

# Arbeidspakke 2: Kjøle- og frysesystemer

Frysing av torsk ved hjelp av CAS og tradisjonell  
innfrysning - kvalitetseffekter

## State of the art: Frysemetoder

- Innfrysning av fersk fisk, gjerne pre-rigor, gir god kvalitet ved dagens frysemetoder. Innfrysingshastigheten er ikke kritisk i slike tilfeller. Fisken er robust mot endringer i kvalitet, bortsett fra ved svært langsom innfrysning (flere dager).
- Rask frysing er ønskelig av prosess tekniske årsaker. Optimalisering av metodene mhp varmeoverføring ved forbedring av kontaktareal, samt økt konveksjon (ødelegge grensesjiktet) mellom kjølemedium og produkt er mulig.
- En av hovedutfordringene for industrien som benytter frysing ligger i mer FoU knyttet til energieffektiv drift samt utvikling av mer økonomiske og effektive kjølemedia.

*'Emerging Freezing Technologies' skriver Bejarano Wallens & Venetucci (1995)*

# State of the art: Frysemetoder

## Høytrykksfrysing

- Frysing ved høyt trykk er ofte omtalt som en relativt ny og lovende teknikk for frysing av blant annet fisk.
- Behandlingen medfører (delvis) inhibering mikrobiell aktivitet og en del endogene enzymsystem. Den kan også føre til proteindenaturering og akselerert lipidoksidasjon i muskelvev (Ohshima et al., 1993)
- Den viktigste fordelen med HP frysing er at den initielle dannelsen av is er momentan og homogen gjennom hele produktet på grunn av den store underkjølingen ved trykkavlastning ('pressure shift'). Dette gir mindre grad av fryseskader på produktet.
- På grunn av ulike praktiske årsaker og pris er denne teknikken lite aktuell for bruk i fiskeindustrien slik situasjonen er i dag.

## Cell Alive System (CAS)

- Prinsippet baserer seg på at ferske produkter (levende celler) fryses inn i et svakt magnetfelt. Dette fører til at en angivelig unngår dannelse av iskrystaller som kan ødelegge ulike vev. Vannet fryses 'på plass' både intra- og ekstracellulært.
- Etter sigende skal produktet etter tining ha tilsvarende kvalitet som et ferskt produkt. Produktets utseende etter tining skal også angivelig ha samme utseende og farge som et tilsvarende ferskt produkt.
- Teknologien anvendes på enkelte japanske tunfiskbåter.
- Det er verd å merke seg at det ikke, oss bekjent, er dokumentert at frysemetoden gir bedre produktkvalitet enn tradisjonelle fryserne – uansett type produkt.

# State of the art: Frysemetoder

## Lakefrysing

- Natriumklorid brukes ofte til lakefrysing. Mettet lake ligger på 23,3 % salt noe som tilsvarer  $-21^{\circ}\text{C}$ . Andre løsninger som kalsiumklorid og etylen- og propylen-glykol kan også brukes (Kolbe & Kramer, 2007).
- Lakeinnfrysing av makrell og hestemakrell (230-270 g) ble ikke anbefalt av Aubourg & Gallardo (2005). Opptak av NaCl i muskel som i sin tur førte til økt harskning og redusert holdbarhet. Saltopptaket førte til fastere tekstur og mindre lipidhydrolyse. NB! Fisken ble eksponert for lake, mulig å lage andre løsninger.

- 

## Kommersielle konsepter

- Det finnes kommersielle konsepter for optimal kjøling som reklamerer for topp kvalitet av frosset fisk.
- Konseptene markedsfører et konsept eller en metode som tar utgangspunkt i at rask innfrysing av fersk fisk (gjerne pre-rigor), lagring ved lav temperatur ( $-40^{\circ}\text{C}$ ), optimal tining, og riktig tilberedning som gir et førsteklasses produkt.
- Eksempler:
  - 'ICEFRESH'/'ISFERSK' ([www.isfersk.no](http://www.isfersk.no))
  - 'TRUFRESH'<sup>®</sup> ([www.trufresh.com](http://www.trufresh.com)). Spesialformulert lake som kan kjøles til  $-40^{\circ}\text{C}$  og fryse ned vakuumpakket fisk.

Publikasjon sendt inn:

# Quality of Atlantic Cod Frozen Prerigor in Cell Alive System, Air-Blast and Cold Storage Freezers

U. Erikson<sup>a</sup>, E. Kjørsvik<sup>b</sup>, T. Bardal<sup>b</sup>, H. Digre<sup>a</sup>, M. Schei<sup>a</sup>,  
T. S. Søreide<sup>c</sup> & I.G. Aursand<sup>a</sup>

<sup>a</sup> SINTEF Fisheries and Aquaculture, Trondheim, Norway; <sup>b</sup> The Norwegian University of Science and Technology, Department of Biology; <sup>c</sup> MMC, Ålesund, Norway

## Målet med forsøket

- Sammenlikne frysing av Atlantisk torsk ved hjelp av Cell Alive System (CAS) med :
  - (a) Tunnelfryser (anses å være en god innfrysningemetode)
  - (b) Frysing rett på fryserom (sakte innfrysning)

**Kan vi oppnå en høyere kvalitet ved hjelp av CAS sammenliknet med de to andre metodene?**

# Forutsetning: Innfrysning av **LEVENDE** muskelceller i CAS!



**Sørge for levende vev når innfrysningen startet**

Dette betyr

1. Frysing straks etter avliving
2. Ustresset fisk (unngå uønsket stress = anaerobisk metabolisme)



Oppdrettstorsk ble fraktet med brønnbåt til lokalet der CAS-fryseren befant seg.

## Sammenlikning av tre frysemetoder

1. Cell Alive System (CAS) : Initiell frysing og lagring i magnetisk felt
2. Tunnelfryser (ABF): Overført til fryserom etter innfrysning
3. Fryserom (CSF): Frosset direkte i fryserom

### Behandling før innfrysning:



Pakket i plastikkduk,  
2 fisk per pappeske

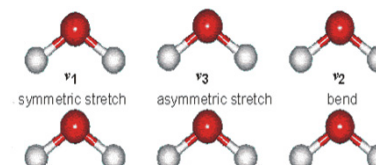


# Cells Alive System: Innfrysning i magnetfelt

## Påståtte prinsipp

- Fluktuerende magnetisk felt skaper vibrasjoner i vannmolekylene
- Forhindrer dannelse av store iskrystaller og skader på vevet
- **Homogen krystalldannelse og momentan frysing gjennom hele produktet** (I tradisjonelle frysemetoder dannes krystaller fra utsiden av produktet og inn mot kjernen)

## Vannmolekyler



## CAS fryseren



# Evaluering av kvaliteten

**Tining:** Sakte tining ved lav temperatur (4°C) for beste ivaretagelse av kvaliteten (*Martinsdóttir and Magnússon, 2001*)

## Kvaliteten ble evaluert rett etter tining og etter islagring i 6 døgn

- Sensorisk vurdering av utseende og lukt (QIM)
- Filetkvalitet
  - Mikrostruktur
  - Tekstur/konsistens
  - Filetspaltning
  - Slutt-pH
  - Vannbindingsevne
  - Vanninnhold
  - Drypptap
  - NMR releksasjon
  - ATP-degradering og K-verdi

## Tilstanden til fisken før frysing



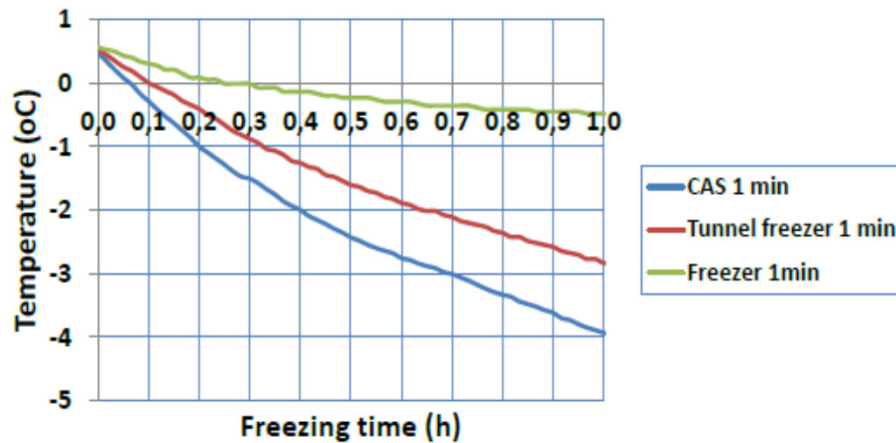
Blodlaktat, hvit muskel redokspotensiale og pH ble bestemt rett etter avliving.

Gruppe	Laktat (mmol L <sup>-1</sup> )	E <sub>n</sub> (mV)	Initiell pH
CAS	2.3 ± 1.0	427 → 247	7.24 ± 0.05
Tunnel	5.0 ± 1.1	419 → 265	7.25 ± 0.11
Fryserom	≤ 0.5	400 → 275	7.46 ± 0.02

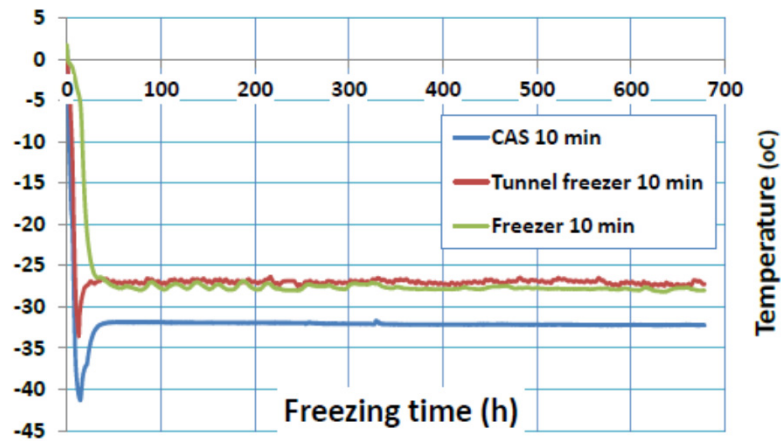


Initiell kroppstemperatur: 13.9 ± 0.1 °C

# Innfrysning av sløyd atlantisk torsk



Gjennomsnittlig frysekurver første time



Gjennomsnittlig frysekurve første 28 dager fryselagring. Total fryselagringstid var 46 dager.

## Gjennomsnittlig oppholdstid i kritisk temperatursone (CTZ: -0.8 to -5.0 °C)

<b>Frysemetode</b>	<b>Oppholdstid i CTZ (min)</b>	<b>Lagringstemperatur (°C)</b>
<b>Cell Alive System (CAS)</b>	<b>69</b>	<b>-32</b>
<b>Tunnel (ABF)</b>	<b>99</b>	<b>-27</b>
<b>Fryserom (CSF)</b>	<b>430</b>	<b>-27</b>

## Resultater: Ytre utseende (QIM)

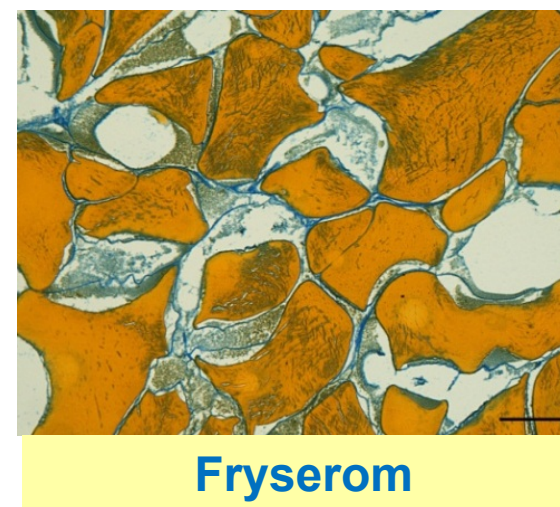
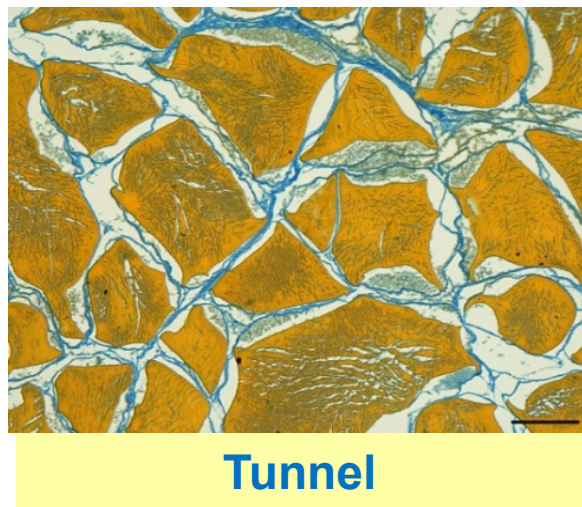
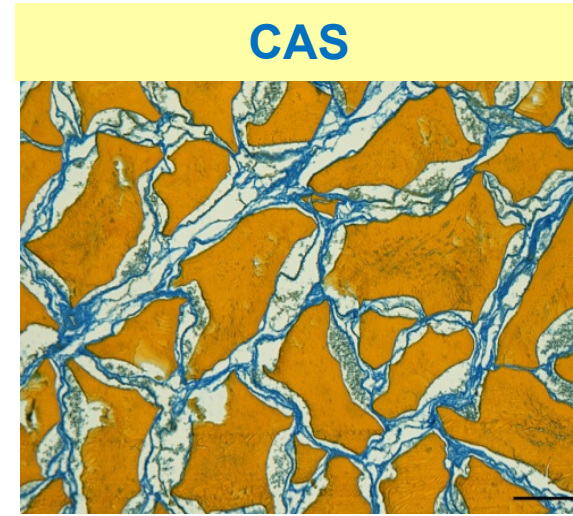
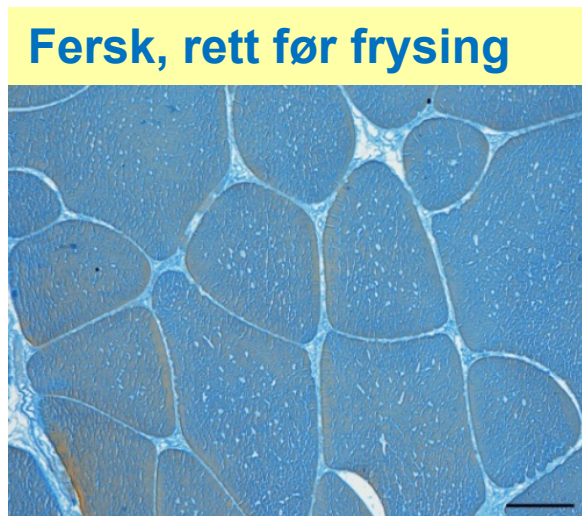
- Ingen forskjeller mellom frysemetoder ( $p > 0.05$ )
- CAS fisk hadde typisk utseende til frosset/tint fisk

*Ytre utseende (QIM) til atlantisk torsk målt rett etter tining og etter 6 dagers islagring*

<b>Quality Index (QI range: 0-23)</b>			
	<b>CAS</b>	<b>Tunnel</b>	<b>Fryserom</b>
<b>Etter tining</b>	<b>9.9 ± 0.2</b>	<b>10.2 ± 0.4</b>	<b>10.0 ± 0.3</b>
<b>Etter islagring</b>	<b>14.4 ± 0.6</b>	<b>13.7 ± 0.9</b>	<b>14.4 ± 0.6</b>

*Gjennomsnitt ± SEM (CAS: n=10; Tunnel og Fryserom: n= 5)*

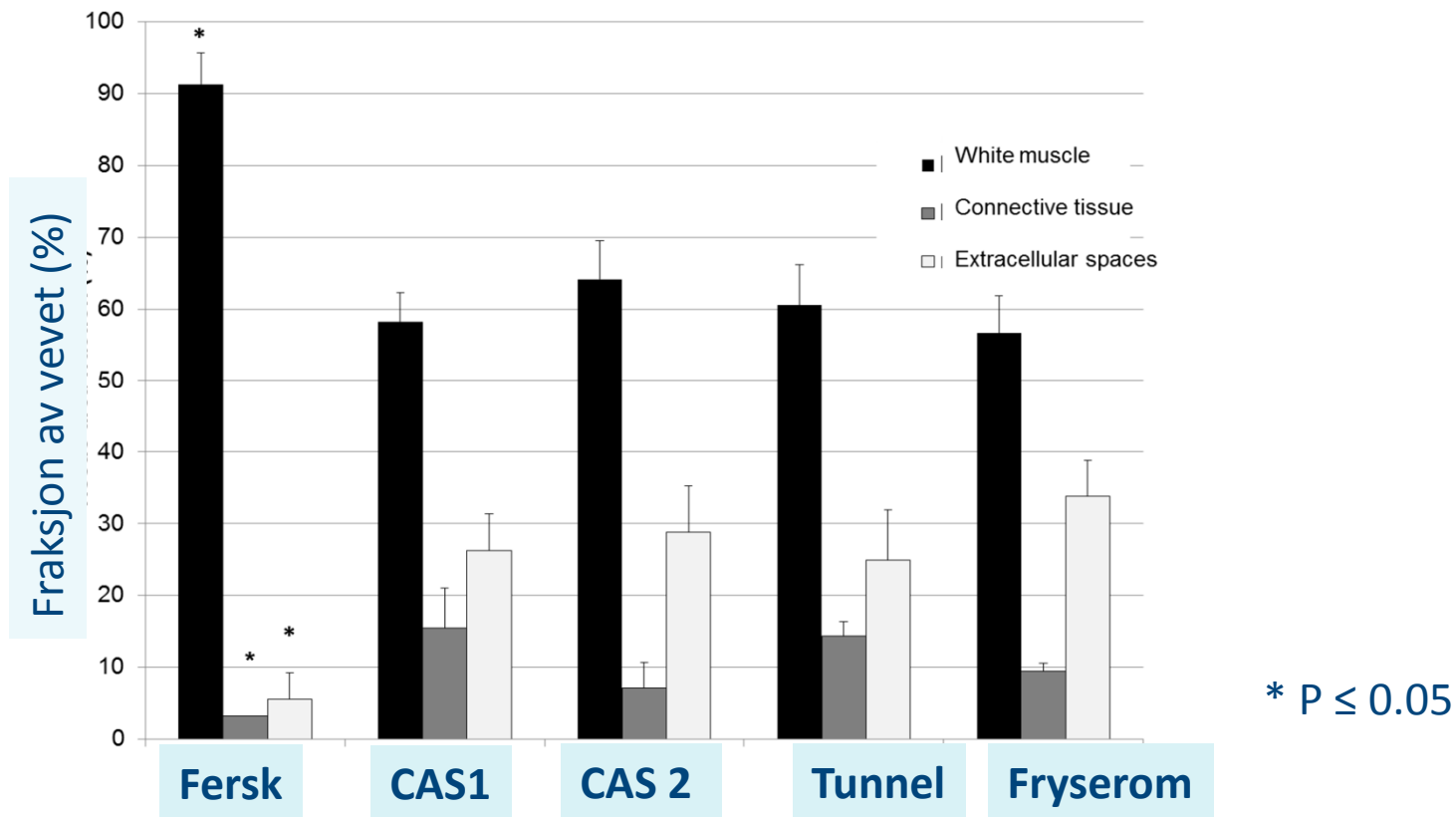
# Resultater: Effekter på mikrostruktur





# Resultater: Mikrostruktur

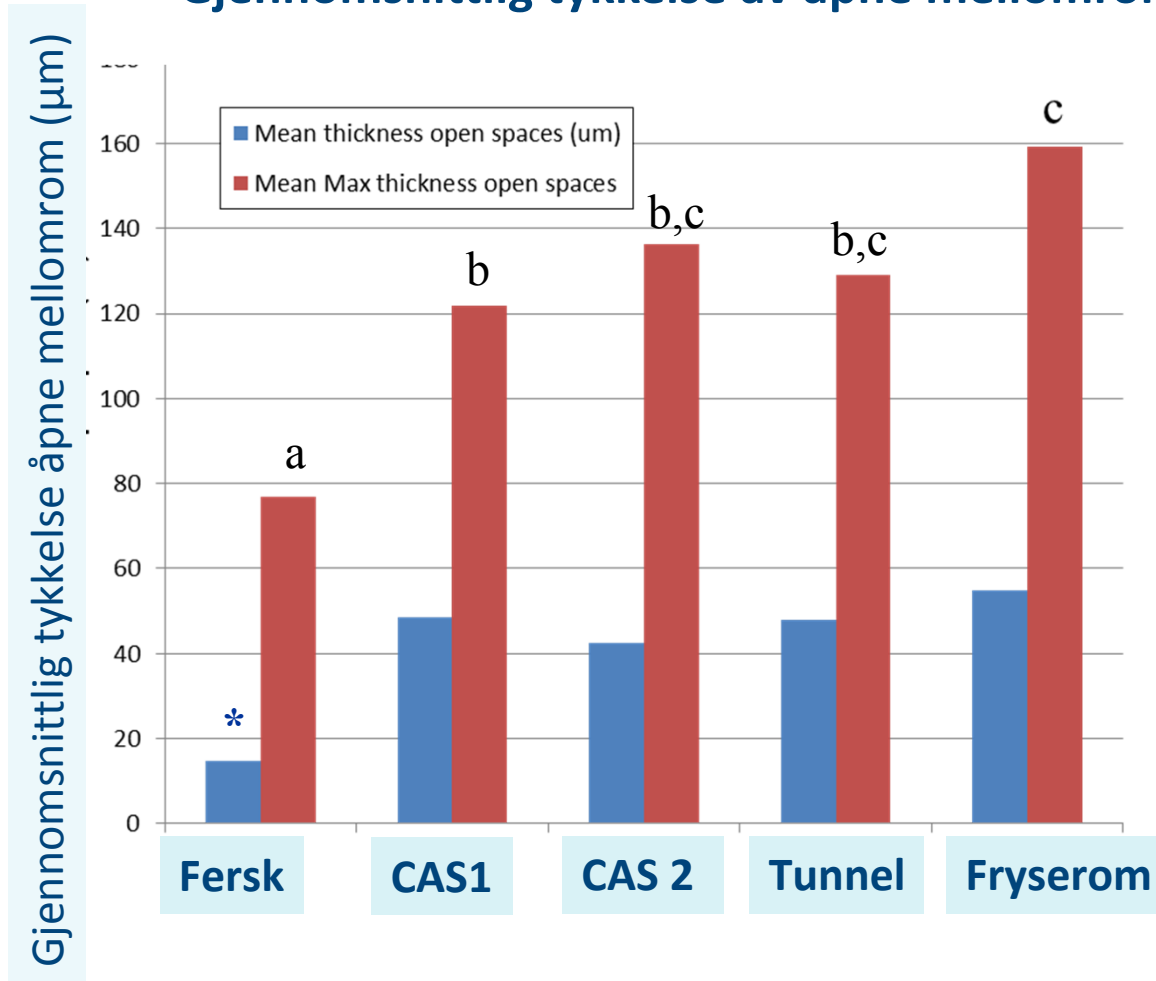
Arealfordeling av muskelfiber vev, bindevev og mellomrom mellom fibre i hvit muskel





# Resultater: Mikrostruktur

## Gjennomsnittlig tykkelse av åpne mellomrom mellom fibre i hvit muskel



# Filetkvalitet rett etter tining

Kvalitetsparameter	Cell Alive System (CAS)	Tunnel (ABF)	Fryserom (CSF)
<b>Alle: &gt;0.05</b>			
Slutt-pH	6.43 ± 0.05	6.41 ± 0.14	6.48 ± 0.06
Vanninnhold (%)	77.8 ± 0.3	77.5 ± 0.4	77.7 ± 0.3
Drypptap (% av kroppsvekt)	1.9 ± 0.2	2.9 ± 0.6	2.2 ± 0.2
Vannbindingsevne (%)	80.8 ± 1.2	78.7 ± 1.7	81.2 ± 1.2
T <sub>21</sub> relaxation time (ms)	46.9 ± 2.0	45.0 ± 1.2	45.6 ± 0.8
T <sub>22</sub> relaxation time (ms)	137.3 ± 6.2	130.2 ± 5.3	139.3 ± 5.5
ATP (µmol/g dry wt)	0.5 ± 0.1	0.6 ± 0.2	0.6 ± 0.1
IMP (µmol/g dry wt)	38.2 ± 3.2	34.4 ± 2.6	35.7 ± 2.8
HxR (µmol/g dry wt)	7.1 ± 1.2	9.6 ± 1.6	8.2 ± 1.2
Hx (µmol/g dry wt)	1.8 ± 0.2	3.1 ± 0.5	2.5 ± 0.6
K-verdi (%)	18.4 ± 3.3	25.5 ± 3.5	21.8 ± 3.4
Filetspaltning (range: 0-5)	1.8 ± 0.3	2.2 ± 0.2	2.0 ± 0.3
Hardhet (tekstur) (N)	9.8 ± 0.8	9.6 ± 0.5	10.6 ± 0.5

## Resultater: Filetkvaliteten etter lagring på is i 6 dager

- Ingen forskjeller mellom frysemetodene etter lagring i 6 dager ( $p > 0.05$ )
- Som forventet førte islagring til noe reduksjon i kvalitet (drypptap, vannbindingsevne, nukleotidkatabolisme og K-verdi:  $p < 0.05$ )

## Konklusjoner

1. Til tross for ulik innfrysningshastighet ( $dT/dt$ ) og holdetid i kritisk temperatursone var ytre kvalitet og filetkvalitet etter tining og etter islagring så godt som like for de tre frysemetodene
2. Det ble observert noe degradering av mikrostruktur som følge av sakte innfrysning (fryserom), men denne forskjellen var ikke reflektert i tradisjonelle sensoriske analyser (spisekvalitet)
3. Torsk frosset ved hjelp av CAS hadde utseendet til en typisk frosset/tint fisk



Spørsmål?