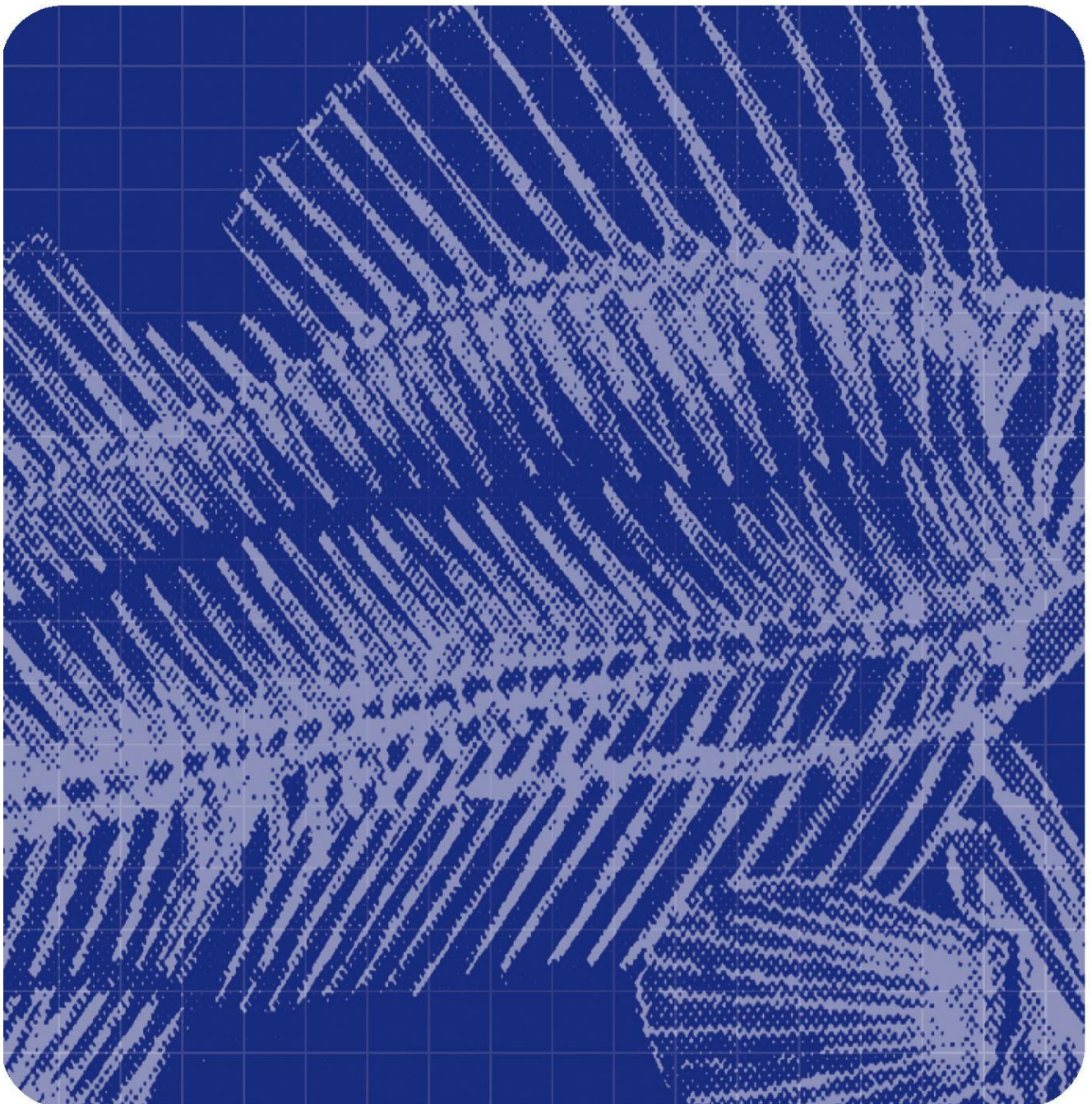




Måling av tørrfiskkvalitet

- Testing og evaluering av instrumentelle metoder

Heidi Nilsen, Jens Petter Wold (Matforsk), Karl Henrik Haugholt (Sintef IKT), Agnar Sivertsen, Karsten Heia, Sjúrdur Joensen og Ingebrigt Bjørkevoll





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.

Gjennom strategisk næringsrettet forskning og utviklingsarbeid, i samarbeid med næringsaktører og det offentlige, skal Fiskeriforskningens arbeid bidra til utvikling av

- etterspurt sjømat
- aktuelle oppdrettsarter
- bioteknologiske produkter
- teknologiske løsninger
- konkurransedyktige foretak

Fiskeriforskning har ca. 170 ansatte fordelt på Tromsø (120) og Bergen (50). Fiskeriforskning har velutstyrte laboratorier og forsøksanlegg i Tromsø og Bergen. Norconserv i Stavanger med 30 ansatte er et datterselskap av 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

RAPPORT

Tilgjengelighet:
(Konfidensiell) – ÅPNET
oktober 2017

<i>Tittel:</i> Måling av tørrfiskkvalitet - testing og evaluering av instrumentelle metoder	<i>Dato:</i> 1. mars 2005
	<i>Antall sider og bilag:</i> 23
	<i>Forskningsjef:</i> Even Stenberg
<i>Forfatter(e):</i> Heidi Nilsen, Jens Petter Wold (Matforsk), Karl Henrik Haugholt (Sintef IKT), Agnar H. Sivertsen, Karsten Heia, Sjørður Joensen og Ingebrigt Bjørkevoll	<i>Prosjektnr.:</i> 20045
<i>Oppdragsgiver:</i> FHF Tørrfiskforum v/Frank Jakobsen	<i>Oppdragsgivers ref.:</i>
<i>3 stikkord:</i> Tørrfiskkvalitet, spektroskopi, røntgen, elektronisk nese, termografi, fluorescens, akustikk	
<i>Sammendrag: (maks 200 ord)</i> For at norsk tørrfisk skal beholde sin sterke posisjon i det viktige italienske markedet blir det også stadig viktigere å kunne garantere kundene at fisken holder den avtalte kvaliteten. Det er viktig for vårt renommé i markedet, og sikrer forutsigbarhet og lønnsomhet for importører og bløyttere i Italia. En ønsker derfor å få utviklet et instrument for å måle strukturen i tørrfisk som kan gi objektive data om kvaliteten i den enkelte fisk. Ved en strukturmåling er det viktige å kunne avdekke og beskrive graden av følgende kvalitetsfeil: Mucoso, surning/harskning, blod i fiskemuskel, frostskafer, spalting, makk, fettinnhold og ytre skader. Målsetningen for prosjektet som helhet er å utvikle instrumentering som kan måle strukturen i fiskekjøttet på tørrfisk og gi objektive data om kvaliteten på hver enkelt fisk. I dette forprosjektet har Fiskeriforskning, Matforsk og Sintef IKT testet flere metoder for kvalitetsmåling på tørrfisk. Metodene som er evaluert er: røntgenmåling, synlig og Nær infrarød spektroskopi (NIR), fluorescens spektroskopi, termografi, akustikk og elektronisk nese. Resultatene i forprosjektet viser at flere metoder er egnet til å påvise kvalitetsfeil i tørrfisk. Det er imidlertid ingen enkeltstående metode som kan påvise alle typer feil som forekommer i fisken. Av metodene som er testet er spektroskopi den som synes mest egnet for utvikling av et måleverktøy til hjelp for tørrfiskvrakere. Spektroskopi kan påvise flere av de viktige kvalitetsfeilene, det er en hurtig metode og det er mulig å utvikle instrumentering i en prisklasse vi tror er akseptabel i næringa. Med bakgrunn i resultatene framkommet i forprosjektet anbefaler vi at dette arbeidet videreføres med fokus på spektroskopiske metoder. I hovedprosjektet bør en optimalisere spektroskopi instrumentering med tanke på tørrfisk som råstoff, og resultatene må verifiseres på en større mengde råstoff enn hva som har vært mulig i forprosjektet.	

INNHOOLD

1	INNLEDNING.....	1
2	MÅLSETTING.....	2
3	BESKRIVELSE AV RÅSTOFFET.....	3
	3.1 Tørrfisk.....	3
	3.2 Utvanna tørrfisk.....	6
4	RØNTGENMÅLINGER.....	9
	4.1 Måleoppsett.....	9
	4.2 Resultater.....	9
	4.3 Konklusjon.....	11
5	FLUORESCENSSPEKTROSKOPI FOR MÅLING AV HARSKNING.....	12
	5.1 Måleoppsett.....	12
	5.2 Resultater.....	12
	5.3 Konklusjoner.....	12
6	MÅLINGER MED ELEKTRONISK NESE.....	14
	6.1 Prøvebehandling og analyse.....	14
	6.2 Resultat.....	14
	6.3 Konklusjon.....	16
7	SYNLIG LYS (VIS) OG NÆR INFRARØD (NIR) SPEKTROSKOPI.....	17
	7.1 Måleoppsett.....	17
	7.2 Resultat.....	18
	7.3 Konklusjon.....	20
8	MÅLINGER UTFØRT VED SINTEF IKT.....	21
	8.1 Spektroskopi.....	21
	8.2 Akustikk.....	21
	8.3 Termografi.....	21
9	OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER.....	22
10	FORSLAG TIL VIDERE ARBEID.....	23

1 INNLEDNING

Under produksjon av tørrfisk henger fisken ute og utsettes for vær og vind. Det er disse skiftningene i temperatur, nedbør, vind og sol under tørkeprosessen som er med på å modne fisken og sørge for at den får sin karakteristiske smak, konsistens og lukt. God kvalitet på råstoffet som henges er viktig for å få høy kvalitet på sluttproduktet.

Enkelte år er tørkeforholdene gode, og gir mye fisk av høy kvalitet. Andre år kan tørkeforholdene være dårligere slik at mye av fisken får ulike typer kvalitetsfeil.

Etter at fisken er tørket tas den inn på lager og sorteres etter kvalitet. Tørrfisknæringen har store utfordringer i forbindelse med å kvalitetssortere tørrfisken. I forskningsprosjektet "Fangstskader på kjølt råstoff levert av kystflåten" dokumenterte Fiskeriforskning at enkelte alvorlige kvalitetsfeil på tørrfisk kan være vanskelig å oppdage selv for vante vrakere. Kvalitetsfeilene viste seg imidlertid når fisken ble vannet ut. I tillegg kan det være vanskelig å bestemme omfanget av ulike typer kvalitetsfeil som vrakeren påviser.

For de kvalitetsfeil som vanligvis oppdages ved utvanning vil det si at de først registreres etter mottak i Italia. Dette fører naturligvis til at det blir diskusjon om grad av kvalitetsfeil i partier og hvordan dette skal håndteres økonomisk. Reklamasjonskostnadene kan bli betydelig.

For at norsk tørrfisk skal beholde sin sterke posisjon i det viktige italienske markedet blir det også stadig viktigere å kunne garantere kundene at fisken holder den avtalte kvaliteten. Det er viktig for vårt renommé i markedet, og sikrer forutsigbarhet og lønnsomhet for importører og bløyttere i Italia.

En ønsker derfor å få utviklet et instrument for å måle strukturen i tørrfisk som kan gi objektive data om kvaliteten i den enkelte fisk. Ved en strukturmåling er det viktige å kunne avdekke og beskrive graden av følgende kvalitetsfeil (i prioritert rekkefølge):

1. Mucoso
2. Surning/harskning
3. Blod i fiskemuskel
4. Frostskader
5. Spalting
6. Makk
7. Fettinnhold
8. Ytre skader

2 MÅLSETTING

Målsetningen for prosjektet som helhet er å utvikle instrumentering som kan måle strukturen i fiskekjøttet på tørrfisk og gi objektive data om kvaliteten på hver enkelt fisk. Med tanke på råstoffets beskaffenhet og den store variasjon i typer feil som kan forekomme er det lite trolig at en enkelt metode vil kunne finne alle typer feil som forekommer.

I dette forprosjektet har Fiskeriforskning, MATFORSK og SINTEF IKT testet flere metoder for strukturmåling/kvalitetsmåling på tørrfisk for å kartlegge hvilke teknikker som kan brukes til kvalitetsbedømmelse. Metodene som er evaluert er:

- Røntgenmåling
- Synlig lys- / Nær infrarød- Spektroskopi
- Fluorescens spektroskopi
- Termografi
- Akustikk
- Elektronisk nese

3 BESKRIVELSE AV RÅSTOFFET

Tørrfisk som er brukt i målingene ble valgt ut på bakgrunn av forekomst av feil. Denne vurderingen ble gjort av profesjonelle vrakere i samarbeid med Fiskeriforsknings tørrfiskekspert. En forsøkte så godt som mulig å finne fisk både av fin kvalitet og også med de feil som næringa har uttrykt er et problem å finne. Målingene ble utført på 30 tørrfisk hvor flere ulike typer feil var representert.

3.1 Tørrfisk

Før måling ble tørrfisk sortert ut fra forekomst av feil. Følgende kvalitetsfeil ble vurdert ved vraking.

Mucoso: ”Oppsmuldring” av fiskemuskel, hvitt, pulveraktig belegg på muskelen. Finnes i nakke, langs ryggbeinet, og i bakre del av buken – omkring gattet. (Prøver 757,718, 117, 609, Z13 og H14)

Surning/Harskning: Tre prøver med tydelig leverflekker; brun misfarging av muskelen. Dette er påvist i nedre kant av ørebeinet, i forkant av sløyesnittet. Området er også karakterisert ved harsk lukt. (Prøver 607, T27 og 609).

Blod i fiskemuskel: For et utrenet øye er dette vanskelig å se på tørrfisk. En indikasjon på blod i muskelen kan være blod/misfarging rundt ørebeinet. Vi har råstoff som er observert i fersk tilstand (gjelder fisken med blodfeil) og kunne derfor identifisere områder med blod. I hovedsak var områder med blod lokalisert i fisken, loinen. (Prøver T13, T10, T7, A22, A18, A17, A14).

Frostskader: Fisken virker porøs, cellesprengt. Ved klemming i tykkfisk gir muskelen etter, dette skjer ikke med tørrfisk av god kvalitet. Aktuelt måleområde er framme i tykkfisk. (Prøver Frost1, Frost2, Frost3, Frost4)

Makk: Fiskemuskel ser nærmest ut som om den er ”etset” vekk, og gjenstående muskelmasse er brunlig. Muskel i nakkeområder er borte, bare bein står igjen. Tilstanden er karakterisert ved intens, ubehagelig lukt. (Prøver A30, A9, H19, H11, L10).

Feilfri fisk: Dette er tørrfisk uten hvor en ved vurdering ikke finner skader eller feil. (Prøver H18, H9, H10, V16, V29, V14).

Spalting og ytre skader: Ved vurdering av de 30 tørrfiskene ble det ikke funnet eksemplarer med spalting eller ytre skader (spalting ble imidlertid funnet i noen eksemplarer etter utvanning).

Figurene 1 til 4 viser eksempler på råstoff med ulik kvalitetskarakteristikk.



Figur 1 Fisk med frostskaade (Frost1). I snittflaten ser en tydelig at muskelen har en porøs struktur



Figur 2 Makkspist fisk (H11). Ryggbeinet ligger bart, muskelen er borte



Figur 3 Feilfri fisk (H14)



Figur 4 Fisk med blod i muskelen (A14). I snittflaten vises tydelig brun og rødlig farging

For å redusere råstoffmengden som skulle sendes mellom instituttene for måling, ble spord og finner kuttet av tørrfiskene (bortsett fra de fire fiskene med frostskafer). Målingene ved Fiskeriforskning ble utført på intakt fisk. Ved Matforsk ble fremre del av høyre filet saget av fisken for å kunne bruke mindre stykker fisk til måling med elektronisk nese. Ved Sintef IKT ble målingene utført på "den åpne" tørrfiskene.

3.2 Utvanna tørrfisk

For å få en endelig vurdering og dokumentasjon av råstoffkvaliteten ble fisken vurdert etter utvanning. Fisken ble lagt i isvann i tre dager, kløyvd og skinna, og bløyta i isvann i tre nye dager. Deretter ble en sensorisk evaluering gjennomført med registrering av eventuelle feil. Denne evalueringen viste at en del av feilene som var vurdert på tørrfisken faktisk ikke var til stede, og at noen fisk hadde andre feil enn angitt ved tørrfiskvurderingen. Den feilen som var vanskeligst å påvise i tørrfisken var mucoso. Tabell 1 viser en oversikt over prøvene med klassifisering av råstoffet før og etter utvanning.

Tabell 1 Feil på råstoffet – vurdert før og registrert etter utvanning

Prøve nr.	Feil vurdert på tørrfisk	Feil registrert etter utvanning
757	mucoso	ikke mucoso, feilfri
718	mucoso	svak mucoso i gatt
117	mucoso	ikke mucoso, noe makkspist, blodsprenget i loin
609	mucoso	mucoso i gatt og nakke
Z.13	mucoso	svak mucoso i gatt
H14	mucoso	ikke mucoso, feilfri
607	harskning	leverflekk, brunlig i nedre kant av ørebein
T27	harskning	leverflekk, brunlig i nedre kant av ørebein blodflekk i loin
609	harskning	leverflekk, brunlig i nedre kant av ørebein
T13	blod i muskel	blod i loin makk/mucoso i nakken
T10	blod i muskel	blod i loin makkspist gjennom hele fisken,
T7	blod i muskel	blod i loin og blodflekk i nakke
A22	blod i muskel	dårlig utblødd, rødlig loin
A18	blod i muskel	blod i loin mucoso i gatt
A17	blod i muskel	blod i loin
A14	blod i muskel	dårlig utblødd – kraftige flekker i loin
A30	makk	makkspist i nakke mucoso blod i loin
A9	makk	makkspist i nakke mucoso blod i muskel
H19	makk	makkspist i nakke mucoso spalting
H11	makk	makkspist i nakke
L10	makk	makkspist i nakke
H18	feilfri	noe mucoso i gatt
H10	feilfri	mucoso i gatt
V16	feilfri	feilfri

V29	feilfri	mucoso i gatt
V14	feilfri	feilfri
(H14)	feilfri	feilfri
H9	feilfri	mucoso/makk langs hele fisken
Frost1	frost	hele fisken frostskaadet
Frost2	frost	hele fisken frostskaadet spalting i loin
Frost3	frost	hele fisken frostskaadet spalting i loin
Frost4	frost	hele fisken frostskaadet

Figurene 5 til 8 viser eksempler på hvordan fisken så ut etter utvanning.



Figur 5 *Utvanna tørrfisk (A14) med blod i muskelen*



Figur 6 *Fisk med frostskaade (Frost3). Den utvanna fisken har "svampaktig" konsistens*



Figur 7 Makkspist fisk og mucoso (H19). Overflata på muskelen er gulaktig og slimete. Dette er også et eksempel på fisk med spalting i muskelen



Figur 8 Feilfri fisk (H18)

4 RØNTGENMÅLINGER

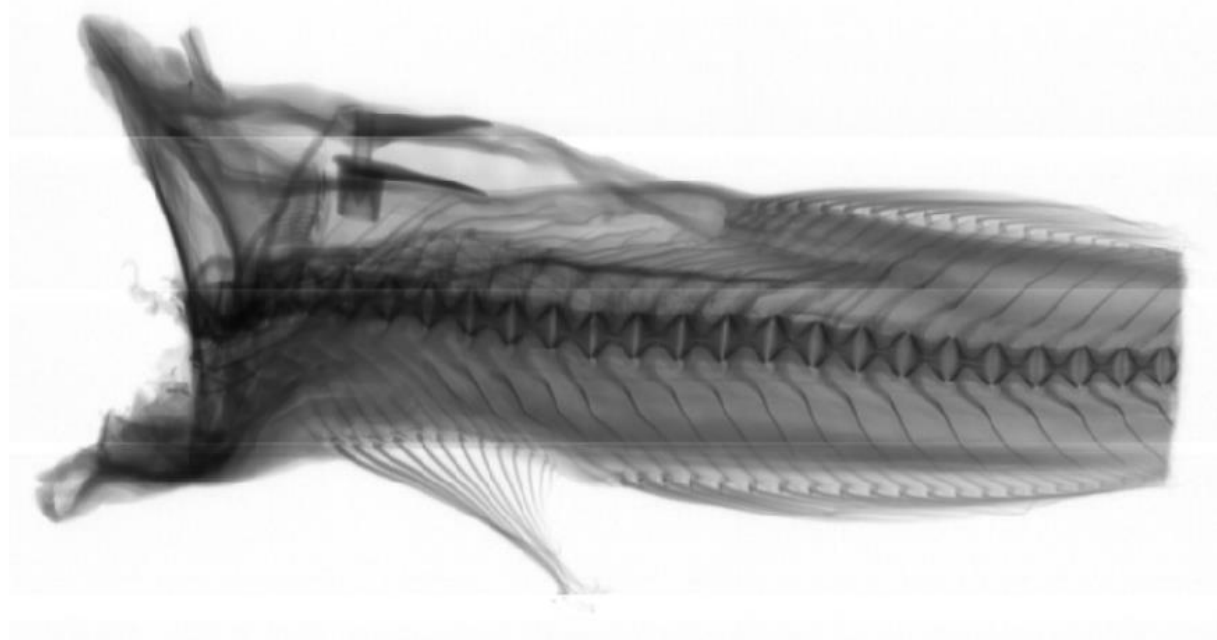
4.1 Måleoppsett

Tørrfisken ble brakt til Marel, Island, hvor den ble kjørt gjennom røntgenlinja på Marel. Fisken ble målt i to orienteringer, liggende på siden og stående på buken. Det var vanskelig å få den til å stå på buken og i tillegg ble resultatet bedre når fisken lå på siden slik at de resultatene som vises her er målinger utført på tørrfisk liggende på siden.

Spenning og strømnivå på røntgenutstyret ble satt fast til 35 kV og 6 mA. Med denne settingen ble god kontrast oppnådd i bildene.

4.2 Resultater

Det var 6 kvalitetsfeil i tørrfisk som skulle påvises i dette prosjektet. I Figur 9 vises røntgenbilde av en feilfri tørrfisk. Denne er representativ for hvordan en feilfri tørrfisk fremkommer i røntgenbildet, og illustrerer sammen med de andre figurene hvordan kvalitetsfeil fremkommer i bildene. De tre horisontale lyse stripene i bildet kommer av feil i detektoren og har ingen ting med tørrfisken å gjøre.



Figur 9 Røntgenbilde av en feilfri tørrfisk

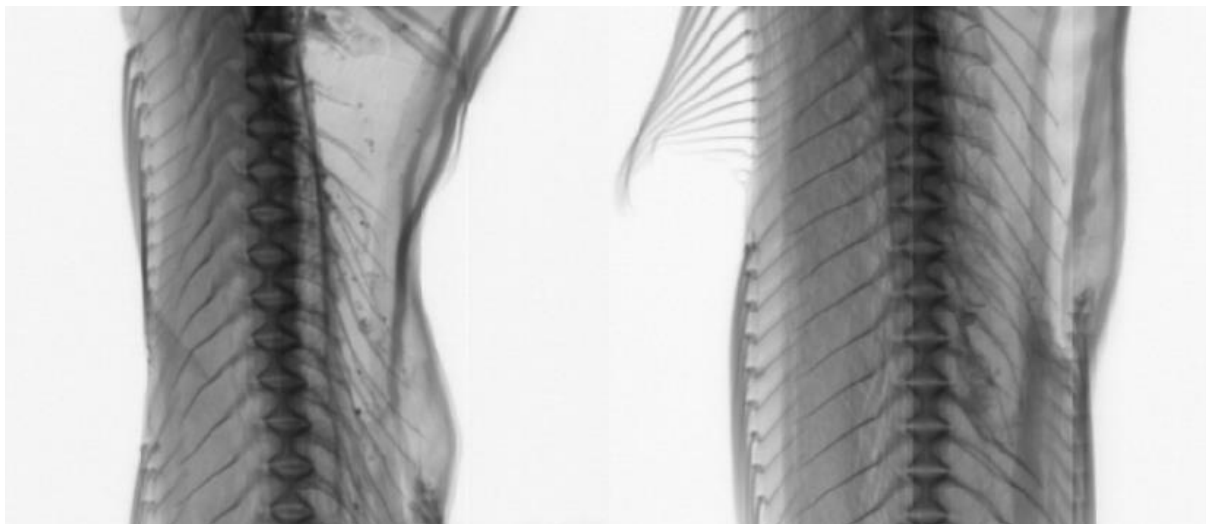
I det følgende gis en kort gjennomgang av de resultatene som fremkommet ved bruk av røntgen.

Blod Ikke påvist med røntgen.

Harskning Ikke påvist med røntgen.

Spalting etter utvanning Ikke påvist med røntgen.

Frostskader Frostskader kommer tydelig frem i røntgenbildene som ekstra struktur rundt ryggbeinet. I Figur 10 vises utsnitt av røntgenbilder av to ulike frostskaadede tørrfisk. Den karakteristiske strukturen kan sees som lysere stripemønstre.



Figur 10 Utsnitt av to røntgenbilder av to forskjellige tørrfisk med frostskaader

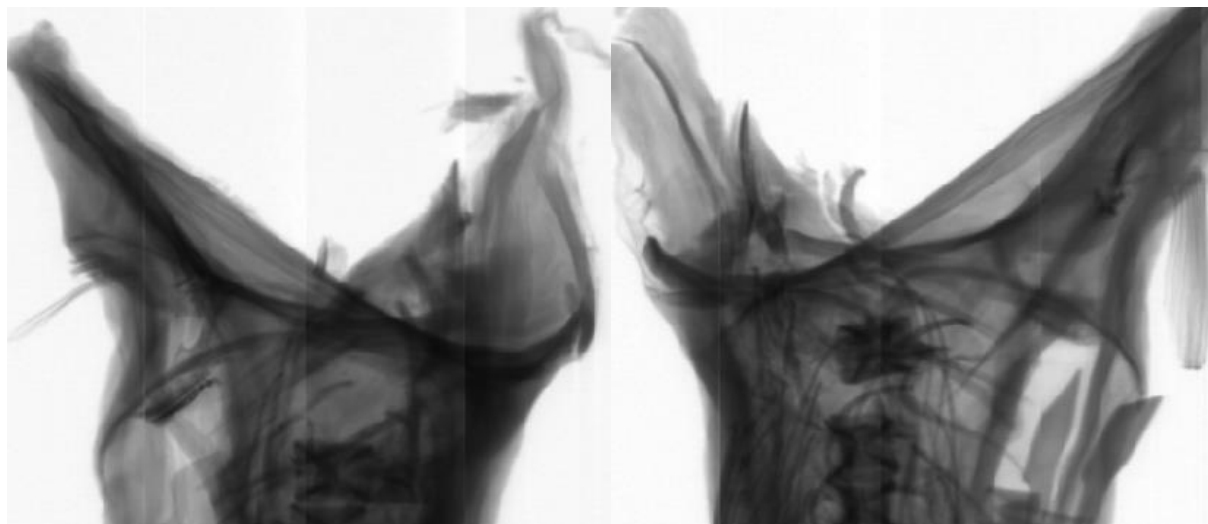
Mucoso Mucoso er et fenomen som kan være vanskelig å påvise. Vi hadde en hypotese om at områder med mucoso hadde en annen tetthet en resten av tørrfisk. Dette ser ut til å stemme. I Figur 11 vises røntgenbilder av to tørrfisk med mucoso i gattområdet. Tørrfisk i bildet til venstre hadde svak mucoso i gattet, mens tørrfisk i bildet til høyre hadde kraftig mucoso.



Figur 11 Utsnitt av to røntgenbilder fra to ulike tørrfisk med mucoso i gattområdet

I begge bildene i Figur 3 fremkommer mucoso som et mørkere felt i gattområdet. Når det gjelder mucoso i nakken og langs ryggbeinet klarte vi ikke å påvise noe i røntgenbildene. Hvorvidt det er mulig å påvise mucoso i disse områdene er derfor usikkert, men et større forsøk vil kunne avdekke dette.

Makspist Makspist tørrfisk påvises tydelig i røntgenbildene som unaturlig lyse partier spesielt i nakkeområdet. Hvordan dette fremkommer blir tydelig illustrert i Figur 12 hvor røntgenbilder av to forskjellige tørrfisk er vist.



Figur 12 Utsnitt av to røntgenbilder som viser nakkepartiet til to makspiste tørrfisk

4.3 Konklusjon

Tre av de seks kvalitetsfeilene som skulle påvises fremkommer i røntgenbildene, nemlig makspist, mucoso og frostskafer. Det er imidlertid viktig å påpeke at resultatene fremkommer ved visuell inspeksjon av bildene. For at røntgenbasert kvalitetskontroll skal kunne tas i bruk kommersielt må et betydelig arbeid nedlegges i utvikling av bildebehandlingsalgoritmer. I den forbindelse er det også viktig å kjøre et større forsøk hvor resultatene fra dette forprosjektet verifiseres. Når vi nå vet hva vi skal se etter i røntgenbildene kan denne informasjonen brukes når den utvannede tørrfisken skal inspiseres.

En stor fordel med en røntgenbasert løsning er at utstyret allerede er kommersielt tilgjengelig.

5 FLUORESCENSSPEKTROSKOPI FOR MÅLING AV HARSKNING

5.1 Måleoppsett

Fluorescens har vist seg å være en interessant metode for direkte måling av harskning på ulike typer mat. Det man normalt måler er dannelsen av fluorescerende stabile oksidasjonsprodukter som dannes etter reaksjoner mellom sekundære oksidasjonsprodukter (eks. aldehyder) og ulike aminosyrer og makromolekyler. Noen av disse fluorescerende forbindelsene er gulaktige på farge og kalles gjerne ceroider. I mange produkter er denne gulfargen meget svak, slik at produktene best måles med fluorescens. I enkelte produkter er imidlertid gulfargen meget fremtredende og tydelige som for eksempel i klippfisk, der gulning er et tegn på harskning. Det samme ser ut til å gjelde for tørrfisk; gulning er et tegn på harskning.

For måling av fluorescens brukte vi to typer instrumentering:

- Lite fiberoptisk basert instrument for måling på spesifikke punkter
- Større instrument som måler større overflater.

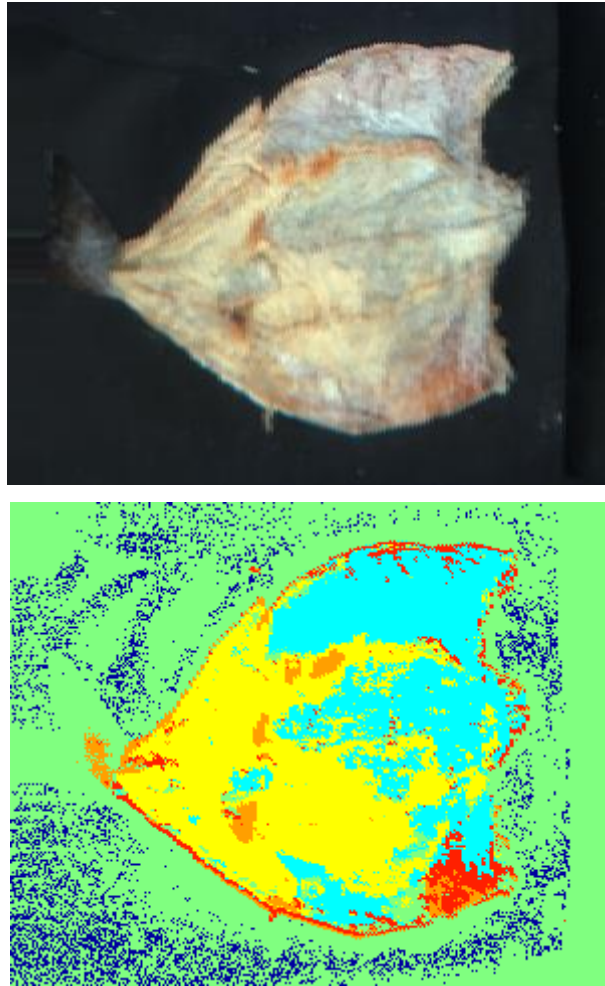
5.2 Resultater

Fluorescens er en ren overflatemetode, så ingen indre defekter kan påvises. Det viste seg ganske raskt at det ikke var noen relevante forskjeller i fluorescenssignalet på de ytre egenskapene. Vi så på muligheten for å skille mellom skinn som hadde vært frosset og ikke, men vi så ingen forskjell. De forskjellene vi så var stort sett mellom ulike typer vev: muskel, bein og skinn. Flere ulike eksitasjonsbølgelengder ble forsøkt: 325, 332, 350 og 380 nm, men ingen av dem ga signaler som skilte ulike kvalitetsparametre fra hverandre.

Ved bruk av fluorescens *kan* man påvise de gule flekkene som er relatert til harskning, men dette kan gjøres langt enklere ved bruk av standard bildeanalyse eller spektral bildeanalyse. Et eksempel på hvordan dette kan gjøres kan hentes fra en beslektet bransje: klippfisk. Her har vi sett at vi kan påvise blodflekker, gulning og leverflekker ved bruk av 3 velvalgte spektrale kanaler i kombinasjon med enkle klassifiseringsverktøy. Den samme metodikken kan høyst trolig også brukes på tørrfisk. Et slikt system vil være forholdsvis enkelt å implementere over et transportbånd.

5.3 Konklusjoner

Fluorescens er en overflatemetode og vil ikke kunne skille på indre defekter. Metoden virket heller ikke egnet til å påvise utenpåliggende kvalitetsforskjeller. For harskning er det anbefalt å heller bruke standard bildeanalyse for å påvise gulning og leverflekker.



Figur 13 Eksempel på automatisk påvisning av gulning, leverflekker og blod i klippfisk. Over: et fargebilde satt sammen av 3 utvalgte spektrale kanaler. Under: samme fisk der de ulike områdene er klassifisert som blod (rødt), gulning (gult), leverflekk (oransje), og akseptabel hvit fisk (lyseblått)

6 MÅLINGER MED ELEKTRONISK NESE

Siden tørrfisk har en markant lukt, og at lukten delvis kan brukes til kvalitetsbestemmelse, var det nærliggende å tenke seg at en såkalt elektronisk nese kan skille mellom noen kvaliteter. En elektronisk nese måler på flyktige komponenter, og en stor fordel er dermed at man – rent måleteknisk - frigjør seg fra tørrfiskens vanskelig og varierende form. Elektronisk nese har vist seg egnet til å måle flyktige komponenter knyttet til harskning, bakterier, luktavvik på melk etc. En utfordring med metoden per i dag er å standardisere gass prøvetakingen, slik at man måler det samme representative gassuttrekket fra hver prøve. Elektroniske neser finnes som laboratorieinstrumenter, men enklere håndholdte instrumenter er utviklet og testes ut bl.a. ved Matforsk.

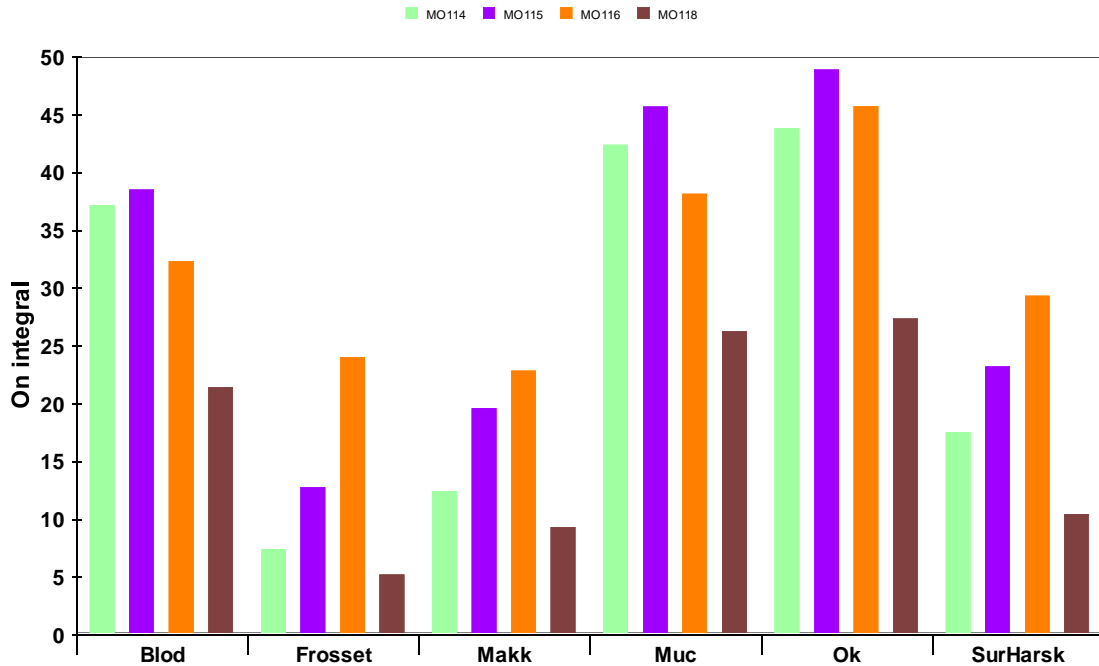
6.1 Prøvebehandling og analyse

Utskårne prøver fra hodeenden ble lagt i plastpose og posen ble sveiset igjen med ca. 200 mL luftvolum og oppbevart ved romtemperatur over natt for gassekvilibrering. Alle prøvene ble deretter analysert med et kommersielt on-line gass-sensor array instrument for direkte gassprøvetaking (AppliedSensor 3310). Instrumentet består av 22 uspesifikke faststoff halvlederbaserte kjemiske sensorer, en fuktsensor og en IR-basert CO₂-sensor. Prøvene ble analysert i randomisert rekkefølge og det ble gjort to gjentak av analysene i form av to gjentatte målesekvenser. Det ble målt 25 ml headspace for hver analyse. Integralet til sensor responsene er benyttet i dataanalysen. Gassanalysen tok 10 sek for hver prøve etterfulgt av sensor regenerering/gjenvinning på 3 min.

6.2 Resultat

Eksempel på signalmønster for 4 av sensorene for de ulike kategorier prøver er gjengitt i Figur 14.

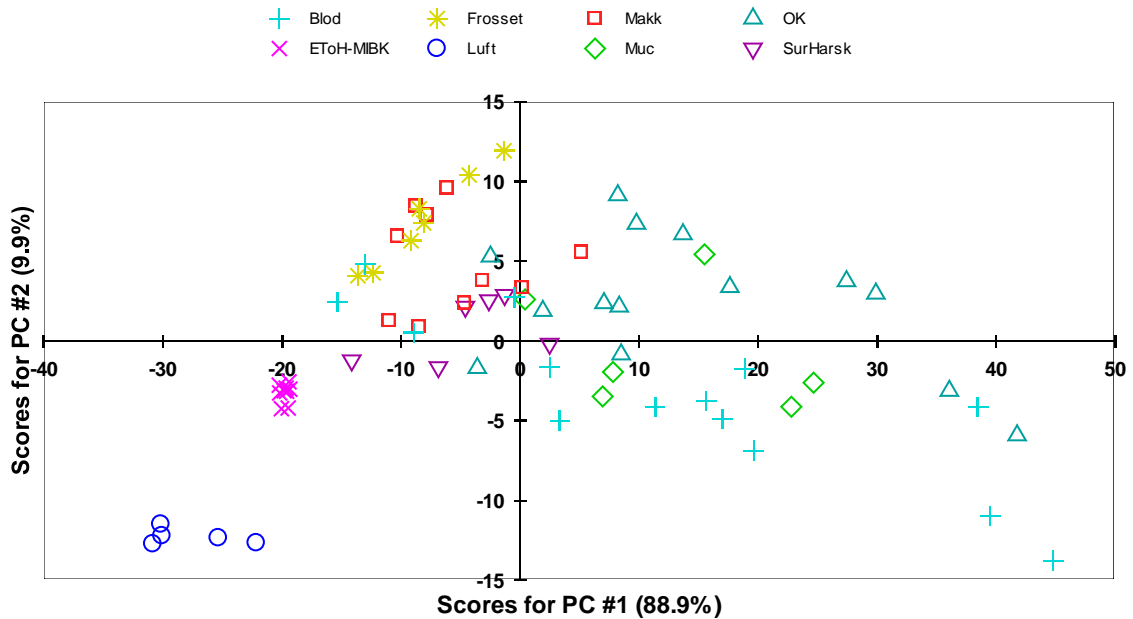
Signalfordelingen viser tydelige forskjeller mellom de ulike kategorier prøver. Prøvene uten feil viste generelt de høyeste signalene for de gjengitt sensorene, spesielt gjaldt det sensor MO115 som vist på figuren. Men betrakter man kun den relative fordelingen mellom sensorsignalene for hver enkelt prøve dvs. dersom man ser bort fra intensiteten på signalene, er blod- og mucoso prøvene svært like og dette gjelder også for frosset, makk og sur/harsk prøvene.



Figur 14 Utransformerte sensor respons integraler for 4 av sensorene for de ulike kategorier prøver

Klassifikasjon basert på sensorisk vurdering av utvannet fisk

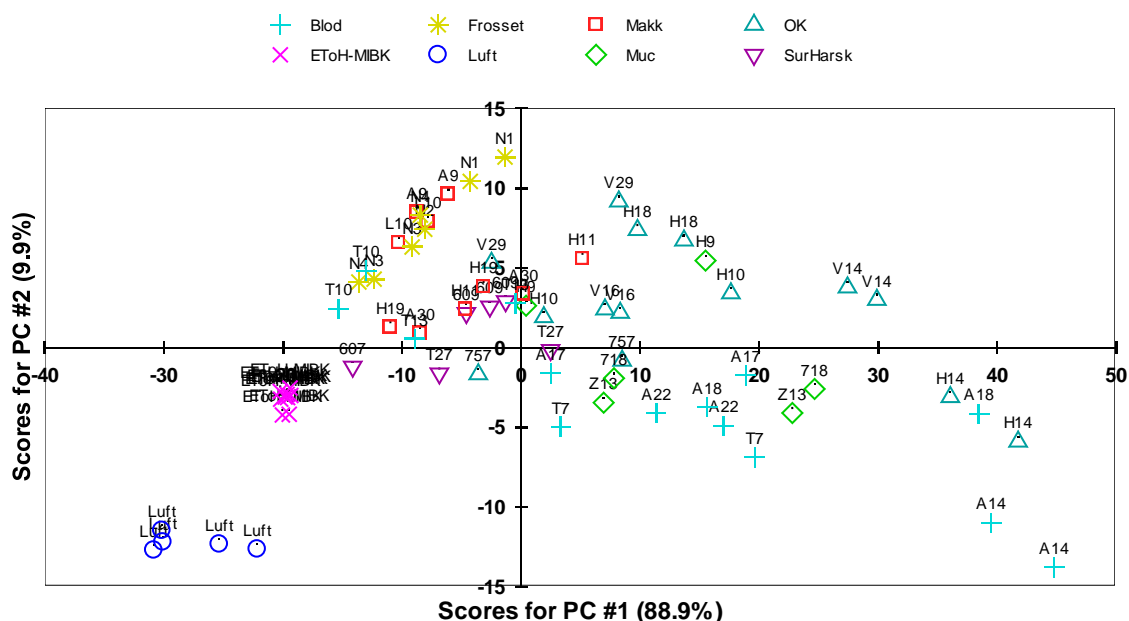
PCA plot basert på utvalgte sensorer og på grunnlag av den klassifikasjon basert på utvanning av tørrfiskene er gjengitt i figurene 15 og 16. I de tilfellene der feil kun ble lokalisert i begrenset utstrekning som f.eks bakpart av fisk, er ikke dette blitt tatt hensyn til i de nye elektronisk nese PCA figurene, da kun forparten av fisken ble analysert, og den opprinnelige klassifikasjonen er opprettholdt.



Figur 15 PCA plott basert på klassifikasjon etter utvanning av prøver. Prøve 117 utelatt

Noen av prøvene fikk en annen klassifisering etter utvanning, spesielt mucoso prøvene (se tabell 1, kap. 3.1). Dette gjaldt prøvene 757 og H14, som ble endret fra mucoso til feilfri (Ok), H9 som ble endret fra feilfri (Ok) til mucoso og makk. I de tilfeller der den opprinnelige klassifisering ble opprettholdt etter utvanning, men det i tillegg ble påvist svakt innslag av en annen feil som for eksempel blod, er også den opprinnelige klassifiseringen beholdt i PCA figurene. Resultatene kommer da frem som vist i figurene.

Figurene viser i store trekk den samme grupperingen av prøver fra de ulike kvalitetsklasser. Det er interessant å legge merke til at prøvene T10 og T13 som ut fra begge klassifiseringen ble klassifisert som blod, i tillegg hadde påvist makk etter utvanning, og disse "blod" prøvene grupperer seg faktisk også sammen med rene makkprøver i øvre venstre kvadrant, mens de rene blodprøvene grupperer seg alle i nedre høyre kvadrant sammen med de fleste mucoso prøvene.



Figur 16 PCA plott basert på klassifisering etter utvanning av prøver med prøvenavn. Prøve 117 utelatt

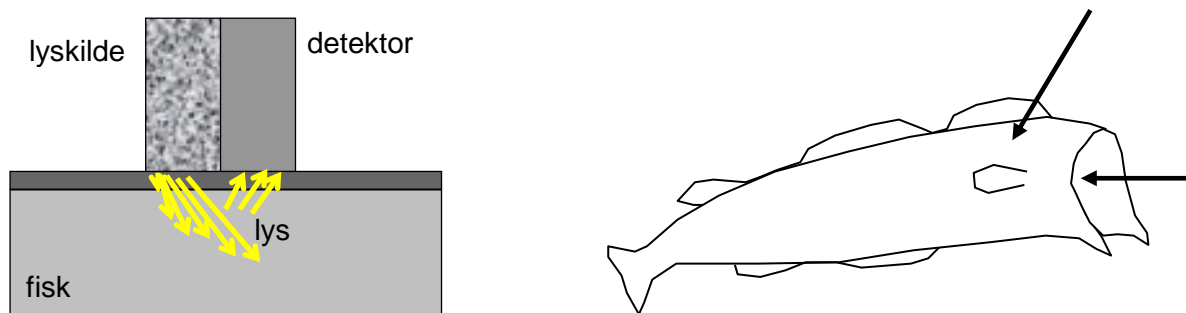
6.3 Konklusjon

Fisk med kun en type kvalitetsfeil og feilfrie prøver ser ut til å gruppere seg forskjellig basert på elektronisk nese signalmønsteret. Fisk med innslag av flere typer kvalitetsfeil, som for eksempel mucoso/blod, blod/makk, mucoso/makk har tendens til å gruppere seg mellom de to respektive kvalitetsfeilene i PCA plottet. Resultatene fra elektronisk nese analysene viser at denne måleteknikken muligens kan ha et potensial til kvalitetsbestemmelse av tørrfisk. Selve gass prøvetaking metoden bør imidlertid utvikles videre til å kunne utføre analyser direkte på fisken uten forutgående gass-ekvilibrering. Det kan også være aktuelt å se nærmere på andre typer gass-sensorer som finnes i kommersielle instrumenter for å undersøke om de kan gi en bedre selektivitet med tanke på å diskriminere de ulike kvalitetsfeil i tørrfisk. Matforsk har god tilgang til ulike typer instrumentering for dette.

7 SYNLIG LYS (VIS) OG NÆR INFRARØD (NIR) SPEKTROSKOPI

7.1 Måleoppsett

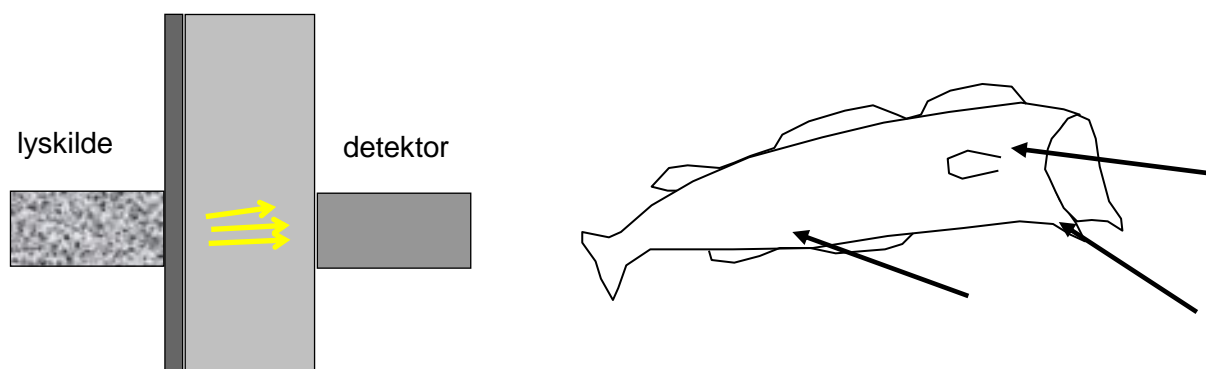
To forskjellige spektrografer med fiberoptiske prober ble brukt i disse forsøkene. Med instrumentet NIRS 6500 (Perstorp Analytical) ble det gjort målinger i bølgelengdeområdet 400 til 1100 nm. Det ble utført transfleksjonsmålinger, se Figur 17, med en fiberoptisk probe med måleareal på ca. 1 cm². Ved måling ble proben plassert på ryggen (loins-delen) av fisken og også inn fra nakken på tørrfisken.



Figur 17a) Prinsipp for transfleksjonsmålinger. Lyskilde og detektor er plassert på samme side av måleobjektet

17b) Piler angir måleområder for transfleksjonsmålinger

Vi gjorde også transmisjonsmålinger på tørrfisken, se skisse i Figur 18. Her brukte vi en mindre spektrograf, MiniDust, koblet til en tynn fiberoptiske probe. Bølgelengdeområdet som ble dekket med nåleprobe og spektrograf er fra 520 til 900 nm. Nåleproben har måleareal på ca. 1 mm². Problemet med proben er at den dekker kun et lite utsnitt/volum av fisken ved måling. Fordelen er at størrelsen tillater at den kan stikkes inn i buken på fisken ved måling, og dermed er det mulig å nå områder på fisken som ikke er tilgjengelige med en større probe.



Figur 18a) Prinsipp for transmisjonsmålinger. Lyskilde og detektor er plassert på hver sin side av måleobjektet

18b) Piler angir måleområder for transmisjonsmålinger

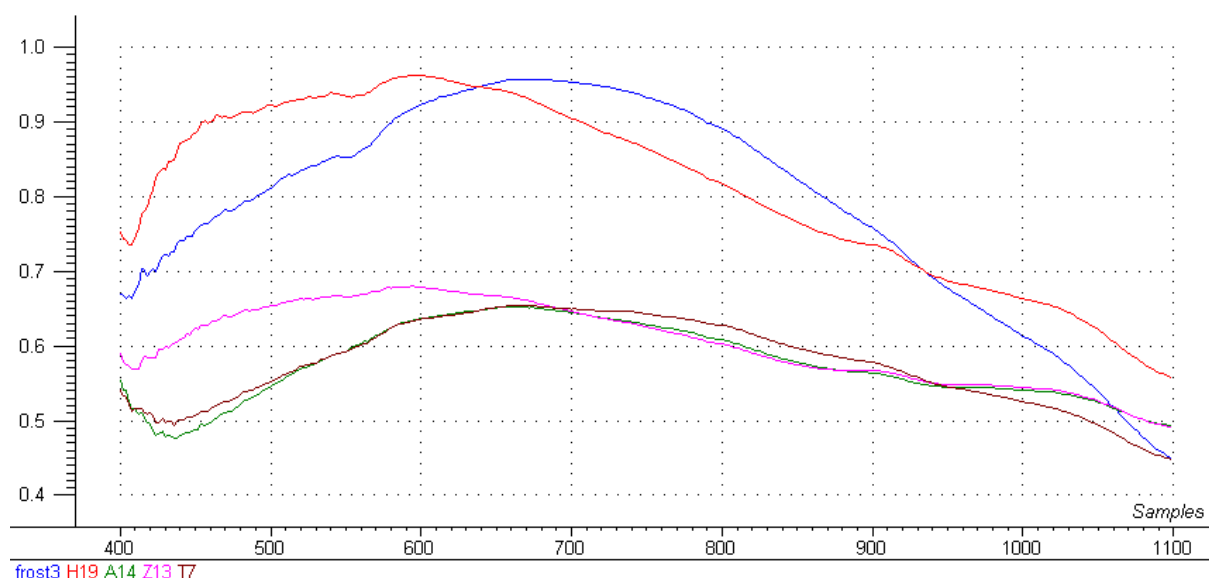
Ved transmisjonsmålingene ble nåleproben plassert på tre ulike steder i fisken: i ryggen mot loins (ved siden av ryggbeinet), i gattet og i nedre kant av ørebeinet på fisken (se Figur 18), mens motsatt side av fisken ble belyst med en kraftig Xenon-lampe.

Spektrene ble analysert ved bruk av Prinsipal Komponent Analyse, PCA. PCA gjør det mulig å undersøke om fisk med ulike typer feil kan plasseres i felles eller ulike grupper.

7.2 Resultat

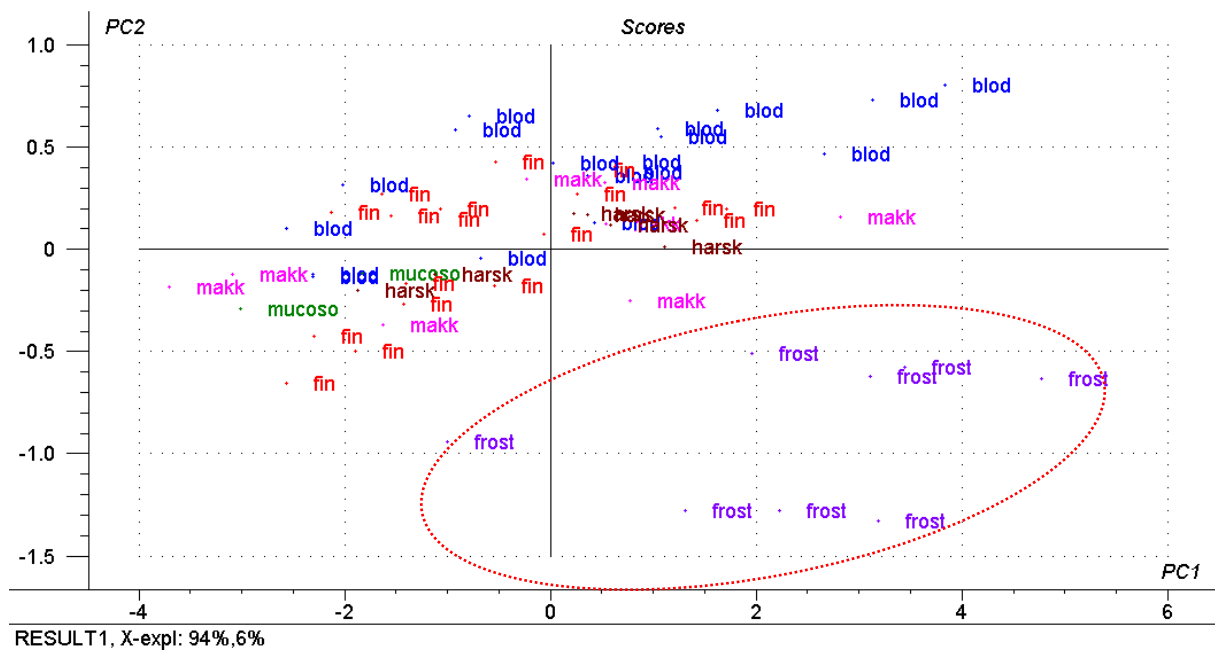
Transfleksjonsmålinger

Figur 19 viser eksempler på transfleksjonsspekter registrert på ryggen av tørrfisk. Det er en viss variasjon i spektrene, delvis avhengig av fargen på skinnet på tørrfisken og delvis avhengig av strukturen i fisken. Ved bruk av visuell inspeksjon av spektrene er det imidlertid vanskelig å finne klare trender som funksjon av råstoffets egenskaper. For å få fram eventuelle ulikheter og likheter mellom spektrene ble dataene undersøkt med PCA.



Figur 19 Transfleksjonsspektra fra ryggen på tørrfisk

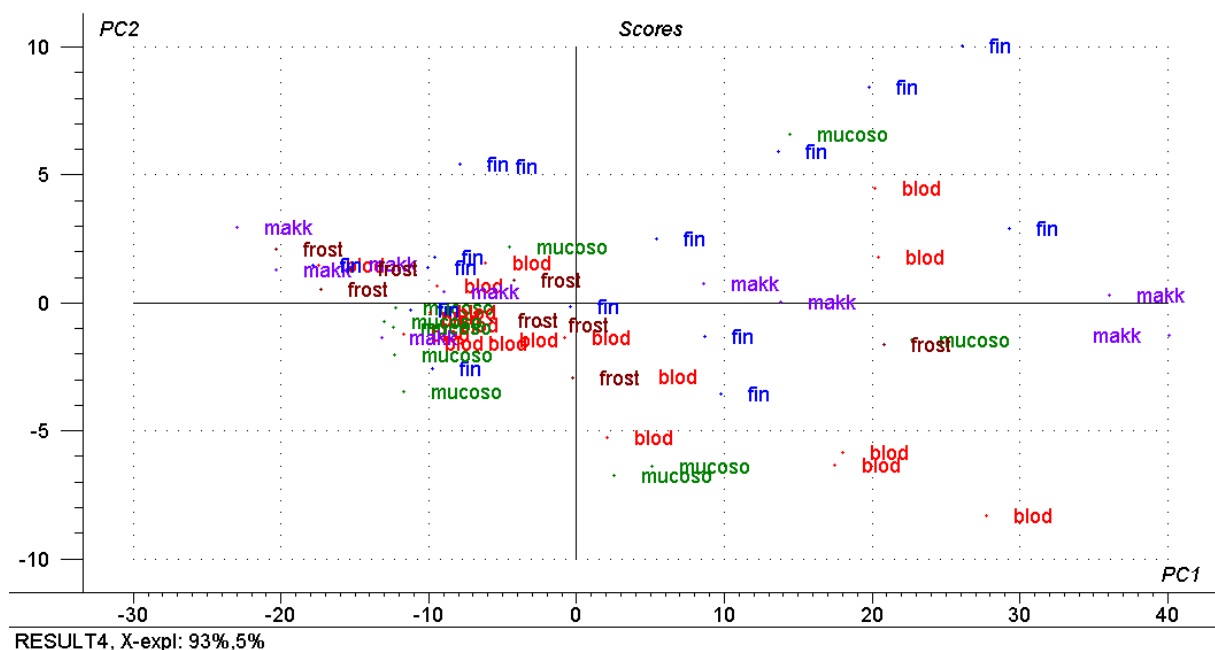
I figur 20 vises et resultat av en PCA gjennomført på loinsspektre (målt på ryggen) fra tørrfisken. På hver fisk er det gjort to målinger på to punkter på ryggen av fisken. I dette tilfellet er analysen basert på nær infrarødt lys (700 til 1100 nm) og referansen som er brukt er sensorisk vurdering av den utvanna tørrfisken. Scoreplottet viser hvordan de ulike prøvene grupperer seg i forhold til hverandre, og de prøvene som skiller seg klarest fra de andre er fisken med frostskaader. I figuren ser en også at prøvene med blod i muskelen dominerer øvre del av plottet. Grupperingen av frostfisk og blod kommer tydeligst fram når NIR delen av spektrene benyttes i analysen.



Figur 20 Score plot av NIR spektra fra ryggen av tørrfisen. Målereferansen er sensorisk evaluering av den utvanna fisken

Transmisjonsmålinger

Transmisjonsmålingene med nåleprobene ble dominert av spekteret fra Xenonlampa. Ved analyse av transmisjonsspektrene var det ikke mulig å se grupperinger av data som funksjon av kvalitetsfeil på fisken. Figur 21 viser score plot fra en PCA analyse av transmisjonsmålinger i ved ryggbeinet og i gattet på fisken. Fra dette score plottet er det ikke mulig å se gruppering av måledata som funksjon av kvalitetsfeil.



Figur 21 Score plot fra PCA på transmisjonsdata. Målepunkt for nåleproben: ved ryggbeinet og i gattet. Målereferansen er sensorisk evaluering av den utvanna fisken

En mulig årsak til at vi ikke får relevant informasjon fra disse målingene kan være at den fiberoptiske proben som benyttes er for liten. Når proben ser kun et lite utsnitt av fisken er det vanskelig å vite sikkert at måleområdet som ble valgt korresponderer til feilklassifiseringen som er angitt for dette området. Dette problemet kan løses ved bruk av en større måleprobe.

7.3 Konklusjon

Den optiske instrumenteringen brukt i dette forsøket var ikke ideell med hensyn til form og tilgjengelighet på tørrfisken som måleobjekt. Tørrfisken er hard og stiv, og det er vanskelig å finne tilgjengelige måleflater som er beskrivende for fisken som helhet. Den største fiberproben som ble brukt i dette forsøket gav nyttig informasjon, men kunne bare benyttes til utvendige målinger. Nåleproben gjorde det mulig å måle fra bukhulen på fisken, men hadde så lite måleområde at det er vanskelig å relatere denne informasjonen til eventuelle kvalitetsfeil i dette punktet.

Nær infrarød spektroskopi er en teknikk egnet til å påvise strukturforskjeller i et materiale. Vi forventet derfor at de spektroskopiske målingene skulle kunne skille mucoso og frostskafer fra fin muskel. I våre målinger viser vi at det er mulig å bruke spektroskopiske målinger basert på synlig og nær infrarødt lys for å påvise frostskafer i fisk. Vi har ikke vist det samme for mucoso, men mener at det kan være mulig med bruk av en annen utforming av en fiberoptiske probe.

Resultatene viser også at spektroskopiske målinger kan brukes til å påvise blod i muskelen. Med hensyn til påvisning makk ser våre målinger ut til å gi negativt resultat. For harske prøver og prøver med spalting har vi for få prøver til at det kan gies noe svar på om det er mulig å identifisere dem med spektroskopi.

8 MÅLINGER UTFØRT VED SINTEF IKT

Arbeidet utført ved Sintef IKT er grundig beskrevet i egen delrapport. I det følgende er det gitt korte konklusjoner for de ulike metodene som framkom ved Sintefs arbeide. For detaljer om metoder og resultater henvises til Sintef IKTs delrapport.

8.1 Spektroskopi

Målingene viser at lyset går godt gjennom uskadet tørrfiskfilet. Vi kan sende lyset tvers igjennom fisken og allikevel få nok lys ut til å gjøre en måling på langt under et sekund.

Både transmisjonsmålinger og transfleksjonsmålinger ser ut til å gi resultater som samsvarer godt med den verifikasjonen som er gjort på oppbløtt fisk av forekomster av makk/mucoso. Spektroskopi er også godt egnet til å avdekke frostskafer og blod i fileten. Den mest lovende metoden ser ut til å være transfleksjon. Dette er dessuten en veldig enkel og fleksibel teknikk. Avbildende transfleksjon vil også kunne gi informasjon om sprekker/spalting i fileten.

Vår hovedkonklusjon er at det er høyst sannsynlig at man kan lage et instrument basert på transfleksjon som vil kunne avdekke feilene mucoso, makk, blod og frostskafer. Et slikt instrument vil antagelig også gi informasjon om sprekker/spalting i fileten.

8.2 Akustikk

Akustikk ser ut til å fungere bedre enn forventet. Kompakt og feilfri tørrfiskfilet har en helt annen og lysere klang enn frotskadet fisk. Vi tror prinsippet kan utvides til også kunne detektere andre feiltilstander.

8.3 Termografi

Termografi gir tydelig utslag på frotskadet fisk. Vi er usikre på hvor dypt inn i fisken vi kan detektere feil. Den frotskadede fisken var skadet nesten helt ut til skinnet. Metoden er relativt tidkrevende.

9 OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER

Tabell 2 gir en oversikt over metodene som er brukt og hvilke feil som kan påvises med de ulike metodene. Som det framkommer av tabellen er det ingen av de undersøkte metode som kan påvise alle typer kvalitetsfeil. Med tanke på tørrfiskens egenskaper; stivt og hardt materiale med til dels vanskelig tilgjengelige måleflater, så er vi imidlertid positivt overrasket over de funnene som er framkommet i dette arbeidet. Flere av metodene gir indikasjon på råstofffeil, og dette er til dels feil som vanskelig framkommer ved manuell vraking av tørrfisk.

Tabell 2 *Instrumentelle målemetoder for påvisning av kvalitetsfeil i tørrfisk. Hver celle angir om metoden i gjeldende kolonne er egnet til å påvise feilen i respektive rad. Da ingen av fiskene i forsøket hadde ytre skader, har vi ikke fått testet ut noen av metodene med hensyn til dette*

	Røntgen	Fluorescens spektroskopi	Elektronisk nese	Spektroskopi	Termografi	Akustikk
Mucoso	Ja	Nei	?	Trolig	Nei	?
Harskning	Nei	Ja	?	?	Nei	Nei
Blod i muskel	Nei	Nei	Ja?	Ja	Nei	Nei
Frostskader	Ja	Nei	Ja?	Ja	Ja	Ja
Spalting	Nei	Nei	Nei	Trolig	Nei	Trolig
Makk	Ja	Nei	?	Ja	Nei	?
Ytre skader	?	?	?	Trolig	?	?

Konklusjonene fra de spektroskopiske målingene utført ved Fiskeriforskning og Sintef er i stor grad sammenfallende. Målingene ved Sintef er i større grad utført på åpnet fisk / snittflater av fisk og de har derfor hatt målemateriale hvor kvalitetsfeil ble åpent avdekket. Dette gjorde det til en viss grad enklere å relatere målinger til konkrete målefeil. Spektroskopiske målinger kan gi informasjon om kvalitetsfeil som frostskaader, blod i muskel, mucoso, makkskader og trolig spalting.

Ved bruk av røntgenmålinger er det mulig å påvise feil som frostskaader, makk og mucoso.

Det er vist at akustikk identifiserer frostskaader og metoden kan trolig påvise andre feil i fisken.

Ved bruk av termografi er det mulig å identifisere frostskaader.

Målingene indikerer at elektronisk nese kan trolig brukes for å påvise frostskaader og blod i muskel.

Fluorescensspektroskopi kan benyttes til å påvise leverflekker og harskning.

Hovedkonklusjonen med tanke på oppfølging av dette arbeidet er at spektroskopi er den metoden som gir flest svar med tanke på råstoffkvaliteten. Av de utprøvde teknikkene synes spektroskopi best egnet med tanke på tidsbruk for enkeltmåling, og med tanke på pris for et kommersielt instrument. Spektroskopi er trolig også den metoden som tidsmessig ligger nærmest en kommersiell realisering av måleprinsippet.

10 FORSLAG TIL VIDERE ARBEID

Vi anbefaler at arbeidet for å utvikle et instrument for kvalitetskontroll av tørrfisk fortsetter med fokus på synlig og nær infrarød spektroskopi. Metoden bør undersøkes videre på en større mengde råstoff enn hva som har vært mulig i dette forprosjektet. Dette er nødvendig for å verifisere metoden med større sikkerhet enn hva som har vært mulig til nå. Dette kan med fordel koordineres med pågående aktiviteter ved Fiskeriforskning.

Videre arbeid må også fokusere på utforming av instrumenteringen; å lage en instrumentell løsning som gjør det mulig å foreta målinger på de mest relevante områder av fisken. Dette innebærer at en undersøger om det er tilstrekkelig å foreta målinger fra utsiden av fisken, eller om det er nødvendig med en løsning hvor en probe stikkes inn i bukhulen på fisken. I siste del av hovedprosjektet vil det være naturlig å kontakte leverandørindustri. En naturlig del av et hovedprosjekt vil være å inkludere leverandørindustri med tanke på framtidig kommersialisering.

Videre arbeid bør utføres i samarbeid med Tørrfiskforum, tørrfiskbedrifter og vrakere. Dette vil være en nødvendig basis for å utvikle et instrument som kan være til nytte for tørrfiskvrakerne og som kan bidra til at norsk tørrfisknæring leverer produkter med avtalt kvalitet.



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