



FHF - Prosjektnummer: 900750

Prosjekt tittel:

”Automatisk fjerning av tykkfiskbein (pin-bone) i hvitfisk”

Tidligere FoU arbeid og veien videre

Dato  
15. april 2012.



# Rapport

<i>Tittel:</i> <b>Automatisk fjerning av pinbone i hvitfisk - tidligere FoU arbeid og veien videre</b>	<i>Dato:</i> Mars 2012
	<i>Antall sider og bilag:</i>
<i>Forfatter(e):</i> Sigurjon Arason, Tone Gjerstad, Karsten Heia og Leif Akse	<i>Prosjektnr.:</i>
<i>Oppdragsgiver:</i> FHF	<i>Oppdragsgivers ref.:</i> FHF nr: 900750
<i>Tre stikkord:</i> Tykkfiskbein, fjerning, automatisk	<i>Går til:</i> Prosjektdeltakerne
<i>Sammendrag:</i> <p>Denne forprosjektrapporten er utarbeidet som oppfølging av en work-shop i regi av FHF, om automatisk fjerning av pinbone i hvitfisk. I work-shopen ble tidligere forskningsresultater gjennomgått og utstysprodusenter presenterte sine teknologiske innfallsvinkler, og forslag til løsninger for automatisk fjerning av pinbone i hvitfisk.</p> <p>I rapporten oppsummerer Matis, Sintef og Nofima tidligere FoU i forhold til fjerning av pinbone, som er åpent tilgjengelig. De gir også innspill til nye aktiviteter som skal bidra med basiskunnskap i utviklingen av teknologi for automatiske plukking av pinbone i hvitfisk.</p> <p>Rapporten foreslår at det blir arbeidet videre innenfor følgende FoU-områder:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Visionsystemer for deteksjon av pinbone</li><li>- Økt kunnskapen om hvordan pinbone er festet og hvordan de kan løsnes</li><li>- Utvikle metode for fysisk/kjemisk fjerning av pinbone</li><li>- Andre metoder som kan benyttes for effektiv fjerning av pinbone i hvitfisk</li></ul> <p>I etterkant av workshopen har FHF etablert en ressursgruppe sammensatt av personer fra fiskeindustrien, fangstleddet og oppdrettsnæringen. Aktuelle nye FoU-aktiviteter vil bli drøftet med denne ressursgruppen. FHF vil imidlertid også holde hele næringen orientert om fremdriften og fortløpende formidle resultater fra FoU-arbeide i forhold til automatisk fjerning av pinbone i hvitfisk.</p>	

# Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>1</b>
1.1	Bakgrunn for prosjektet .....	1
1.2	Automatisk og effektiv plukking av pinbone .....	2
1.2.1	Veien videre .....	2
<b>2</b>	<b>Gjennomgang av tidligere prosjekter.....</b>	<b>3</b>
2.1	Tykkfiskbein i torskefilet; antall, plassering, dimensjon, trekraft, bruddstyrke .....	3
2.2	Trekraft for å fjerne tykkfiskbein i laks før og etter salting pre-rigor .....	4
2.3	Målinger av beindtykkelse og trekraft utført av Mátis, Island .....	6
2.4	Automatisk kvalitetsdifferensiering av laksefilet .....	9
2.4.1	Ytelse for maskinell beinplukking og manuell etterplukking .....	9
2.4.2	Konsumenttester torsk og laks .....	10
2.5	Skjære ut tykkfiskbein med vannjet .....	13
2.6	Tidligere teknologiprojekter .....	15
2.6.1	Teknologisøk for deteksjon og fjerning av tykkfiskbein i fiskefilét.....	15
2.6.2	Automatisering av filetproduksjonen.....	15
2.6.3	Pinboneprosjektet .....	15
2.7	Oppsummering av tidligere prosjekt og tilgjengelig teknologi.....	16
2.7.1	Egenskaper ved beinfjerningsteknologien .....	17
2.7.2	Visionsystemer.....	18
<b>3</b>	<b>Skisse til nye FoU aktiviteter .....</b>	<b>19</b>
3.1	Visionsystemer for påvisning av pinbone.....	19
3.1.1	Utskjæring av pinbone .....	19
3.1.2	FoU-aktiviteter for utvikling av vision-systemer.....	19
3.2	Hvordan er tykkfiskbeina festet mot skinn og hva kan eventuelt gjøres for å svekke innfestingen.....	20
3.2.1	Beskrive og karakterisere innfestingen av beina (mot skinn og i muskel) ..	20
3.2.2	Analyse av kraft ved fjerning av pinbone .....	20
3.2.3	Kan tykkfiskbeina løsnes med enzymer eller med salt .....	20
3.2.4	Andre mulige metoder for å løsne beina.....	21
3.3	Metode for fysisk fjerning av pinbones uten v-cut .....	22
3.4	Andre metoder for fjerning av tykkfiskbein i hvitfisk.....	22
<b>4</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>23</b>

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn for prosjektet

### **Bakgrunn:**

På oppdrag fra FHF har SINTEF Raufoss Manufacturing, Matis og Nofima utarbeidet en forprosjektskisse som kan resultere i et prosjektforslag for automatisert fjerning av tykkfiskbein i torsk, uten å skjære bort et snitt i fileten.

### **Behov for automatisering:**

Forbrukerne ønsker filét og andre produkter av hvitfisk som er beinfrie og samtidig koster så lite som mulig. Fjerning av tykkfiskbein er i stor grad en manuell arbeidskrevende operasjon, alternativt automatisert utskjæring av tykkfiskbeina. Redusert manuell håndtering er derfor ønsket for å:

- Redusere behovet for operatører, som i mange tilfeller er vanskelig å skaffe
- Redusere høye operatørkostnader
- Redusere svinn og økt utbytte når tykkfiskbein trekkes ut istedenfor skjæres ut med et snitt
- Bedre utnyttelsen av hele fileten når den ikke deles med et snitt
- Sikre god hygiene
- Gi bedriftene en totalt sett bedre økonomi

### **Forskningsutfordringer på området automatisert beinfjerning:**

Det er gjennomført flere prosjekter tidligere innenfor ulike tema som er viktige for automatisert beinfjerning. Dette spenner fra hvordan bein er festet til fiskekjøttet til hvordan gripe og fjerne beina. I et planlagt arbeidsseminar (workshop) vil resultater fra tidligere prosjekter og hva som evt. mangler for de ulike temaene bli presentert. Disse presentasjonene gir grunnlaget for å diskutere forskningsutfordringene i et faglig sammensatt fora med utstysindustri, produsent og forskningsmiljø tilstede i en workshop.

### **Resultatmål:**

Å sammenfatte kunnskap om egenskaper til og innfesting av tykkfiskbein i torskefilet, og hvordan beina kan plukkes ut på en effektiv måte.

### **Forventet nytteverdi:**

Dette forprosjektet skal danne grunnlag for å oppnå en mer effektiv plukking av tykkfiskbein i torskefilet gjennom felles diskusjon og vurdering av status og muligheter mellom industri og forskning.

Forprosjektet vil også gi grunnlag for å vurdere risikoen i prosjektet før man tar beslutning om oppstart eller utsetting.

### **Gjennomføring:**

Følgende aktiviteter skal gjennomføres av forskningsinstitusjonene i prosjektet:

- Forberedelse og deltagelse på workshop
- Kartlegging av andre relevante FoU-resultater når det gjelder fjerning av pin-bone
- Utarbeide en rapport som beskriver status og forskningsutfordringer (“State of the art”) i etterkant av workshopen
- Ved behov utarbeide en prosjektbeskrivelse der målsetningen er å skaffe ny og utfyllende informasjon om plukking av tykkfiskbein hos torsk.

### **Formidlingsplan:**

Presentasjoner fra SINTEF, Nofima og Matis på workshop, og utarbeidelse av en åpen “State-of-the-art”-rapport.

### **Organisering:**

Matis ltd. Sigurjon Arason er utførende prosjektleder.

FHF administrerer prosjektet.

## 1.2 Automatisk og effektiv plukking av pinbone

For å sikre en optimal plukking av pinbone må det utvikles bedre metoder for deteksjon. Videre vil det være viktig å øke kunnskapen om hvordan pinbone er festet i muskelen og mot skinnet:

- ✓ Muskelstruktur og mekanisk festing
- ✓ Muskel – bein interaksjon
- ✓ Mikroanalyser av hvordan pinbone er festet mot muskel og skinn (kjemisk og biologisk)

Metoder for å løsne beina slik at beinplukking blir enklere kan være bruk av:

- ✓ Enzymer, kjemiske stoffer, marinering
- ✓ Bølger
- ✓ Elektrostimulering for å fremskynde rigor
- ✓ Skjære løs beina mot skinnet

Andre metoder for effektiv fjerning av pinbone som ble nevnt på workshopen var å:

- ✓ Styrke strukturen i fiskekjøttet før beinfjerning (kan gøres ved superkjøling)
- ✓ Kombinere skjæring og plukking
- ✓ Knuse pinbone med sjokkbølger (slik man knuser nyrestein)
- ✓ Orienterer fileten automatisk før fjerning av bein

Det kom også innspill på at man må tenke helt nytt – eksempelvis ved å fjerne pinbone ved selve fileteringen. Det kan også være mulighede at plukke beina fra skinnsiden. Da er maskinene allerede i kontakt med fisken. I alle forsøk på å fjerne eller løsne pinbone må det sikres at de metoder som utvikles ikke påfører produktet skade eller redusert kvalitet.

### 1.2.1 Veien videre

Matis, Sintef og Nofima, som deltok på workshopen, utarbeider en forprosjektrapport som oppsummerer tidligere FoU i forhold til automatisk fjerning av pinbone. De gir også innspill til FoU-aktiviteter som skal bidra med basiskunnskap i utviklingen av teknologi for automatiske plukking av pinbone i hvitfisk.

I etterkant av workshopen er det etablert en ressursgruppe i regi av FHF. Følgende personer har sagt seg villig til å delta i denne:

- ✓ Atle Vartdal, AS Ramsen.
- ✓ Arild Holmeset, GEIR II.
- ✓ Gunnar Bragi Gudmundsson, Norway Seafoods AS.
- ✓ Kjell-Olaf Larsen, Båtsfjordbruket AS.
- ✓ Kurt Olav Oppedal, Marin Harvest.

Aktuelle FoU-aktiviteter blir drøftet med ressursgruppen, men FHF vil holde hele næringen orientert om fremdriften og fortløpende formidle resultater fra FoU-arbeidet.

## 2 Gjennomgang av tidligere prosjekter

### 2.1 Tykkfiskbein i torskfilet; antall, plassering, dimensjon, trekkraft, bruddstyrke

Akse mfl. (2002) utførte denne undersøkelsen på fileten fra fem bedrifter i Båtsfjord og Stamsund.

Det var stor variasjon mellom filetlinjene med hensyn til hvor mange tykkfiskbein som sto igjen i fileten etter skjæring og skinning, hvor i fileten beina sto igjen, og om disse beina var intakte eller om de var kuttet i maskina.

Filetering og skinning fjernet i størst grad de fremste og de bakerste tykkfiskbeina, mens sannsynligheten var høy for at tykkfiskbein midt i rekken fortsatt var i fileten etter skjæring og skinning.

Lengden og diameteren på tykkfiskbeina som en pin-bone maskin må være i stand til å fjerne fra torskfilet varierer svært mye, både etter filetstørrelse og fra fremste til bakerste bein i samme filet. Innenfor det aktuelle området for kommersiell filetproduksjon av torsk varierte lengden på beina fra >3 cm til <5 mm og diameteren fra >1 mm til <0,2 mm. Denne variasjonsbredden stiller store krav til utformingen av effektive plukkemaskiner.

Til forskjell fra laks er tykkfiskbeina hos torsk og annen hvitfisk plassert i skillet mellom øvre og nedre muskelbunt, godt forankret av bindevev mot skinnet. Det er bare de bakerste, små beina som ikke å gå ut mot skinnet. Denne plasseringen fører til at nødvendig trekkraft for å fjerne tykkfiskbein fra torsk er høyere enn fra laks. Et eksempel på dette er vist i tabellen nedenfor, som angir gjennomsnittlig målt kraft for å fjerne tykkfiskbein fra middels store uskinnede fileter av torsk og laks. Verdiene for laks er hentet fra et tidlig forsøk som ble utført av Fiskeriforskning (M.Esaiassen og N.K.Sørensen 1996) "Fjerning av tykkfiskbein i laks".

Tabell 1 viser gjennomsnittlig målt trekkraft i gram som var nødvendig for å fjerne tykkfiskbein fra middels store fileter av torsk og laks, med skinn. Beina er inndelt i grupper regnet fra hode-enden av fileten og bakover. Målingene ble utført på pre rigor fileter og på fileter av råstoff som var islagret i 3 døgn.

Tabell 1 Gjennomsnittlig trekkraft (g) målt i pre-rigor og post-rigor torsk- og laksefilet

	Torsk pre rigor	Laks pre rigor	Torsk 3 d på is	Laks 3 d på is
Bein 1-5	1783	432	800	161
Bein 6-10	1526	495	586	137
Bein 11-15	890	464	411	121

Nødvendig kraft for å fjerne tykkfiskbein fra fileter avhenger av fiskens rigortilstand (ferskhet), etter tre døgn på is var kraften mer enn halvert. Etter 7 døgn hadde den falt ennå mer. Fjerning av skinnet reduserte også nødvendig trekkraft mye, særlig for beina lengst fremme i fileten.

I prosjektet ble det også utført noen få målinger på hyse og sei, som indikerte at nødvendig trekraft for å fjerne bein fra disse artene postrigor uten skinn, var på samme nivå som torsk.

Bruddstyrke ble målt på tykkfiskbein fra torsk og viste stor variasjon. Bruddstyrken var sterkt avhengig av beintykkelsen, men også innenfor samme diameterintervall ble det målt betydelig variasjon. Dette kan komme av at beina er skadet under filetering og skinning, noe som i så fall kan føre til problemer i kommersiell produksjon ved at noen tykkfiskbein bryter/slites av under uttrekking; Beistubber av ulik lengde blir da stående igjen i fileten.

En annen forklaring til stor variasjon i målt bruddstyrke kan finnes i selve målemetoden, der beina ble festet inn i klemmeer (gripeanordning) som var montert på veiecellen. Innfestingen kan ha skadet beinet, som ofte knakk i eller nær festepunktet. Dette er imidlertid ikke ulikt det beina vil bli utsatt for i et roterende plukkehode på automatiske beinplukkemaskiner, som også klemmer beinet fast og trekker det ut av fileten.

Når måleverdiene for kraften som skulle til for å dra beina ut av filetene sammenholdes med målte bruddverdier, viser det at i de fleste tilfeller ligger bruddverdien over verdien for nødvendig trekraft. For de tynneste beina i prerigor middels stor torskfilet uten skinn var imidlertid nødvendig trekraft i snitt tilnærmet det samme som bruddstyrken for beina.

## **2.2 Trekraft for å fjerne tykkfiskbein i laks før og etter salting pre-rigor**

I prosjektet Pre-rigor injeksjonssalting av laksefilet (Akse mfl 2011) ble det også målt nødvendig trekraft for å fjerne tykkfiskbein, umiddelbart etter salting av pre-rigor laksefilet og etter "saltmodning" av filetene i 1 døgn (saltet pre-rigor). Femten lakser ( $2328 \pm 321$  g) ble filetert pre-rigor mindre enn 2 timer etter slakting, og 5 lakser ble lagret 5 døgn på is til de var ute av rigor. Umiddelbart etter filetering ble høyre filet injeksjonssaltet i en Fomaco Brine Injector FGM 16/64F, injeksjonstrykk 1 bar, 30 slag (injiseringer) pr minutt. Saltinnhold etter injisering ble analysert til 2,4 % i en samleprøve fra 5 fisker. Dette er relativt likt saltnivået i kommersiell røykelaks. Venstrefiletene ble ikke saltet, slik at det var mulig å sammenligne trekraft før og etter salting mellom høyre og venstre filet på samme fisk, og mellom fiskene.

Måling av nødvendig trekraft ble utført til to tidspunkt. Umiddelbart etter injeksjonssalting ble det utført målinger på høyre (saltet) og venstre (usaltet) filet fra 10 av fiskene. Filetene fra 5 lakser (5 salta og 5 usalta fileter) ble lagret til dagen etter, slik at beintrekking fra disse filetene ble utført 24 timer etter filetering/salting. Fem døgn etter slakting ble de siste 5 fiskene filetert post rigor og trekraften for å fjerne pinnebeina ble målt i usaltet filet.

Trekraftmålingene blir utført med en TA-HD texture analyzer (Stable Micro Systems Ltd. Cardiff UK), med et kjøreprogram som er utviklet av Nofima, og tidligere brukt i forsøk der det ble målt trekraft ved fjerning av tykkfiskbein i laks, torsk og sei. Trekraften ble målt med veiecelle, der enden av tykkfiskbeinet ble festet i en klemme påhengt under cellen. Trekraften ble avlest som toppunktet av kurven. I tillegg til toppunktet gir programmet også mulighet til å observere forløpet av kraftkurven under trekking av hvert enkelt bein.



Beina som ble målt var plassert i samme området på alle filetene, fra bein 5 forfra og fortløpende bakover.

## Resultater

Ved måling rett etter salting (pre-rigor) var det signifikant ( $p < 0,01$ ) reduksjon i trekkraft. Det var betydelig individvariasjon mellom fiskene (reduksjonen i kraft varierte fra 18 % til 54 %). Imidlertid satt tykkfiskbeina fortsatt altfor fast etter salting til at det ville være mulig å trekke dem ut, manuelt eller maskinelt, uten at fileten ble revet opp eller at beina ble slitt av. Det var indikasjoner på at reduksjonen i trekkraft etter salting økte mens målingene pågikk, i ca 3 timer etter salting.

I de filetene som ble saltmodnet/kjølelagret i 24 timer etter filetering og salting pre-rigor var trekkraften redusert, både i usalta og salta filet. Reduksjonen var imidlertid betydelig større i de salta filetene enn i de usalta, slik at den relative forskjellen i kraft mellom usalta og salta filet i snitt nå var 51 % mot 38 % rett etter filetering/salting. Figuren viser at nødvendig trekkraft etter 1 døgn saltmodning av fileter i snitt var nede på samme nivå som i post rigor usalta filet, skåret 5 døgn *post mortem*. Individvariasjon mellom de salta filetene ett døgn etter salting var på samme nivå som ved beintrekking umiddelbart etter salting. Variasjonen mellom beina internt i samme filet var betydelig mindre ett døgn etter salting, enn rett etter salting pre-rigor.

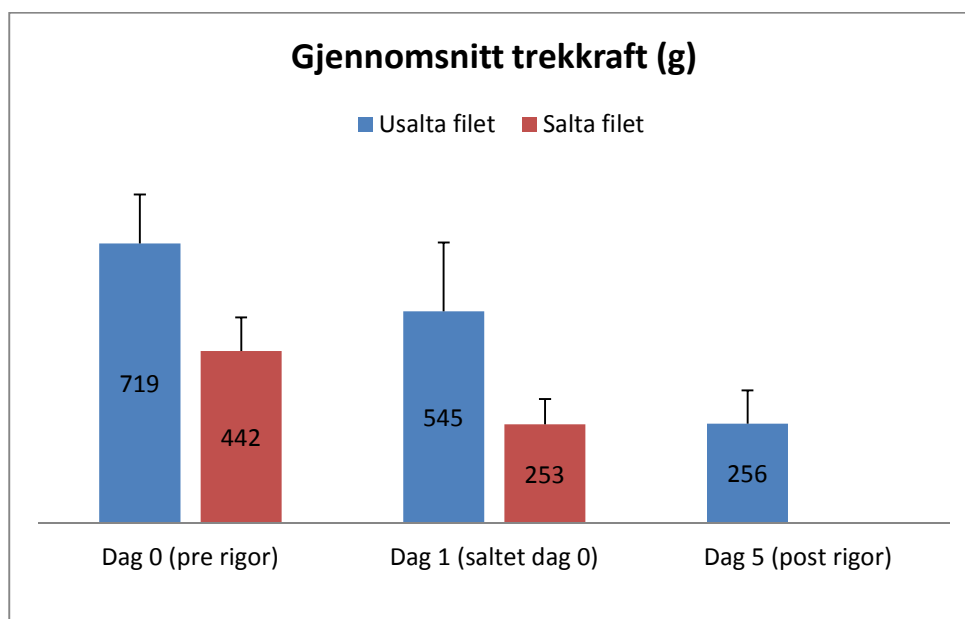
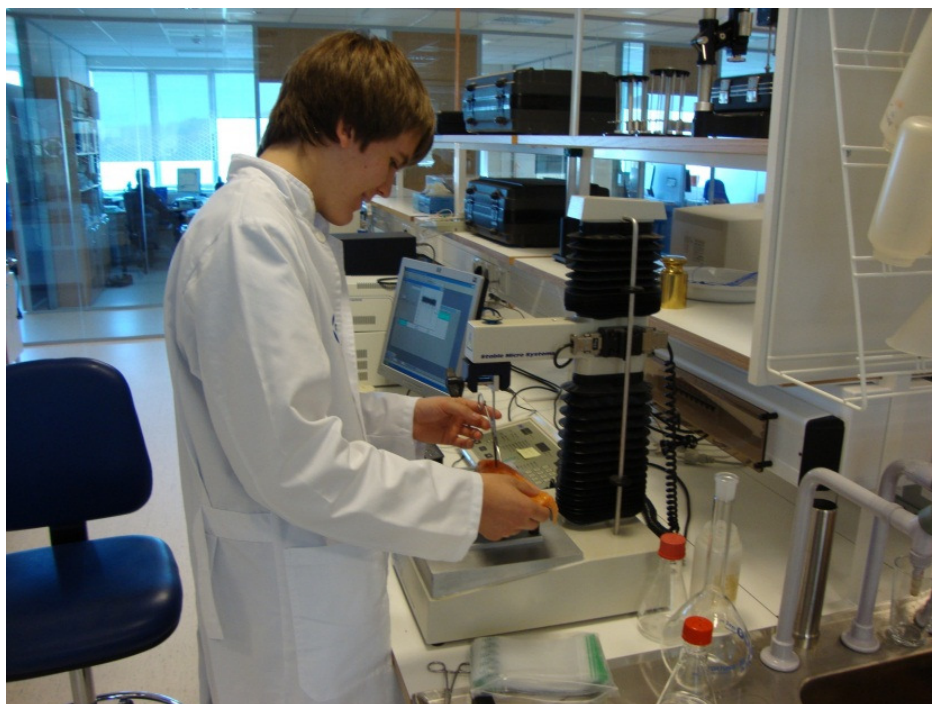
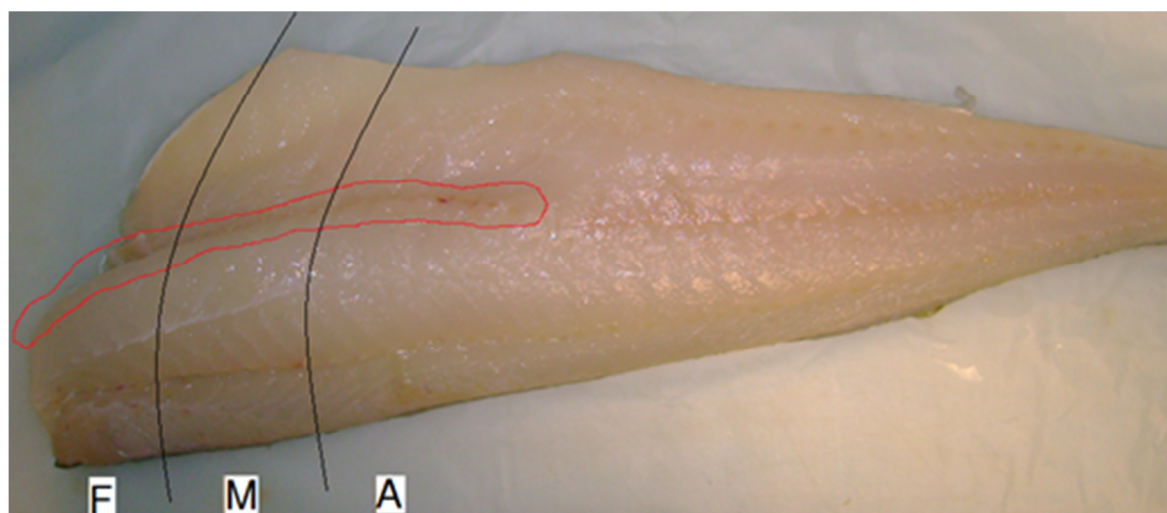


Figure 1. Gjennomsnitt trekkraft (g)

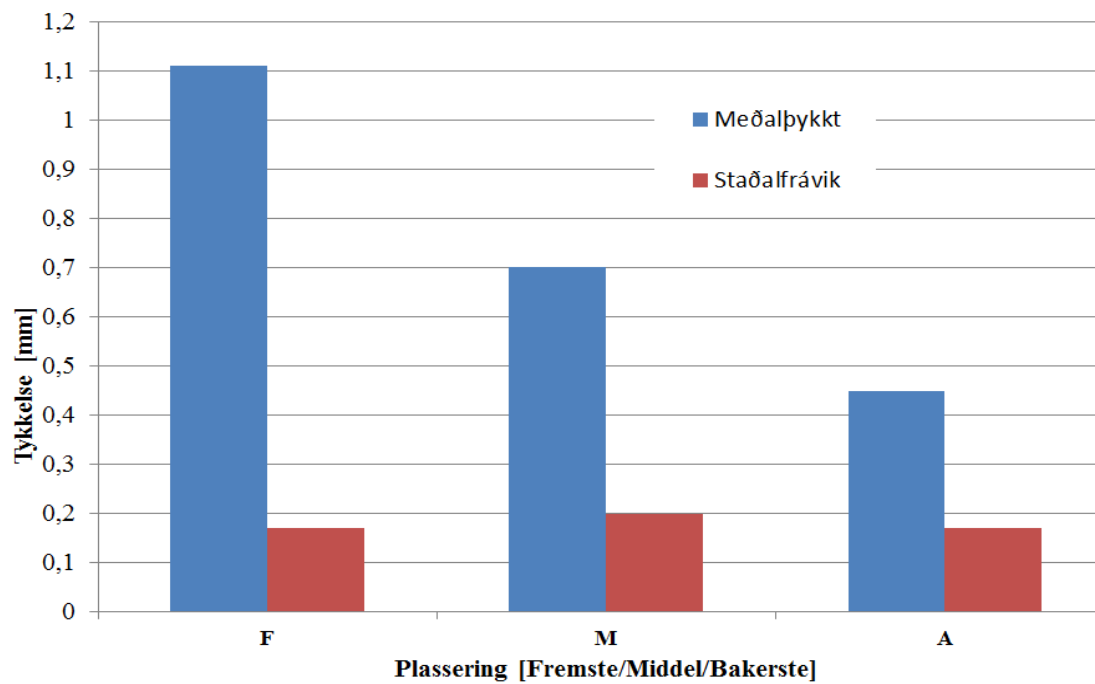
### 2.3 Målinger av beindtykkelse og trekraft utført av Mátis, Island



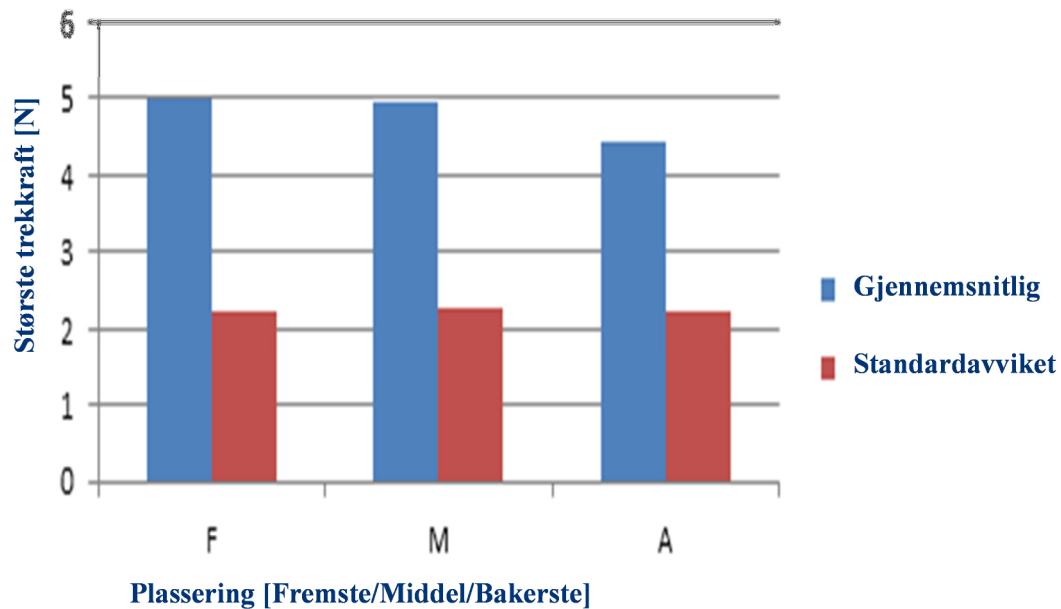
Figur 2 Bildet viser instrumentet som ble benyttet til måling av trekraft. Dette er den samme målemetoden som ble benyttet på torsk og laks av Akse mfl 2002 og 2011



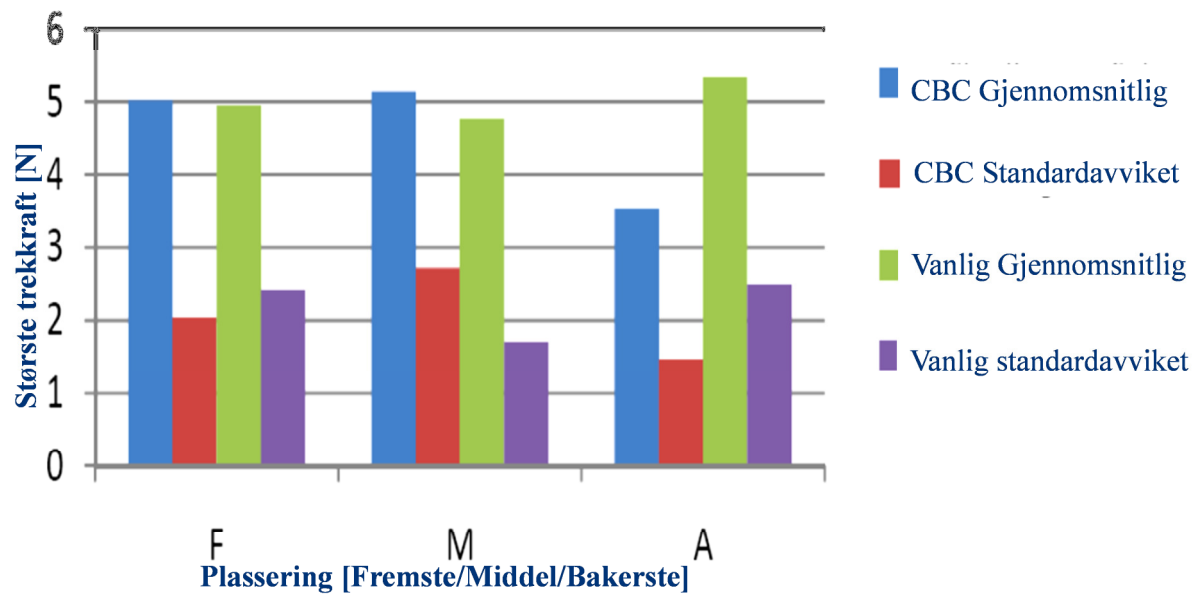
Figur 3 Bildet viser måleområdene på fileten (fremre, midtre og bakerst)



Figur 4 Torskebein; gjennomsnitlig tykkelse i forhold til plassering i beinrekker, regnet forfra



Figur 5 Torskebein, post rigor filet, gjennomsnitlig største trekraft i forhold til plassering



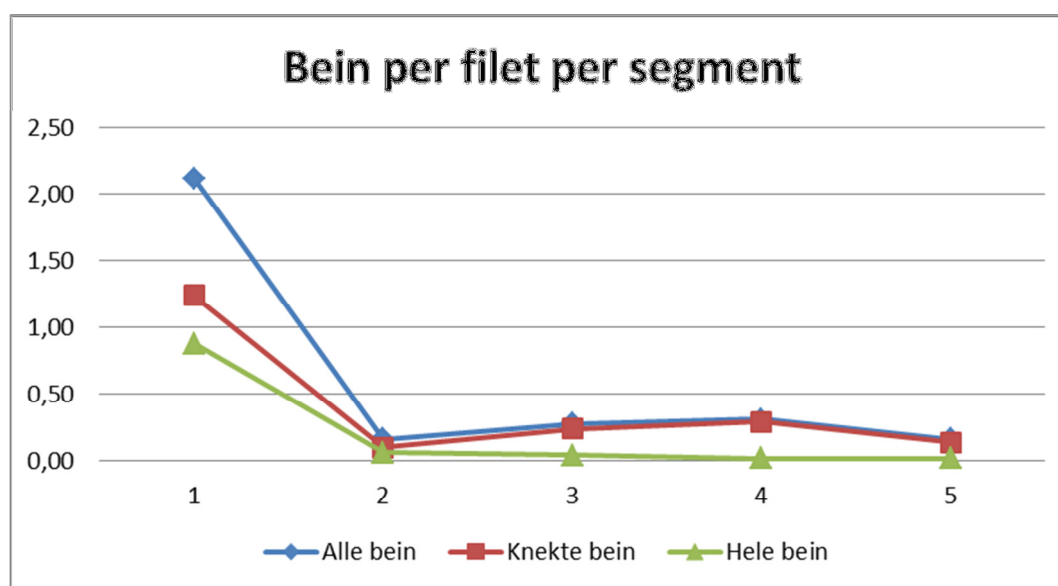
Figur 6 Torskebein, superkjølt eller vanlig kjølt post-rigor filet. Gjennomsnitlig største trekkraft i forhold til plassering. (CBC: Combined Blast and Contact cooler, superkjøler for fileter)

## 2.4 Automatisk kvalitetsdifferensiering av laksefilet

I prosjektet «Automatisk kvalitetsdifferensiering av laksefilet» (Heia mfl 2012) ble det utført en test hos en kommersiell aktør for å avdekke hvor godt instrumentell beinplukking fungerer i dag, og hvor godt resultatet er etter manuell etterplukking. I tillegg ble det også gjennomført en konsumentundersøkelse for å avdekke hvor små bein konsumentene oppdager i lakseprodukter.

### 2.4.1 Ytelse for maskinell beinplukking og manuell etterplukking

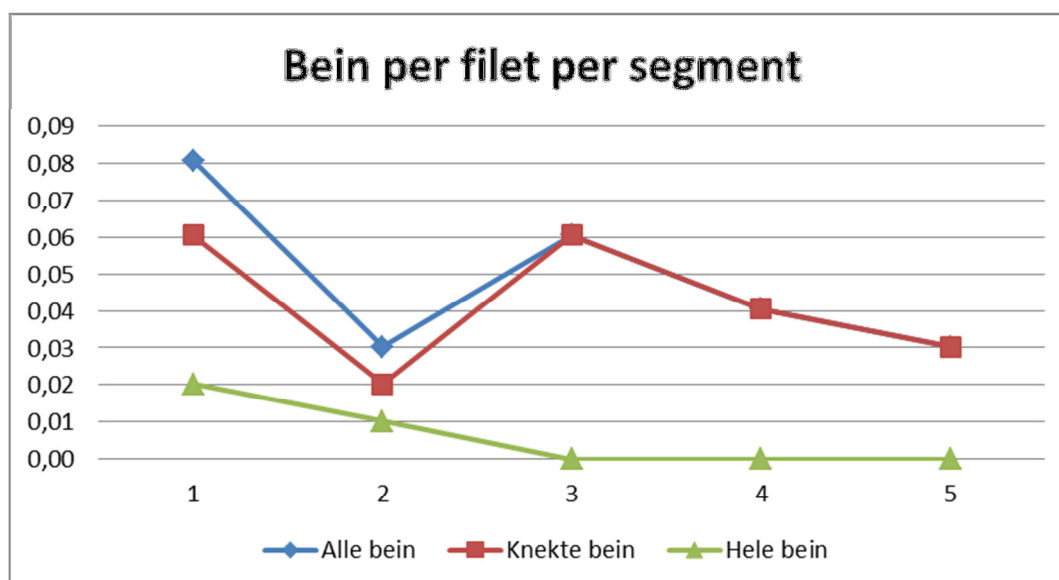
I gjennomgangen av maskinell plukking og manuell etterplukking ble 100 fileter tatt ut etter maskinell plukking, men før manuell etterplukking, og 99 fileter etter manuell etterplukking. I begge gruppene ble filetene grundig inspisert for å avdekke hvor mange bein som sto igjen i fileten, hvor de sto, og hvorvidt det var hele bein eller beinfragmenter. Det viste seg at det var litt forskjell på de ulike plukkeenheterne, noe som sannsynligvis kan tilskrives ulik innstilling og ulik slitasje på plukkeenheterne.



Figur 7 Gjenstående bein etter maskinell plukking av laksefilet

Figur 7 viser situasjonen etter maskinell beinplukking. I snitt sitter det tre bein igjen i hver filet hvor hoveddelen er lokalisert i nakkeområdet. I nakken er andelen knekte bein og hele bein tilnærmet lik, mens den relative andelen bein som er knekt øker bakover på fileten. Et interessant poeng er at når den maskinelle beinplukkeren er røff og knekker bein så fremstår den som effektiv, men i virkeligheten lager den problemer som ikke kan rettes opp gjennom manuell etterplukking.

Etter den manuelle beinplukkingen var nesten alle hele bein borte (gjensto i snitt 0,03 helt bein per filet), men de knekte beinene sto igjen med unntak av knekte bein i nakken som lot seg fjerne. Dette vises tydelig i Figur 8. Årsaken til at andel knekte bein som står igjen etter manuell etterplukking er lavere enn tilsvarende før manuell etterplukking skyldes alder på råstoffet. De filetene som ble inspisert før manuell etterplukking ble filetert og plukket på dag 3, mens de som ble inspisert etter manuell etterplukking ble filetert og plukket på dag 5.



Figur 8 Gjenstående bein etter manuell etterplukking av laksefilet

Gitt at den ene testen som her er gjort er representativ for industriell beinplukking av post-rigor laksefileter, så kan man si at dagens system med maskinell beinfjerning etterfulgt av en manuell etterkontroll er for dårlig med tanke på å kunne tilby konsumentene beinfrie fileter.

#### 2.4.2 Konsumenttester torsk og laks

Det ble i dette prosjektet gjennomført to konsumenttester, en med biter av henholdsvis torskefilet (2002) og laksefilet (2011), der målet var å teste konsumenters sensitivitet for å finne bein i kokte biter.

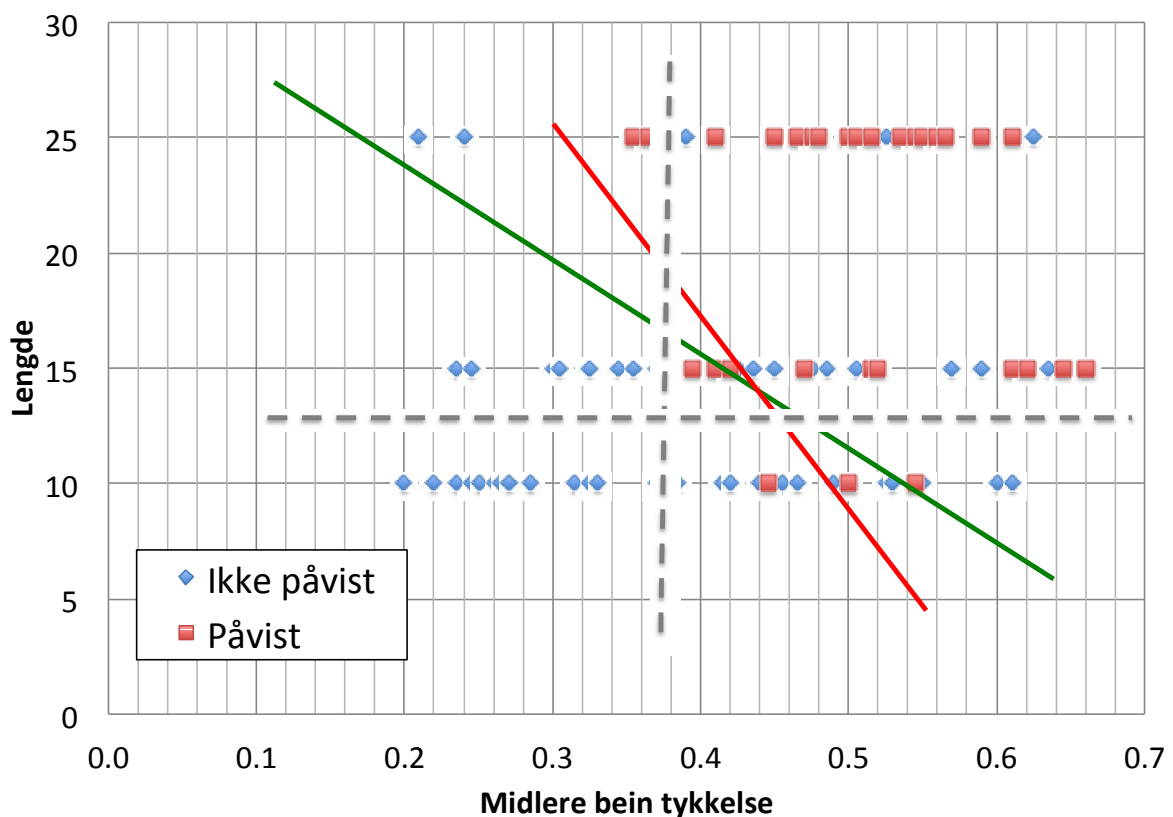
Konsumenttesten med torskebiter ble gjennomført i Tromsø (2002), i sensorikklaboratoriet til Fiskeriforskning. Råstoffet var frysede loinsbiter av torsk, som ble tint og kuttet i passe store biter for å kunne tas i munnen hele og tygges. Lengde og tykkelse ble målt på 180 tykkfiskbein fra torsk. Beinene ble stukket manuelt inn i loinsbitene, ett bein i hver bite. Bitene ble delt i fire grupper, ut fra tykkelsen på beinet som satt i biten:

- Kontroll: Uten bein
- Små: Bein med tykkelse under 0,3mm
- Middels: Bein med tykkelse mellom 0,3 - 0,5mm
- Store: Bein med tykkelse over 0,5 mm

60 prøver ble laget til hver gruppe, totalt 240 biter. I alle bitene uten de som tilhørte kontrollgruppen ble bein med kjent tykkelse og lengde stukket inni bitene. Bitene var kodet slik at en kunne spore tilbake hvilke bein som var i dem. 30 "konsumenter" deltok i testen, vilkårlig utvalgt blant ansatte ved Fiskeriforskning. Personene i testen var ikke klar over at hovedmålet var å finne bein i prøvene. Deltakerne ble derimot fortalt at målet var å sammenligne kvalitet mellom vill- og oppdrettet torsk. På den måten var det mulig å trekke fokus bort fra problematikken knyttet til bein i produktet, for dermed å kunne se den umiddelbare responsen på forekomsten av bein i bitene. De ble imidlertid også bedt om å

svare ja eller nei om der var bein i prøven. Dette svaret kunne så koblets opp i mot identifikasjon på prøven. Hver deltaker fikk 8 prøver, to i hver gruppe beskrevet ovenfor.

Konsumenttesten med laksebiter ble gjennomført på to lokaliteter i Tromsø. Laksebitene var alle hentet fra samme plass på fileten (midt på sporden). Tykkfiskbein fra laks ble lagt i vann over natt og deretter klippet i tre ulike lengder: 10, 15 og 25 mm. Tykkelsen på beinfragmentene ble målt i begge ender og et bein ble plassert midt i hver laksebit. Bitene ble deretter varmebehandlet i ovn på 175 °C i 10 minutt. Etter nedkjøling i romtemperatur ble de plassert i plastbeger med lokk og lagret i kjøleskap til konsumenttestene neste og påfølgende dag. Bitene ble servert romtemperert. Hver konsument ble servert tre biter; først en bit som ikke var en del av testen, deretter to biter, hvor en av bitene inneholdt et bein. Rekkefølgene på biter med og uten bein, samt spørsmålene, ble randomisert.



*Figur 9 Plottet fra testen med laks viser beinlengde mot midlere beintykkelses for alle bein påvist av konsument (rød firkant) og bein som ikke ble påvist (blå diamant). Stiplede gråe linjer viser separate terskler på beinlengde og bredde for 90 % av alle påviste bein. Rød linje viser separasjonslinje for 90 % av alle påviste laksebein. Grønn linje viser tilsvarende separasjonslinje fra testen med torskebein.*

Resultatet fra disse konsumenttestene er vist i Figur 9. Hvorvidt konsumenten påviser beinet eller ikke avhenger av både tykkelsen og lengden. Hvis beinet er kort aksepteres tykkere bein enn om beinet er langt. Resultatene for denne testen er i overensstemmelse med tilsvarende undersøkelse gjort på torsk (se grønn linje i Figur 9). For tynne bein

aksepterer konsumentene lengre bein i laks enn tilfelle var for hvitfisk, mens for tykke bein aksepterer konsumentene lengre bein i torsk enn for laks.

Dette arbeidet har vist at konsumenter kan påvise tykkfiskbein ned til en tykkelse på ca. 0,35 mm og en lengde på 9 mm. Dagens maskinelle beinplukkere levner både hele og knekte bein i fileten. De aller fleste av de hele beina blir fjernet i den manuelle etterkontrollen, mens mange av de knekte beina ikke blir fjernet. I dette forsøket ble det funnet 24 tykkfiskbein i 99 fileter tatt ut etter den manuelle etterkontrollen, hvorav kun 4 av disse var så små at 90 % av konsumentene ville ha akseptert dem.



## 2.5 Skjære ut tykkfiskbein med vannjet

Firmaet Skaginn i Island utviklede en skjæreline for a skjære ut tykkfiskben med vannjet, prosjekt blev utført i tiden 2005 til 2008. Opplægget kan ses på figure 10 og 11.

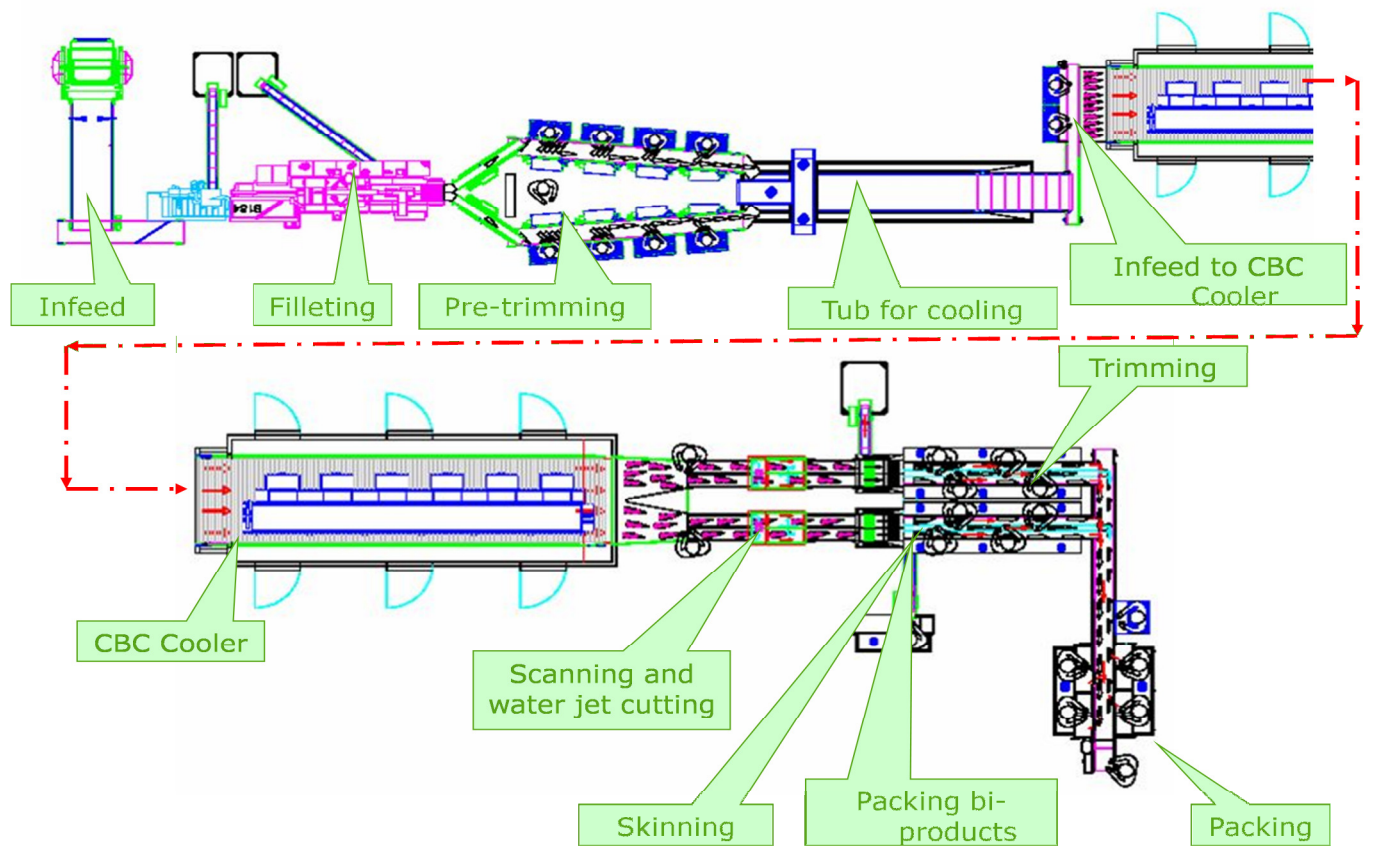


Figure 10. Fileteringslinje med CBC-kjøler og vannjetskjæring.



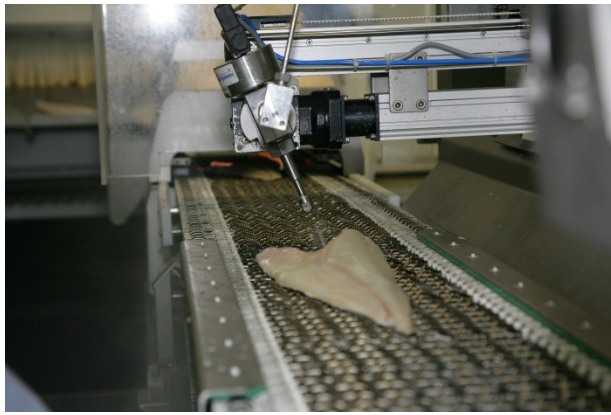


Figure 11. Vannjet skjære enheten og vann stråle pistol som er enkel å bruke og kutte fiskefilet i henhold til formelen.



Figure 12. Skjæring av tykkfiskbein ut filet med vannjet.

Vurdering av resultater fra forsøket med vann cutting maskinen:

- ✓ Det blev for mange feiler i færdig skåret torskfilet.
- ✓ Resultatet var for mange feiler i fiskefiletne at det ville være akseptabelt.
- ✓ Kontrakten med selskapet fastsatt at feilene ikke skulle overstige 5% enn det var omkring 10%.

Derfor ble begyndt med et annet prosjekt som opererte under navnet "feil detektor" for etterkontroll av feiler i færdig skjæret filer. Det blev utviklet en prosesslinje med gjennomlysning udstyr for å finne feilene.

## **2.6 Tidligere teknologiprojekter**

Arbeidet med å utvikle automatiserte løsninger for fjerning av tykkfiskbein i rød- og hvitfisk startet på midten av 1980-tallet hvor TRIO Food Processing Machinery lanserte en mekanisk pinbone-fjerner. I den første perioden var hovedfokus knyttet til laks. På slutten av 1990-tallen ble det første prosjektet etablert av FHF hvor fokus var fjerning av tykkfiskbein i hvitfisk. Flere prosjekter ble gjennomført frem til 2004, de fleste prosjektene er fortrolige og i det følgende blir åpen informasjon gjengitt.

### **2.6.1 Teknologisøk for deteksjon og fjerning av tykkfiskbein i fiskefilét**

Dette var et fortrolig prosjekt som startet i 1999 i regi av Fiskeindustriens Teknologi Institutt hvor målsettingen var å skaffe oversikt over aktuell og tilgjengelig teknologi samt teknologimiljøer som kan bidra til å finne optimal løsning. På denne tiden ble tykkfiskbein skjært ut med kniv, men utskjæring ved bruk av vannjet ble også testet. Tykkfiskbeina kunne også trekkes ut, enten manuelt eller ved hjelp av maskinell fjerning. Flere bedrifter (blant annet Baader, TRIO, FTC) leverte maskinløsninger og håndholdte apparater ble levert av TRIO og FTC. Det ble anslått at ca 80 % av tykkfiskbeina i laks ble fjernet med de eksisterende maskiner. Posisjonering av fileten var like viktig som deteksjon i forhold til tykkfiskbeinas posisjonering i forhold til beinfjerningsrotor. Man forutsatte manuell fjerning av restbein.

### **2.6.2 Automatisering av filetproduksjonen**

Prosjektet Automatisering av filetproduksjonen (fortrolig prosjekt) var en videreføring av prosjektet "Teknologisøk for deteksjon og fjerning av tykkfiskbein i fiskefilet". Dette prosjektet hadde som målsetting å etablere et større utviklingsprosjekt basert på teknologiske og økonomiske vurderinger.

### **2.6.3 Pinboneprosjektet**

FHL etablerte i 2001 Pinboneprosjektet med deltakere fra leverandørindustri og FoU. I tillegg deltok flere foredlingsanlegg for hvitfisk i testing av løsninger. Målsettingen var å utvikle en delvis automatisert prosesslinje for trimming av hvitfiskfilet med hovedfokus på fjerning og deteksjon av tykkfiskbein i hvitfisk. I prosjektet ble Carnitechs pinbonemaskin testet og videreutviklet.

Tester av pinbonemaskinen og deteksjonssystemet viste at det er mulig å oppnå fastsatt målsetting om 70 % helt beinfrie fileter. Tykkfiskbeinas tykkelse påvirker resultatet og treffprosenten var høyest for bein med diameter over 0,3 mm. Den foreslåtte løsningen for tykkfiskebeinfjerning klarte ikke å fjerne alle bein og krevde derfor 16 operatører for å oppnå en kapasitet på 40-60 fileter totalt per minutt. Anslått vekttap etter at filetene hadde gått gjennom pinbonemaskinen var 3-4 %.



Figur 13. Manuell fjerning av tykkfiskbein i torsk

## 2.7 Oppsummering av tidligere prosjekt og tilgjengelig teknologi

Det finnes i dag løsninger for fjerning av tykkfiskbein i laks, uten at noen løsning tilfredsstillende et krav om tilnærmet 100 beinfrie fileter. Dette medfører at det alltid er behov for operatører til etternapping av gjenværende tykkfiskbein. Beinfjerningsrotor som er plassert i en maskin er forholdsvis stasjonær med bevegelse kun i høyde over transportbåndet. Operatører har tilgang til håndholdte rotorer for beinfjerning. Det finnes en løsning som er utviklet av TRIO for fjerning av bein i pre-rigor laksefilet. Denne løsningen baseres på at en kniv kutter festet til laksebeina som deretter fjernes med rotor (vet ikke om dette er fortrolig informasjon). I hvitfiskindustrien fjernes fortsatt tykkfiskbeina vha kniv.

Visionsystemet som ble testet i pinboneprosjektet ble kun benyttet for etterkontroll av bein i filetene. Ved bruk av knivløsning skjæres beina ut med god margin for å unngå restbein i filetene. Dette medfører at v-cut gir for høyt utbyttetap og reduserer utnyttelsen av fileten.

Det er flere utfordringer ved bruk av beinplukkerotor. En del restbein i filetene skyldes at beinfjernerrotoren ikke alltid kommer i inngrep med hvert enkelt bein og at de dermed blir stående igjen i fileten. En annen utfordring er knyttet til bein som kuttet i det de skal trekkes ut. Disse beina er vanskelige å oppdage for operatørene som fjerner restebein manuelt i etterkant. Maskinell fjerning av tykkfiskbein ved bruk av rotor kan også gi utbyttetap i form av at fiskekjøtt sitter fast på beina eller plukkerotor som graver ned i fiskekjøttet.

Variasjoner i torsk har en stor innvirkning på egenskapene til fiskemuskel er nødvendig å ta hensyn til ved foredling. Bl.a

- ✓ alder av råvarer

- ✓ størrelser av fisk
- ✓ håndtering
- ✓ tiden av året
- ✓ fiskeplass
- ✓ lagerbeholdere
- ✓ fangst utstyr

Verdiskapning ved anvendelse av plukking eller skjæring metoder ses i tabell 2 og 3.

Tabell 2. Skjæring av tykkfiskbein fra torskefilet, (grunnlaget 1000 kg torsk, smh).

	Utbytte	Verdier
<b>Filet</b>	<b>450</b>	
• <b>Loins</b>	<b>225</b>	<b>17.143</b>
• <b>Andre deler</b>	<b>225</b>	<b>7.500</b>
<b>Tykkfiskbein</b>	<b>70</b>	<b>450</b>
<b>Total</b>		<b>25.093</b>

Tabell 3. Plukking av tykkfiskbein fra torskefilet, (grunnlaget 1000 kg torsk, smh)

	Utbytte	Verdier
<b>Filet</b>	<b>510</b>	
• <b>Loins</b>	<b>255</b>	<b>19.429</b>
• <b>Andre deler</b>	<b>255</b>	<b>8.500</b>
<b>Tykkfiskbein</b>	<b>10</b>	<b>64</b>
<b>Total</b>		<b>27.993</b>

### 2.7.1 Egenskaper ved beinfjerningsteknologien

Design av rotor er avgjørende for god beinfjerning, dette omfatter blant annet plukkerrotorens utforming, rotasjonshastighet, bevegelsesmønster samt samspill mellom plukkerrotor og maskinens øvrige funksjoner. Disse faktorene skal tilpasses variasjonene som finnes i råstoffet og forskning har, som nevnt ovenfor, vist at beinas beskaffenhet har stor innflytelse på plukkeresultatet hvor blant annet:

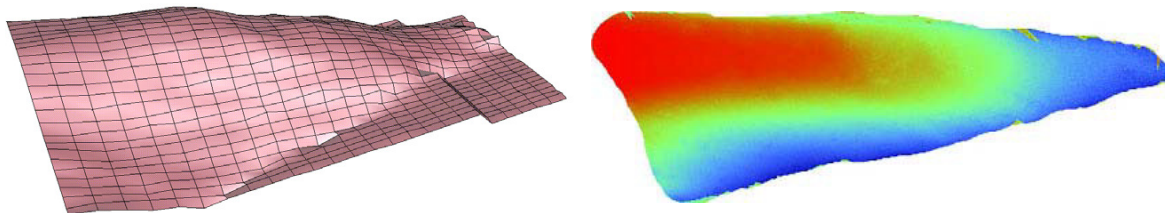
- Beinas tykkelse spiller inn

- Beinas beliggenhet i forhold til filetoverflate er en utfordring
- Avstand mellom tykkfiskbein varierer
- Årstidsvariasjoner i råstoffets beskaffenhet

## 2.7.2 Visionsystemer

I Pinboneprosjektet ble en visionløsning, Sensor X fra Marel, benyttet for å påvise restbein i filetene etter beinplukkingen. Siden 1999 har det vært en voldsom utvikling innen visionteknologi og flere ulike teknologier kan anvendes i dag, blant annet:

- Strukturert lys
- Laser
- Røntgent



Figur 14. Analyse av filet ved bruk av strukturert lys (Øistein.Skotheim@sintef.no)

Valg av teknologi avhengig av type oppgave og om det er tilstrekkelig med bruk av 2D-teknologi eller 3D. I tillegg sette krav til operasjonelle omgivelser, deteksjonshastighet, nøyaktighet og ikke minst pris, føring for valg av teknologi. Bruk av visionteknologi før fjerning av tykkfiskbein gir fordeler som bedre mulighet for styring og posisjonering av rotor i forhold til tykkfiskbeinas beliggenhet på fileten.

Avslutning:

- Økt kapasitet for dataprosessering
- Samspill mellom visionsystem, dataprosessering og plukkeenhet
- Ny teknologi for 2D eller 3D-visionsystemer
  - Mulighet for å styre beinplukkerotor i forhold til beinas posisjon
  - Økonomi
- Presisjon – større mulighet for å tilpasse løsning til råstoffets beskaffenhet

### 3 Skisse til nye FoU aktiviteter

Bedriftene ønsker at det utvikles metoder for automatisk plukking av pinbone i filetene, som et alternativ til automatisk kutting. Trio AS har i dag maskiner for å plukke ut pinbone i fileter (særlig for laks), og Marel ønsker også å utvikle løsninger for dette. Hvis pinbone kan plukkes ut automatisk får man en hel filet med langt flere markedsmuligheter. Det er også naturlig å anta at man får et høyere utbytte enn ved utskjæring av pinbone, samt at man totalt sett kan få bedre betalt for fileten. Markedet krever at fileten må produseres av ferskest mulig råstoff, slik at man i utviklingsarbeidet må ta høyde for å kunne plukke ut pinbone av meget fersk filet, helst pre rigor.

Det kan være stor variasjon fra filetmaskin til filetmaskin hvor mange pinbone som står igjen i fileten etter skjæring og skinning, hvor i fileten beina sitter, og om beina er hele eller kuttet. Målinger som Nofima har gjort viser at det er særlig de fremste pinbone som er utsatt for å bli kuttet av knivene i filetmaskinen. Undersøkelsen viser også at lengden på pinbone i en kommersiell filetproduksjon av torsk kan variere fra >3 cm til <5 mm, og diameteren kan variere fra >1 mm til <0.2 mm. Variasjonen i lengde og tykkelse på beina, samt at en del bein er kuttet i filetmaskinen, stiller store krav til utforming av en effektiv plukkemaskin.

Ut fra dette foreslår vi det blir arbeidet videre innenfor følgende FoU-områder:

- Visionsystemer for deteksjon av pinbone
- Økt kunnskapen om hvordan pinbone er festet og hvordan de kan løsnes
- Utvikle metode for fysisk/kjemisk fjerning av pinbone
- Andre metoder som kan benyttes for effektiv fjerning av pinbone i hvitfisk

#### 3.1 Visionsystemer for påvisning av pinbone

De senere årene har det vært en voldsom utvikling i vision-systemer. Det gir muligheter for å utvikle en høyoppløselig sensor for nøyaktig påvisning av pinbone i 3D. Dette kan gi grunnlag for en mer presis utskjæring av pinbone, med et økt utbytte på 2-5% sammenlignet med manuell utskjæring ved bruk av operatører. Videre kan bedre visionsystemer gi økt nøyaktighet ved plukking av bein, slik at utbytte og andelen av beinfrie fileter øker.

##### 3.1.1 Utskjæring av pinbone

I dag har både Baader, Marel og Valka hovedfokus på automatisk utskjæring av tykkfiskbein i hvitfisk. For å utnytte resultatene fra et forbedret visjon-system må det utvikles en mer presis kutte-enhet. I dag er kutte-enhetene i stor grad basert på en fast kuttevinkel og kuttebredde. På en forbedret kutte-enhet bør sannsynligvis både vinkel og bredde kunne reguleres for å få optimalt utbytte fra hver filet.

Også viktig at filetene har er intakte, med mest mulig ensartet fasong. Det gjør det enklere å lokalisere beina og å styre kutte-/plukkeenheten på en optimal måte.

##### 3.1.2 FoU-aktiviteter for utvikling av vision-systemer

Marel arbeider i APRICOT-prosjektet med å utvikle et visionsystem for deteksjon av pinbone i 3D, samt en forbedret kutte-enhet. Prosjektet gjennomføres i samarbeid med Norway Seafoods AS og SINTEF. Det må vurderes om det skal settes i gang andre FoU-

aktiviteter på området – enten generiske eller i samarbeid med noen av maskinleverandørene.

Maskinleverandørene har så langt kommet med innspill til følgende FoU-aktiviteter på området:

- ✓ Måle vinkelen på pinbone i fileter av ulike størrelse, fra ulike områder og fra ulike filetmaskiner.
- ✓ Analysere hvilke stoffer pinbone er bygget opp av.
- ✓ Utvikle algoritmer for påvisning av bein fra x-ray bilder.
- ✓ Integre annen vision-teknologi, f.eks. for påvisning av kveis.

### **3.2 Hvordan er tykkfiskbeina festet mot skinn og hva kan eventuelt gjøres for å svekke innfestingen**

Tidligere målinger av nødvendig trekraft for å fjerne tykkfiskbein fra torskefilet viser at denne i stor grad er avhengig av tid etter avliving av fisken (ferskhetsgrad/rigor-tilstand). Etter tre døgn på is er nødvendig kraft mer enn halvert i forhold til nyslaktet (pre rigor) råstoff. Dette er tilfelle både i hvitfisk som torsk og i laksefisk, selv om nødvendig trekraft for å fjerne pinbone i torsk er betydelig høyere enn i laksefisk ved sammenlignbar tid *post mortem*.

#### **3.2.1 Beskrive og karakterisere innfestingen av beina (mot skinn og i muskel)**

Sannsynligvis vil det bli altfor omfattende å foreta en fullstendig kjemisk karakterisering av hinnene som fester beina mot skinn og i muskel. Her må vi derfor ta utgangspunkt det som måtte være publisert om dette i internasjonal litteratur. Innledningsvis skal det derfor gjøres en grundig litteraturstudie. Resultatene av studien sammenfattes og diskuteres i et eget rapportkapittel

Selv om det ikke blir gjennomført en grundig kjemisk karakterisering kan man hente mye nyttig kunnskap ved å studere hvordan innfestingen av bein mot skinn og muskel i torsk ser ut rent fysisk. Hvor mange/hvilken av beina er festet mot skinnen, hvordan ser innfestingen ut, hvor sterk er innfestingen i levende fisk (pre-rigor) og hvordan/hvor raskt brytes den ned naturlig? Dette kan eventuelt studeres ved å dissikere torsk til ulike tidspunkt etter avliving. Innfestingen kan eventuelt studeres i mikroskop.

#### **3.2.2 Analyse av kraft ved fjerning av pinbone**

På bakgrunn av studier av hvor hardt bein sitter i fileten, bør det utvikles metoder for å karlegge hvordan beina påvirkes av ytre kraftpåkjenning de utsettes for, når de trekkes ut av fileten. Det bør utvikles kurver som viser hvordan kraften endres underveis, det forventes at det vil fremkomme ulike kurver for bein av ulik tykkelse og kvalitet. Denne kunnskapen vil bli anvendt for å styre hastigheten på beinfjerningsenheten slik at man unngår at pinbones brekker.

#### **3.2.3 Kan tykkfiskbeina løsnes med enzymer eller med salt**

Det faktum at innfestingen av beina svekkes relativt raskt *post mortem*, i løpet av noen få døgn lagring i is, viser at muskelens egne enzymer effektivt bryter ned innfestingen.



Kjemiske sammensetning av hinnene som fester beina mot skinn og muskel kan man derfor anta ligner på øvrige bindevevshinner i fisken, med collagen som hovedkomponent. I småskala, godt kontrollerte, forsøk vil det la seg gjøre å teste ut hvordan spesifikke enzymer eventuelt kan svekke innfestingen av beina raskere enn det fiskens eget system er i stand til. Basert på litteraturgjennomgangen og egen kunnskap om enzymatisk nedbryting av fiskefilet/skinn vil det bli valgt ut et sett av enzymer som skal testes. Testingen kan føregå ved å injisere enzymer gjennom/under skinnen i det området der tykkfiskbeina sitter. Dette gjøres til ulike tidspunkt etter slakting av fisken, fra pre-rigor ("levende") straks etter avliving og ett døgn fremover. Effekten av enzyminjiseringsen blir undersøkt ved å måle trekraft før injisering og til ulike tidspunkt etterpå.

Akse et al., 2011 viste at injisering av salt i laksefilet raskt svekket innfestingen av tykkfiskbeins, slik at det ble mulig å trekke dem ut fra helt fersk filet uten å slite av beina eller rive opp fileten. Dette vil nå bli testet også på torsk. Forsøksoppsettet blir det samme som er beskrevet for enzymer ovenfor, ved at saltlake injiseres i området der beina sitter og at trekraften måles før og etter injisering. I tillegg til å teste ut saltinjisering spesifikt i det området der beina sitter vil det bli gjort forsøk med injeksjonssalting av hele torskfileter pre-rigor, tilsvarende forsøksoppsettet som ble kjørt på laksefilet. Tilført saltmengde vil da bli avpasset til at torskfiletene blir passelig lettsaltet, eventuelt for etterfølgende røyking.

### **3.2.4 Andre mulige metoder for å løsne beina**

Det finnes også andre mulige metoder som eventuelt kan løsne beina

- ✓ Bølger som kan bryte ned innfestingen av beina mot muskel/skinn
- ✓ Elektrostimulering for å fremskynde rigor (hardere filet gjør at den blir tyngre å bearbeide og gjør beinfjerning vanskeligere).
- ✓ Skjære løs beina mot skinnen (beina danner kroker mot skinnen og får dermed bedre festinger til kjøttet ved skinnsiden)

TRIO Fish processing har utviklet og patentert en metode for fjerning av pinbones i pre-rigor laks hvor en kniv skjærer løs beina hvor de er hardest festet til fiskemuskel. I torsk er pinbones festet til skinnen (Imotsetning til laks, hvor det er en gitt avstand mellom skinn og pinbones endefeste). Det vil være interessant å analysere om det er mulig å kutte pinbones i hvitfisk (torsk) ut i fra tilsvarende prinsipp for å reduserer nødvendig trekraft, før skinnfjerning. Arbeidet vil kreve input fra analyse av kvalitet på pinbones, om hvor det hardest festepunkt og optimal kutteposisjon er. Dersom skinnen kan sitte på under fjerning av pinbones, vil dette gi ekstra styrke til fiskemuskel og høyere kraft kan anvendes uten at fiskemuskel ødelegges.

Hva angår teknikken med å skjære løs tykkfiskbeina mot skinnen, så er det allerede utført mye FoU innenfor dette feltet og det er utviklet en kommersiell, patentbeskyttet teknikk for anvendelse på laks. Det vil derfor ikke bli arbeidet videre med denne teknikken innenfor FoU aktivitetene vi foreslår her. I stedet foreslår vi at innsatsen konsentreres mot de to andre strekpunktene ovenfor: Finnes det teknikker som kan knuse/bryte ned beina? Vil

elektrostimulering som fremskynder rigorløsning også bidra til å løsne tykkfiskbeina så mye at automatisk plukking blir mulig?

### **3.3 Metode for fysisk fjerning av pinbones uten v-cut**

Tidligere forskning viser at den fysiske fjerningen av pinbones er basert på en rotorløsning med fast avstand mellom innfestingsløsning som skal trekke ut alle beina i en filet uavhengig av størrelse, orietering eller kvalitet. Rotorhastighet er også fast og ikke tilpasset tykkelsen på pinbonene eller hvor hardt de er festet i fiskemuskelen.

Med økt kunnskap om pinbonenes kvalitet, posisjon, orientering og nødvendig festekraft vil det være mulig å utvikle en teknisk løsning som i større grad klarer å trekke ut alle beina uten at de knekker eller noen blir stående igjen. Med større kapasitet i dataprosessering vil beinfjerningsenheten kunne tilpasses hvert enkelt bein og deres posisjon, fra de tykke nakkebeina til de små, tynne pinbonene.

Dagens visionsystemer vil også kunne benyttes til å styre en beinfjerningsenhet i forhold til pinbones posisjon og orientering slik at hvert enkelt bein "griper" optimalt og trekkes ut i riktig vinkel i forhold til deres orientering.

Ulike angrepsvinkler for fjerning av tykkfiskbeina uten å skjære et v-cut er blant annet:

- Videreutvikling av griperrotor knyttet til styrt rotasjonskraft og –hastighet
- Utvikling av ny tykkfiskbeinfjerneløsning hvor beina trekkes ut. (Ny løsning for innfesting av bein i kombinasjon med gripekraft tilpasset hvert enkelt bein og vinkel ved uttrekking av pinbones tilpasset beinas posisjon og orientering i fileten.

### **3.4 Andre metoder for fjerning av tykkfiskbein i hvitfisk**

- ✓ Styrke strukturen i fiskekjøttet før beinfjerning (kan gøres ved superkjøling)
- ✓ Kombinere skjæring og plukking
- ✓ Knuse pinbone med sjokkbølger (slik man knuser nyrestein)
- ✓ Orienterer fileten automatisk før fjerning av bein

Er det helt utelukket å se på tekniske metoder for fjerning av tykkfiskbeina? Så langt har utstysindustrien anvendt rotor med fast avstand mellom gripepunkt og fast rotasjon/kraft, samt TRIO sin løsning med å løsne pre-rigor bein med kniv. Med større kjennskap til tykkfiskbeina og hvordan/hvor hardt de sitter i fiskemuskelen i kombinasjon med større kapasitet for prosessering av data kan det være behov for å videreutvikle dagens rotor eller utvikle andre løsninger for den fysiske fjerningen av tykkfiskbeina.

## 4 Referanser

- Akse L., Tobiassen T., Marthinsen G (2011) Pre-rigor injeksjonssalting av laksefilet; Krymping avhengig av tid post mortem før filetering og salting. Trekkraft for å løsne tykkfiskbein før og etter salting pre-rigor. Nofima rapport 8/2011.
- Larsen R, Olsen H. H., Kristoffersen S., Elevevoll E. O. (2007) Low salt brining of pre-rigor filleted farmed cod (*Gadus morhua* L.) and the effect on different quality parameters. LWT - Food Science and Technology 2007.
- Akse L., Tobiassen T., Halsebakke H. (2002) Tykkfiskbein i torskefilet, antall, plassering, dimensjoner, trekkraft og bruddstyrke. Fiskeriforskning rapport 15/2002.
- Heia K., Sivertsen, A.H., Wold, J.P., Ottestad, S., Böcker, U, Carlehög, M., Altintzoglou, T., Sone, I., Gundersen, B., (2012). "Automatisk kvalitetsdifferensiering av laksefilet". Nofima rapport 7/2012.
- Heia K., Carlehög M., Tobiassen T, Akse L., Johansen J.A. (2002) Sammenheng mellom beinstørrelse og hvorvidt dommerne i en konsumenttest fant beina i kokte prøver av torskefilet. Fiskeriforskning, Arbeidsnotat prosj.nr 8547 og 8551
- Esaiassen M., Sørensen N. K. (1996) Fjerning av tykkfiskbein i laks. Fiskeriforskning, arbeidsnotat 1996.
- Arnpórsdóttir M. G., Arason S., Margeirsson B.. Combined Blast and Contact cooling -- Effects on physiochemical characteristics of fresh haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) filets. Skýrsla Matís 14-08, 39 s.
- Joensen, S., Hardarson, V. og Olsen, J.-V. 2007. Test av filetlinjen til Skaginn. Rapport 25 at 2007. Fiskeriforskning.
- Margeirsson, B. 2007. Úttekt á roðkæli og vatnsskurðarvél í fiskvinnslulínu í Festi ehf., Hafnarfirði. Prosjektrapport. Matís, 12s.
- Sigurjónsdóttir A., 2009. Sjálfvirk fjarlægning beinagarðs úr hvítfiskflökum: Mat á fyrri vinnu, forprófanir og nýjar aðferðir. Forskningsprosjektet ved Universitetet i Reykjavík, Sigurjon Arason veileder. Rapport, 59 s. Prosjekt med Marel.
- Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins, 2002. Fjarlægning beinagarðs úr flökum með formfrystingu. Bein trukket fra skinsiden. Prosjekt med Skaginn. 9s.

