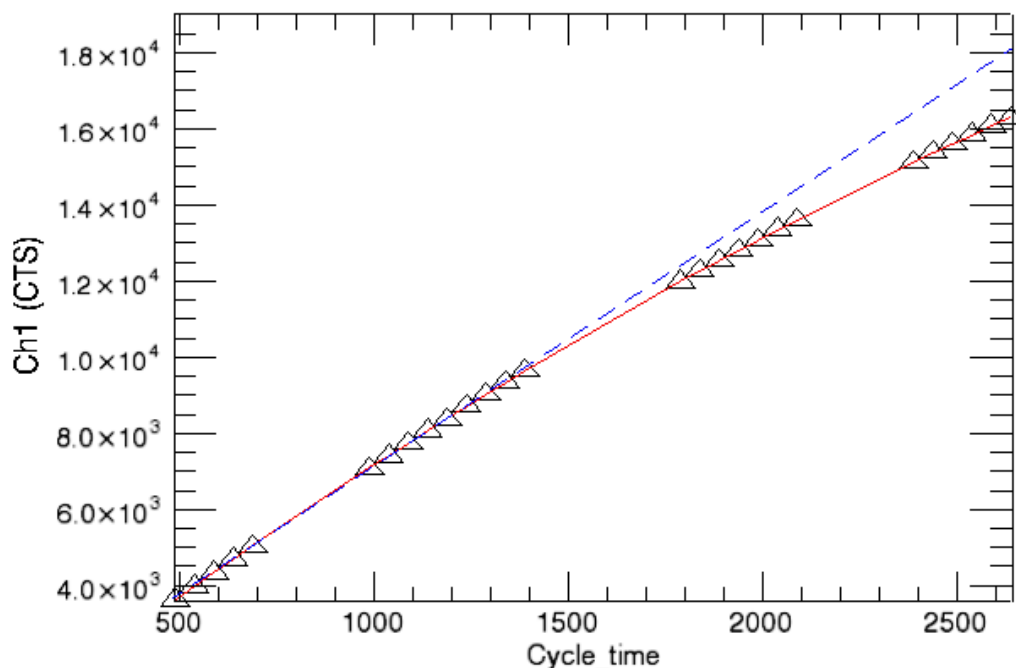
Figur 9. Måling gjort med $d = 14.73\text{mm}$ og eksponeringstid = 100ms.

I Figur 9 ser vi resultatet etter en måling med oppsettet fra Figur 8 og parametrene $d = 14.73\text{mm}$ og eksponeringstid = 100ms. Sammenligner vi dette med

Figur 7 ser vi at til tross for at lyskilden har uniform økende lysintensitet i området som spektrometeret måler (580-1080nm), er responsen fra instrumentet uniformt avtagende fra ca. 800nm. Dette skyldes at sensitivitet til CCD detektoren er sterk avtagende for bølgelengder over 800nm.

3.1 Linearitetsanalyse

For å studere hvor lineær råtellingene (CTS) på CCD-en er som funksjon av eksponeringstiden brukte vi oppsettet i Figur 8. Vi fikserte probene i en avstand d , og gjorde etterfølgende målinger med ulike eksponeringstider. Når signalet ble svakt ($<2500\text{CTS}$) eller CCD-en gikk i metning, reduserte eller økte vi henholdsvis avstanden mellom probene.



Figur 10. Målingene er gjort med $d=41.75\text{mm}$ for bølglengden 780nm , og er vist som funksjon av eksponeringstid i millisekund. Den kurvede røde linjen indikerer en kvadratisk kurvetilpasning. Den blå stiplede linjen indikerer de estimerte råtellingene som funksjon av eksponeringstid, basert på en målt verdi med en eksponeringstid på 700ms .

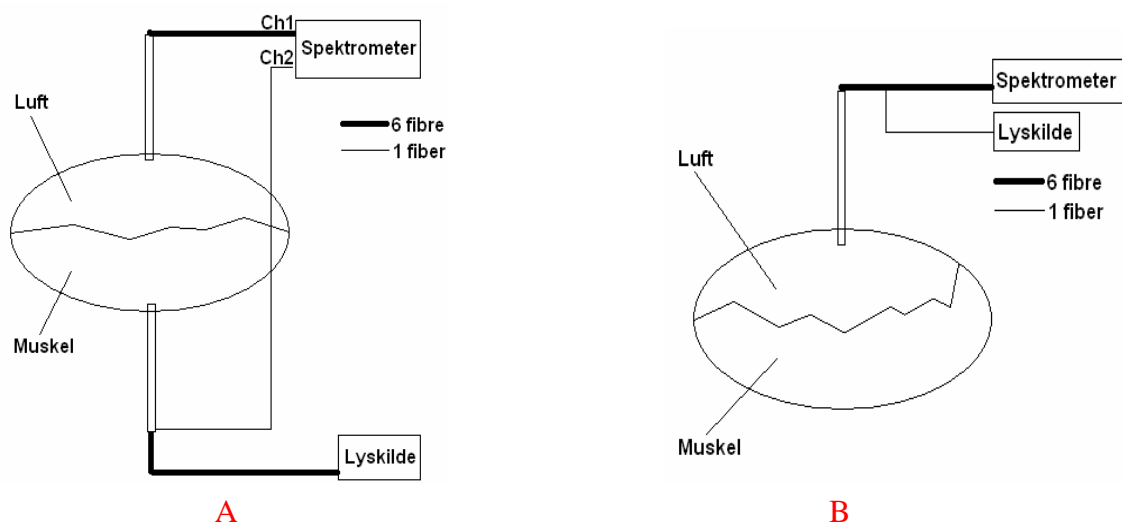
Fra Figur 10 ser vi at CTS som funksjon av eksponeringstid ikke er lineær. Vi ser og at en kvadratisk kurve, $Y=aX^2+bX+c$, gir en perfekt tilpasning. Parametrene a, b , og c ble beregnet hjelp av minste kvadraters metode [3]. I figuren har vi tegnet på en blå stiplede linje som indikerer estimerte råtellingene (CTS) som funksjon av eksponeringstid. Dette estimatet baserer seg på en måling med eksponeringstid på 700ms og antagelse om lineær sammenheng mellom råtelling og eksponeringstid. Vi ser at feilen øker raskt som funksjon av eksponeringstid.

3.2 Belysningsfunksjonen til probene

Når vi lar en probe belyse en vilkårlig flate, er belysningsfunksjonen den mengden lys som treffer flaten som funksjon av posisjon. Vi har sett at våre prober har en tilnærmet sirkulær belysningsfunksjon, hvor intensiteten avtar hurtig fra senter og utover. Belysningsfunksjonen avhenger av avstanden mellom proben og flaten, og størrelsen på området som belyses avhenger av belysningsvinkelen. Når vi antar at belysningsfunksjonen er sirkulær, er belysningsvinkelen lik i alle retninger. Belysningsvinkelen kan estimeres som $\theta = 2 \cdot \tan^{-1}(D/2 \cdot h)$, der D er diameteren på området som belyses, og h er avstanden mellom proben og platen. Vi estimerte våre prober til å ha en belysningsvinkel på 16 grader. Belysningsfunksjonen beskriver også hvordan probene vil fange opp lys. Våre prober har en raskt avtagende belysningsfunksjon med en lav belysningsvinkel. Dette gjør at nøyaktig posisjoneringen av probene er kritisk for å fange opp mest mulig lys.

4 METODE

Vi har testet ut to ulike måleprinsipper basert på instrumenteringen beskrevet i avsnitt 1. Begge prinsippene krever at man lager ett eller to hull i skallet på krabbeleggen, hvert med diameter på 1.5 mm, slik at probene kan skyves innenfor skallet.



Figur 11. Måleoppsett for NIR transmisjon(A) og NIR transfleksjon(B).

4.1 Måleprinsipp 1: NIR transmisjon

Dette prinsippet baserer seg på å bruke to prober (Figur 11A), hvor en virker som sender og den andre virker som mottaker. Vi antar at muskelen har et bestemt absorpsjonsspekter, og at vi ved hjelp av en eksponering skal kunne estimere mengden av kjøtt som lyset har passert fra sender til mottaker. Begge måleprobene ble brukt, der fiberbunten med 6 fiber i den ene proben ble koplet til lyskilden og fiberbunten med 6 fiber i den andre proben ble koplet til den ene kanalen på spektrometeret.

4.2 Måleprinsipp 1: NIR transfleksjon

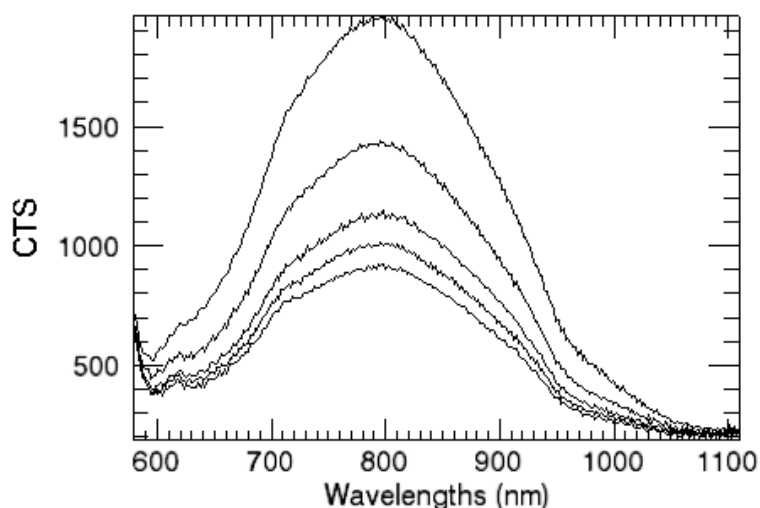
Prinsippet går ut på å benytte seg av en probe (Figur 11B), der seksfiberbunten brukes som sender og en-fiberbunten brukes som mottaker. Når denne proben kommer i kontakt med et medium vil noe av lyset transmitteres igjennom en liten del av mediet, og en del av lyset vil bli absorbert. Dette refereres til som transfleksjon. Prinsippet baserer seg på antagelsen om at krabbekjøttet har et spesielt absorpsjonsspekter, og at vi kan detektere når proben er i kontakt med krabbekjøttet. Prinsippet baserer seg videre på antagelsen om at vi kan estimere fyllingsgraden når vi kjenner diameteren på muskelen i et punkt.

5 RESULTATER

I dette avsnittet viser vi noen av resultatene fra NIR målingene gjort med instrumenteringen beskrevet i avsnitt 4. Målingene er gjort på ferske krabbelegger.

5.1 Resultater fra NIR transmisjons målingene

Måleoppsettet for NIR transmisjon er vist i Figur 11A. Ideen bak metoden var at vi vha. en eksponeringen skulle kunne estimere mengden av kjøtt som lyset hadde passert, og bruke dette til å beregne fyllingsgraden. Variasjoner som kan oppstå i målinger på krabbelegger med lik fyllingsgrad, og som metoden må være robust mot, er endringer i avstanden mellom mottaker og muskeloverflate, vinkelen på mottakerproben og endringer i strukturen på muskeloverflaten. For å teste dette gjorde vi etterfølgende målinger på en krabbelegg hvor vi varierte avstanden mellom mottakerproben og muskeloverflaten. Resultatene fra en slik måleserie gjort med en eksponeringstid på 2550 ms på en krabbemuskel med diameter på 12 mm er vist i Figur 12.



Figur 12. Resultatet fra fem transmisjonsmålinger gjort på fersk krabbe muskel. Vi ser at intensiteten avtar når avstanden mellom probene øker. Avstanden mellom proben som funksjon av økende intensitet er henholdsvis 21.8mm, 18.63mm, 15.86mm, 14.71mm og 13.94mm. Mottakerproben er i kontakt med muskelen for de to siste målingene.

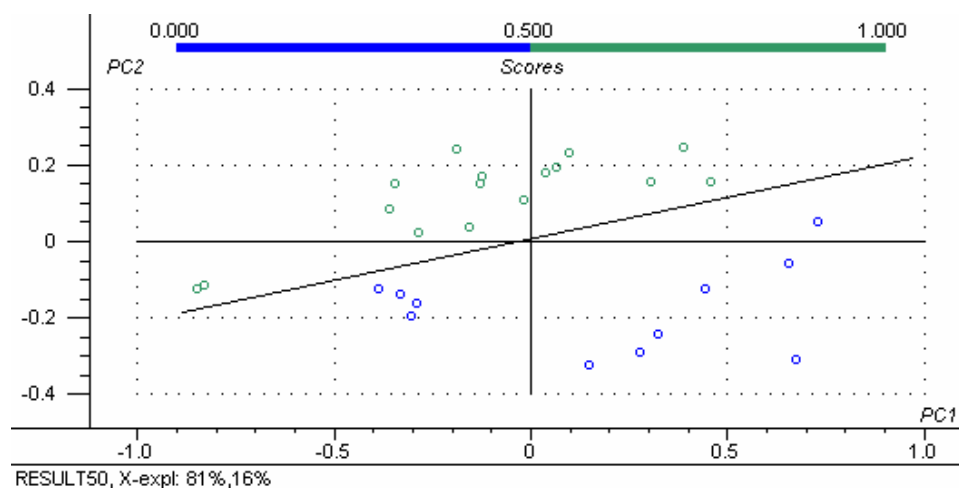
Fra figuren ser vi at signalet har en meget lav intensitet for de målingene proben ikke er i kontakt med muskelen, og at signalet øker kraftig i intensitet i det mottakerproben kommer i kontakt med muskelen. Maksverdien for de tre laveste målingene er ca. 6 % av maksimal intensitet som instrumentet kan registrere.

NIR transmisjon gir et veldig svakt signal, til tross for at vi måler på en middels tykk muskel og bruker maksimal eksponering. Vi har og sett at signalet varierer sterkt som funksjon av endringer i vinkelen på mottakerproben, strukturen på muskeloverflaten og avstanden mellom mottakerproben og muskeloverflaten. Vi konkluderer derfor med at NIR transmisjon ved hjelp av vår instrumentering ikke er en egnet metode for å måle fyllingsgraden i legger fra kongekrabber.

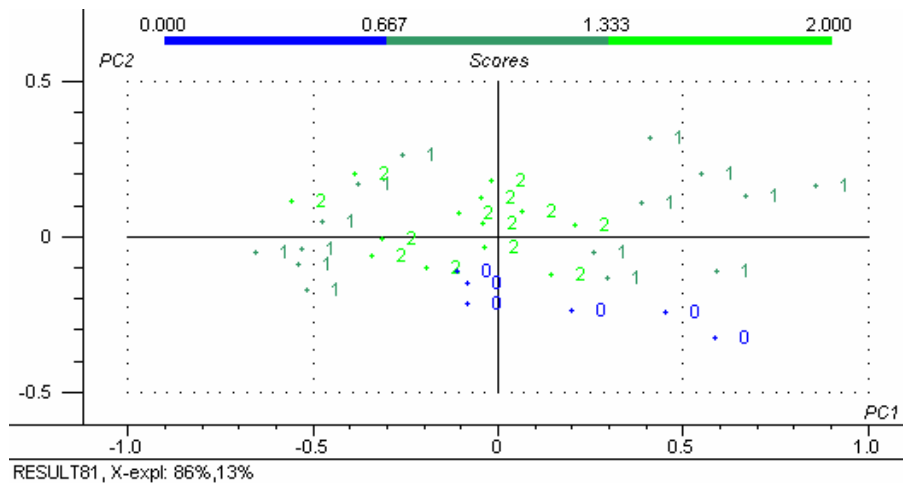
5.2 Resultater fra NIR transfleksjon

Måleoppsettet for NIR transfleksjon er vist i Figur 11B. Metoden baserer seg på at en probe benyttes som både sender og mottaker. Vi ønsker å kunne detektere når proben er i kontakt med muskelen, og bruke informasjonen om probens posisjon og diameteren på skallet til å beregne tykkelsen på muskelen i målepunktet. For at metoden skal kunne brukes, må den kunne diskriminere mellom målinger der proben er i kontakt med muskel og muskeltråder festet i skallveggen som vist i Figur 4A.

De første målingene gjorde vi på høyre framlegg fra tre ulike krabber. Målingene ble gjort ved at vi saget over leggen i frossen tilstand, og lot den tine i romtemperatur. Deretter laget vi et hull i skallet ca. 1 cm bak snittet slik at vi så hvor probespissen var i forhold til muskelen, og registrerte transfleksjonspektrene som funksjon av posisjon til probespissen. Hensikten med disse målingene var å verifisere at vi faktisk kan detektere når proben er i kontakt med muskel. Vi observerte at ved å normalisere transfleksjonsmålingene til å ligge i området 0 til 1 og transformere dataen til PCA rommet [4] var målingene som representerer henholdsvis kontakt og ikke kontakt mellom proben og krabbemuskel, lineært separerbar i rommet spent ut av første og andre prinsipal komponent. Dette er vist i Figur 13.



Figur 13. PCA av 27 ulike normaliserte transfleksjonsmålinger gjort på høyre framlegg fra tre ulike krabber. 11 av målingene er gjort med proben i kontakt med krabbemuskel (blå sirkler), og de resterende 16 målingene er gjort med proben i ulike avstander fra krabbemuskel.



Figur 14. Første og andre PCA komponent av 34 normaliserte transfleksjonsmålinger. Målingene er gruppert i tre klasser: ikke kontakt (0), kontakt med porøs muskel eller muskel tråd (1), og kontakt med krabbemuskel (2).

Muskeltråder og porøs muskel festet i øvre del av skallet er ofte å finne i ferske krabbelegger. Dette kan gi et feilaktig estimat av tykkelsen på muskelen og fyllingsgraden. Vi plukket ut tre krabbelegger med en god del muskeltråder og porøs muskel, saget av krabbene i frossen tilstand, laget et hull ca. 1 cm bak snittet, og lot leggene tine i romtemperatur. For hver transfleksjonsmåling registrerte vi råtellingene, posisjonen til probespissen og hvilken type muskel probespissen var i kontakt med. Deretter normaliserte vi råtellingene til å ligge i området 0 til 1 og transformerte de normaliserte råtellingene til PCA rommet. Første og andre PCA komponent er vist i Figur 14, der vi har delt målingene i tre klasser: målinger der proben ikke er i kontakt med muskel (0), kontakt med porøs muskel eller muskeltråder (1) og kontakt med muskel (2). Fra figuren ser vi at målingene som representerer ikke kontakt (klasse 0) er lineær separerbar fra målingene som representerer kontakt med muskel (klasse 2), noe som underbygger resultatene fra Figur 13. De to øvrige klassene (klasse 1 og 2) overlapper delvis med hverandre.

Transfleksjonsmålingene indikerer at det er mulig å bestemme tykkelsen til krabbemuskelen i målepunktet, men at transfleksjonsmålinger av muskeltråder og porøsmuskel har stor likhet med transfleksjonemålinger av solid muskel. Vi har sett at disse klassene ikke er lineær separerbar i PCA rommet.

6 DISKUSJON

Det er vanlig å estimere fyllingsgraden i klør fra kokte kongekrabber som forholdet mellom diameteren på kjøttet og diameteren på skallet. I avsnitt 2.1 har vi vist at denne estimatoren kan gi store feil når fyllingsgraden er liten, og feilestimat på opptil 60 % er registrert. Vi har foreslått en annen og bedre estimator for estimering av fyllingsgraden i kokte krabbelegger (Formel 2), og vi har vist at denne estimatoren halverer den midlere kvadratiske feilen. Muskelens geometri endrer seg når krabbeleggen kokes, og gjør det vanskelig å sammenligne fyllingsgraden før og etter koking. Estimatorer for fyllingsgraden som brukes på kokte krabbelegger kan derfor ikke benyttes på ferske krabbelegger.

NIR transmisjon vha. vår instrumentering egner seg ikke til måling av fyllingsgrad, dette skyldes at mesteparten av lyset som sendes igjennom muskelen absorberes eller spres vekk fra mottaker proben. Signalet blir derfor meget svakt, og vi får et lavt signal til støy forhold som gjør det vanskelig å trekke ut nyttig informasjon.

NIR transfleksjonsmåling egner seg til å estimere tykkelsen på krabbemuskel i målepunktet. Vi har for øvrig sett at porøs muskel og muskeltråder, som ofte er å finne i ferske krabbelegger, kan medføre problemer. Disse problemene kan muligens unngås ved å sammenligne etterfølgende målinger, slik at faren for overestimering av muskeldiameteren kan reduseres. Ikke lineære klassifikatorer bør også vurderes, og en mulig type klassifikatorer som kan løse et slikt ikke lineært problem er klassifikatorer basert på nevrale nettverk [4]. For at NIR transfleksjonsmålinger skal kunne brukes i estimering av fyllingsgrad i ferske kongekrabbelegger, trenger vi en estimator for fyllingsgraden basert på muskeltykkelse og skalldiameter. En slik estimator er foreslått i avsnitt 8.

7 KONKLUSJON

I dette prosjektet har vi studert bruken av NIR spektroskopi for måling av fyllingsgraden i ferske krabbelegger. Vi har og sett på hvordan fyllingsgraden endrer seg under koking og hvordan fyllingsgraden i kokte krabbelegger kan estimeres. For å få et kvantitativt mål på fyllingsgraden i kokte legger er det vanlig å bruke forholdet mellom diameteren på kjøtt og skall. Vi har vist at dette forholdet overestimerer fyllingsgraden, og feilen kan bli meget stor når fyllingsgraden blir lav. Overestimering med 60 % er registrert. Vi konkluderer med at denne estimatoren ikke bør brukes på kokte legger fra kongekrabber. Vi har foreslått en bedre estimator for fyllingsgraden i kokte legger, som halverer den midlere kvadratiske feilen.

To ulike instrumentelle metoder er testet for å måle fyllingsgraden i ferske krabbelegger: NIR transmisjon og NIR transfleksjon. Vi konkluderer med at NIR transmisjon ikke egner seg til å måle fyllingsgraden i legger fra kongekrabber. NIR transfleksjon virker lovende med tanke på å måle diameteren til fersk krabbemuskel, men det er for tidlig å si om metode egner seg som en hurtigmetode for måling av fyllingsgrad i levende krabber.

8 VIDERE ARBEID

- For å få et robust mål på muskeldiameteren til ferske krabbelegger basert på NIR transfleksjon, trenger vi en robust ikke-lineær klassifikator. En naturlig fortsettelse av dette prosjektet hadde vært å teste en ikke lineær klassifikator på transfleksjonsdataene. En mulig ikke-lineær klassifikator er for eksempel et nevralt nettverk [4].
- For å kunne beregne fyllingsgraden i ferske krabbelegger basert på NIR transfleksjon, trenger vi en estimator for fyllingsgraden basert på muskeldiameteren. Et forslag til en slik modell er å anta at formen til skallet er elliptisk, og at muskeloverflaten er tilnærmet flat. Formelen til det elliptiske omrisset av skallet kan estimeres vha. utvendige mål på skallet. Fyllingsgraden vil da kunne estimeres som forholdet mellom arealet til det elliptiske skallet, og arealet innenfor skallet avgrenset av den rette muskeloverflaten.

9 REFERANSER

- [1] Fiskeriforskning informerer, Kongekrabben kan bli mer verdt, no.4, april 2002.
- [2] B.G.Osborne og T.Fearn, Near Infrared Spectroscopy in food analysis,1988.
- [3] R.H.Landau og M.J.Paez, Computational physics,1997.
- [4] S. Haykin, Neural networks, a comprehensive foundation,1999.



Fiskeriforskning

Hovedkontor Tromsø:

Muninbakken 9-13

Postboks 6122

N-9291 Tromsø

Telefon: 77 62 90 00

Telefaks: 77 62 91 00

E-post: post@fiskeriforskning.no

Avdelingskontor Bergen:

Kjerreidviken 16

N-5141 Fyllingsdalen

Telefon: 55 50 12 00

Telefaks: 55 50 12 99

E-post: office@fiskeriforskning.no

Internett: www.fiskeriforskning.no

ISBN 82-7251-529-6

ISSN 0806-6221