

Status på instrumentering for objektiv kvalitetsdifferensiering av lakseprodukter

Karsten Heia, Jens Petter Wold og Nils Kristian Afseth





Nofima er et næringsrettet forskningskonsern som sammen med akvakultur-, fiskeri- og matnæringen bygger kunnskap og løsninger som gir merverdi. Virksomheten er organisert i fire forretningsområder; Marin, Mat, Ingrediens og Marked, og har om lag 470 ansatte. Konsernet har hovedkontor i Tromsø og virksomhet i Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Averøy.

Hovedkontor Tromsø
Muninbakken 9–13
Postboks 6122
NO-9291 Tromsø
Tlf.: 77 62 90 00
Faks: 77 62 91 00
E-post: nofima@nofima.no

Internett: www.nofima.no



Vi driver forskning, utvikling, nyskaping og kunnskapsoverføring for den nasjonale og internasjonale fiskeri- og havbruksnæringa. Kjerneområdene er avl og genetikk, fôr og ernæring, fiskehelse, bærekraftig og effektiv produksjon samt fangst, slakting og primærprosessering.

Nofima Marin AS
Nofima Marin
Muninbakken 9–13
Postboks 6122
NO-9291 Tromsø
Tlf.: 77 62 90 00
Faks: 77 62 91 00
E-post: marin@nofima.no

Internett: www.nofima.no

Rapport

ISBN: 978-82-7251-690-0 (trykt)
 ISBN: 978-82-7251-691-7 (pdf)

Rapportnr.:
 24/2009

Tilgjengelighet:
Åpen

<p><i>Tittel:</i> Status på instrumentering for objektiv kvalitetsdifferensiering av lakseprodukter</p>	<p><i>Dato:</i> 9.6.2009</p> <p><i>Antall sider og bilag:</i> 14</p>
<p><i>Forfatter(e):</i> Karsten Heia, Jens Petter Wold og Nils Kristian Afseth</p>	<p><i>Prosjektnr.:</i> 20843</p>
<p><i>Oppdragsgiver:</i> FHL</p>	<p><i>Oppdragsgivers ref.:</i> Kristian Prytz</p>
<p><i>Tre stikkord:</i> Laks, kvalitetsdifferensiering, instrumentering</p>	
<p><i>Sammendrag: (maks 200 ord)</i></p> <p>Noen kvalitetsvariasjoner i lakseråstoff er vanskelig å unngå da de kan skyldes naturlige individvariasjoner. I denne rapporten er muligheten for instrumentell måling av følgende kvalitetsegenskaper diskutert: Blod, melanin, fettinnhold og fettfordeling, pigment og farge, fettsammensetning, kjernetemperatur, bein, synlige defekter og bløt muskel. For hver av disse egenskapene er mulig teknologi for måling diskutert og status på instrumentering er gitt.</p> <p>De instrumentelle metodene som er diskutert er røntgen, synlig og nær infrarød spektroskopi, Raman spektroskopi, infrarød spektroskopi, NMR og høyoppløselig fargeavbildning. Konklusjonen er at de fleste kvalitetsegenskapene kan måles ved hjelp av en spektroskopivariant med unntak av beindeteksjon som krever røntgen. Synlige defekter kan i tillegg også måles ved hjelp av fargeavbildning. Felles for alle kvalitetsegenskapene, med unntak av bein, er at det enten er snakk om tilpasning av en kommersiell løsning eller en kortsiktig utvikling av teknologiløsning. Mye arbeid er allerede gjort.</p>	
<p><i>English summary: (maks 100 ord)</i></p>	

Innhold

1	Innledning	1
2	Blodflekker og dårlig utblødning	2
3	Melaninflekker	3
4	Fett og fettfordeling	4
5	Pigment og farge	6
6	Fettsammensetning	8
7	Kjernetemperatur / isfraksjon	9
8	Påvisning av bein	10
9	Synlige defekter – vintersår, deformiteter, spalting, osv	11
10	Tekstur – bløt muskel	12
11	Oppsummering.....	13
12	Referanser.....	14

1 Innledning

Noen kvalitetsparametere på oppdrettslaks er av en slik natur at de har en naturlig varians og noen kvalitetsfeil kan ikke garanteres fraværende. Dette kan utgjøre en utfordring da resultatet av foredlingsprosessen kan avhenge av de varierende råstoffegenskapene, og at spesifikke egenskaper ikke er forenelig med sluttproduktet. For å oppnå en optimal anvendelse av råstoffet og en jevnest mulig kvalitet på sluttproduktet er det viktig å kunne sortere råstoffet instrumentelt med hensyn på aktuelle kvalitetsegenskaper før det går inn i foredlingsprosessen eller ut i markedet.

Denne rapporten gir en oversikt over aktuelle instrumentelle teknikker som kan anvendes for objektiv måling av ulike kvalitetsparametere i en produksjonslinje. Viktig informasjon om disse teknikkene er hvorvidt de kan anvendes på både hel fisk og fileter, og om de kan anvendes både på rå og prosessert fisk. Det angis også hvor langt utviklingen av utstyret er kommet. Er det kommersielt tilgjengelig, krever det kun små endringer på noe som er kommersielt tilgjengelig, eller er det et større arbeid som kreves for å kunne bruke det i industriell sammenheng?

De kvalitetsparametrene som blir diskutert her er fargefeil på grunn av blod, melanin og pigmentinnhold, måling av fett, fettfordeling og fettsammensetning, samt påvisning av bein og synlige defekter som spalting, deformiteter og vintersår. Videre er måling av kjernetemperatur og isfraksjon diskutert da det er viktige parametere å ha kontroll på i en superkjølingsprosess. Avslutningsvis er det gjort noen betraktninger rundt mulighet for å bruke instrumentelle metoder for å påvise bløt muskel.

De instrumentelle metodene som beskrives her baserer seg på røntgen, synlig (VIS) og nær infrarød (NIR) spektroskopi, Raman spektroskopi, infrarød spektroskopi, NMR og høyoppløselig fargeavbildning. Flere ulike instrumenteringer er kommersielt tilgjengelig eller under utvikling for avansert spektral analyse av prøver. Det som skiller de ulike løsningene er i hovedsak romlig og spektral oppløsning og hvilket måleoppsett som benyttes.

2 Blodflekker og dårlig utblødning

Blodflekker i filet og dårlig utblødning kan representere et problem ved produksjon av f. eks. røykelaks. Det er vanskelig å se blodflekker inne i rå fileter før prosessering, men etter røyking fremkommer flekkene som et mørkt område i produktet. For påvisning av blodflekker inni filet finnes det ikke kommersiell teknologi som kan benyttes direkte i prosesslinjen. Imidlertid utvikler Nofima Marin i samarbeid med Baader et system som kan inspisere fileter som passerer på et transportband med inntil 40 cm/s (Sivertsen et al., 2009)). Dette systemet er basert på avbildende spektroskopi og kan påvise blodflekker inntil 10 mm ned i fileten, men har ikke vært testet for påvisning av blodflekker i rund fisk.

I Figur 1 er det vist to eksempler på påvisning av blod i laksefilet. Fileten til høyre har jevnt over høyt innhold av blod, mens fileten til venstre har en blodflekk bak på fileten. Det er tydelig at selv med en enkel analyse av hyperspektrale bilder er det mulig å sortere fileter på blodinnhold. Tilsvarende resultater oppnås både på ferske, saltede og røykte fileter.

Anvendelse:

- Muliggjør sortering av ferske fileter basert på innhold av blod og spesielt blodflekker før videre prosessering.
- Kan også anvendes for sortering / kvalitetskontroll etter prosessering (salting/røyking)
- Til trimming/avskjær.



Figur 1 Kunstig fargebilde av laksefileter med tilhørende blodfremhevet bilde til høyre. Bildene er ikke kalibrert for korrekt fargegjengivelse.

3 Melaninflekker

Melaninflekker i laks blir ofte knyttet til vaksinerings av fisken og forventes å fremkomme spesielt i gattområdet. Det viser seg imidlertid at disse flekkene også kan forekomme i andre områder. Dersom de er i overflaten av fileten kan de sees som mer gråe områder på filetene. Hvorvidt de kun er i overflaten eller om det er flekker inni filene er ikke mulig å påvise ved visuell inspeksjon. Ved bruk av avbildende spektroskopi (Nofima Marin/Baader) er det utviklet løsninger som muliggjør å avdekke hva som skjuler seg inni filetene. Denne teknologien er egnet for anvendelse på filet og stykninger av filet, både i rå og prosessert tilstand. Det er ikke kartlagt hvorvidt det er mulig å analysere rund fisk med hensyn på melanin med denne teknologien.

Melanin absorberer lys over et stort spektralt område og kan slikt sett forveksles med for eksempel finnerester eller lignende. Det er utviklet bildeanalyseløsninger som kan skille disse fenomenene. Ved analyse av de multispektrale bildene vises det tydelig hvorvidt det dreier seg om et overflatefenomen eller om det er melanin innover i fileten, se Figur 2. I begge tilfellene fremkommer melaninflekkene som et mørkt felt i bildet, men i det tilfellet at flekken også er inni fileten blir det mørke feltet mye kraftigere.

Anvendelse:

- Kan brukes til online sortering av fileter for styring til optimal anvendelse.
- Kan brukes til kvalitetskontroll av produkter både i rå og prosessert tilstand spesielt med tanke på innvendige melaninflekker.



Figur 2 Kunstig fargebilde av to laksefileter med tilhørende analyseresultat for melanin til høyre. Melaninflekken i fileten til venstre gikk helt ned til skinnen, mens i fileten til høyre var flekken kun i overflaten. Bildene er ikke kalibrert for korrekt fargegjengivelse.

4 Fett og fettfordeling

Fettinnhold i laks er regnet blant de viktigste kvalitetsegenskapene for laks og laksefilet. Det er derfor lagt ned betydelig arbeid for å utvikle metoder for effektiv måling av fettinnhold. Per i dag finnes det minst 3 kommersielle systemer for hurtigmåling av fett i laks.

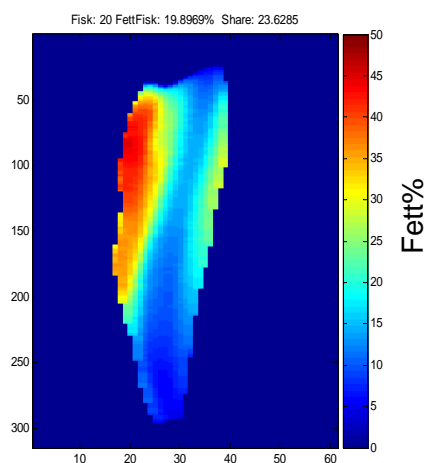
PhotoFish er et system som er beregnet på å måle fett og farge i laksefileter. Filetene legges inn i en fotoboks med optimal belysning og et høyoppløselig bilde tas med RGB kamera. Basert på fotografiet kan pigmentinnhold estimeres, og basert på de hvite stripene (myocommata) beregnes fettinnholdet.

Anvendelse: Systemet er beregnet på oppdrettere som ønsker en rask stikkprøvekontroll av fett og farge på fisken sin. Bilde sendes over nett til en server, og verdier for fett og pigment sendes tilbake. Systemet er altså ikke anvendelig i produksjonslinja for måling av alle fileter, men kan erstatte kjemiske stikkprøvemålinger.

QMonitor (QVision AS) er et online system som måler både gjennomsnittlig fettinnhold og fettfordeling i laksefileter. Systemet er designet for å stå over et transportbånd og har en kapasitet på 1 – 2 fileter per sekund. Per i dag brukes systemet i 1-2 lakseforedlingsbedrifter. Systemet baserer seg på nærinfrarød (NIR) spektroskopi i kombinasjon med avbildning og kan også måle vann, protein, pigment og farge på filetene (Wold et al., 2006; ElMazry&Wold, 2008).

Anvendelse:

- Systemet kan brukes til sortering av alle fileter i henhold til gjennomsnittlig fettinnhold; til ulike markeder, kunder eller foredlingsprosesser.
- Kan også måle fettinnhold i porsjonstykker av filet.
- Målinger kan gjøres gjennom plast på ferdig pakket filet, og om ønskelig kan fettinnholdet deklarerer på pakninger.
- Siden også fettfordelingen avbildes kan dette anvendes til automatisk trimming av filet i henhold til fettmengde. Til avlsformål kan dette effektivt brukes til å samle inn detaljert informasjon om fettdeponering i fileter fra tusentalls fisk.
- Kan også brukes til å samle informasjon om fettinnhold på laks fra ulike batcher eller oppdrettsanlegg, som igjen kan samholdes med for eksempel foringsregimer.



Figur 3 Fettfordeling i laksefilet målt on-line.

QPoint (QVision AS) er et nylig utviklet system for måling av fett i hel, gjerne levende laks. Systemet er designet som en koffert der laksen legges over et måleområde. Målingen tar om lag ett sekund og er ikke-destruktiv. Kofferten er designet for å brukes ved merdkanten og i ellers røffe og fuktige omgivelser. Dette systemet er også basert på NIR spektroskopi, og man måler gjennom skinnen og inn i muskelen på laksen.

Anvendelse:

- Måling av fett på levende laks innen avl og seleksjon gir en vesentlig effektivisering av arbeidet.
- Måling av fett på levende laks innen fôringsarbeid gir muligheten til å følge de samme fiskene over tid og gir vesentlige innsparinger i utgifter til fettmålinger for øvrig.
- For oppdrettere kan dette systemet brukes til stikkprøver av fettinnhold i laks i stedet for å sende prøver til lab.

Mulig potensiale: QPoint systemet egner seg mindre godt til måling av fett i hel fisk i en produksjonslinje. Dette vil kunne la seg gjøre, men da med et optisk system som er skreddersydd for dette.



Figur 4 Nytt kommersielt system for måling av fett og muligens pigment i hel laks.

Kjernemagnetisk resonans (NMR) er en hurtigmetode som er meget godt egnet til fettmålinger. For de fleste systemer må en prøve tas ut av fisken og plasseres inn i NMR instrumentet. På få sekunder får man så målt fett og vann i prøven. NMR instrumenter er vesentlig enklere å kalibrere enn NIR instrumenter. Metoden kan imidlertid ikke brukes on-line, eller effektivt at-line, foreløpig. Det er gjort en del studier med såkalt NMR-mouse, der målinger gjøres direkte på for eksempel hel fisk. Så langt er det for stor usikkerhet i disse målingene, og utstyret er også vesentlig mer kostbart enn NIR utstyr.

5 Pigment og farge

Fargen på laks og ørretfilet er gitt av pigmentkonsentrasjon og type pigment. Jo mer pigment desto rødere blir kjøttet. Men denne sammenhengen er ikke enkel og lineær. Over et visst nivå av pigment (rundt 10-12 ppm astaxanthin) vil man ikke oppleve laksefileter som særlig rødere enn for høyere konsentrasjoner. Det er også slik at fileter med samme pigmentkonsentrasjon kan ha forskjellig opplevd farge. Et eksempel er at pre-rigor filetert laks bedømmes høyere på Salmofan enn samme laks post-rigor. Dette har trolig med lysspredningseffekter å gjøre. Cellestrukturen i kjøttet endrer seg og vil påvirke fargen på laksen. Dette betyr også at det ikke er trivielt å måle farge og pigment i laks på en rask og ikke-destruktiv måte. Det vil si, fargen kan måles bra, men den vil ikke nødvendigvis være stabil over tid. Pigmentnivået vil stort sett være stabilt, men målingene vil kunne påvirkes av lysspredning.

De systemene som er omtalt over for fettmåling kan også til en viss grad brukes til pigment og fargemåling.

Photofish systemet hevdes å kunne estimere pigment og farge i henhold til Salmofan. For pigment har det vist en nøyaktighet på rundt ± 0.5 mg/kg (Folkestad et al., 2008).

Anvendelse: Dette gir muligheter for raske stikkprøver av pigment i oppdrettsfisk, som igjen kan brukes til å bestemme slaktetidspunkt eller å evt. justere dietten.

QMonitor (QVision AS) kan også brukes til å måle pigment og farge i henhold til Salmofan. Dette gjøres basert på spektroskopiske målinger i det synlige området som blant annet måler absorpsjonstoppen til pigmentene. Systemet er meget godt tilrettelagt for denne type målinger, men det vil være en fordel å gjøre ytterligere forbedringer av pigmentmålingene der det tas høyde for at laksen kan måles på ulike tidspunkter og etter ulike prosesser. Disse vil som nevnt over kunne bidra til endret lysspredning som igjen vil kunne påvirke målinger og måleresultatet.

Anvendelse:

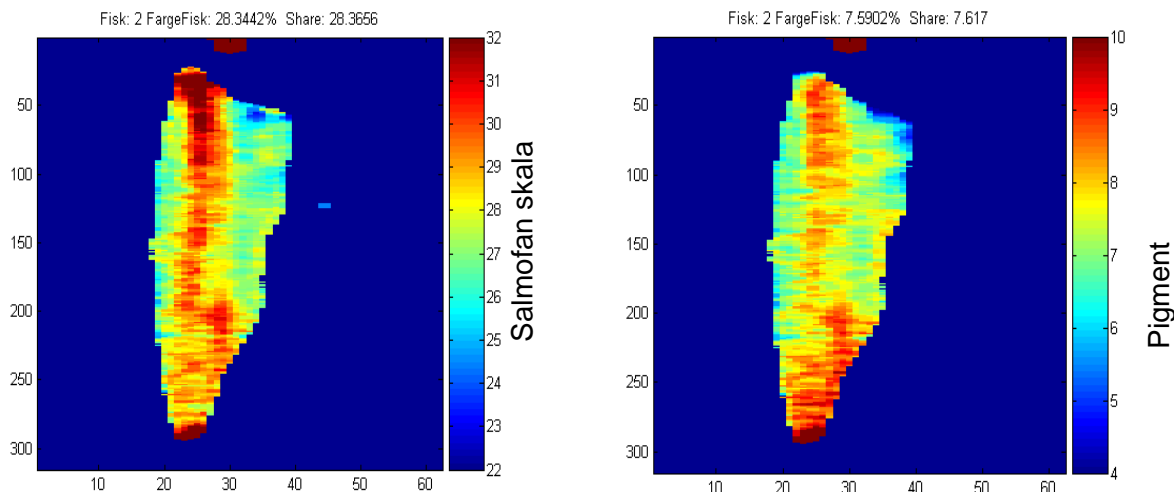
- Måling av pigment i alle laksefileter i prosessen.
- Kan anvendes til deklarasjon og sortering av fileter til ulike markeder og bruksområder.
- Kan brukes til å måle pigmentfordeling innen fileter, eksempelvis påvise ujevn pigmentering.
- Kan brukes til å sjekke pigmentnivå fra ulike leverandører og egne oppdrettsanlegg og derigjennom justere pigmentbruk i føret.

QPoint (QVision) er nylig utviklet, og en målsetting er å få det til å fungere godt for både fett og pigment. Pigment har imidlertid vært vanskelig å få til, trolig fordi skinnet på laksen absorberer mye av det lyset som trengs for en nøyaktig måling av pigment. Per i dag er nøyaktigheten ikke tilfredsstillende for enkeltfisk, mens tilfredsstillende estimerer kan oppnås for grupper av fisk på for eksempel 10 og 10. Det jobbes fremdeles for å forbedre pigmentmålingen på hel fisk men dette krever en viss FoU innsats for å få til. På filet oppnås det imidlertid gode resultater, det vil si en nøyaktighet på rundt ± 0.5 mg/kg (Folkestad et al., 2008).

Anvendelse:

- Måling av pigment på levende laks innen avl og seleksjon gir en vesentlig effektivisering av arbeidet.

- Måling av pigment på levende laks innen fôringsarbeid gir muligheten til å følge de samme fiskene over tid og gir vesentlige innsparinger i utgifter til pigmentmålinger for øvrig.
- For oppdrettere kan dette systemet brukes til stikkprøver av pigment i laks i stedet for å sende prøver til kostbare labanalyser.

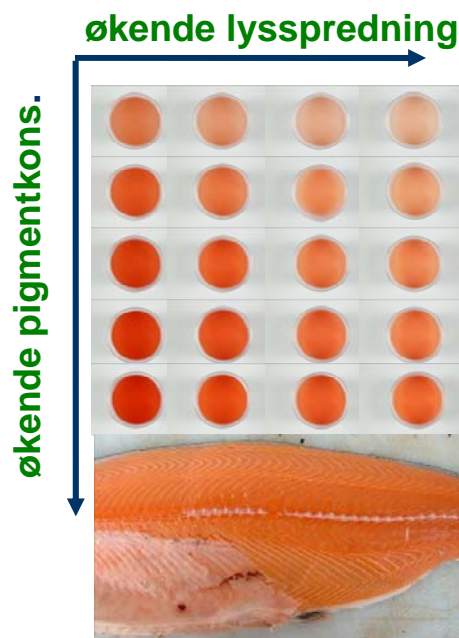


Figur 5 Målt farge (venstre) og pigment (høyre) i en laksefilet.

Farge og lysspredning

Som nevnt over er fargen på laks og ørret trolig gitt av en kombinasjon av pigmentkonsentrasjon og lysspredning. Jo mer lysspredning det er i muskelen, desto blussere blir fargen. Dette kan sees på modellsystemet til høyre, der prøver med like mye pigment varierer i farge med økende lysspredning. Det betyr, at om vi kan måle lysspredningen i fiskemuskel så har vi også et verktøy for å forstå hvorfor fargen varierer på tross av at pigmentinnholdet er det samme. En kan måle hvordan lysspredningen varierer med for eksempel ulik type behandling av fisken. Dette kan gi muligheter til å bedre forstå hvordan vi kan opprettholde god farge og unngå fargetap.

Innen Nofima pågår det for tiden studier av farge og lysspredning på laks, og det vil være mulig å gjøre rutinemessige målinger av lysspredning på laksemuskel. Dette er ment som et forskningsverktøy for å øke forståelsen for sammenhengen mellom pigment og farge. En motivasjon er også å kunne måle pigment mer nøyaktig basert på optiske metoder.



Figur 6 Et modellsystem som viser sammenheng mellom pigmentkonsentrasjon, lysspredning og farge.

6 Fettsammensetning

Fettsammensetningen er blant de viktigste kvalitetsparametrene i laks. Dette er ikke minst knyttet til de helsebringende virkningene av enkelte langkjedede umettede fettsyrer (deriblant omega-3 fettsyrer). Det er forventet en fremtidig økt fokus på dokumentasjon av fettsammensetning i matvarer. Med tanke på produksjon av laks og lakseprodukter vil denne typen analyser i første rekke omfatte to hovedgrupper:

- *Måling av fettsammensetning i laksefilet og prosesserte produkter.* Her tenker man først og fremst på analyser for dokumentasjon av fettsammensetning i laksefilet og prosessert fisk til bruk ut mot forbruker eller andre ledd i verdikjeden.
- *Måling av fettsammensetning i fôr.* Fettsammensetningen i fisken bestemmes i stor grad av fettsammensetningen i fôret. Da marint råstoff er begrenset, benyttes vegetabiliske oljer sammen med marine oljer i fôret, og en rask måling av fettsammensetningen for å bestemme optimalt blandingsforhold kan være ønskelig. En annen faktor er kvalitetsbestemmelse og kontroll av importert råstoff.

Spektroskopiteknikker som NIR-, IR- og Raman spektroskopi er alle kandidater for rask og ikke-destruktiv måling av fettsammensetning i oljer og fiskeprodukter. Nyere forskningsresultater har vist hvordan disse metodene kan brukes til å estimere fettsammensetning (det vil si både enkelte fettsyrer og grupper av fettsyrer) i ulike typer produkter med god presisjon, og i enkelte tilfeller har teknikkene funnet industrielle anvendelser. Det finnes imidlertid per dags dato ingen skreddersydde løsninger for måling av fettsammensetning i laks.

NIR spektroskopi er den av teknikkene som har funnet flest anvendelser i industrien generelt. Teknikken kan brukes for hurtige målinger av både fileter, prosesserte produkter, og av oljer og råstoff, og man har klart å finne gode korrelasjoner mot flere viktige fettsyrer og grupper av fettsyrer. Teknikken har spesielt funnet anvendelser innen måling av fettsammensetning i fettvev fra gris (Muller and Scheeder, 2008). Det er også kjent at teknikken blir brukt av fiskefôrprodusenter for rask estimering av fettsammensetning i oppmalt laksemuskel. Teknikken vil innebære punktmålinger direkte på produkt eller i oljer, men det er forventet at dagens løsninger for avbildende NIR spektroskopi (for eksempel Q-monitor) ikke vil gi tilstrekkelig informasjon for å oppnå gode estimater for fettsammensetningen i fiskefileter. Da det finnes mange industrielt anvendelige NIR målesystemer tilgjengelig, vil rask implementering av teknikken on-line eller at-line være mulig.

Raman spektroskopi er den av teknikkene som benyttes minst i matindustrien. Det er imidlertid vist at teknikken vil kunne gi like gode og tidvis bedre estimater for viktige fettsyrer og grupper av fettsyrer både i oljer og i fiskeprodukter, sammenlignet med NIR (Afseth et al., 2005; Afseth et al., 2006; Beattie et al., 2007). Applikasjoner for måling av fettsammensetning vil måtte basere seg på punktmålinger på bestemte deler av produktet. Anvendelige og robuste instrumenter basert på Raman spektroskopi har imidlertid fortsatt en høy innkjøpspris.

Infrarød spektroskopi vil i første rekke være egnet for målinger av oljer. Teknikken gir estimater for fettsammensetning som er sammenlignet med og noen ganger bedre enn resultater fra Raman spektroskopi (Guillen and Cabo, 1997). Teknikken brukes i dag for eksempel i produksjonen av omega-3 kapsler. Her bestemmes viktige prosessparametere ut fra innholdet av blant annet omega-3 i råoljen.

7 Kjernetemperatur / isfraksjon

Styring av kjølekjeden er svært viktig for å opprettholde god kvalitet gjennom hele produksjonslinja. Temperaturmålinger gjøres gjerne på stikkprøvebasis og det er vanskelig å få til uten fysisk kontakt med fisken. Det er ikke alltid overflatetemperaturen som er den interessante, men heller kjernetemperaturen. Det å sikre at temperaturen på alle produkter ligger under en viss temperatur, eller eventuelt over en bestemt temperatur etter varmebehandling, kan være en viktig kvalitetssikring.

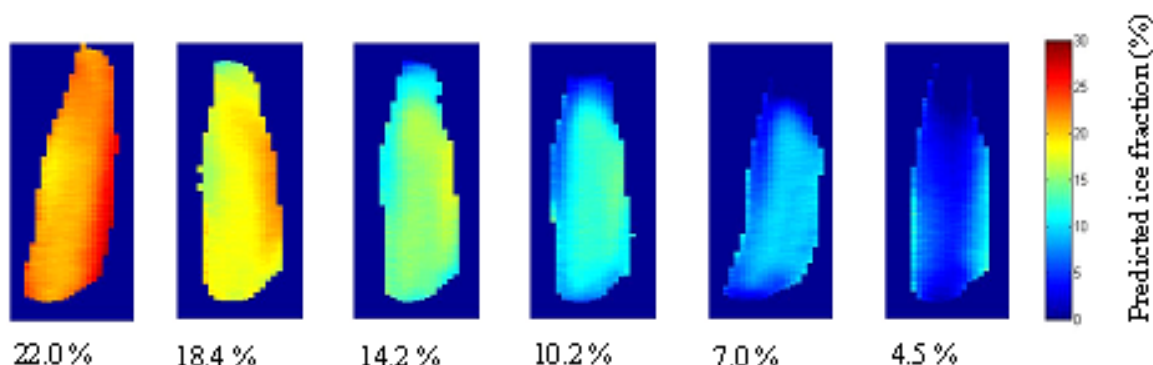
Superkjøling er en teknikk som er i ferd med å bli tatt i bruk på både laks og kjøtt. Produktene fryses på lave temperaturer i kort tid. En mindre andel av vannet (10-30%) i fisken fryser til is; dette gir lengre holdbarhet, lavere transportkostnader fordi isen er inne i fisken og ikke rundt, samtidig som kvaliteten ivaretas på en god måte.

Både isfraksjon og kjernetemperatur kan måles ved bruk av NIR spektroskopi. NIR spektroskopi kan brukes til måling av fett og vann i fisk, som nevnt over. Ved endringer i temperatur eller isfraksjon oppstår det et skift i absorpsjonstoppen for vann, den forskyves. Denne forskyvningen kan måles og brukes til å estimere både isfraksjon og temperatur. Per i dag finnes det ingen kommersielle anvendelser av dette, men vi har gjennom forskningsprosjekter sett at det fungerer bra. Isfraksjon i laksefileter er bestemt med gode resultater basert på QMonitor (Ottestad et al., 2009). Kjernetemperaturmålinger i laksefileter er gjort med samme utstyr med en nøyaktighet på rundt $\pm 0.8^{\circ}\text{C}$ for området $2\text{-}12^{\circ}\text{C}$. Det jobbes også med å måle kjernetemperatur på varmebehandlede produkter i området $70\text{-}100^{\circ}\text{C}$. Dette er også lovende men noe mer komplisert da selve produktet kan endre seg vesentlig i både utseende, struktur og vanninnhold.

Det er ikke utviklet skreddersydde løsninger for denne type målinger, men det finnes utstyr på markedet som vil kunne egne seg for måling av isfraksjon, enten over transportbånd eller til måling av stikkprøver.

Anvendelse:

- Full kontroll av kjernetemperatur på alle produkter i linja.
- Kan også måle gjennom en del typer emballasje.
- Rask måling av isfraksjon er nyttig når superkjølingsrutiner skal utvikles og testes ut. Det er viktig å oppnå riktig isfraksjon for optimal effekt.



Figur 7 Avbildning av isfraksjon i laksefileter.

8 Påvisning av bein

Det finnes i dag teknologi for påvisning av bein i fiskefilet. Denne teknologien ble utviklet for hvitfiskindustrien i et samarbeid mellom Fiskeriforskning og Marel på begynnelsen av 2000-tallet. Instrumenteringen SensorX (Marel Food Systems, Island) er i stand til å påvise bein og beinfragmenter med en diameter ned mot 0,3 mm og lengde ned til 4 mm. Teknologien er ikke i stor grad tatt i bruk av norske filetprodusenter, men har blitt en stor suksess innen filetproduksjon av kylling. I disse dager er SensorX, Figur 8, ett av produktene som Marel selger mest av. Teknologien har de siste årene blitt kraftig forbedret både med tanke på sensorens støynivå og sensitivitet, og det er nå mulig å forbedre sensorenheten slik at enda tynnere bein (0,15-0,2 mm) kan påvises.

De som har testet og eller tatt i bruk denne teknologien har gjort det fordi kundene har krevd garanti for beinfrie produkter. Spesielt for store supermarkedsjeder er dette ønskelig.

Anvendelse:

- Ved å kontrollere alle filetproduktene kan det garanteres beinfrie produkter for de kundene som ønsker det.

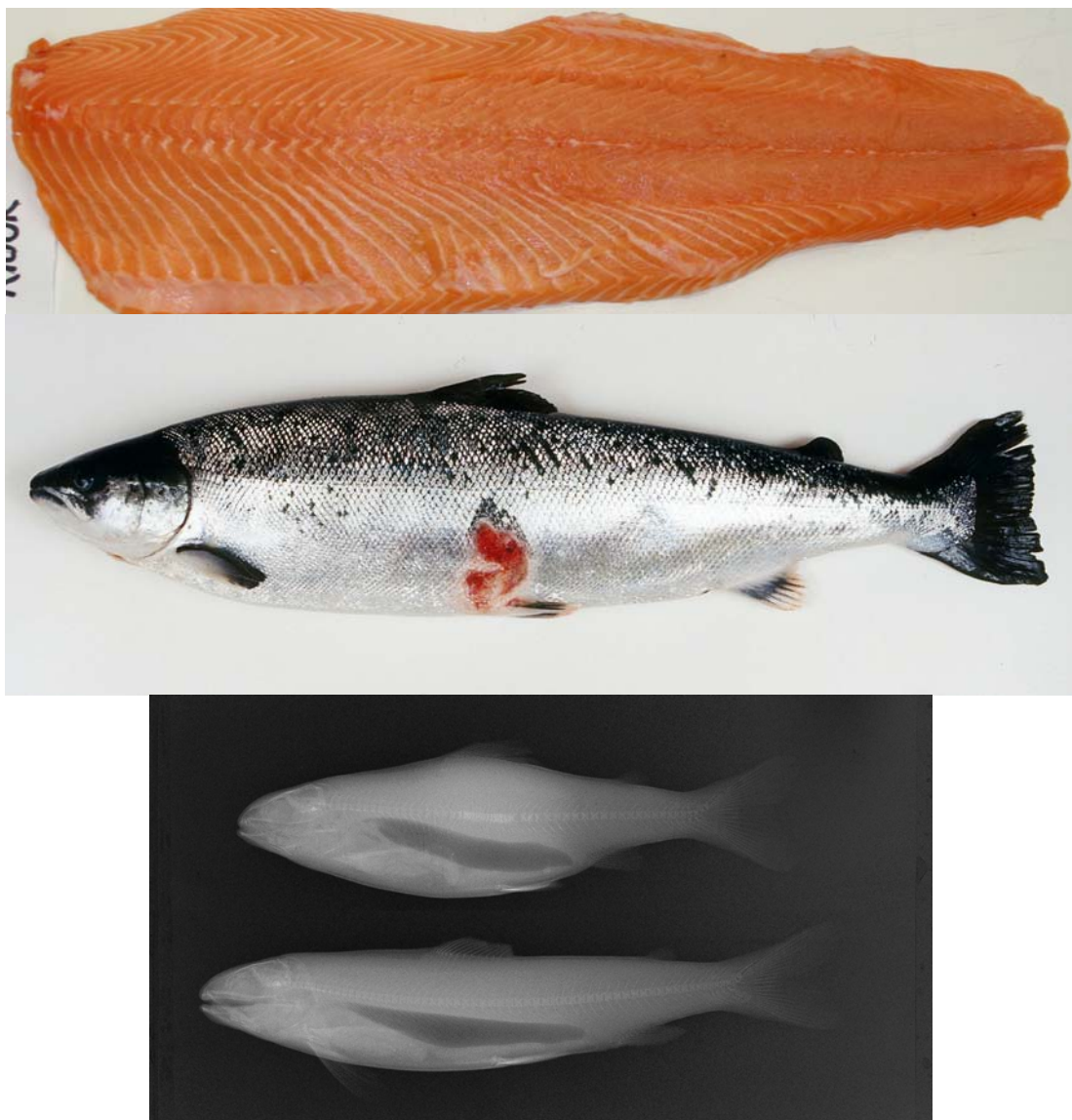


Figur 8 Marel's kommersielle maskin, SensorX, benyttes i stor grad innen kontroll av fjærkreprodukter, men var i sin tid var utviklet for påvisning av tykkfiskbein i hvitfiskfilet.

9 Synlige defekter – vintersår, deformiteter, spalting, osv

Det finnes en rekke maskinsynssystemer tilgjengelig på markedet som baserer seg på gråtone eller 3 kanals avbildning (farge) av objekter. Ved fornuftig valg av bølgelengde(r) og belysningsoppsett kan noen av disse tilpasses inspeksjon av både rund fisk og fileter. For deformiteter og kuttefeil og lignende er antageligvis gråtoneavbildning tilstrekkelig, mens for eksempel vintersår og spalting vil det trolig kreves 3 kanals avbildning for ikke å bli forvekslet med andre fenomener. Røntgen er også et alternativ for påvisning av deformiteter (Figur 9).

For påvisning av spalting er også det å bruke instrumentering for 3-dimensjonal profilmåling (linjelaser i kombinasjon med synssystem) et velegnet alternativ. Selvsagt kan også mer avanserte teknikker basert på avbildende spektroskopi benyttes, men med tanke på teknologibruk og problemstilling vil det være som å skyte spurv med kanon. Eneste argumentet for å benytte en slik teknikk vil være at samme instrumentering kan også benyttes til å bestemme isfraksjon, kjernetemperatur, fettinnhold, etc.



Figur 9 Øverst: Laksefilet med spalting. I midten: Laks med vintersår. Nederst: Røntgenbilde av to lakser der den øverste har en deformitet.

10 Tekstur – bløt muskel

Instrumentelle metoder for påvisning av bløt muskel i laks som kan brukes i en produksjonslinje er ikke testet og dokumentert. Både QMonitor (QVision AS) og instrumentering utviklet ved Nofima Marin er potensielle løsninger som kan anvendes til å påvise bløt muskel (Figur 10). Begge instrumentene baserer seg på å utnytte prøvens spredningsegenskaper og tekstur i avbildningsprosessen. Det er grunn til å anta at laksefiletens tekstur og spredningsegenskaper endres når muskelen er bløt, og at denne endringer er mulig å registrere.

Hvorvidt dette er tilstrekkelig for å påvise og kvantifisere bløt muskel er ikke testet, og hvilken oppløsning som kreves romlig og spektralt på instrumenteringen er heller ikke undersøkt.



Figur 10 QMonitor til venstre og Nofima Marin / Baader sin instrumentering til høyre.

11 Oppsummering

Som vist i denne rapporten er det flere instrumentelle teknikker som er aktuelle å anvende på de diskuterte kvalitetsegenskapene. Tabell 1 oppsummerer status på instrumentering for gitt anvendelse. Instrumenteringen QMonitor og Nofima Marin/Baader instrumentering er samlet under betegnelsen "Avbildende spektroskopi", QPoint er lagt inn i samlebegrepet "NIR spektroskopi", mens PhotoFish ligger i samlebegrepet "RGB avbildning".

Tabell 1 Oppsummering av status for instrumentell sortering av råstoff basert på ulike kvalitetsegenskaper. KP – Kommersielt produkt klart til bruk, KPT – Kommersielt produkt som kan tilpasses, UK – Løsning som kan utvikles på kort sikt (innen 2 år), UL – Løsning som kan utvikles på lang sikt (mer enn 2 år).

	Avbildende spektroskopi	VIS/NIR spektroskopi	Raman spektroskopi	IR spektroskopi	RGB avbildning	NMR	Røntgen
Blod/blodflekker	UK				UK ¹		
Melanin	UK				UK ¹		
Fett/fettfordeling	KPT	KPT			KP	KP ²	
Pigment/farge	KPT	UK			KP		
Fettsammensetning		UK	UL	UK			
Kjernetemperatur	UK	UK					
Bein							KP
Synlige defekter	UK ³				UK		KPT ⁴
Bløt muskel	UL						

¹ Kan kun se flekker i overflaten

² Destruktiv metode hvor prøven må males opp

³ Avansert metode for denne kvalitetsparameteren, kun aktuell dersom den samtidig skal brukes til noe annet

⁴ Kan brukes på deformiteter

12 Referanser

- Afseth, N. K., V. H. Segtnan, B. J. Marquardt, and J. P. Wold, 2005, Raman and Near-Infrared Spectroscopy for Quantification of Fat Composition in a Complex Food Model System: *Applied spectroscopy*, v. 59, p. 1324-1332.
- Afseth, N. K., J. P. Wold, and V. H. Segtnan, 2006, The potential of Raman spectroscopy for characterisation of the fatty acid unsaturation of salmon: *Analytica Chimica Acta*, v. 572, p. 85-92.
- Beattie, J. R., S. E. J. Bell, C. Borggaard, A. M. Fearon, and B. W. Moss, 2007, Classification of adipose tissue species using raman spectroscopy: *Lipids*, v. 42, p. 679-685.
- EIMasry G and Wold JP. 2008. High-speed assessment of fat and water content distribution in fish fillets using online imaging spectroscopy. *J Agric Food Chem.* 56 (17): 7672-7677.
- Folkestad, A., Kolstad, K., Wold, J.P., Rørvik, K.A., Tschudi, J., Haugholt, K.H. 2008. Rapid and non-invasive measurements of fat and pigment concentrations in live and slaughtered Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 280: 129-135.
- Guillen, M. D., and N. Cabo, 1997, Characterization of edible oils and lard by Fourier transform infrared spectroscopy. Relationships between composition and frequency of concrete bands in the fingerprint region: *Journal of the American Oil Chemists Society*, v. 74, p. 1281-1286.
- Muller, M., and M. R. L. Scheeder, 2008, Determination of fatty acid composition and consistency of raw pig fat with near infrared spectroscopy: *Journal of near Infrared Spectroscopy*, v. 16, p. 305-309.
- Ottestad S, Høy M, Stevik A and Wold JP. 2009. Prediction of ice fraction and fat content in superchilled salmon by non-contact interactance near infrared imaging. *J Near Infrared Spectrosc.* 17:77-87.
- Sivertsen A.H., Chu C.K., Wang L.C., Godtliebsen F., Heia K. and Nilsen H., 2009. Ridge detection with application to automatic fish fillet inspection. *Journal of Food Engineering*, 90, 317-324.
- Wold JP, Johansen IR, Haugholt KH, Tschudi J, Thielemann JT, Segtnan VH, Narum B, and Wold E. 2006. Non-contact transreflectance near infrared imaging for representative on-line sampling of dried salted codfish (bacalao). *J Near Infrared Spectrosc.* 14: 59-66.



ISBN 978-82-7251-690-0 (trykt)
ISBN 978-82-7251-691-7 (pdf)
ISSN 1890-579X