



## Modul 7.1



# **Superchilling-Verfahren**

## **Generelle Aspekte und Potential der Technologie**

**Ingrid C. Claussen\* and Michael Bantle**

SINTEF Energi AS, Dep. of Thermal Energy

Trondheim (Norway)

Ingrid.c.claussen@sintef.no



# Gliederung



1. Hintergrund
2. Superchilling-Verfahren
3. Methoden des Superchilling-Verfahrens
4. Technologien für das Superchilling-Verfahren
5. Industrielle Vorteile
6. Vorteile für die Umwelt
7. Vorteile für den Verbraucher
8. Herausforderungen
9. Zukünftige Potenziale
10. Schlussfolgerungen

Verweise



# Lernerfolge

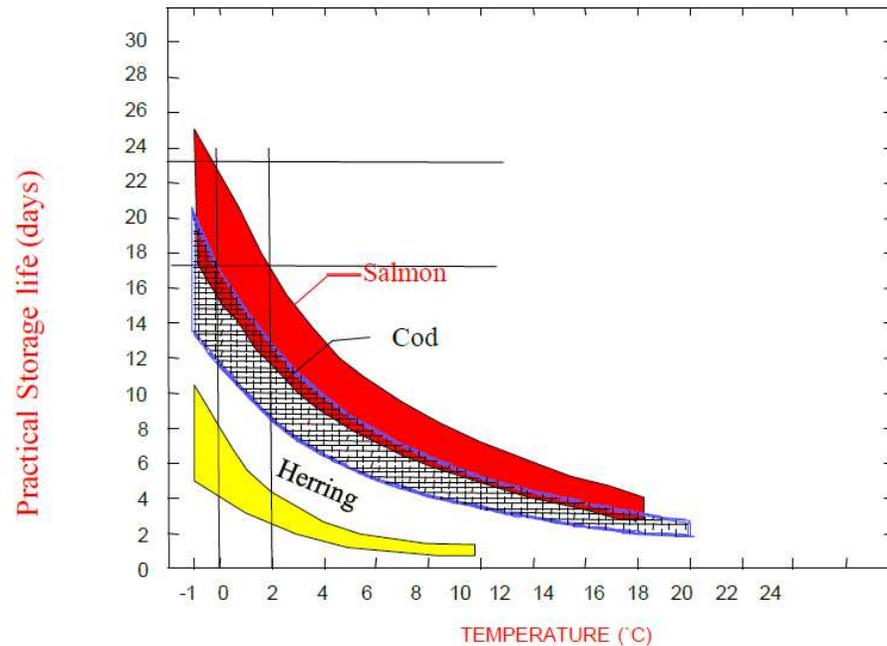
- Was ist das Superchilling-Verfahren?
- Welches Potential hat die Technologie?
  - **Aus Sicht der Produzenten**
  - **Aus Sicht des Verbrauchers**
- Wie Produkte zu Superchill-Produkten weiterverarbeitet werden können
- Wie viel Eisgehalt wird beim Superchilling normalerweise erreicht?
- Welche Haltbarkeitsverlängerungen sind bei Superchill-Produkten zu erwarten?

# Hintergrund I

- Bereits in den 1920er Jahren von Le Danois beschrieben
- In den 1970er und 1980er Jahren: Transport von Fisch bei tiefen Temperaturen erhöhte die Haltbarkeit
- Kontinuierliche Entwicklung des Konzepts in den letzten 20 Jahren
- Die norwegische Ernährungsindustrie nimmt derzeit das Superchilling-Konzept an, aber nur für "In-House"-Nutzung;
  - Verlängern der Haltbarkeit, um die Produktions- und Lagerplanung zu erleichtern
  - Verlängern der Verkaufszeit für frisches Produkt (Fleisch)
  - Erhöhen von Ertrag und Qualität von Fischfilets
- Vorteile im Zusammenhang mit verlängerter Haltbarkeit werden nicht voll ausgeschöpft

# Hintergrund II

- Die allgemein akzeptierte Haltbarkeit hängt von der Lagertemperatur und der Temperaturschwankung ab

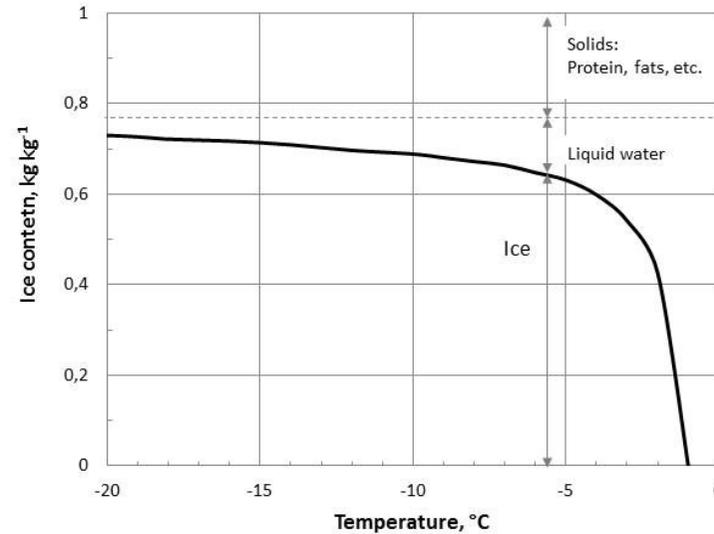
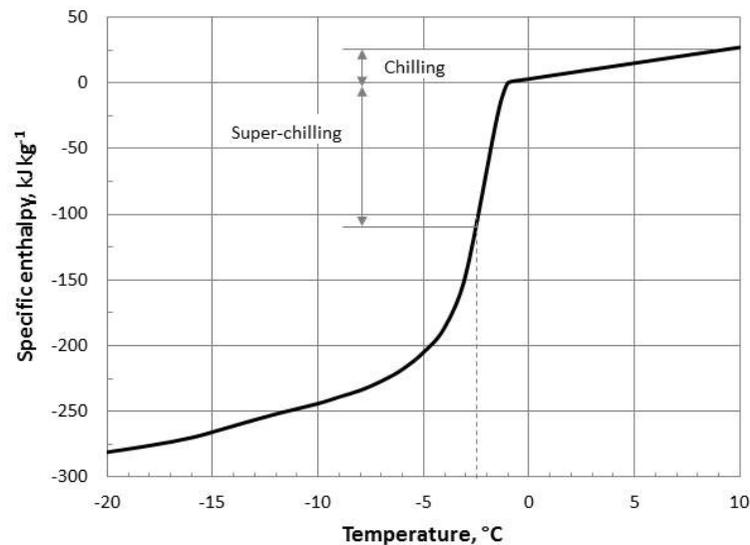


Praktisches Lagerleben für einige wichtige Fischarten (Nordtvedt, 2009)

# Hintergrund II

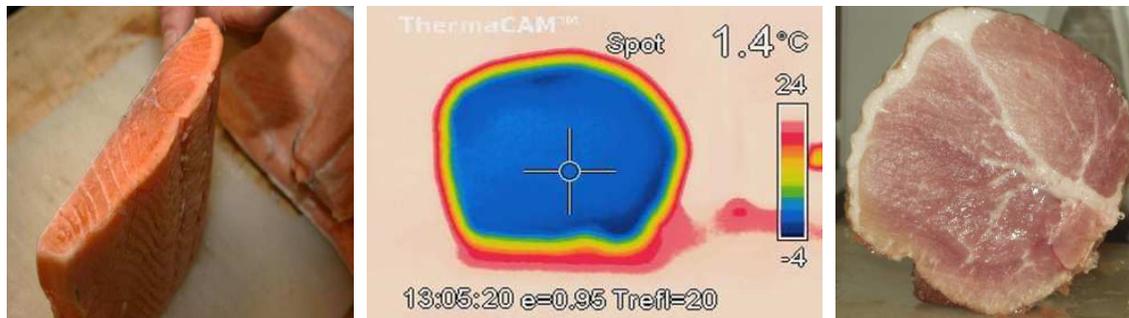
## Superchilling *kurzgefasst*

- Eisgehalt von 5% bis 20%
- Stabile Lagertemperatur
- Nicht gefrorenes Aussehen



# Superchilling I

- Superchilling ist eine Methode, um die Haltbarkeit von Produkten zu verlängern, ohne die Qualität zu reduzieren
- Die Produkttemperatur ist 1-2 ° C niedriger als  $T_i$ , Produkt (Erstgefrierpunkt des Produkts)
- Verschiedene Superchillings-Methoden
- Kalte Luft bei niedriger Temperatur, hoher Geschwindigkeit und kurzer Zeit scheint die interessanteste Superchilling-Methode zu sein
- Das Ergebnis ist eine kleine dünne Eisschicht an der Oberfläche - "Shell freezing"



- Das Eis, das sich in der Oberfläche bildet, absorbiert Wärme aus dem Inneren und wird schließlich das Gleichgewicht erreichen
- Wasser, zu Eis umgewandelt, wird und zum Schutz des Produkts vor Hitzeeinwirkung verwendet, anstatt umgebendes Eis (z. B. frischen Fisch) zu verwenden
- Eisanteil zwischen 5% und 30% ok für Fisch, jedoch je nach Produkt unterschiedlich
- 10 bis 15% Eisfraktion ist "normal"
- Superchilling reduziert das mikrobiologische Wachstum und verlängert die Haltbarkeit des Produkts

Chilled cod fillets



Superchilled cod fillets

# Superchilling III

## Lagertemperatur vs. Eisfraktion

Product	Storage temperature (superchilled)	Ice fraction	Initial freezing point
Salmon filet	-1.8 °C	6.3 %	-1.6 °C
	-2.2 °C	18.2 %	
	-2.6 °C	26.9 %	
Trout	-2.2 °C	8.2 %	-2.0 °C
	-2.6 °C	21.8 %	
	-3.0 °C	27.0 %	
Mackerel	-1.8 °C	6.3 %	-1.6 °C
	-2.2 °C	18.2 %	
	-2.6 °C	29.3 %	
Herring	-1.8 °C	4.0 %	-1.6 °C
	-2.2 °C	11.6 %	
	-2.6 °C	18.7 %	
Cod (aquaculture)	-1.2 °C	10.2 %	-1.0 °C
	-1.6 °C	27.9 %	
	-2.0 °C	38.6 %	
Beef, lean (Valentas 1997)	-1.0 °C	5 %	n.a.
	-2.0 °C	45 %	

# Superchilling-Methoden I

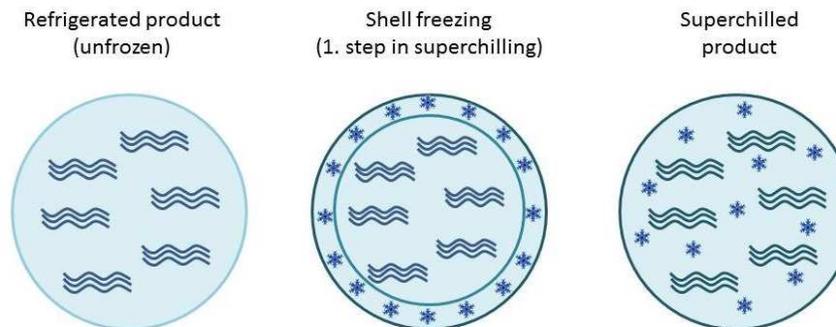
## Die Eisfraktion ist der Schlüssel

- Wissenschaftlich
  - Entwicklung / Auswertung von Messmethoden
  - Beziehungsqualität (sensorisch, technisch und bio-chemisch) vs. Eisfraktionsstatus und -historie
  - Entwicklung einer fortschrittlichen dynamischen Prozesssteuerung
  
- Kommerziell
  - Produktfokus
  - Entwicklung einfacher Prozesskontrolle
  - Geräteauswertung
  - Stabile Lagerräume
  - Logistik



**Es gibt verschiedene Methoden Superchilling durchzuführen - auch heute noch:**

- Superchilling-Lagerung von Lebensmitteln ohne Vorbehandlung
- Superchilling-Lagerung nach anfänglichem Gefrieren der Oberfläche gefolgt von Temperatenausgleich
- Praktische Superchilling-Methoden:
  - Gekühltes Meerwasser (RSW)
  - Luftstollen
  - Kontakt kühlen
- Das anfängliche Gefrieren der Oberfläche verursacht einen vorhersagbareren Eisgehalt im Produkt

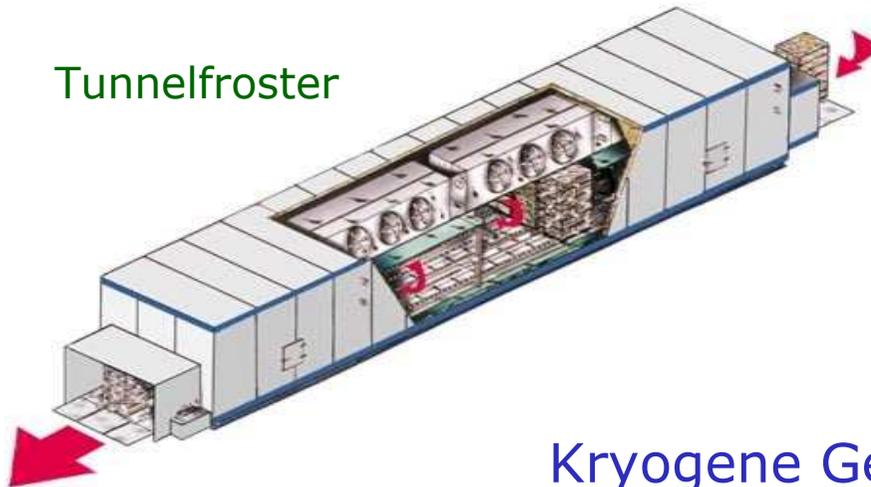


# Technologien für das Superchilling-Verfahren I

## Luftstoß-Gefriersysteme

## Aufprallsysteme

Tunnelfroster



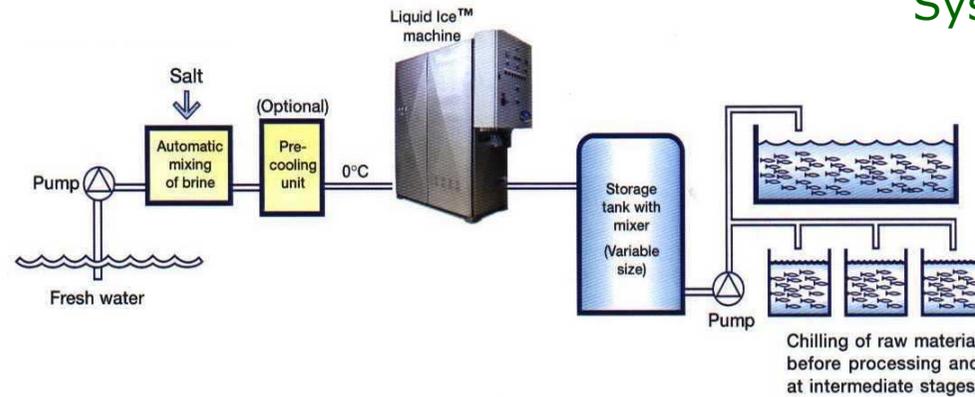
## Kryogene Gefriersysteme

Bepfeifen mit flüssigem Stickstoff

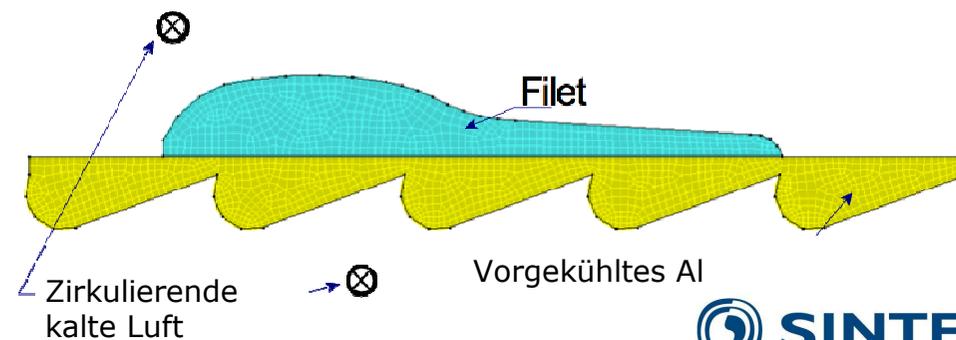


# Technologien für das Superchilling-Verfahren II

## Eisbrei als Kühlmittel

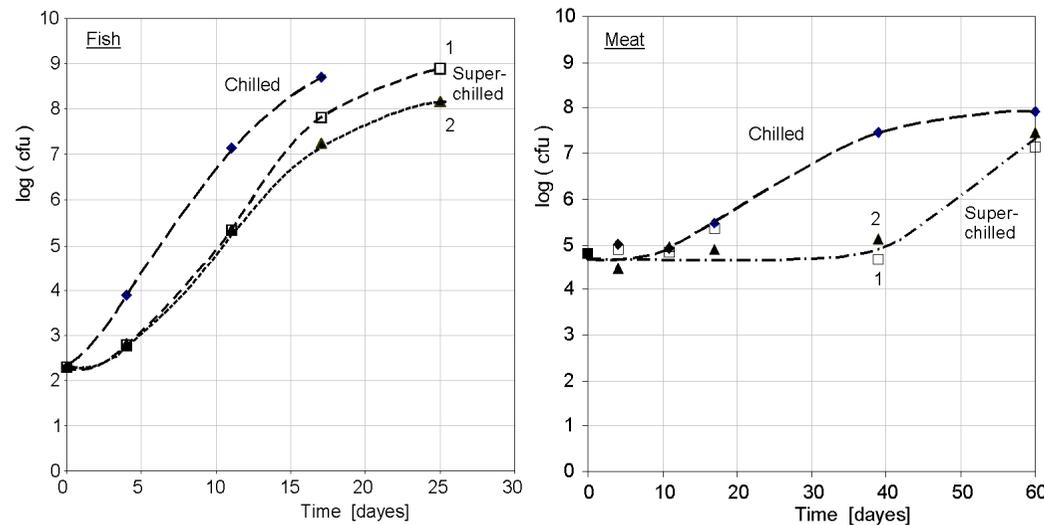


## CBC - Kombiniertes Hochleistungskontaktkühler



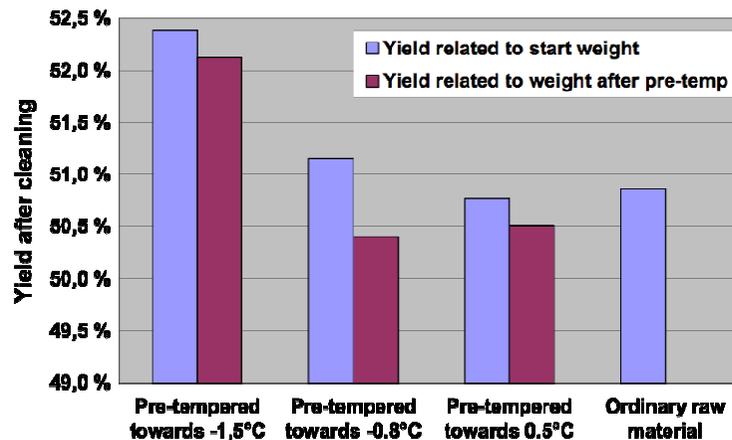
## Haltbarkeit

- Längere „Frischverkauf“-Periode, vor Kompanien aufzufüllen
- Saisonale Nachfrage nur für Teile der Tiere; Schinken, Koteletts
- Superchilling reduziert die Nachfrage nach Gefrieren (bis zu 40%) - mehr als frisch verkauft
- Reduzierung des Gesamtenergieverbrauchs für die Kühlung



## Erhöhte Ertrag

- Fischfilets sind fester vor dem Schneiden, mehr Fischfleisch kann verschwendet werden
- Die Forschung zeigt einen erhöhten Ertrag von bis zu 1,5% in der Fischfiletproduktion



## Reduzierte CO<sub>2</sub>-Äquiv.

- Kein Eisbedarf in Frischfischboxen während des Transports
- Aus Norwegen: 900 LKWs \* mit frischem Fisch jede Woche mit ca. 25-30% Eis
- 23% weniger CO<sub>2</sub>-Äquiv. Wechsel vom eis-gekühlten Fischtransport hin zum „superchilled“-Fischtransport
  - Weniger LKWs werden gebraucht
  - Geringere Flockeneis-Produktion



\* In 2014



# Vorteile für die Umwelt II



- Der verringerte Bedarf an Verpackung und Transport von Eis in einem System, welches das Superchilling-Verfahren anwendet, wird die Umweltauswirkungen eines signifikant höheren Energiebedarfs in der Superchill-Produktion kompensieren.
- Gekühlte Filets haben ein um ca. 30% höheres Auswirkungspotential als „Superchilled“-Filets für alle Umweltauswirkungskategorien. Diese Zahl spiegelt direkt den Eisgehalt in den Kisten mit gekühlten Filets wider.
- Das Eis ist der wichtigste Parameter in dieser Bewertung
- Der Transport per Lkw und Verpackungsmaterial trägt mit Abstand am stärksten zum Auswirkungspotential beider Systeme bei.
- Das Potenzial zur Reduzierung der Auswirkungen auf die globale Erwärmung (GWP) liegt bei ca. 77 925 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenzen pro Jahr. Dies entspricht den jährlichen Emissionen von rund 24 000 Autos.

## Reduzierte Lebensmittelverschwendung

- Höhere Ausbeute
- Doppelte Haltbarkeit reduziert den Abfall (> 30% heute)
- Geringerer Gefrierbedarf



Einige berichteten von einer verlängerten Haltbarkeitsdauer

Product	Superchilled storage temperature	Increase shelf life compare to conventional refrigeration
Cod fillets (farmed)	-2.2 °C	+ 14 days
Pork roast	-2.0 °C	+ 14 weeks
Atlantic salmon (farmed)	-1.4 °C and -3.6 °C	+ 17 – 21 days
Chicken	n.a.	+ 15 days
Lamb-leg, fresh	-1.6 °C	+ 19 days

## Lebensmittelqualität

- Längere Haltbarkeit
- Frische Qualität - kein signifikanter Unterschied in Bezug auf Tropfverlust, Farbe, pH-Wert, Proteinabbau und sensorische Eigenschaften

## Lebensmittelsicherheit

- Längere Haltbarkeit

## Lebensmittelabfälle

- Veroppelte Haltbarkeit reduziert Abfälle



# Herausforderungen des Superchilling-Verfahrens

- Nahrungsmittelqualität - Erhöhter Tropfdruckverlust für einige Produkte
- Lebensmittelabfälle - Potenziale für Superchilling werden heute nicht genutzt. Weitere Untersuchungen hinsichtlich der Superchilling-Kühlkette und der Verwendung von PCM sind erforderlich
- Höherer Energieverbrauch als beim herkömmlichen Kühlen, aber niedriger als der Gefrierpunkt
- Hohe Anforderungen an die Temperaturkontrolle - Der Eisgehalt in den Produkten ist empfindlich für Temperaturschwankungen
- Lebensmittel sind sowohl hinsichtlich Wassergehalt, Zusammensetzung und Größe inhomogen
- Die Technologie ist nicht für alle Produkte geeignet
- Bedarf an flexibler Superchilling-Ausrüstung und dynamischer Prozesskontrolle zur Optimierung
- Bedarf an energieeffizienten Referrierungssystemen und Nutzung von überschüssiger Wärme
- Bedarf an hochqualifiziertem Personal in den Produktionsstätten und weitere Herausforderungen in der Kühlkette
- Die Beteiligung und Zustimmung der Verbraucher ist wichtig

Auf kurze Sicht besteht ein hohes Potenzial für die traditionelle Fleisch- / Geflügel- und Fischindustrie UND für den Bio-Markt

## **Industrie**

- Reduced demand for freezing,
- more sold as fresh
- Stock-up before campaigns.
- Increased yield in fish industry
- No ice during transport of
- fresh fish

## **Konsument**

- Reduzierter Abfall
- Längere Haltbarkeit

# Fazit

- **Superchilling ermöglicht eine sichere, qualitativ hochwertige und langfristige Lagerung von Lebensmitteln**
- **Hauptvorteile sind**
  1. Längere Haltbarkeit
  2. Erhöhte Produktionskapazität
  3. Erhöhter Ertrag und Gewinn
  4. Vereinfachte Produktionsplanung
  5. Neue Produkte und Märkte
  6. Umweltfreundliche Kühlkette
  7. Kann an eine breite Palette von Produkten angepasst werden:  
Fleisch, Fisch, Geflügel...



# Verweise

- **Nordvedt, T.S.** (2009) *Superkjøling av fisk- en litteratirstudie og prosjektoverisk.* In SINTEF Energiprosesser AS, Trondheim 20.
- **Claussen, I.C.** (2011) *Literature review and experimental data of chilled, superchilled/supercooled fish quality and safety models.* Deliverable D3.2.4.3 FRISBEE Food Refrigeration Innovations for Safety, Consumers' Benefit, Environmental Impact and Energy Optimisation Along the Cold Chain in Europe
- **Haugland, A.** (2006) *SUPERCHILLING – innovative processing of fresh fish* NFTC, Trondheim 7-8 august 2006