

A26678 - Åpen

# Rapport

## Produksjonsenhet for restrukturert agn

### Forfattere

Ana Carvajal, Ulf Erikson, Håkon Fure og Vera Kristinova



# Rapport

## Produksjonsenhet for restrukturert agn

**EMNEORD:**Lineflåte, agn,  
restråstoff,  
produksjonslinje,  
alginat, automatisering**VERSJON**

2

**DATO**

2015-01-23

**FORFATTER(E)**

Ana Carvajal, Ulf Erikson, Håkon Fure og Vera Kristinova

**OPPDRAGSGIVER(E)**

Fiskeri- og havbruksnæringens forskingsfond

**OPPDRAGSGIVERS REF.**

Roar Pedersen

**PROSJEKTNR**

FHF-900929 (6020860)

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**

33

**UTARBEIDET AV**Ana Carvajal  
Ulf Erikson**SIGNATUR****KONTROLLERT AV**

for Leif Grimsmo

**SIGNATUR****GODKJENT AV**

Marit Aursand

**SIGNATUR****RAPPORTNR**

A26678

**ISBN**

978-82-14-05866-6

**GRADERING**

Åpen

**GRADERING DENNE SIDE**

Åpen

# Historikk

---

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
2	2015-01-16	Oppdatert sluttrapport etter kommentarer fra styringsgruppen og FHF

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Sammendrag</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Problemstilling og formål</b> .....	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Prosjektgjennomføring, resultater og diskusjon</b> .....	<b>8</b>
4.1	Råstoff for produksjon av restrukturert agn.....	8
4.1.1	Råstoff.....	8
4.1.2	Alginat.....	9
4.1.3	Data relatert til lineagn.....	9
4.2	Laboratorieforsøk .....	10
4.2.1	Forsøk med sauri .....	11
4.2.2	Forsøk med lodde .....	11
4.2.3	Forsøk med makrell .....	11
4.2.4	Hovedkonklusjoner fra laboratorietestene .....	13
4.3	Film.....	13
4.3.1	Konklusjon - bionedbrytbare filmer.....	15
4.3.2	Alternative filmer.....	15
4.4	Teksturmålinger .....	16
4.5	Endring av produksjonsstrategi .....	18
4.6	Prosesslinje for restrukturert agn: opprinnelig ide og modifisert versjon .....	19
4.6.1	De ulike komponentene i prosesslinjen .....	22
4.6.2	Generell prosedyre for produksjon av restrukturert agn .....	25
4.7	Forsøk i fullskala.....	26
<b>5</b>	<b>Konklusjoner</b> .....	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>Videre arbeid og valg av konsept</b> .....	<b>32</b>
<b>7</b>	<b>Litteratur</b> .....	<b>33</b>

## BILAG/VEDLEGG

[Skriv inn ønsket bilag/vedlegg]

## 1 Sammendrag

### 1.1 Sammendrag (norsk)

Agn utgjør en av de største kostnadene ved linefiske, og det omsettes årlig ca 12 000 til 14 000 tonn agn i Norge. En økning i snittprisen fra 9 til opptil 15 kr/kg har ført til at agnkostnadene nå utgjør nærmere 15 til 20 % av driftskostnadene til lineflåten sammenlignet med tidligere kostnader som utgjorde 5 til 8 %. Det er et behov for å senke kostnadene relatert til agn, samtidig som det er ønskelig å kunne benytte seg av tilgjengelig restråstoff ombord.

Prosjektet "Produksjonsenhet for restrukturert agn" (FHF-900929) er en videreføring av prosjektet "Reststrukturert agn og ny produksjonsteknologi for agn til autolineflåten" (FHF-900864) hvor det ble utført en konseptanalyse av tre alternative produksjonsløsninger for restrukturert agn. Alle prosessene var basert på grunnprinsippene størrelsesreduksjon, tilsatts av strukturgiver for å oppnå riktig konsistens på agnet, og fylling av agnmassen i passende hylse. Det ble anbefalt å ta i bruk den "kalde" prosessen som ikke har behov for oppvarming og benytter alginat som konsistensgiver.

Formålet med prosjektet var å; i) utvikle og bygge et produksjonsanlegg (prototype) for forsøksformål som kan produsere 500 kg agn/t og ii) produsere et første generasjons agn basert på restråstoff og alginat.

Laborrietester ble utført for å komme fram til en resept på et første generasjons agn som kunne produseres i pilotskala. De innledende forsøkene viste at flere parametere påvirket konsistensen til agnmassen; bruk av råstoff med høyt fettinnhold førte til langsommere geling sammenlignet med magert råstoff, bruk av kalsiumsulfat, som salt, ga langsommere geling sammenlignet med kalsiumklorid, samt at natriumpyrofosfat hadde ingen tydelig effekt på gelingstiden. I tillegg viste resultatene at alginaten må tilsettes i oppløst tilstand da alginat i pulverform førte til dårlig eller ufullstendig geling.

En automatisert produksjonslinje for restrukturert agn med kapasitet på 500 kg/t har blitt montert. Kvernet råstoff blandes med alginatløsning som pumpes til en homogenisator (gurator) og videre til fylleren som automatisk styrer dosering av agnmasse (mengde i hver enkelt pølse) samtidig som enheten fungerer som en buffer. Kalsiumklorid pumpes inn i føderøret på pølsemaskinen, TSCA Polyclip System, hvor filmen sveises samtidig som pølsen fylles med agnmasse. Pølsen klippes sammen i enden.

Flere pilotforsøk har blitt gjennomført for verifisering av prosesslinjen og for uttesting av resept for første generasjons agn. Effekt av alginatkonsentrasjon, forhold med råstoff og alginat, samt tilsatt av fiber har blitt testet. Resultatene viser at prosesslinjen fungerer og kan produsere et agn basert på restråstoff og alginat. Agnpølser med diameter 30 mm kan produseres i ønsket lengde med stor hastighet (> 17 m/min). Prosessen baseres seg på at gelingen av agnmassen skjer inne i

pølsen etter produksjon, men må optimaliseres da agnpølsene kan ha en flaket struktur etter gelling. Tint og halvtint sauri (med skinn og ryggbein) hadde en skjærkraft på 13 – 14 kg, mens halvtint agnpølse hadde en skjærkraft på kun 1,6 kg. Resepten må optimaliseres slik at agnet forsterkes enten ved å oppnå hardere konsistens på agnet eller ved å forsterke agnpølsen ved for eksempel bruk av et alginatskinn.

## 1.2 Sammendrag (engelsk)

Bait is the largest operating cost for the long-line fishing industry, and 12 000 – 14000 ton bait is used in Norway each year. An increase in the average bait price from 9 NOK to 15 NOK/kg have led to the use of 15-20 % of all operating cost on bait compared to previously 5 – 8 % Thus, it is necessary to lower the bait cost and in addition use available rest raw material and discards on board.

The project "Production of restructured bait" (FHF-900929) is a continuation of the project "Restructured bait and new production technology for the long line industry" (FHF-900864) where the analysis of different production technologies for bait was carried out. Three processes were evaluated. All processes were based on the same basic principle of size reduction, addition of a polymer to achieve the right bait consistence, and filling of the bait mass in the proper hose. It was recommended to use the 'cold' process that does not require heat and use alginate to achieve the right consistence.

The objective of the project was to; i) develop and assemble a pilot model for production of restructured bait with a capacity of 500 kg bait/h, and ii) produce a first generation bait by using rest raw material and alginate

Tests in laboratory scale were carried out to develop a formulation for production of bait in semi-industrial scale. The preliminary experiments show that the consistency of the bait was affected by different parameters. The use of raw material with a high lipid content lead to a slower gelling compared to lean raw material. A slower gelling was also observed when using calcium phosphate instead of calcium chloride. Sodium pyrophosphate did not have a clear effect on the gelling time. In addition the studies show that a solution of alginate has to be used since the use of alginate in powder form resulted in poor or incomplete gelling.

The biodegradable film, Modefa BI08, was tested in lab scale and showed poor permeability towards calcium ions. Thus, the sausage like bait needs to be open in the ends or be perforated. Welding showed to be difficult with the available film and the strength of the film did not seem to be suited for baiting. Based on the results and the experience of the equipment vendor, Tommen Gram, it was concluded that it will be difficult to find a film that is both biodegradable, solid enough for baiting and easy to weld. It was decided to use a film made of poly ethylene where the gelling was carried out inside the sausage like bait before the film was removed.

An automated processing line for production of restructured bait with a capacity of 500 kg/h has been developed. Minced raw material is mixed with an alginate solution before it is pumped to a homogenizer (gorator). The mixture is then pumped into a filler where the dosing of the bait material is automated. Calcium chloride is pumped into the feed tube of the sausage machine, TSCA Polyclip System, where the film is welded and filled with bait material simultaneously. Several pilot studies have been carried out to verify the processing line and test the formula for the first-generation restructured bait. Effect of alginate concentration, ratio raw material and alginate, and addition of structuring fiber was tested. The results showed that the process line can produce bait with a diameter of 30 mm and desired length from rest raw material and alginate. The capacity of the process line is 17 m/min. The process is based on gelling of the bait mixture inside the sausage after production. The process needs to be optimized in order to prevent scaling in the sausage. Thawed and semi-thawed sauri (with skin and back bones) had a sheer force of 13 – 14 kg, while sheer force of the sausage was only 1.6 kg. The formula will need to be optimized to achieve a stronger bait consistency or by strengthening the sausage by using an alginate coating.

## 2 Innledning

Den norske havgående lineflåten har vært gjennom en strukturering som har bidratt til å redusere antall fartøyer fra rundt 100 til ca. 30 per i dag. Dette har økt fangstgrunnlaget pr fartøy og bedret lønnsomheten. Likevel er det en svak lønnsomhet i både den havgående og kystnære lineflåten. Agn utgjør en av de største kostnadene ved linefiske, og det omsettes årlig ca. 12000 –14000 tonn agn i Norge. Agnprisene har økt kraftig og for fem år siden lå snittprisen på rundt 9 kr/kg, mens den i dag kan være helt oppe i 17 - 18 kr/kg. Dette har medført at agn nå utgjør nærmere 15–20 % av linefartøyenes driftskostnader mot tidligere 5–8 %.

Andre land som driver moderne linefiske, som USA, Russland, Storbritannia, Færøyene og Island, opplever samme problem som norske fiskere. Disse har også behov for nye, kostnadseffektive løsninger, og representerer et betydelig markedspotensial for ny teknologi og et nytt norsk agnprodukt.

Det har over flere tiår vært utført forsknings- og utviklingsarbeid for å komme fram til et alternativt lineagn som kan erstatte dagens tradisjonelle agntyper. Det eneste kommersielle produktet på markedet var Norbait sin restrukturerte agnpølse som bare fikk en marginal anvendelse i lineflåten og Bernskans poseagn som heller ikke har fått betydelig utbredelse.

Prosjektet "Produksjonsenhet for restrukturert agn" (FHF-900929) er en videreføring av prosjektet "Restrukturert agn og ny produksjonsteknologi for agn til autolineflåten" (FHF-900864). Prosjektet FHF-900864 definerte og beskrev teknologiløsninger for produksjon av restrukturert agn fra marint restråstoff. Det ble utført en konseptanalyse av tre alternative produksjonsteknologier for produksjon av restrukturert agn fra marint restråstoff ved bruk av et geledannende/konsistensgivende polysakkarid (hydrokolloid); kald, semi-kald og varm prosess.

Alle prosessene er basert på samme grunnprinsipp med størrelsesreduksjon, tilsatts av strukturgiver for å oppnå riktig konsistens på agnet, og fylling av agnmassen i passende hylse. Variasjonen i prosessene ligger i hvilke konsistensgivere som skal benyttes og hvordan disse konsistensgiverne skal tilsettes til agnmassen. Prosessutstyret skal kunne plasseres om bord og på land. Plassert ombord er produksjonskostnadene estimert til å ligge i området fra 7,50 til 7,75 NOK/kg. Produksjon på land gir en antatt produksjonskostnad på 6,75 til 6,89 NOK/kg. Kostnadene er basert på en kostnad for marint restråstoff på 1 NOK/kg.

Det ble anbefalt å ta utgangspunkt i den kalde prosessen hvor alginat blir benyttet som konsistensgiver (beskrevet i sluttrapport for prosjekt FHF-900864). Prosessen bygger på teknologien bak Norbait-prosessen, men prosessen skal være automatisert og kun kreve en til to personer for å kunne opereres. Det skal tas utgangspunkt i en kapasitet på 500 kg/t. Samtidig skal det produseres en førstegenerasjons matriks bestående av restråstoff, alginat og eventuelt et fortykningsmiddel.

### **Prosjektets omfang**

Prosjektet har prosjektnummer FHF-900929 og omfanget var på inntil 3 655 000 NOK hvorav 1 271 000 NOK var satt av til innkjøp av utstyr og montering av linja.

### **Prosjektorganisering**

Prosjektleder: Ana Carvajal (SFH) ([anakarina.carvajal@sintef.no](mailto:anakarina.carvajal@sintef.no))

AP1-leder (produksjonsenhet): Håkon Fure (SFH) ([hakon.fure@sintef.no](mailto:hakon.fure@sintef.no))

AP2-leder (agnmatriks): Ulf Erikson (SFH) ([ulf.erikson@sintef.no](mailto:ulf.erikson@sintef.no))

Kvalitetssikrer: Leif Grimsmo (SFH) ([leif.grimsmo@sintef.no](mailto:leif.grimsmo@sintef.no))

#### Styringsgruppe:

Roger Bergset (Segel) ([roger.bergset@segel.no](mailto:roger.bergset@segel.no))

Kjell Gunnar Hoddevik (Atlantic) ([kj-hod@mimer.no](mailto:kj-hod@mimer.no))

Arild Holmeset (Geir II) [arild@holmeset.no](mailto:arild@holmeset.no)

Bjarni Sigurdsson (Åsta B, Saga K) ([bjarni.sigurdsson@nordengas.no](mailto:bjarni.sigurdsson@nordengas.no))

Svein Løkkeborg (HI) ([svein.loekkeborg@imr.no](mailto:svein.loekkeborg@imr.no))

#### Observatør:

Roar Pedersen (FHF) ([roar.pedersen@fhf.no](mailto:roar.pedersen@fhf.no))



### 3 Problemstilling og formål

Formålet med prosjektet var å bygge en prototype for produksjon av agn med kapasitet på 500 kg/t, samt utvikle en første generasjons restrukturert agn. Utvikling av et nytt automatisert produksjonsanlegg for restrukturert agn vil føre til en reduksjon av agnkostnader fra en pris opp til 18 kr til en estimert pris under 8 kr/kg. Teknologien er fleksibel og det vil kunne benyttes for flere typer marine råstoff. Agnresepten tar utgangspunkt i bruk av norsk restråstoff og alginat som konsistensgiver. Økt bruk av tilgjengelig restråstoff vil være mer bærekraftig sammenlignet med innkjøp av utenlandsk agn (sauri og akkar), samt at restråstoff som ikke tenkt å brukes til mat kan bli benyttet. En kompakt versjon av prototypen kan bli plassert ombord og dermed gjøre det mulig å nyttiggjøre seg av restråstoff og utkast tilgjengelig ombord.

Leveransene i prosjektet er:

- Produksjonsutstyr for produksjon av 500 kg agn/t
- Sluttrapport inkludert beskrivelse av produksjonsanlegget og dokumentasjon, samt resept på første generasjons restrukturert agn
- Video som viser produksjon av restrukturert agn ved bruk av produksjonslinjen.

## 4 Prosjektgjennomføring, resultater og diskusjon

### 4.1 Råstoff for produksjon av restrukturert agn

#### 4.1.1 Råstoff

Ulike typer frosset og tint råstoff ble benyttet til ulike tester i dette prosjektet (Tabell 1). Av spesiell interesse var det å teste råstoff med ulikt fettinnhold siden dette kunne tenkes å påvirke gelingsprosessen.

**Tabell 1:** Forskjellige typer råstoff for produksjon av restrukturert agn

Råstoff	Fraksjon	Vanninnhold (%)*	Fettinnhold (%)**
Sauri ( <i>Cololabris saira</i> )	hel fisk	52,9 ± 0,5	27,1
Makrell ( <i>Scomber scombrus</i> )	restråstoff	71,1 ± 0,6	8,9
Lodde ( <i>Mallotus villosus</i> )	filet	79,2 ± 0,1	0,8
Sild ( <i>Clupea harengus</i> )	hel fisk	62,6 ± 0,5	17,4

\* Bestemt ved å tørke prøvene ved 105°C i 24 timer. Vanninnholdet i prøven er forskjellen mellom våtvekt og tørrvekt av prøven regnet i prosent, middelvei ± SD (n = 5 og 10); \*\*Anslagsvis beregnet som: fettinnhold (%) = [80 – vanninnhold] % . Antar at mengde protein og aske tilsvarer 20 %.

#### 4.1.2 Alginat

Alginat, isolert fra makroalger, kan kjøpes i ulike kvaliteter avhengig av behov. Dyrere alginater (høyt innhold av G-blokk) har en noe høyere gelstyrke. I dette prosjektet har vi valgt å benytte teknisk kvalitet som vil være det mest kostnadseffektive valget. Alginatet ble bestilt fra FMC BioPolymer (Philadelphia, USA) og har betegnelsen Scogin MV. En 1 % alginatløsning har en viskositet på 350 – 500 mPas. Ved store innkjøp kan en regne med å betale rundt 15 €/kg. Alginat selges i sekker á 25 kg. Ca-alginat krymper noe under gelling, noe som fører til tap av vann (alginater med høyt innhold av G-blokk krymper mindre). Ved eksponering mot sjøvann vil fosfater og ioner som for eksempel  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  og  $\text{K}^+$  over tid svekke gelstyrken ved ionebytting. Alginatgel tåler frysing og er termostabil i området 0 - 100 °C. Avhengig av konsentrasjon, er typisk porestørrelse 5 – 500 nm, men større makroporer forekommer også. Ved  $\text{CaCl}_2$ -konsentrasjoner > 0,2 M er sammenhengen mellom gelstyrke og volumreduksjon tilnærmet konstant.

#### 4.1.3 Data relatert til lineagn

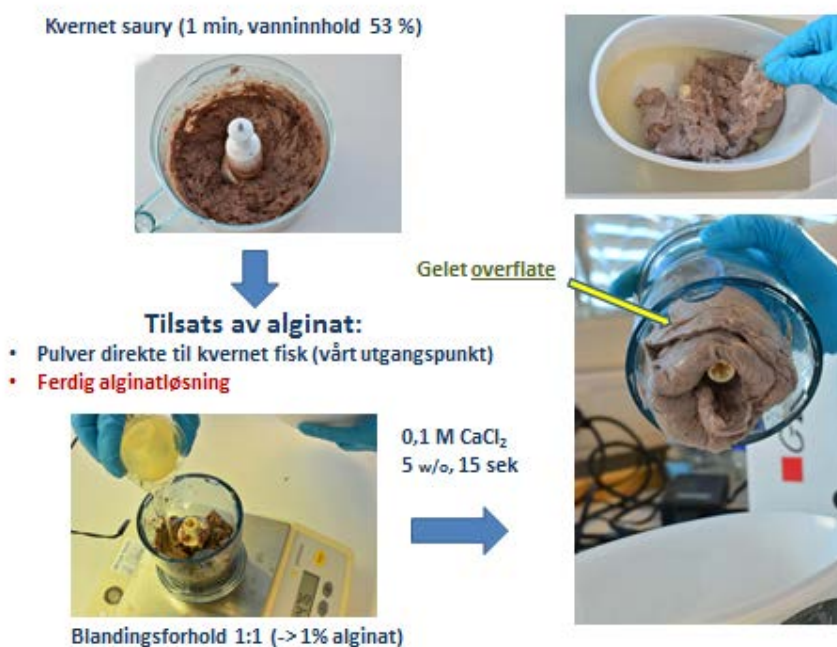
I samråd med ulike aktører involvert i linefiske, har vi samlet en del typiske data relatert til lineagn (Tabell 2)

**Tabell 2:** Ulike data for typisk lineagn, egning og linefiske. Noen produksjonsmessige målsetninger for dette prosjektet er også angitt.

Egenskap	Dimensjon
Vekt (agn)	< 20 g
Tykkelse (agn)	25 – 30 mm Ø
Lengde (agn)	28 - 30 mm
Min. lengde (pølse) for kutting av agn i egnemaskin	> 15 - 20 cm
Passende konsistens ved egning: halvtint saury	-
Egnehastighet	3 kroker/s; 0,3-0,4 m/s
Egneeffektivitet	90 – 95 %
Typisk forbruk av agn om bord	500 – 1000 kg/døgn (52 000 agn/1000 kg)
Ståtid	< 20 timer
<b>Mål for dette prosjektet</b>	
Produksjonskostnad (med 1 person på linjen)	< 7 - 8 kr/kg
Produksjonshastighet	17 m/min (1020 m/h; 0,3 m/s)
Produsert mengde agn	500 kg/h

## 4.2 Laborieforsøk

Ulike innledende "småforsøk" ble utført i laboratorieskala for å få en oppfatning om passende sammensetning av agnmassen for bruk i prosesslinjen. I tråd med opprinnelig prosjektplan hadde en i oppstartsfasen blant annet fokus på *gelingstid*, det vil si å undersøke hvorvidt rask eller forsinket gelingstid ville være mest formålstjenlig. Dette ble regulert ved ulike tilsatser. Figur 1 viser et eksempel på hvordan råstoff ble blandet med alginatløsning og hvordan produktet så ut etter at gelingsprosessen hadde startet.

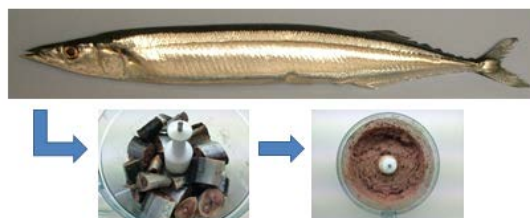


**Figur 1:** Eksempel på framstilling av restrukturert agn i laboratorieskala. Hel saury (med fettinnhold på omlag 27 %) ble grovkvernet før tilsats av alginatløsning i forholdet 1:1. Deretter ble kalsiumklorid (0,1 M, 5 w/o) rørt inn i 15 sek. Gelingprosessen startet umiddelbart.

Forsøkene som har blitt gjennomført i laboratorieskala er beskrevet i avsnitt 4.2.1 til 4.2.3.

#### 4.2.1 Forsøk med sauri

Hel sauri ble kvernet for ulike gelingsforsøk (Figur 2).



**Figur 2:** Kverning av hel sauri for bruk som råstoff i restrukturert agn.

Seks ulike forsøk ble utført:

- (1) Alginat i pulverform tilsatt kvernet sauri.
- (2) Alginat i pulverform tilsatt sauri med overskudd av kalsiumioner (1 M).
- (3) Alginat i pulverform tilsatt i ulike mengder (1, 2 og 5 %) til sauri.
- (4) En blanding av alginatpulver (1 % alginat i blandingen) og sauri fylt i dialyseslange (permeabel) i kalsiumbad (1 M). Resultat: ingen geling.
- (5) En blanding av 2 % alginatløsning og sauri fylt i dialyseslange lagt i kalsiumkloridbad (1 M). Resultat: geling ved diffusjon, fast overflate etter 20 min.
- (6) Tilsats av 9 %  $\text{CaSO}_4$  (22,5 g/100 mL), i stedet for  $\text{CaCl}_2$ , for geling i en blanding av sauri og 2 % alginatløsning (1:1). Resultat: ingen geling observert etter 24 timer.

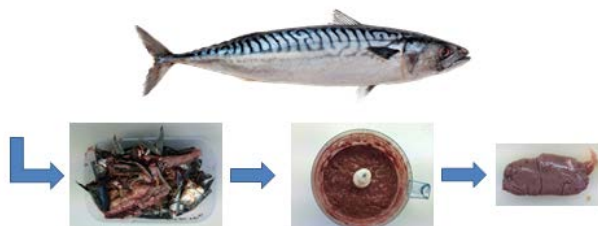
#### 4.2.2 Forsøk med lodde

- (1) Kvernet lodde ble blandet med 1, 2 og 5 % alginatpulver i 10 min. Det ble tilsatt 10 %  $\text{CaCl}_2$  (1 M) og agnmassen ble blandet i 15 sek. Resultat: Geling ble observert etter 30 min. Imidlertid ble det ikke dannet en homogen gel. Kun gelaktige 'flak' ble dannet.
- (2) Lodde ble blandet med alginatpulver slik at konsentrasjonen av alginat i blandingen ble 1 %. En liten mengde (en spiseskje) ble dyppet i et kalsiumkloridbad (1 M). Resultat: rask geling på overflaten (< 1 min). Homogen gel ble dannet etter omlag 30 min.

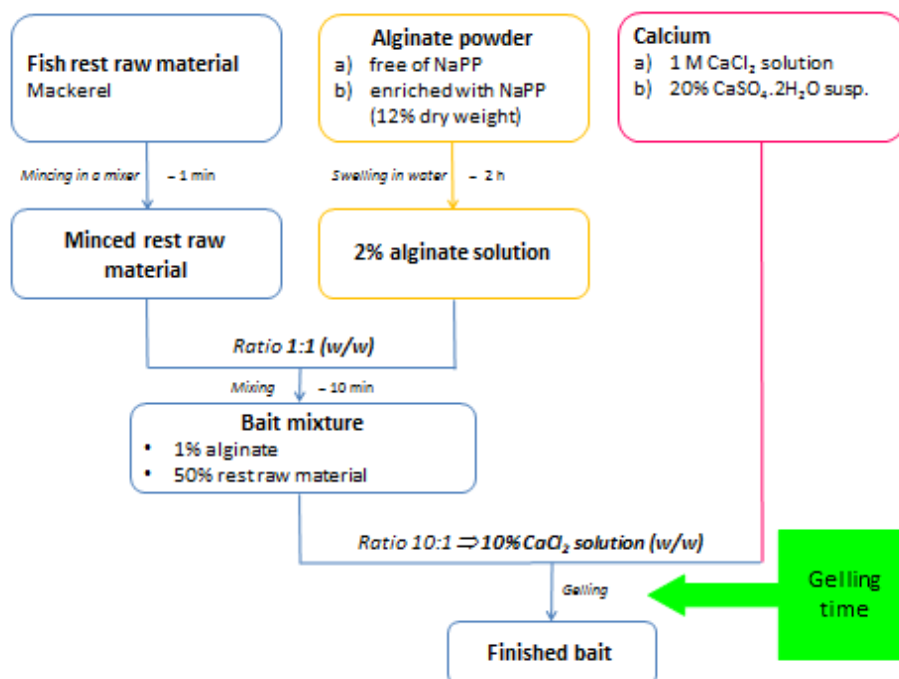
#### 4.2.3 Forsøk med makrell

Ulike forsøk ble gjennomført med restråstoff fra makrell (Figur 3). Det ble blant annet tilsatt natriumpyrofosfat (NaPP) og kalsiumsulfat for å manipulere gelingstiden, det vil si, undersøke om

det ville være fordelaktig å ha rask eller forsinket geling under produksjonen av restrukturert agn. Flytskjemaet for framstillingen av agn med de ulike tilsatsene er vist i Figur 4. Dette flytskjemaet viser også hvordan man i prinsippet lager restrukturert agn ved en gelingsprosess basert på alginat.



**Figur 3:** Kverning av restråstoff fra makrell for bruk som råstoff i restrukturert agn



**Figur 4:** Flytskjema for framstilling av restrukturert agn. Makrell ble blandet med alginat, eventuelt med noe natriumpyrofosfat (NaPP) for å forsinke gelingsprosessen. Kalsiumklorid eller kalsiumsulfat ble tilsatt for å starte gelingsprosessen. I forsøkene med makrell hadde vi spesielt fokus på gelingstid.

Resultatene viste at blandinger av makrell og alginat (1:1) tilsatt  $\text{CaCl}_2$  startet og gele raskt på overflaten, noe som var synlig etter < 5 sek. Etter > 30 min ble det dannet en fast gel (selv om

gelingsprosessen neppe var avsluttet). Når det i stedet ble tilsatt  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  til den samme blandingen, ble gelingstiden kraftig nedsatt. Etter 24 timer ble det observert at det var dannet en fast gel. Tilsats av natriumpyrofosfat (12 % av alginatmengden i pulverform) hadde ingen tydelig innvirkning på gelingshastigheten, hverken sammen med  $\text{CaCl}_2$  eller  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

#### 4.2.4 Hovedkonklusjoner fra laborietestene

- Tilsats av alginat i pulverform førte til dårlig eller ufullstendig geling i alle tilfeller. Det anbefales følgelig at det benyttes ferdig preparerte alginatløsninger som tilsats til råstoffet.
- Råstoff med høyt fettinnhold geler langsommere enn magert råstoff.
- Bruk av kalsiumsulfat førte til langsommere geling enn når kalsiumklorid ble brukt.
- Tilsats av natriumpyrofosfat hadde ingen tydelig effekt på gelingstiden.
- I hovedsak var konsistensen av agnmassen tilsvarende 'myk kjøttdeig' i alle forsøk (en vanlig 'food processor' ble brukt for kverning av råstoff i alle laborieforsøk).

### 4.3 Film

I henhold til prosjektbeskrivelsen, var tanken at det skulle benyttes en sveisbar bionedbrytbar film som agnmassen skulle fylles i. I utgangspunktet var det et åpent spørsmål om en skulle lage agnpølser som var lukket i endene (krever permeabel film), eller om endene på hvert enkelt agn, med lengde 3-4 cm, skulle være åpne endene slik at smaksstoffer og attraktanter kan diffundere ut under fisket. Dersom filmen ikke er permeabel, har en også en annen mulighet, nemlig å perforere filmen. Dette er noe som kan gjøres automatisk i en pølsestoppermaskin.

Som deltaker i prosjektet hadde Tommen Gram AS som oppgave å komme opp med en passende film som både var sveisbar, bionedbrytbar og som hadde tilstrekkelig mekanisk styrke for å kunne motstå store rivstyrker ved egneprosessen. Det ble etterhvert klart at det ikke uten videre var enkelt å finne en passende film. Tommen Gram fikk derfor produsert en prøverull med en stivelsesbasert film som er bionedbrytbar. Filmen (Modefa BIO8) er basert på en polymer som består av 'polyactide/poly-lactic acid' (PLA). Denne filmen (Figur 5) er uløselig i vann, ikke giftig i henhold til direktiv 67/548/EEC, og er definert som bionedbrytbar i henhold til EU-direktiv 1907/2006. Filmen har tykkelse 0,065 mm, tetthet  $1,36 \text{ g/cm}^3$ , og har bruddstyrke på 40 N. Pris: anslagsvis 0,7 kr/m ved kjøp av store parti.



**Figur 5:** Bionedbrytbar film (Modefa BIO8), produsert for testing av restrukturert agn, er basert på en polymer som består av 'polyactide/poly-lactic acid' (PLA).

**Testing og vurdering av film** - Filmen er ikke uten videre sveisbar i en pakkemaskin. For å få dette til, må en legge på en PVC-kant langs filmen. Alternativt er det mulig å produsere filmen ferdig i rørform med ønsket diameter.

**Bionedbrytbarhet** – Filmen ble lagt i sjøvann ved 5 °C og lagret mørkt i 2 uker. Det var ingen tegn til at filmen var brutt ned eller svekket. Deretter ble filmen oppbevart i ytterligere 2 uker i sjøvann ved 20 °C i dagslys (plassert bak vindu, dvs filmen ikke utsatt for UV-stråling). Heller ikke dette førte til tegn til nedbrytning. I følge Tokikawa et al. (2009) tar nedbrytning av PLA-filmer lang tid og nedbrytningen er hovedsakelig forårsaket av spesielle bakterier ved enzymatisk nedbrytning. Begrepet "bionedbrytbar" for slike produkter dreier seg derfor om langtids effekter. Følgelig kan en ikke regne med at filmen vil brytes ned i løpet av selve fisket eller i fiskens innvoller dersom disse skal benyttes til andre formål etter landing.

**Permeabilitet** – En vanlig måte å lage geler på er fylle alginatløsning i en dialysemembran som så legges i en CaCl<sub>2</sub>-løsning. Ca<sup>2+</sup>-ioner vil da diffundere inn i alginatløsningen og vi får omsider dannet en gel. Prinsippet ble testet her ved at PLA-filmen ble fylt med 2 % alginatløsning. Filmen ble knyttet sammen til pølseform som ble lagt i 0,1 M CaCl<sub>2</sub> (Figur 6). Etter 3 døgn ved romtemperatur ble "pølsen" tatt ut og det ble konstatert at ingen geling hadde funnet sted. Siden et lite ion som Ca<sup>2+</sup> ikke kan diffundere gjennom filmen må vi anta at heller ikke smaksstoffer som aminosyrer og peptider kan passere gjennom den. Følgelig må en enten perforere filmen eller operere med åpne ender dersom en slik film skal kunne benyttes som agn.



**Figur 6:** Permeabilitetstest for den bionedbrytbare filmen Modefa BIO8. En alginatløsning ble fylt i filmen som ble knyttet sammen i endene. 'Pølsen' ble lagt i en kalsiumkloridløsning. Ingen geling ble observert.

**Film i pakkemaskin** - Senere i prosjektet ble det leid inn kommersielt tilgjengelig utstyr for automatisk porsjonering, sveising og pølsestopping. Bionedbrytbare filmer som PLA har ikke de nødvendige egenskapene som må til for å kunne anvendes i slikt utstyr. Stivere og glattere materialer tilpasset formålet må anvendes i praksis (se nedenfor).

#### 4.3.1 Konklusjon - bionedbrytbare filmer

- Den bionedbrytbare filmen var lite permeabel for kalsiumioner. Dersom en slik film skal brukes til vårt formål må en enten må ha åpne endeflater på agnet eller så må filmen perforeres for at smaksstoffer skal kunne diffundere ut i vannet under fisket.
- Basert på erfaringene i dette prosjektet, og i følge Tommen Gram, er det lite sannsynlig at en klarer å finne en kommersielt tilgjengelig bionedbrytbar film som oppfyller alle krav som opprinnelig ble satt ved start av agnprosjektet. Resultatene tyder på at en bør vurdere andre løsninger for å produsere agnpølser.

#### 4.3.2 Alternative filmer

I og med at prosjektets mål er å lage en automatisert prosess som kan betjenes av 1 person, er en avhengig av å kjøpe film på rull. Ønsket produksjonshastighet var 17 m/min noe som gjør at en bør ha en betydelig lengde på filmen for å unngå hyppige produksjonsstopp og re-starting av linjen. Filmene som benyttes til dagens pakkemaskiner/pølsestoppere (se nedenfor) er ikke bionedbrytbare. Følgelig er trolig alternativet i slike tilfeller å fjerne filmen etter at pølsene er



produsert og ferdig gelet. Ulempen da er at en må satse på at agnet er stekt nok til å tåle egningen og oppholdet sjø uten at det desintegrerer. Sannsynligvis må agnet armeres eller at det påføres en "coating" som øker styrken.

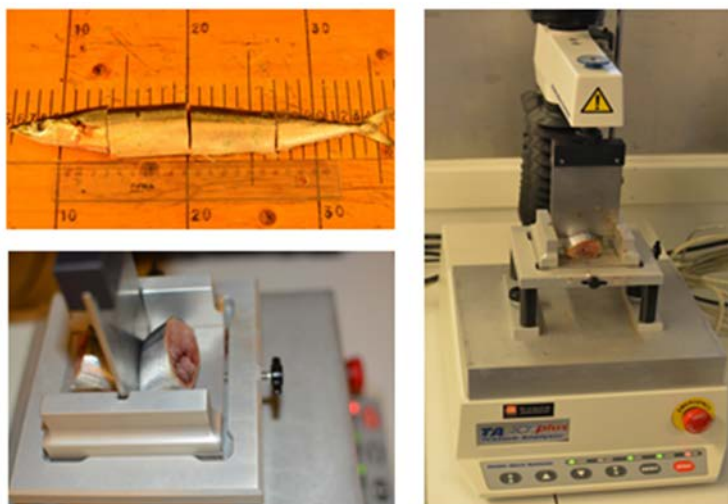
Dersom en benytter tradisjonelle pølsetarmer, som er bionedbrytbare, kan man bruke naturtarmer (svin) som har maksimal lengde på 8-10 m (fra hvert dyr). Disse kan anskaffes i form av "sticks" som betyr at 5-6 tarmer er ferdig påtredd et plastrør som overføres på pølsestopperens rør. Alternativt kan kollagentarmer brukes. Disse har en maksimal lengde på 40 m. Vi ser at dersom produksjonshastigheten er 17 m/min, vil bruk av tradisjonell pølsetarm medføre en sammenhengende produksjonstid på vel 2 min før nye tarmer må tres på pølsestopperens rør. Ved innkjøp av store volum ligger innkjøpsprisen på naturtarm på i underkant av 3 kr/m.

#### 4.4 Teksturmålinger

For å få et kvantitativt mål på hva som vil være en passende styrke på agnet, har vi brukt en objektiv metode for måling av teksturegenskapene. Vi antar i utgangspunktet at det er spesielt i forbindelse med egneprosessen at en trenger å ha et agn som kan tåle relativt store mekaniske belastninger. Vi har benyttet en TA.XT2 Texture Analyser fra Stable Micro Systems (Surrey, England) med en 50 kg veiecelle. I vårt tilfelle brukte vi en standard Warner-Bratzler celle som har et knivformet blad som vertikalt skjærer gjennom prøven (fisk eller agn), se Figur 7. Nedtrykkshastigheten var 2 mm/s.

## Warner-Bratzler test av dagens agn (saury)

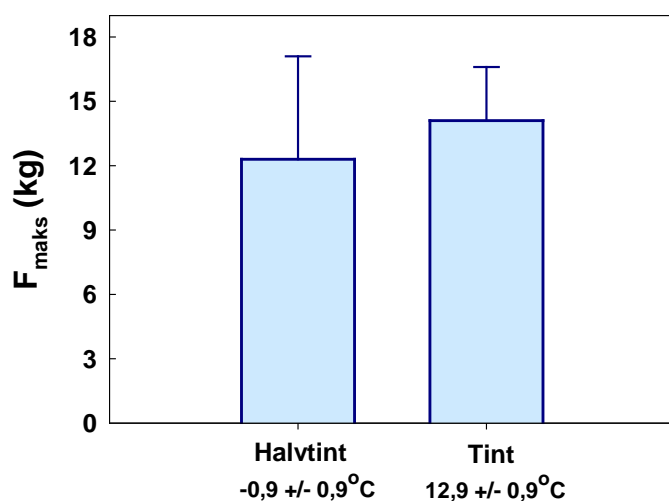
- Knivformet blad – måler skjærkraft på halvtint og tint agn



**Figur 7:** En TA.XT2 Texture Analyzer (høyre bilde) påmontert en Warner-Bratzler celle (bilde til høyre og nederste venstre bilde) for måling av nødvendig skjærkraft for å kutte gjennom prøven. I dette tilfellet ser vi oppkuttete saury-biter som testes i instrumentet en for en.

I forbindelse med linefiske anses halvtint saury å ha en passende konsistens for vellykket egning. Det var derfor av interesse å kartlegge hvilken skjærkraft som må til for å kutte slik fisk. Verdiene vil kunne tjene som referanseverdier for restrukturert agn. Saury med rundvekt  $138 \pm 13$  g og gaffellengde  $30 \pm 2$  cm ble delt opp i biter før testing (Figur 7). Figur 8 viser gjennomsnittsverdiene for skjærkraft for halvtint og tint saury ( $n=12$ ). Til tross for stor forskjell i midlere kjernetemperatur,  $-0,9$  vs  $12,9$  °C, var det ingen signifikant forskjell mellom maksimal skjærkraft for de to gruppene saury. Middelverdiene var henholdsvis 12,1 og 14,1 kg, med stor individuell forskjell mellom de ulike saurybitene. Den halvtinte fisken opplevdes som 'stiv, men bøyelig', men samtidig var det klart at en stor del av fisken hadde tinet (ytterst), slik at det var kun kjernen med et relativt lite volum som fortsatt var frosset (høyre bilde i Figur 8). Dette kan muligens forklare hvorfor det ikke var forskjell mellom prøvene i denne testen.

**Warner-Bratzler skjærkraft**  
**Saury (agn: 50 x 40 x 20 mm)**  
 n = 12 fisk x 2 paralleller



**Figur 8** - Nødvendig skjærkraft for å kutte halvtint og tint saury. Fiskens kjernetemperatur er vist under hver søyle (middelverdi ± SD, n=12 x 2). Bildet til høyre viser kuttet halvtint saury etter test.

#### 4.5 Endring av produksjonsstrategi

Ut i fra resultatene fra laborietestene ble det underveis i prosjektet besluttet å endre strategi i forhold til opprinnelig plan som er angitt i prosjektbeskrivelsen.

De viktigste årsakene til endret veivalg var basert på følgende funn:

- Tilsats av alginat i tørr ga ikke tilfredsstillende geling
- Uklart om hva som egentlig er mest fordelaktig, kort eller lang gelingstid av agnmassen, eller hvorvidt det i det hele tatt er en spesielt viktig parameter (ved endret prosessstrategi)
- Den bionedbrytbare filmen kan ikke anvendes i pølsestoppermaskiner. I følge Tommen Gram er det lite trolig at slike filmer finnes på markedet.

Vi valgte derfor å avslutte testene relatert til gelingstider ved ulike tilsatser. Videre var det i denne fasen uklart hva som var passende sammensetning av agnmassen og om slike resultater ville være relevante for kontinuerlig produksjon i industriell skala.

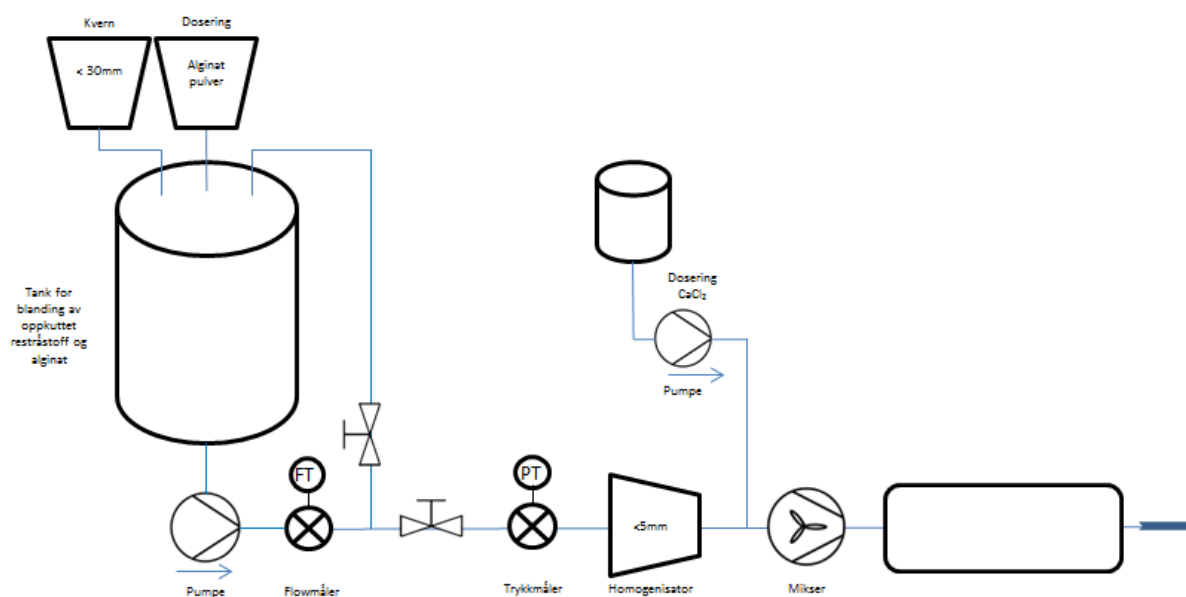
Følgelig ble det besluttet å leie inn kommersielt tilgjengelige maskiner fra BWL. Maskinene foretar følgende operasjoner automatisk: dosering av agnmasse til pølsestopper, sveising av film og klipping av pølser i ønsket lengde. Utstyret ble koplet til prosesslinjen for produksjon av agnmasse som vi selv hadde satt sammen. Hensikten var å gå rett på målsetningen for prosjektet, nemlig å lage et restrukturert agn som skal være egnbart. Oppsett og innkjøring av prosesslinjen ble derfor gitt all prioritet.

Implikasjonene av dette veivalget var:

- Gelingen skjer i sin helhet i pølsene etter produksjon. Pølsene kan for eksempel legges i kasser for geling (tidshorisont: flere timer, avhengig av sammensetning av det endelige produktet). Deretter kan kassene eventuelt settes på fryselager før utsending til fartøy.
- Dersom en aksepterer relativt lang gelingstid vil fordelene være færre tilsatsstoffer til agnmassen (reduerte kostnader) og en enklere prosess.
- Filmen som brukes til å produsere pølsene er ikke bionedbrytbar. Dette er derfor et felt en må jobbe videre med (se nedenfor).

#### 4.6 Prosesslinje for restrukturert agn: opprinnelig ide og modifisert versjon

I prosjektsøknaden hadde vi sett for oss å sette opp en prosesslinje som illustrert i Figur 9.

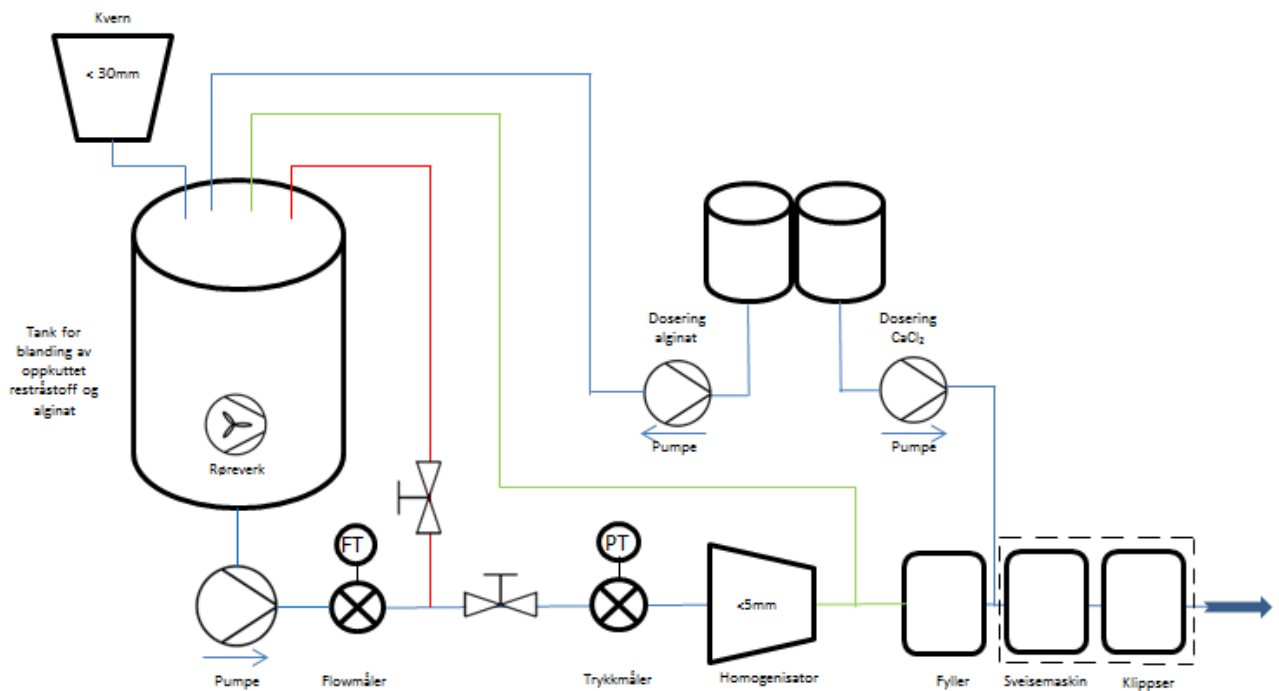


**Figur 9:** Opprinnelig plan for prosesslinje for produksjon av restrukturert agn for lineflåten. Kvernet råstoff blandes med alginatpulver før pumping og homogenisering. Kalsiumklorid tilsettes før agnmassen går videre inn i en mikser. Neste trinn i prosesslinjen, produksjon av agnpølser i film er ikke vist i denne figuren.

Etter at det hadde blitt gjort endel laborietester i forbindelse med dosering av alginat i pulverform og miksing av kalsiumklorid og råstoff/alginat, fant vi imidlertid ut at vi måtte endre på prosesslinjen. utfordringene i forbindelse med å dosere inn alginat i pulverform i fiskemassen viste seg å være store fordi alginatet klumpet seg og det var ikke uten videre mulig å lage en homogen agnmasse (se ovenfor). I forbindelse med tester av agnproduksjon i prosesslinjen ble det brukt

omlag 2 døgn på å få løst opp alginat med konsentrasjon på 2 % i 100 L vann. Det må presiseres at dette ble gjort ved sporadisk omrøring for hånd. I en industriell prosess er det naturlig å se for seg at dette går automatisk ved bruk av røreverk. Videre tydet innledende tester på at det ikke var nødvendig å benytte en mikser slik som prosesslinjen etterhvert ble. Mikseren ble derfor tatt ut i den modifiserte prosesslinjen. I løpet av prosjektperioden ble det besluttet å leie kommersielt tilgjengelig utstyr som foretar følgende operasjoner: dosering av agnmasse, sveising av film og produksjon av agnpølser i ønsket lengde. Pølsene har en diameter på 30 mm. Bakgrunnen for denne beslutningen var at en anså at det var både raskere og trolig billigere å benytte kommersielt tilgjengelig utstyr framfor å sette sammen noe liknede ved innkjøp av enkeltkomponenter. Utstyret ble leid inn av BWL som også stilte med personell for å sette opp utstyret og for å gi opplæring på bruk av det.

Dermed ser dagens pilotanlegg ut som vist i Figur 10. Utstyret ble benyttet for testkjøring som hadde som mål å produsere en agnpølse som var egnbar. Det er viktig å merke seg at ved kjøring av dette utstyret ble det benyttet spesialtilpassende filmer som ikke er bionedbrytbare. Som nevnt overfor har en ikke lyktes med å framskaffe en bionedbrytbar film som samtidig kan anvendes i pølsemaskinen.



**Figur 10:** Pilotanlegg for produksjon av restrukturert agn. Kvernet råstoff blandes med alginatløsning som pumpes til en homogenisator (gorator) og videre til første enhet, Frey Maschinenbau F-Line F160 (merket "fyller" i figuren) som er en enhet for automatisk styring og dosering av agnmasse til hver enkelt pølse. Samtidig fungerer enheten i noen grad som en buffer. Kalsiumklorid pumpes inn til en dyse plassert i føderøret inn til selve pølsestoppermaskinen, TSCA 120 Poly-clip system hvor filmen sveises samtidig som pølsen fylles med agnmasse som deretter klippes sammen i endene. Rød sløyfe: Ved oppstart resirkuleres agnmassen en gang for "å fylle systemet". Grønn sløyfe: Resirkulering for å lage homogen blanding og ved batchvis kjøring (ventil stenges etter at en batch er levert til Frey F160 maskinen). Langvarig resirkulering kan gi oppvarming av agnmassen.

I blokkdiagrammet over (Figur 10) vises hvordan pilotanlegget for produksjon av restrukturert agn ser ut i dag. Ved å sammenlikne de to blokkdiagrammene (Figur 9 og 10) ser vi at operasjonene dosering av alginatpulver og miksing ("Mikser" i siste trinn i Figur 9) er tatt ut. For å få dosert i alginat har vi i dagens løsning løst opp alginatet i vann før produksjonen av agn starter for å få alginatløsningen mest mulig homogen før råstoff tilsettes. For å dosere inn kalsiumklorid i blandingen av restråstoff og alginatløsning ble det bestemt å gjøre dette rett før sveiseprosessen, mellom Frey F-line160 og Poly-clip TSCA 120 maskinene. Dette ble gjort for å unngå at gelingsprosessen i størst mulig grad ikke skal starte for tidlig i prosesslinjen. Sveising og pakking i film skjer da omlag 2 sek etter injisering av kalsiumklorid

#### 4.6.1 De ulike komponentene i prosesslinjen

**Kvern:** Kvern med trakt på 1000 L er levert av Stette AS. Kvernen har typebetegnelse GS150-500 Monster Grid og har en kapasitet på 6000 kg/h. Vi har kjørt gjennom halvfrosne blokker av sild uten at dette har vært noe problem for kvernen. Størrelsen på restråstoffet etter at det har gått gjennom kvernen er oppgitt å være mindre enn 30 mm. Trakten som følger med har barrierer slik at man ikke skal falle oppi kvernen, og disse barrierene kan være ganske følsomme for bevegelser og kan lett utløse nødstoppen.

**Dosering alginatløsning:** Som tidligere nevnt ble dette utstyret satt inn i ettertid da vi fikk problemer med å løse opp alginatpulver direkte i råstoffet. Vi brukte utstyr som vi hadde tilgjengelig på huset, ei tønne på 100 L, et kosteskaft for manuell røring og en doseringspumpe. Det er ikke å anbefale å gjøre det på denne måten i en industriell prosess, da det tar mye tid å røre ut. Prosessen med å lage homogen alginatløsning samt dosering til restråstoffet bør automatiseres.

**Tank med røreverk:** Det er brukt en 600 L rustfri ståltank med røreverk. Tanken er bygd av Skala Fabrikk som også har levert røreverket som følger med. Leverandør av røreverket er Hoyer og motorstørrelsen er på 1,1 kW. Røreverket er frekvensstyrt og kjøres vanligvis på 50 Hz.

**Sirkulasjonspumpe:** Pumpen, levert av AxFlow, er en Waukesha buelobepumpe med betegnelse U2-018 som har en motorstørrelse på 0,75 kW/145 RPM. Pumpen er frekvensstyrt og ved 50 Hz har den en kapasitet på ca 1000 L/h. Ved vask av anlegget kan pumpen kjøres på 70-90 Hz over korte perioder slik at man får en akseptabel vaskeflow.

**Flowmåler:** Måleren har typebetegnelse PD 340 og er levert av Proses Data. Tidlig i prosjektet var tanken å dosere inn alginatpulver in-line i rør, og det var da nødvendig å vite nøyaktig flowhastighet. Men ved i stedet å dosere inn alginatløsning i tanken, er en ikke avhengig av flowmåler.

**Manuelle ventiler:** Ventilene er levert av Alfa Laval og er av hygienisk kvalitet. Ventilene er designet slik at det ikke er noen hindringer i ventilen når de er åpne. De er manuelle on/off ventiler. Grunnen til at det er satt inn en sirkulasjonssløyfe (se Figur 10) i prosesslinjen er at det tidligere i prosjektet var tenkt å dosere inn alginatpulver i denne sirkulasjonssløyfen. Men ettersom at alginatet i dag blir dosert inn i tanken, blir ikke sirkulasjonssløyfen brukt til annet enn å fylle systemet ved oppstart.

**Trykkmåler:** Levert av Skala Prosessteknikk og er av type BD-Sensors-Str.1. Måler fra 0-10 bar. Om trykket blir over 6 bar i prosesslinjen stopper pumpen. Dersom trykket blir så høyt kan det tyde på at noe har satt seg fast i systemet.

**Homogenisator:** Levert av Froster og har betegnelsen Gorator ZZQQS 22.20/10 Compact. Kapasiteten på Compact Goratoren er oppgitt til 0,5 m<sup>3</sup>/h, men vi erfarte at den mekaniske friksjonen på restråstoffet gjennom homogenisatoren er stor, så det er sannsynligvis mulig å kjøre gjennom en noe større mengde. Partikkelstørrelsen inn må være mindre enn 30 mm, og gjennomsnittlig partikkelstørrelse ut er mindre enn 5 mm. Innvendig materiale er AISI316Ti og det er en mekanisk akseltetning. Motorstørrelsen er på 15 kW – 400/690V.

**Dosering kalsiumklorid:** Doseringspumpen er levert av AG, og pumpen har typebetegnelse Sera 409.2-25e og gir maksimalt 25 L/h. Pumpen pulser inn kalsiumklorid med et bestemt sylindervolum (det er mulig å justere sylindervolumet) slik at det blir rimelig nøyaktig. Under testkjøring har det vist seg at pølsene kan til dels få en 'flakete' konsistens med til dels ujevn fyllingsgrad i filmen. Vi har en mistanke om at pulset dosering av kalsiumklorid kan gi pølsene en slik inhomogen konsistens. Det vil være fordelaktig å sørge for at doseringen av kalsiumklorid blir kontinuerlig. Dette kan gjøres ved å kjøpe inn en lite 'reservoar' fra leverandøren.

Kalsiumkloridløsningen ble blandet ut i en bønne med en styrke på 1M i alle forsøk i prosesslinjen. Doseringshastigheten var 24 L/h og tilsatsen ble gjort gjennom en dyse montert i røret mellom Frey Maschinenbau F-Line F160 og TSCA 120 Poly-clip maskinene. Selskapet M-Tech modifiserte doseringsutstyr som blir brukt i kjøttindustrien. I de fleste testene som er kjørt ble kalsiumklorid 'sprøytet ut' i agnmassen, på tvers av bevegelsesretningen. Det kan hende at også dette kan føre til den til dels 'flakete' tekstur vi observerte i agnpølsene etter geling. I de siste få testene som ble gjennomført, kappet vi av deler av doseringssprøyten slik at kalsiumklorid kun ble sprøytet inn i midten av pølsen, i agnmassens lengde/bevegelsesretning. Det må undersøkes nærmere om dette bedrer agnmassens homogenitet. Muligens vil dette føre til at fordelingen av kalsiumklorid i pølsen vil skje langsommere og vi vil da i større grad vil være avhengig av at kalsium fordeles agnmassen ved diffusjon etter produksjon.

**Pølsestopping, sveising og klipping:** Maskinene er leid av BWL og modellene heter Frey Maschinenbau F-Line F160 og TSCA 120 Poly-clip. Oppgaven til først nevnte maskin er å porsjonere riktig mengde og lengde av agnpølsene (Figur 11). I TSCA 120 Poly-clip (Figur 12) blir filmen sveiset rundt agnmassen (Figur 13). Deretter klippes pølsene i henhold til ønsket lengde på pølsene. De ferdige pølsene (vi valgte lengder på rundt 1 m under testkjøring) ble lagt i kasser for påfølgende gelingsprosess.

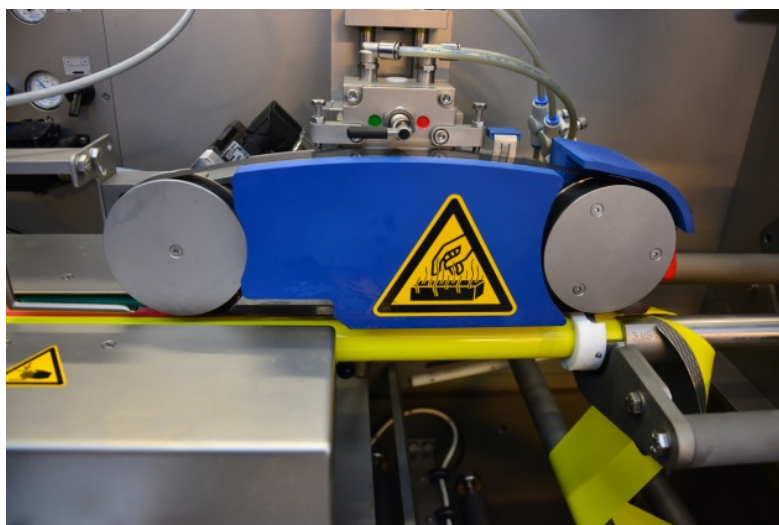




**Figur 11:** Frey Maschinenbau F-Line F160 sørger for buffring og automatisk dosering av agnmasse før tilsats av kalsiumklorid, fylling, sveising og klipping.



**Figur 12:** TSCA 120/160 Poly-clip for automatisert sveising, fylling av agnmasse og klipping av agnrørler. Nederst i maskinen ser vi rullen med film for sveising og pakking av rørler.



**Figur 13:** Sveisehodet i TSCA 120 Poly-clip maskinen. Agnmasse tilsatt kalsiumklorid kommer inn gjennom røret til høyre i bildet. Den gule filmen trekkes opp fra en rull nede i maskinen og sveises sammen til rørform som blir fylt med agnmasse. Klipping for å lage pølser skjer i neste trinn (ikke vist på bildet).

#### 4.6.2 Generell prosedyre for produksjon av restrukturert agn

Basert på den modifiserte prosesslinjen vist i Figur 10 er prosedyren for å lage agnpølser som følger:

1. Lage oppløst alginat.
2. Dosere alginat i restråstofftank og sirkulere alginatet frem til Gorator og tilbake til blandetank i slange. Resirkuleringen av løsningen ble gjennomført for å fylle prosesslinjen med pumpbar væske. Løsningen ble sirkulert i 'en runde' før tilsats av råstoff (rød sløyfe i Figur 10).
3. Kverne opp restråstoff som går ned i tanken.
4. Sette på røreverket i tanken.
5. Begynne å sirkulere oppkvernet restråstoff og oppløst alginat. I de forsøkene vi har gjort har vi sirkulert agnmassen i 30-45 min (tank-homogenisator-tank) for å være sikre på at vi har fått en homogen blanding av restråstoff og alginat (grønn sløyfe i Figur 10). Sirkulasjonen fører til oppvarming av agnmassen på grunn av friksjonsvarme. Under våre betingelser økte temperaturen i agnmassen til omlag 30 °C før den ble pumpet videre til dosering og fylling i film. Dersom agnmassen sirkuleres i lang tid vil temperaturen øke ytterligere.
6. Eventuelt kan man tilsette andre komponenter til agnmassen for eventuelt å bedre styrken av agnpølsene. I dette prosjektet utførte vi en test med tilsats av fiber.

7. Etter god innblanding av komponentene, pumpes agnmassen opp i en trakt på doseringsmaskinen (buffer). Med dette prosessutstyret er det naturlig at det blir tilsatt batcher fra blandingstanken på f.eks. 50 - 100 liter med jevne mellomrom. Alternativt kan prosessen også kjøres kontinuerlig dersom en sørger for periodevis påfyll av de ulike komponentene i agnmassen.
8. Starte enheten for automatisk filmsveising og klipsing. Når maskinen er riktig innstilt er det bare å trykke på startknappen og ta imot ferdige agnpølser klar for geling.

Etter at man er ferdig med å produsere agn må alt utstyret vaskes. Etter forsøkskjøringene har vi vasket prosesslinjen til og med Gorator ved å sirkulere 3 % lut, 3 % syre og vann i omlag 30 min for hver av komponentene. Maskinene som leies av BWL, blir til dels vasket manuelt ved at ulike komponenter blir skrudd ut som så vaskes for hånd.

Det er testet ut ulike prosessløsninger for å komme frem til en løsning som kan fungere i industrien, men det gjenstår fremdeles en del arbeid før man har en fullgod automatisk agnpølseprosess. Hovedhensikten med pilotanlegget er å teste ut ulike kjemiske sammensetninger av agnmassen for å få en sterk nok agnpølse for kommersiell bruk.

#### 4.7 Forsøk i fullskala

I og med at det ser ut til at alginat ikke bør tilsettes i pulverform, får dette visse implikasjoner for selve produksjonsprosessen. For å få en homogen alginatløsning er det nødvendig at alginat i pulverform tilsettes langsomt under konstant røring. Ellers får en dannet klumper som det tar tid å løse opp. Det er derfor en god ide å forberede produksjonen av alginatløsning god tid i forveien samtidig som en sørger for alltid å ha en ferdig back-up løsning klar slik at et unngår unødvendig ventetid dersom det blir behov for mer alginatløsning etter at en batch er ferdig produsert.

Ved første testkjøring av hele prosesslinjen (råstoff til agnpølse) ble det umiddelbart klart at agnmassen før geling som hadde en konsistens som var forskjellig fra den vi arbeidet med i laboratorieforsøk. Mens sist nevnte masse hadde konsistens som grov kjøttdeig, var agnmassen som prosesslinjen produserte langt mer flytende, mer homogen og mer finmalt. Konsistensen var mer som en noe tykk suppe eller mousse. Dette var trolig et resultat av at goratoren som ble benyttet laget maksimal partikkelstørrelse < 5 mm. En del innledelede forsøk ble kjørt for å komme finne riktige maskininnstillinger for å produsere agnpølser. I hovedsak ble det benyttet et råstoff til alginatløsningsforhold på 1:1 (2 % alginatløsning). Det ble benyttet film, levert av BWL, som ellers anvendes på ulike produkter produsert i den aktuelle pølsemaskinen. Som nevnt tidligere, er

filmene som normalt brukes i slike maskiner ikke bionedbrytbare. Dersom slike filmer skal brukes til vårt formål, må de fjernes på ett eller annet tidspunkt etter at pølsene har geleet.

Helt mot slutten av prosjektet ønsket vi å gjennomføre et forsøk for se om det var mulig å lage en tykkere konsistens på agnmassen slik at det ferdige agnet skulle få en fastere konsistens for å kunne tåle større mekanisk belastning ved egning. Det ble derfor anskaffet oppmalt fiber som ble blandet inn sammen med råstoff og alginatløsning. Disse var P95 Psyllium (112 kr/kg) og ME102 (41 kr/kg). Stoffene brukes som tilsatsstoffer i ulike næringsmidler, typisk i en konsentrasjon på 0,3 – 1,0 %. Det ble satt opp en test (Tabell 3) for å sjekke om tilsats av fiber (Figur 14) påvirket konsistensen på agnpølsene etter geling (Figur 15). Forsøket ble gjennomført ved en produksjonshastighet på 10,2 kg/min og en doseringshastighet (pulset) av kalsiumklorid (1 M) på 0,4 L/min. På grunn av begrenset tid og budsjett, ble det ikke satt opp et balansert forsøksdesign.

## Tilsats av fiber (0 - 2,5 %)



Benyttes i næringsmiddelindustrien for å gi fastere konsistens

**Figur 14:** Psyllium P95 (fiber) ble tilsatt agnmassen for å undersøke om dette ga fastere agn med større styrke. Effekten av tilsatsen ble dokumentert ved teksturmålinger av de ferdige agnpølsene.

**Tabell 3:** Produksjon av agnpølses ved ulike blandingsforhold mellom hel sild, alginatløsning og P95 fiber.

Prøve nr.	Forhold Sild : Alginatløsning	Alginatkonsentrasjon i løsning før blanding (%)	P95 fiber (%)
1	1:1	3	0
2	1,6:1,0	3	0
3	1,8:1,0	3	2
4	1:1	2	2,5

Typisk konsistens på alle blandingene var som vist i Figur 15. Vi ser fra bildet at blandingen (med og uten fiber) var finmalt uten store partikler og at den hadde konsistens som tykk suppe. De produserte agnpølsene ble lagt i isoporesker for geling (Figur 16). Etter geling ble filmen skjært opp. I alle tilfellene var pølsene flaket over enkelte soner og i noen tilfeller ble det observert spalter rett gjennom pølsen (Figur 17). Årsaken kan ha sammenheng med pulset tilsats av kalsiumkloridløsning og/eller at løsnings trykk gjennom dysen gjorde at agnmassen ikke ble kontinuerlig eller homogent fordelt i innløpsrøret til TSCA 120 Poly-clip maskinen.



**Figur 15:** Agnmassens konsistens etter blanding og homogenisering. Bildet viser det traktformede innløpet (buffer) til Frey Maschinenbau F-Line F160 som er en enhet for automatisk styring av dosering av agnmasse.



**Figur 16:** Agnc-pølser tatt ut fra TSCA 120 Poly-clip som er en maskin som sveiser, fyller og klipper pølsene i ønsket lengde. Pølsene ble lagt i esker for geling.

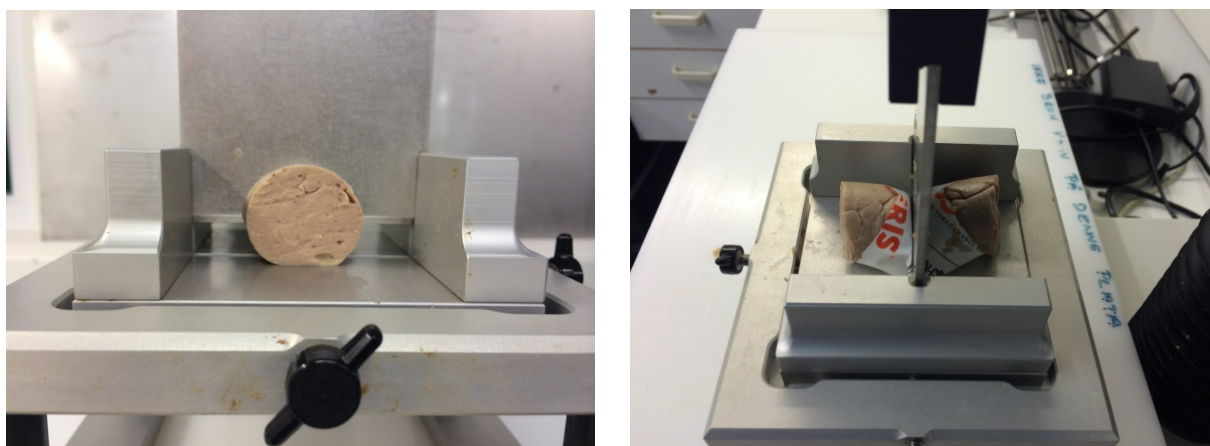


**Figur 17:** Eksempel på gelet agnc-pølse. Vi ser at pølsen hadde områder med flakdannelse og i enkelte tilfeller hadde de også spalter. Muligens skyldes dette forhold knyttet til doseringen av kalsiumklorid til agnc-massen.

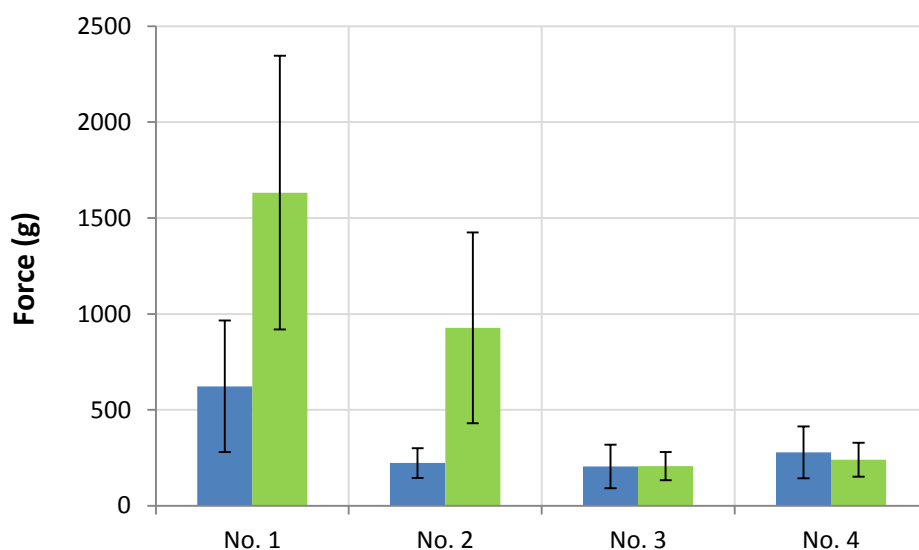
Som vi ser av Figur 17, hadde ikke pølsene en sammenhengende homogen struktur over hele lengden. Områder med homogen struktur (med minst mulig innslag av flakdannelse og sprekker) ble skåret ut fra en del pølser og testet i teksturmåleren. I utgangspunktet ønsket vi å måle skjærkraftene med og uten film. Imidlertid viste det seg at filmen 'glapp unna' fordi den ikke ble

skjært over (Figur 18). Vi målte derfor kun på selve agnpølsen, både fersk og etter frysing i halvtint tilstand. Resultatene er vist i Figur 19. Selv om forsøksdesignet ikke var balansert (ufullstendig) ser vi at Pølse 1 kom best ut (størst motstand mot skjærkraft) der midlere maksimal skjærkraft var 623 g i fersk tilstand og 1632 g i halvtint tilstand. Sild til alginatforholdet var 1:1 og det ble benyttet en 3 % alginatløsning som i seg selv er meget viskøs. Blandingen innehold ikke fiber (P95). Kanskje noe overraskende ble skjærkraften redusert til henholdsvis 400 g og 928 g når forholdstallet mellom sild og alginat ble øket til 1,6:1,0 (Pølse 2). Ellers ser det ut til at fiberinnholdet ikke øket agnets motstand mot deformasjon. Av kostnadmessige hensyn synes det dessuten lite relevant å øke fiberinnholdet ytterligere (pris for P95 er 112 kr/kg). Vi anbefaler derfor å teste andre stoffer for å øke agnets fasthet (se nedenfor).

Sammenliknet med tint og halvtint sauri (med skinn og ryggbein), som hadde en midlere skjærkraft på 13-14 kg, så hadde halvtint Pølse 1 (uten film) en skjærkraft på kun 1,6 kg, noe som etter all sannsynlighet ikke vil være egnet uten å forsterke agnet på noe vis.



**Figur 18:** Testing av agnpølse i en Warner-Bratzler celle for måling av maksimal skjærkraft. Sett i forhold til egneprosessen om bord på linefartøy var det ønskelig å teste med film. Imidlertid viste det seg at filmen 'glapp unna' ved nedtrykk av bladet (høyre bilde). Pølsene ble derfor kun målt uten film.



**Figur 19:** Warner-Bratzler test av ferske (blå søyler) og halvtinte agnpølser (3 cm) med kjernetemperatur  $-2^{\circ}\text{C}$  (grønne søyler). Midlere maksimal skjærkraft  $\pm$  SD,  $n = 12 - 18$  er vist. Testene ble utført uten film på pølsene. Sammensetning av agnpølsene: No. 1 – sild:alginat = 1:1, 3 % alginatløsning og 0 % fiber; No. 2 – sild:alginat = 1,6:1,0, 3 % alginatløsning og 0 % P95 fiber; No. 3 – sild:alginat = 1,8:1,0, 3 % alginatløsning og 2 % fiber; No. 4 – sild:alginat = 1:1, 2 % alginatløsning og 2,5 % P95 fiber.

## 5 Konklusjoner

- En prosesslinje er satt opp som kan produsere restrukturert agn fra fiskebasert råstoff
- Prosessen bør fortrinnsvis basere seg på alginat i løsning før innblanding av råstoff (i motsetning til tilsats av alginat i pulverform direkte til kvernet råstoff)
- Bionedbrytbare filmer har ulike begrensinger, blant annet er de ikke tilpasset automatisert prosessering (pølsestoppermaskiner)
- Agnpølser med diameter 30 mm kan produseres i ønsket lengde med stor hastighet ( $> 17$  m/min)
- Prosessen baserer seg på at gelingen av agnmassen skjer inne i pølsen, etter produksjon
- Prosesslinjen må optimaliseres, blant annet fordi agnpølsene etter geling har en til dels flakaktig struktur og i noen grad forekommer også sprekker i pølsene
- Agnpølsene må etter all sannsynlighet forsterkes
- Valg av teknologi og strategi for videre prosessutvikling bør foretas



## 6 Videre arbeid og valg av konsept

- Finne årsak til flak- og sprekkdannelse i agnpølsene. I utgangspunktet tror vi at dette har med tilsats av kalsiumklorid å gjøre. Den pulsede tilførselen av kalsiumkloridløsning bør gjøres kontinuerlig. Videre bør en se nærmere på utformingen av dysen og hvordan løsningen skal sprøytes inn i agnmassen. Hva er passende trykk og i hvilken retning bør dysene orienteres?
- Optimalisering av agnmassens sammensetning. I dagens prosess får agnmassen en konsistens som minner om en 'tyktflytende suppe'. Både av prosessmessige årsaker (pølsestopping), og for å bedre styrken av agnet, bør en sørge for at massen blir mer viskøs før geling. Det blir trolig nødvendig å vurdere ulike metoder for å lage sterkere agnpølser, som for eksempel ved bruk av "coating", armering, eller tilsats av andre polymerer som 'guar gum'.
- Testing av aktuelle agn ved teksturmålinger og i egnemaskiner.
- Sjekk av agnets frysestabilitet og sjøvannsstabilitet (agnet må tåle 24 timer i sjøvann).

Videre arbeid vil til dels være styrt av hvilken strategi, eller hvilke strategier, en bestemmer seg for å satse på. Aktuelle tema en bør ta stilling til er:

**Bruk av prosesslinjen utviklet i dette prosjektet** – Dersom en satser på prosessen slik den framstår nå, det vil si ved å bruke en tradisjonell film som brukes i pølseindustrien, så vil det trolig være mest hensiktsmessig å fjerne filmen på produksjonsstedet, etter geling. Pølsene kan så settes på fryselager og distribueres etter behov. Denne strategien innebærer at en må øke den mekaniske styrken til agnet i betydelig grad siden en ikke lenger har en film som kunne ha gitt ekstra styrke under egningen. Videre FoU bør i så fall fokusere på sammensetning av agnet og eventuelt hvordan det kan armeres for å oppnå tilstrekkelig styrke.

**Bionedbrytbar film** – Det synes på det nåværende tidspunkt å være vanskelig å finne en passende bionedbrytbar film som dekker våre krav. Dersom filmene vi har testet representerer forskningsfronten i dag, så er det antakelig lite aktuelt å inngå et forskningssamarbeid med en aktuell produsent for eventuelt å komme opp med en film med helt andre egenskaper. En slik prosess vil kunne ta svært lang tid.

**'Alginatskinn'** – En ny, men etterhvert etablert teknologi er å bruke såkalt alginatskinn som påføres automatisk i en pølsestoppermaskin. Alginat sprøytes på overflaten av produktet det skal lages pølser av og det dannes en tynn alginatfilm umiddelbart på overflaten. Alginatfilm, brukes i stedet for dyretarm, kollagenfilm eller polymerfilmer. Ferdiglagede middagspølser ser ut som

tradisjonelle pølser basert på kollagen eller dyretarmer. Alginatfilm er nedbrytbar og vil neppe representere et miljøproblem. Dessuten er det mulig at produksjonskostnadene blir lavere enn ved bruk av tradisjonelle filmer som vi har brukt hittil i våre forsøk. Investeringskostnadene har vi ikke sjekket på det nåværende tidspunkt. Spørsmålet er om alginatfilmen er sterk nok for egning. Varmebehandling av den tynne filmen (rundt pølsene) ved 70-80 °C gir strukturendringer og økt mekanisk styrke. En kan innledningsvis se for seg tre muligheter for test av agnpølser: (a) kun påført alginatfilm, (b) halvtinte pølser med alginatfilm, eller (c) pølser omsluttet av varmebehandlet film. Et krav for å kunne gjennomføre denne type "coating" med alginat er at agnmassen må gjøres mer viskøs enn den vi har produsert inntil nå. Dersom (a), (b) eller (c) ikke gir tilstrekkelig styrke, må en i tillegg sørge for at selve agnet gis ekstra styrke i tillegg.

## 7 Litteratur

Tokikawa Y, Calabia BP, Ugwu CU & Aiba S (2009) Review: Biodegradability of plastics. *Int. J. Mol. Sci.* 10, 3722-3742.



Teknologi for et bedre samfunn

[www.sintef.no](http://www.sintef.no)