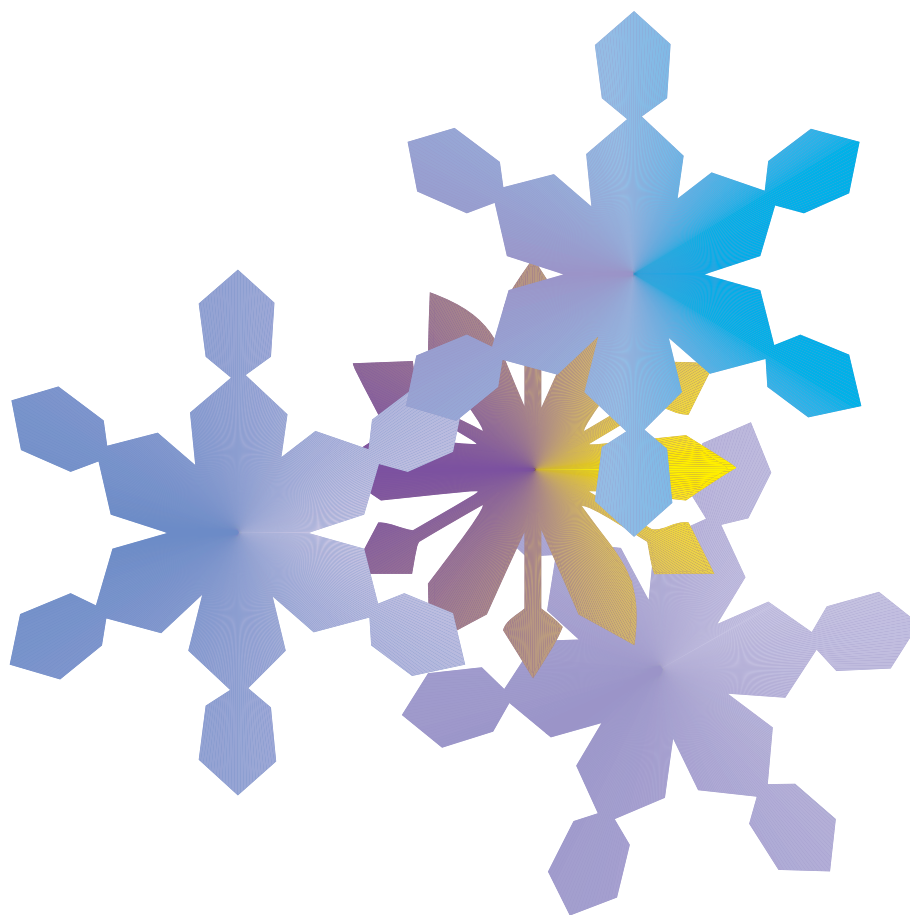


Fisk – Kvalitetsdifferentiering af frossen fisk  
Anvendelse af kvalitetsindikatorer

# Introduktion til frysning og fryselagring



**Rapport nr. 25, 2. udgave**

Højmarklaboratoriet a/s, Marts 2001



---

## Indholdsfortegnelse

<u>Kapitel</u>	<u>Side nr.</u>
1 Indledning.....	2
2 Formål .....	2
3 Baggrund.....	2
4 Fryseprocessen.....	3
4.1 Frysepunkt .....	3
4.2 Indfrysningshastighed .....	4
4.3 Indfrysningstid.....	4
4.4 Iskrystdannelse .....	4
4.5 Indfrysningshastighed og kvalitet af produkt.....	5
5 Fryseudstyr.....	6
5.1 Blæstfrysere.....	6
5.2 Kontaktfrysere.....	6
5.3 Kryogene frysere.....	7
5.4 Omkostninger ved forskellige frysemetoder.....	7
6 Fryselagring.....	7
6.1 Råvarekvalitet .....	7
6.2 Fed fisk versus mager fisk .....	7
6.3 Tid/temperaturforhold.....	9
6.4 Frysebeskyttelse .....	9
7 Opsummering.....	9



## 1 Indledning

Nærværende rapport indeholder en gennemgang af viden vedrørende frysning, som ønskes opsummeret i FØTEK-projektet "Kvalitetsdifferentiering af frossen fisk i industrien" i forbindelse med arbejdet omkring frossen fisk.

Projektet er et forsknings- og udviklingsprojekt med henblik på at formidle og integrere viden vedrørende frossen fisk til industrien. Projektet bygger videre på de opnåede resultater fra projekterne "Fisk – Kvalitet af frossen råvare" og "Kvalitetsindikatorer – et forbrugermål" og gennemføres som et samarbejdsprojekt mellem Danmarks Fiskeriundersøgelser, Afd. for Fiskeindustriell forskning og Højmarklaboratoriet a/s.

## 2 Formål

Formålet med rapporten er at få et overblik over eksisterende viden vedrørende frysning og effekten af forskellige frysemetoder på den kemiske, fysiske og sensoriske kvalitet af hel fisk og fiskefileter.

## 3 Baggrund

En stor andel af de fiskeprodukter, som er på fødevaremarkedet i dag, har på et eller andet tidspunkt, inden de når frem til forbrugeren været igennem en fryseproces. I visse tilfælde anvendes der i fiskeindustrien undertiden frossen råvare f.eks. frossen bloktorsk, som så skal optøes, inden fisken kan forarbejdes til forskellige produkttyper. Frysning af fisk anvendes af flere årsager herunder udligning af årstidsvariationer i fangsten af enkelte arter, vejrmæssige variationer samt udnyttelsen af fiskeforekomster fra fjerne fangstområder som Barentshavet.

Frossen fisk anses ofte for at være et ringere produkt end fersk fisk. Det er ikke nødvendigvis rigtigt, da fersk fisk kan have en meget varierende kvalitet afhængig af den behandling (kølelagringstid og –temperatur), som den enkelte fisk har været udsat for. Frossen fisk, som har fået en optimal behandling i hele frysekæden kan være af lige så god eller bedre kvalitet sammenlignet med fersk fisk.

Kvalitetsforringelse af fersk fisk sker principielt af to årsager. Dels som et resultat af enzymatiske reaktioner forårsaget af enzymer naturligt tilstede i fisken, som forbliver aktive efter fisken er død, og dels som følge af bakteriel vækst.

Frysning er en meget velegnet konserveringsmetode for fisk, men der sker alligevel en række ændringer i fisken som følge af frysning. I sidste ende påvirkes kvaliteten af det færdige produkt af frysning og fryselagring samt evt. optøning. Hvis frisk råvare er frosset korrekt og bliver opbevaret ved en stabil lav temperatur, så kan forringelsen af kvaliteten blive næsten fuldstændig stoppet. Ved den anbefalede fryselagringstemperatur (~ -30°C) er forringelsen minimal inden for en given tidsramme, da de uønskede enzymatiske reaktioner kun forløber meget langsomt.

Det er værd at bemærke, at kvalitetsforringelser er irreversible det vil sige, at der ikke kan rettes op det hvis det en gang er gået galt. Således kan der ikke fremstilles gode produkter af en dårlig råvare.



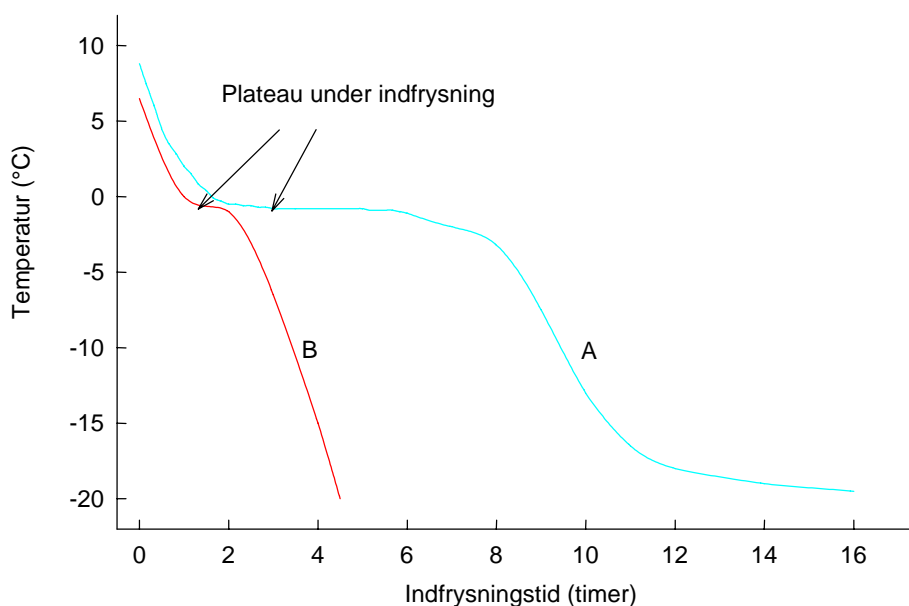
## 4 Fryseprocessen

Når frysnings af fisk påbegyndes, falder temperaturen hurtigt til lige under 0°C, frysepunktet for vand. Herefter falder temperaturen kun langsomt efterhånden som varmen fra fisken fjernes, og det meste af vandet i muskeltvævet fryser. Når temperaturen har nået -5°C, er ca. 75-80% af vandet frosset til is. Temperaturen begynder herefter at falde hurtigt igen, efterhånden som det resterende vand fryser til is. Det hurtige fald i temperatur skyldes, at den termiske ledningsevne for is er meget højere end for vand.

### 4.1 Frysepunkt

Frysepunktet i fisk afhænger af koncentrationen af de forskellige komponenter i vævsvæsken og er ca. -0,9°C for de fleste fiskearter. For torsk ligger frysepunktet mellem -0,8 og -1°C.

I temperaturintervallet mellem 0 og -5°C, hvor det meste af vandet fryser, kan der ses et plateau på temperaturkurven under indfrysning (figur 1). Temperaturen, hvor dette plateau ses, er frysepunktet. Imidlertid vil en del af vandet forblive ufrosset selv ved temperaturer langt under frysepunktet f.eks. er 5-10% af vandet ufrosset ved -30°C i torsk.



Figur 1 Temperaturprofiler ved indfrysning af hel torsk. A: Statisk frysnings ved -20°C, og B: Blæstfrysning ved -45°C, 6 m/s. Temperaturen er målt ved placering af termoføler (TINYTAGplus, IP68 version, temp. interval: -45 to +125°C) i loinsstykket langs med rygbenet i fisken.

Da det kun er vandet der fryser, når temperaturen sænkes, vil der ske store stigninger i koncentrationen af reaktive salte og enzymer, hvilket betyder ændringer i ionstyrke og pH i den ufrosne vandfraktion. Diffusion af salte og enzymer er fortsat mulig med deraf følgende kemiske reaktioner. Således påvirkes gennemtrængeligheden af cellerne samt proteinernes egenskaber.



## 4.2 Indfrysningshastighed

Indfrysningshastighed og –tid afhænger af temperaturen og mediet for varmeoverførelsen. Indfrysningshastighed er ikke så veldefineret som indfrysningstid, da bevægelsen af isfronten (mm/time) ændrer sig under indfrysningsprocessen og afhænger af, hvor i produktet den er målt. Hastigheden er hurtigt i overfladen og bliver langsommere ind imod kernen af produktet.

Desuden vil indfrysningshastigheden også være afgørende for, hvor lang tid fiskene er udsat for ophold i temperaturintervallet fra  $-0,8$  til  $-5^{\circ}\text{C}$ . I dette temperaturinterval bliver mange enzymatiske reaktioner accelereret og forløber derfor hurtigere end i ufrosset væv. De gængse indfrysningsmetoder (pladefryser og blæstfryser) er hurtige nok til at forhindre kvalitetsforringelser som følge af lange opholdstider i dette temperaturinterval.

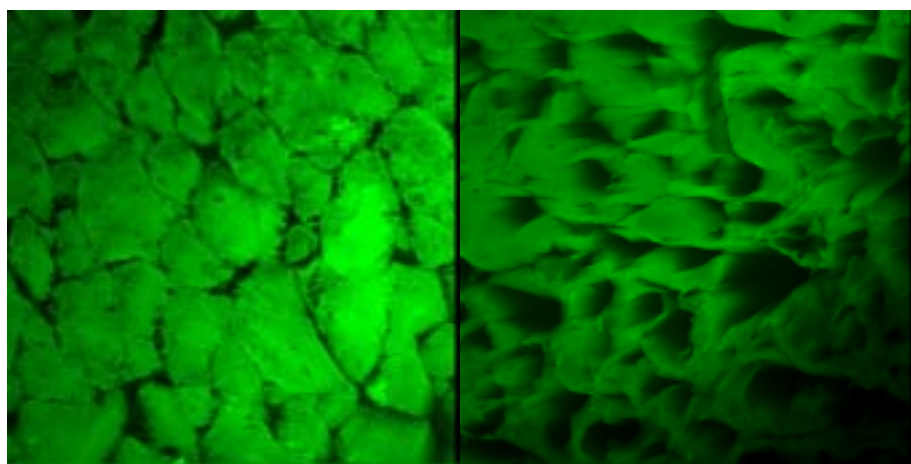
## 4.3 Indfrysningstid

Indfrysningstid er defineret som tiden det tager kernetemperaturen at ændre sig fra f.eks.  $5^{\circ}\text{C}$  til en defineret temperatur ofte  $-18^{\circ}\text{C}$ . Indfrysningstiden afhænger af dimensionerne – især tykkelsen – og udformningen af produktet udover fryseudstyret, emballeringen og temperaturen.

## 4.4 Iskrystaldannelse

Udover ændringer i ionstyrke og pH, så medfører iskrystaldannelse i vandfasen, at der rent fysisk sker en volumenmæssig udvidelse, idet vand ved overgang til is udvider sit volumen med 9%. Denne udvidelse kan medføre ændringer i strukturen af proteinerne, idet der ved udvidelsen kan ske en sprængning af muskelcellerne. Størrelsen og placeringen af iskrystallerne har betydning for disse strukturændringer.

I figur 2 er vist et eksempel på forskellen mellem fersk og frossen optøet torskemuskel. I den ferske muskel ligger muskelcellerne velordnet og uden mellemrum. Derimod er der store huller i strukturen af den frosne optøede muskel, som sandsynligvis skyldes iskrystaldannelse under frysning og fryselagring.



Fersk torskemuskel

Frossen optøet torskemuskel

*Figur 2 Billeder af fersk henholdsvis frossen optøet torskemuskel fra confokalt laser scannings mikroskop efter farvning af proteinet (billeder leveret af Grethe Hyldig, DFU). Billederne angiver et tværsnit af muskelcellerne.*

Placeringen og størrelse af iskrystallerne afhænger af rigor-tilstanden af fisken på indfrysningstidspunktet samt af indfrysningshastigheden. I en præ-rigor fisk befinder vandet sig inde i muskelcellerne, og der vil derfor hovedsagelig dannes små iskrystaller inden i cellerne. Medmindre indfrysningshastigheden er meget lav (f.eks. indfrysning i lagerrum), har indfrysningshastigheden ikke større betydning for iskrystaldannelsen.

I fisk som er enten in-rigor eller post-rigor vil en mindre del af vandet befinde sig udenfor muskelcellerne, hvilket betyder, at iskrystaldannelsen i højere grad afhænger af indfrysningshastigheden. Hvis der indfryses hurtigt, vil der dannes små iskrystaller både inden i og udenfor cellerne. Ved langsom indfrysning dannes der først iskrystaller udenfor cellerne, hvilket bevirker en stigning i koncentrationen af salte, hvorved der trækkes vand ud af cellerne.

Meget langsom frysning fører på denne måde til ødelæggelse af cellerne, brud på membranerne og omfordeling af strukturen af cellerne og vævet. Ved langsom frysning vil der dannes store iskrystaller, hvorimod ved hurtig frysning vil gennemsnitsstørrelsen på iskrystallerne være mindre. Ved dannelse af store iskrystaller (langsom indfrysning) sker der en bevægelse af vandmolekyler i systemet. En del af vandmolekylerne vil forsøge at diffundere ud gennem cellemembranerne, hvorved der sker en dehydrering af cellerne. Ved hurtig indfrysning vil iskrystallerne ikke kunne nå at samle sig, men vil fordele sig som små krystaller jævnt i og omkring proteinerne.

Indfrysningshastigheden påvirker således størrelsen og fordelingen af iskrystaller i vævet og kan derved ændre mikrostrukturen i fisken. Iskrystallerne vil normalt samles i så få store iskrystaller som muligt, idet det rent termodynamisk er mere favorabelt. Få store iskrystaller vil forårsage større fysisk skade end mange små, da udvidelsen sker indenfor et afgrænset område.

#### 4.5 Indfrysningshastighed og kvalitet af produktet

Hurtig indfrysning betyder umiddelbart, at der trækkes mindre vand ud af cellerne, dehydreringen bliver mindre, og proteinerne får færre fysiske skader. På denne baggrund anbefales der normalt at foretage en hurtig indfrysning. Det er påvist, at hurtig indfrysning har mindst effekt på kvalitetsforandringer i fiskemuskel. Ved indfrysning ved de traditionelle metoder som pladefryser og blæstfryser, er dannelsen af iskrystaller under frysning begrænset.

Ved efterfølgende fryselagring kan effekten af hurtig indfrysning dog blive minimeret, idet iskrystallerne med tiden vil samle sig i større krystaller ved rekrystallisation. Overfladen på især de små krystaller smelter og det derved dannede vand fryser efterfølgende sammen til store iskrystaller. Fordelene ved en lynindfrysning vil således langsomt foretage sig under fryselagring.

Selve iskrystaldannelsen og omkrystallisation har en kvalitetsforringende effekt på musklen, idet de har en direkte fysisk effekt. Det er særligt ødelæggelsen af muskelcellernes membraner, som har betydning, idet frigivelse af proteinnedbrydende enzymer og salte kan resultere i store dryptab ved optøning og tilberedning. Endvidere har dannelsen af store iskrystaller været angivet som årsag til gaping i optøede fileter.

Omkrystallisation vil ske specielt hurtigt ved svingende lagringstemperatur. Det er således vigtigt at holde en stabil lav lagringstemperatur for at bevare kvaliteten af et frosset produkt.



## 5 Fryseudstyr

Til industriel indfrysning af fisk anvendes en række forskellige metoder og udstyr, som vil blive gennemgået i det følgende.

### 5.1 Blæstfrysere

Blæstfrysere er som regel små rum eller en tunnel, hvor kold luft cirkuleres med høj hastighed over produktet. Luften fjerner varmen/energien fra produktet og frigiver den til en varmeveksler, førend luften recirkuleres. Lufthastigheden er mellem 2,5 og 7,5 m/s, hvor 6 m/s er det mest almindelige. Lufthastigheder mellem 2,5 og 5 m/s er det mest økonomiske rentable, da lavere hastigheder forlænger indfrysningstiden. Derimod kan højere hastigheder forøge driftsomkostningerne betragteligt uden nødvendigvis at resultere i en hurtigere indfrysning, idet der er en maksimal hastighed for, hvor hurtigt energien kan trænge ind i produktet. Overfladen af produktet kan blive udtørret/beskadiget som følge af den intensive kuldepåvirkning.

Dehydrering eller frysebrænding af produktet kan ske såfremt lufthastigheden overstiger 2,5 m/s, hvis ikke produktet er beskyttet f.eks. ved emballering eller glasering.

En ny type fryser FPF (Flat Product Freezer) er blevet udviklet til frykning af hamburgers, men er af stigende interesse for fiskeindustrien. Fryseren kan f.eks. anvendes til separat indfrysning af fiskefileter eller rejer og kan ofte erstatte kryogene frysere, som har store produktionsomkostninger. Fryseren er bygget op omkring to parallelle produktbælter og udstyret med et stort antal af små dyser, der blæser luft med høj hastighed på overfladen af produktet både for oven og for neden. FPF-fryseren har indfrysningshastigheder, som er sammenlignelige med nitrogen frysere. Fryseren har ydermere den fordel, at det er muligt at installere den ombord på frysetrawlere.

### 5.2 Kontaktfrysere

Kontaktpladefrysere kan fås både med horisontale og vertikale plader med manuel fødnings og tømning. Desuden fås horisontale pladefrysere også med automatisk fødnings og tømning, hvilket giver større frysekapacitet. Det emballerede eller uemballerede produkt placeres direkte på eller mellem kolde metalplader. Varmen fjernes ved direkte ledning mellem overfladerne, og pladerne køles med et cirkulerende kølemedie.

Fordelen ved en god varmeledningsevne i pladefrysere bliver reduceret såfremt tykkelsen af produktet øges. Undersøgelser har vist at indfrysningstiden for en filetblok er direkte proportional til kvadratet på bloktykkelsen. Konsekvensen af det er, at hvis det tager 3 timer at fryse en blok med en tykkelse på 50 mm, så vil det tage 4,7 timer at indfryse en blok på 65 mm. Tykkelsen af produkter er derfor ofte begrænset til 80 mm.

En følge af anvendelsen af pladefrysere er at produktet udsættes for et tryk dels som følge af sammenpresningen af blokkene men også det tryk der sker under frykningen, når vandet fryses til is. Ved frykningen sker der en forøgelse på 9% af volumen, hvilket naturligt medfører et øget tryk i fisken.



### 5.3 Kryogene fryserne

Produktet udsættes for temperaturer under  $-60^{\circ}\text{C}$ , der opnås ved at sprøjte enten nitrogen eller kuldioxid på væskeform ind i frysekammeret. Denne form for frysnings anvendes ofte til mindre produktioner, nye produkter, i spidsbelastningssituationer eller til sæsonproduktion.

Den lave temperatur i kryogene fryserne gør hurtig indfrysning mulig, hvilket kan forbedre kvaliteten og mindske dehydreringen for visse produkter. Der skal dog ikke fryses til en temperatur lavere end den ønskede opbevaringstemperatur, idet der ikke opnås nogen kvalitetsforbedring ved det.

### 5.4 Omkostninger ved forskellige frysemetoder

Driftsomkostningerne ved nitrogen indfrysning er forholdsvis store, men sammenholdt med forholdsvis lave omkostninger ved etablering af anlægget, kan det i visse tilfælde være en udmærket løsning. Der skal dog tages nogle forholdsregler for at undgå at overfladen på produktet bliver beskadiget/frysebrændt.

Fryseudstyr og emballagen anvendes ofte uden yderligere overvejelser med hensyn til produktstørrelse. Produktstørrelsen har imidlertid stor betydning i forhold til indfrysningshastighed og effektivitet. Produkter emballeret i mindre enheder, som en tynd detailpakning, vil typisk blive indfrosset hurtigere og derved have lavere omkostninger ved frysnings, men kan til gengæld have store omkostninger til håndtering og emballage. Det modsatte forhold vil gøre sig gældende ved frysnings af store blokvarer.

## 6 Fryselagring

Holdbarheden ved fryselagring afhænger af råvarekvalitet, tid, temperatur og fiskeart. Således har de magre fisk som torsk og kuller en relativ lang holdbarhed ved fryselagring, hvorimod de fede fisk f.eks. makrel hurtigt bliver harske og derfor har en kortere holdbarhed.

Den kemiske sammensætningen af de forskellige fiskearter har derfor stor betydning for, hvilke kvalitetsforandringer, der optræder under fryselagring. Hovedbestanddelene i fisk varierer meget, og består af vand (66-81%), protein (16-21%), fedt (0,2-25%) og aske (0,4-1,5%). Kulhydrat udgør kun en ringe mængde f.eks. er glykogenindholdet mindre end 0,3%.

### 6.1 Råvarekvalitet ved indfrysning

Kvaliteten af råvaren ved indfrysning har naturligvis betydning for kvaliteten for slutproduktet. Råvarekvaliteten er påvirket af en række faktorer herunder fangstbehandling (fangstmetode, hårdhændet behandling, afblødning, rensning, tilstrækkelig isning), årstid (biologisk kondition) og alder (kølelagringstid/belastning inden frysnings). Ses der imidlertid bort fra de produkter, som kan betegnes høj kvalitet, så har alderen af råvaren inden indfrysning mindre betydning. Det skyldes, at de forandringer, der sker i kvaliteten fra indfrysning til optøning af fisken er større end forskellen i kvaliteten af en tre og otte dage gammel råvare.

Kvalitetsforandringerne kan måles og kvantificeres ved de kendte kvalitetsindikatorer: Sensorik ved QIM, enzymaktivitet, vandtab ved filterpres, vandbindingsevne samt saltopløselige proteiner.

### 6.2 Fed fisk versus mager fisk

For fede fisk er oxidativ harskning ofte den holdbarhedsbegrænsende faktor ved fryselagring. Da harskning er en overfladeprocess, vil navnlig mindre fisk som sild og makrel være udsat. Rensning



og filetering af fisken øger overfladen og dermed tendensen til harskning. Oxidationsprocessen forløber meget hurtig efter fiskens død specielt i fedtlaget lige under skindet. Harskning fremmes af salte og metaller som jern, der findes i blodet af fisken. Tilstedeværelsen af naturlige antioxidanter i fisken forsinker derimod udviklingen af harskning i nogen tid. Efter uger eller måneder afhængig af fryselagringstemperaturen nedbrydes antioxidanterne, mens det kan ske på få dage ved kølelagring.

Også i mager hvidfisk kan oxidativ nedbrydning af fedtet give anledning til dannelse af bismag og – lugt ved fryselagring som f.eks. den karakteristiske frysehusmag og –lugt der skyldes stoffet cis-4-heptenal.

Trimethylaminoxid (TMAO), som forekommer naturligt i en lang række fisk og især torskefisk, nedbrydes autolytisk under fryselagring.

I fersk fisk skyldes nedbrydningen af TMAO især bakterieaktivitet, hvorved der dannes trimethylamin (TMA). TMA udgør sammen med ammoniak og dimethylamin (DMA), en væsentlig del af de flygtige baser (TVN). TVN er et mål for fiskens friskhed.

Ved kølelagring foregår der også en begrænset enzymatisk nedbrydning af TMAO til DMA og formaldehyd (FA), der begge betragtes som kvalitetsforringende stoffer.

Ved frysning hæmmes den bakterielle nedbrydning af TMAO til TMA, mens den enzymatiske DMA-dannelse kan forøges og har optimum mellem  $-1$  og  $-5^{\circ}\text{C}$ .

Et højt indhold af TVN i frossen fisk kan altså dels skyldes dannelse af DMA som følge af frysebelastning (lang fryselagringstid og/eller høj fryselagringstemperatur) eller også anvendelsen af en råvare, der ikke er frisk. Hvorimod et højt indhold af TMA i en frossen fisk specifikt afslører en lang kølelagringsperiode inden frysning.

Endelig kan den enzymatiske nedbrydning af TMAO føre til kvalitetsforringende forandringer af muskelproteinerne. Som tidligere nævnt dannes der ved denne nedbrydning FA, som kan krydsbinde med proteinerne og derved føre til mindre opløselighed af proteinerne og en forringet konsistens af fisken.

Proteindenatureringen vil blandt andet være afhængig af, hvor stor en andel af vandet i fisken som har været frosset, idet der selv ved meget lave temperaturer vil være en mindre fraktion af vandet, som er bundet så kraftigt til proteinerne, at det forbliver ufrosset. Opkoncentrering af salte, enzymer og ændringer i pH menes at være den væsentligste årsag til proteindenaturering af magre fisk.

Når de funktionelle egenskaber forandres ved frysning og fryselagring af fisken, ændres kvaliteten af fiskeproduktet. Ved stor frysebelastning kan et saftigt, elastisk stykke fisk blive vanddrivende, tørt og trevlet. Kødet bliver enten hårdt eller blødt og melet. Konsistensen af fisken bliver således påvirket i negativ retning. Nedbrydningen af evnen til geldannelse har betydning i egentlige farsprodukter, men også i fiskepinde og færdigretter.

For fryselagret mager fisk er en af de væsentligste holdbarhedsbegrænsende faktorer proteindenaturering. Det er velkendt, at proteindenaturering under fryselagring har betydning for kvaliteten af det optøede produkt. Proteindenaturering påvirker en række parametre her i blandt dryptab, tekstur og konsistens. Konsistensen af fisken forringes ved at blive tør, sej, svampet og/eller grynet. Ligeledes ændres de funktionelle egenskaber af fisken ved fryselagring, så der sker en nedsættelse af vandbindingsevnen, hvilket fører til øget dryptab.



Dannelse af DMA og FA kan modvirkes ved en effektiv indfrysning, hvor temperaturen så hurtigt som muligt bliver så lav, at aktiviteten af det DMA-dannende enzym hæmmes. Endelig vil en effektiv rensning og afblødning have en positiv effekt, idet der findes store mængder af enzymet i nyrevævet samt stoffer i blodet, der fremmer dets aktivitet.

### 6.3 Tid/temperaturforhold

Temperaturen er den faktor som har størst betydning for holdbarheden og kvaliteten af fisken ved fryselagring. Meget enkelt kan det siges jo højere fryselagringstemperatur jo kortere holdbarhed. Blandt andet den enzymatiske omdannelse af TMAO til DMA og FA forløber hurtigere ved høje fryselagringstemperaturer.

Antallet af fryseprocesser for produktet er også vigtig, da FA indholdet og dermed proteindenatureringen er højere i dobbeltfrosne produkter end i enkeltfrosne. Dobbeltfrosne fiskeprodukter forekommer, når en frossen råvare optøs og forarbejdes til et produkt som genindfryses.

Fluktuerende fryselagringstemperaturer accelererer væksten i iskrystalstørrelsen (se afsnit 4.4). Selv en svag stigning i fryselagringstemperaturen (men fortsat under frysepunktet) vil få de små iskrystaller til at smelte hurtigere end de store. Når temperaturen så falder igen, vil den smeltede is fryse omkring de store iskrystaller, som således bliver større og større og dermed forårsager fysisk skade på produktet.

Fisk og fiskeprodukter kan blive udsat for fluktuerende temperaturer ved f.eks. glasering og når produkter som ikke er fuldstændig frosne anbringes på fryselager, men også ved transport til f.eks. detailhandelen.

### 6.4 Frysebeskyttelse

Harskning af frosne fisk kan undgås eller i det mindste begrænses på flere forskellige måder. God afblødning umiddelbart efter fangst ved lavest mulig temperatur efterfulgt af hurtig indfrysning sikrer minimal harskning inden frysning. Glasering og vakuumpakning, der forhindrer kontakt med ilt/luft vil være en yderligere fordel med henblik på at forhindre harskning.

Anvendelsen af antioxidanter kan også forlænge perioden inden harskningen starter. Antioxidanter er tilladt at tilsætte til visse produkter eller at anvende på overfladen af fisken. Endelig vil en konstant lav fryselagringstemperatur (<-30°C) være en fordel, da reaktionshastigheden af de enzymatiske processer ved disse temperaturer er meget lav.

Det er muligt at undgå eller minimere proteinforandringer ved at anvende en god frisk råvare, som indfryses hurtigt og opbevares ved en stabil lav temperatur. Glasering af fisk, indfrysning af hele fisk i vand samt anvendelse af beskyttende emballage omkring fisken er alle måder hvorpå effekten af dehydrering og oxidation kan mindskes.

## 7 Opsummering

Forudsætningen for at opnå et godt frosset produkt er som udgangspunkt, at råvaren er af en god kvalitet, som er blevet behandlet korrekt i alle forarbejdningsled. God rensning og afblødning af fisken vil fjerne en del af grundlaget for kvalitetsforandringer ved frysning og fryselagring. Dernæst skal fisken fryses hurtigt umiddelbart efter fangst. Valg af frysemetoder må fortrinsvis afhænge af



det ønskede produkt. Fryselagring af produktet indtil anvendelse bør ske ved en stabil temperatur - helst  $-30^{\circ}\text{C}$  eller lavere.

Det er ikke muligt at rette op på en kvalitetsforringelse, som er blevet påført produktet i et tidligere trin i frysekæden. Det er således ikke muligt at få et godt produkt af høj kvalitet fra f.eks. en råvare, der er blevet opbevaret ved fluktuerende fryselagringstemperaturer uanset hvor godt fisken efterfølgende er blevet behandlet.

