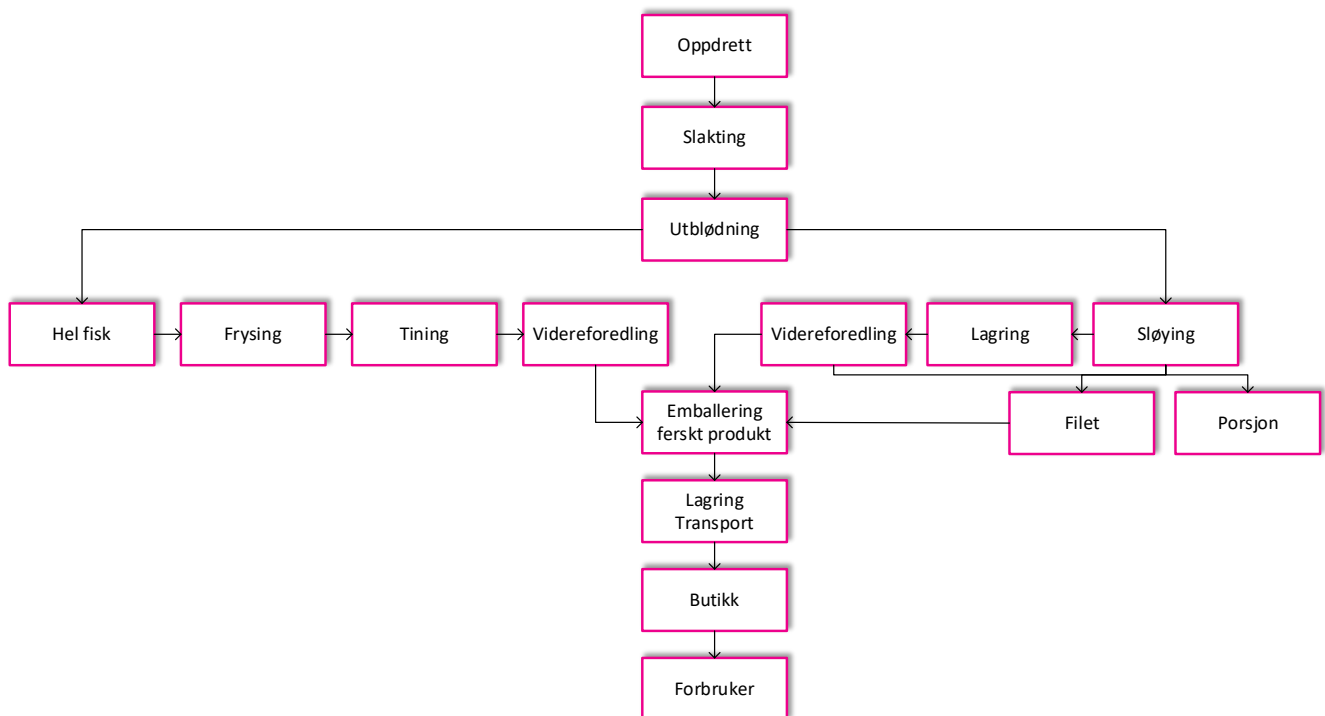


Kjølekjeder

Kvaliteten på fisk er på sitt beste i løpet av det første døgnet etter slakting. Etter dette blir fisken gradvis degradert ved forskjellige kjemiske, enzymatiske og mikrobielle reaksjoner. For å forsinke reaksjonene og opprettholde god kvalitet på fisk er det viktig å holde temperaturen lav og stabil.



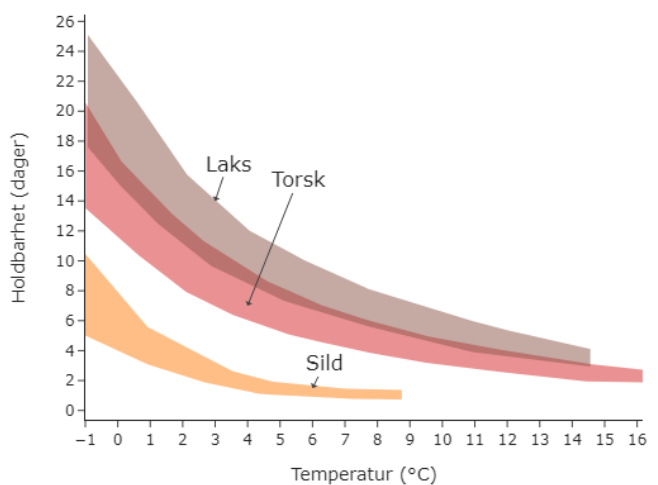
Figuren viser en typisk kjølekjede for prosessering av laks.

KJØLEKJEDE

En kjølekjede beskriver en rekke trinn som en matvare er igjennom fra produksjon til forbruker. Dette gjelder matvarer som er bederlige, det vil si trenger kjøling eller frysing for å ikke å tape kvalitet eller bli dårlig.

HOLDBARHET

Holdbarheten (shelf life) til fisk varierer med temperatur og art, som vises i grafen til høyre. Laks har generelt lenger holdbarhet enn torsk. Sild har betydelig kortere holdbarhet enn laks og torsk ved samme lagringstemperatur.



Holdbarhet for ulike fiskeslag ved ulik lagringstemperatur (Magnussen et al., 2008)

| | | Temperatur på laks ved start | | | |
|--------------------------|---------|------------------------------|-------|-------|------|
| | | 14 °C | 12 °C | 10 °C | 8 °C |
| Temperatur på kjølemedie | -0,5 °C | 289 | 278 | 265 | 249 |
| | -1 °C | 239 | 229 | 216 | 201 |
| | -1,5 °C | 211 | 201 | 189 | 174 |
| | -1,8 °C | 199 | 189 | 177 | 163 |

| | | Temperatur på laks ved start | | | |
|--------------------------|---------|------------------------------|-------|-------|------|
| | | 14 °C | 12 °C | 10 °C | 8 °C |
| Temperatur på kjølemedie | -0,5 °C | 266 | 255 | 243 | 228 |
| | -1 °C | 220 | 210 | 198 | 184 |
| | -1,5 °C | 194 | 184 | 173 | 160 |
| | -1,8 °C | 182 | 173 | 162 | 149 |

Hvor lang tid tar det å kjøle en laks ned til 0 °C? Dette er avhengig av flere faktorer, blant annet temperatur på laksen ved start og temperatur på kjølemediet som benyttes. Tabellene viser hvor lang tid (i minutter) det tar å nå en kjernetemperatur på 0 °C i en hel laks på 5 kg (venstre) og 4,3 kg. Varmeovergangstall er 120 W/m²K i begge tilfeller.

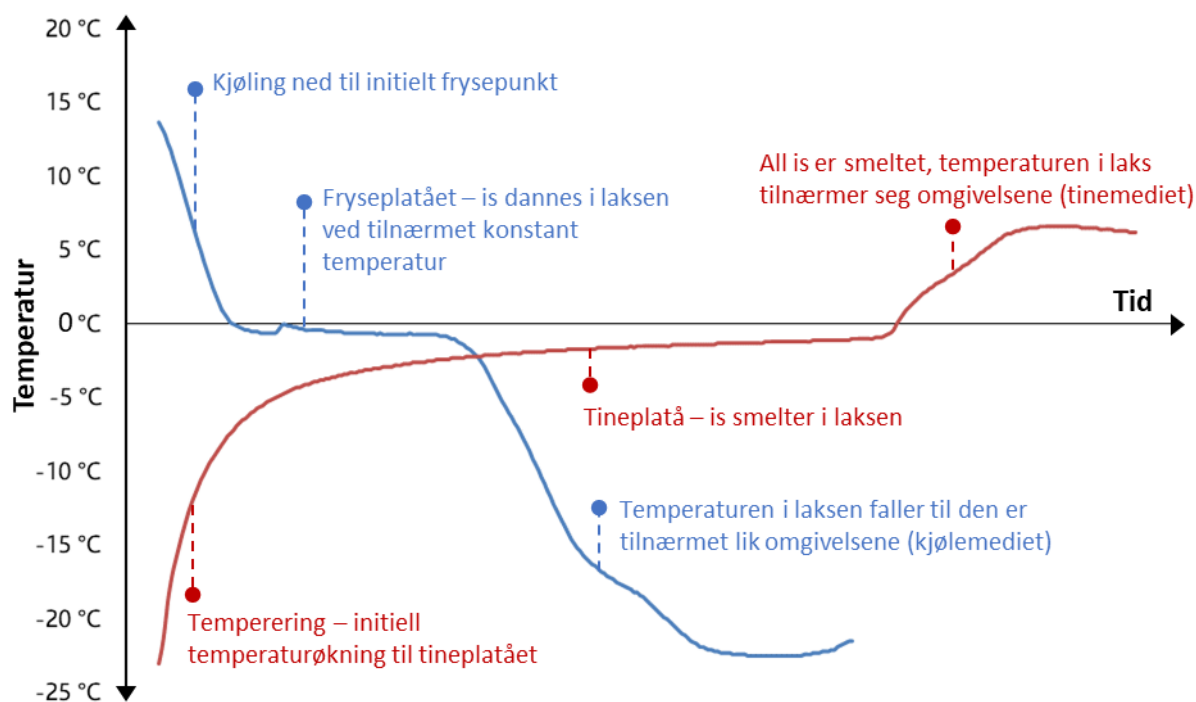
TEMPERATUR OG HOLDBARHET

Man kan få god kvalitet og holdbarhet ved hjelp av kjøling, superkjøling eller frysing. Kjøling defineres oftest som temperaturområdet 0-4 °C. Temperaturkrav er regulert gjennom næringsmiddelhygieneforskriften, som sier at lett bederlige matvarer skal oppbevares, transporteres, kjølelagres og omsettes ved 4 °C eller lavere, mens forskrift for dypfrysede næringsmidler definerer dypfrysing ved at matvaren holder -18 °C eller lavere over alt. I tillegg kommer superkjøling som er en mellomting av kjøling og frysing, hvor fisken lagres delvis frosset, som regel i temperaturområdet -0,5 til -4 °C. For å ivareta høyest mulig kvalitet er det viktig at kjølekjeden er ubrutt, fra produsent til forbruker. Effekten av lav temperatur på holdbarhet kan sees i grafen over holdbarhet, hvor man ser at en stadig lavere temperatur gir økt holdbarhet for ulike fiskeslag.

Emballering, sammen med råstoffkvalitet og temperaturkontroll, kan bidra til bedre produktkvalitet og

forlenge holdbarhet. Vakuumpakking og pakking i modifisert atmosfære (MAP) kan forlenge holdbarheten til fisk. Siden begrensede faktorer for holdbarheten av fet fisk (laks og makrell) ofte er lipidoksidasjon, bør man unngå kontakt med luft (oksygen) ved å velge riktig pakkemetode og emballasje for å øke lagringsstabiliteten. Effektene av MAP er knyttet til å minimere mikrobiell aktivitet og oksidasjonsreaksjoner ved at pH i produktet senkes og tilgang på oksygen reduseres. Vakuumpakking kombineres med kjøle- eller fryselagring

Holdbarheten kan også økes gjennom andre konserveringsmetoder, for eksempel salting og røyking. Dette er metoder som endrer egenskapene til laksen og dermed skaper et annet produkt enn om man kun kjøler eller fryser.



Kjøling, frysing og tining er typiske trinn i en kjølekjede. Grafene viser temperaturutvikling i en porsjonsbit laks for disse prosessene. Merk hvor mer tidkrevende tining er enn frysing.

TERMODYNAMIKK

Termodynamikk er læren om sammenhengen mellom energi, varme og arbeid. Den første hovedsetningen sier at energi kan ikke forsvinne, men bare gå over fra en form til en annen. For eksempel så brukes energi (strøm) til å drive en vifte, som blir til bevegelsesenergi, som til slutt blir til varme. Termodynamikkens andre hovedsetning sier at overføring av varme alltid skjer fra et sted med høyere temperatur til et sted med lavere temperatur. Hvis en laks på 8 °C blir lagt på is (0 °C) strømmes det varme fra laksen til isen. Nedkjølingen tar en viss tid og avhenger av flere ting, både som har med produktet å gjøre og med omgivelsene.

Når vi snakker om **termofysiske egenskaper** for matvarer så mener vi egenskaper som er koblet til varmeoverføring, for eksempel varmekapasitet, konduktivitet (varmeledningsevne) og frysepunkt. Et material som har høy konduktivitet fryser raskere enn et med lav konduktivitet. I grafen over vises hvordan temperaturen i et punkt i en laks endres ved kjøling/frysing (blå linje) og ved tining (rød linje). Et punkt på overflaten påvirkes raskere enn et som ligger i sentrum av en fiskebit.

Varmeovergangstall sier noe om hvor godt varmen transporteres fra overflaten av et produkt til omgivende media. Stillestående luft gir lavt varmeovergangstall, mens kontakt, høy lufthastighet eller væske med god omrøring kan gi betydelig høyere tall. Kryogen frysing gir høyest varmeovergangstall. Emballasje rundt produktene reduserer den totale varmeovergangen (dvs. kjøling/frysing går langsommere) spesielt hvis det er luft mellom produkt og emballasje.

OPPSUMMERING

I dette faktaarket har begrepet kjølekjede blitt beskrevet og litt grunnleggende termodynamikk har blitt gjennomgått.

Les mer på:

<https://www.sintef.no/ekspertise/ocean/kuldemat>

Der finnes også faktaark om kuldeanlegg, kjølemedier, kjøling og superkjøling, frysing samt tining.