

FISKERIDIREKTORATETS SKRIFTER
Serie Teknologiske Undersøkelser
Report on Technological Research concerning Norwegian Fish Industry
Vol. I, No. 2

Published by the Director of Fisheries

Virkningen av
frysehastighet, lagringstemperatur og
råstoffets friskhet på kvaliteten
av frossen fisk

Av

Olav Notevarp og Eirik Heen
Statens Fiskeriforsøksstasjon

1 9 3 8

A.s John Griegs Boktrykkeri, Bergen

INNHALDSFORTEGNELSE.

Foreliggende undersøkelser og data	5
Egne forsøk	9
Råstoff og fremgangsmåter	9
1. Råstoff og innpakning	9
2. Frysning og lagring	10
3. Kvalitetsbestemmelser	10
Frysehastighetens betydning	12
Lagringstemperaturens innflytelse	19
Svingende lagringstemperatur	22
Råstoffets innflytelse	22
Sammenstilling	24
Konklusjoner	27
De foreliggende erfaringer og deres betydning for norsk fiskefrysning	28
Litteraturfortegnelse	30

Foreliggende undersøkelser og data.

Ved frysning av levnettsmidler ønsker man å konservere varen i en tilstand som ligger nærmest mulig op til den ferske. Under frysningen og den senere lagring vil der imidlertid i større eller mindre grad opstå forandringer som virker kvalitetsforringende, det være sig at produktet taper litt av sin friske smak eller farve, at det slipper saften eller blir tørt og fibret etter optining.

For det levnettsmiddel vi her skal behandle, frossen fisk, er der i de senere år i utlandet utført en rekke arbeider vedrørende disse forhold. Både for å klarlegge hvilke forandringer varen undergår, hvad som betinger forandringene og hvordan de kan forhindres. En oversikt over de viktigere arbeider som forelå inntil 1931 vedrørende frysning av fisk er tidligere gitt av HOLST og NOTEVARP (1932).

Det vil herav fremgå at frysehastigheten var ansett for å være avgjørende for opnåelse av et kvalitetsprodukt, og frysehastighetens betydning er også senere fremholdt av mange (se f.eks. BIRDSEYE 1929, VLADYKOFF 1930, KALLERT 1931, POOLE 1935).

Fordelene ved hurtigfrysing kontra langsomfrysing skal ligge i en bedre bevarelse av vevene, og har som kjent fått sin teoretiske forklaring, som bunner i det faktum at iskrystallenes størrelse er avhengig av frysetiden (PLANK, EHRENBAUM og REUTER 1916, TAYLOR 1927, WELD 1927.) De store krystaller man får ved langsom frysning skal så kunne gjennemtrenge celleveggene og på denne måte ødelegge dem, slik at cellene ved optining mister endel av celledsaften, som gir sig tilkjenne i form av »drypp« fra den optinte frossenfisk. Den større påkjenning cellene antas å bli utsatt for ved langsomfrysing mente man også å kunne påvise ved mikroskopiske undersøkelser av vevene (REUTER 1916, KALLERT 1923 og 1931, VLADYKOFF 1930, MORAN 1932).

Denne rent »mekaniske« forklaring av de forandringer som frysningen bevirker er til en viss grad blitt ansett som avgjørende for fryseproblemet, og fryseindustrien har i en årrekke ansett det som en av sine viktigste oppgaver å finne midler til nedsettelse av frysetiden.

Imidlertid har man kunnet vise at en rekke kolloide systemer, hvori der ikke fins celler som i biologiske vev, undergår lignende forandringer under frysning. Således viser oppløsninger av proteinstoffer, cellulosederivater og såper en tendens til å miste »vannbindingsevnen« under frysning, likesom de forøvrig undergår en fysikalsk-kjemisk forandring. En oversikt over andres og egne arbeider på dette felt er gitt av NORD (1935).

Disse iakttagelser skulde tyde på at »cellesprengningsteorien« ikke kan forklare de viktigste forandringer som foregår under frysning, og at grunnen til forandringene heller må søkes irreversible forandringer i egghvitestoffenes kolloidale tilstand (PLANK 1925 og 1932, FINN 1933, REAY 1933). En fiskemuskel består jo nettop for en vesentlig del av en lignende oppløsning og opsvelning av proteinstoffer i vann, og det er meget nærliggende at endel av disse egghvitestoffers kolloidale egenskaper kan bli forandret ved fryseprosessen, slik at stoffenes vannbindingsevne nedsettes. Og det er ved forsøk vist (se f.eks. FINN 1933, REAY 1933) at der i frossen fisk som er blitt tørr og seig, nettop er oppstått slike forandringer av proteinstoffene. En del av dem synes å være blitt denaturert på lignende måte som mange proteinstoffer denatureres ved kokning eller sterk tørking.

Forklaringen på dette forhold er da også søkt i det faktum at proteinstoffene under frysningen til en viss grad blir uttørket, idet der fryser ut rent vann. Videre inneholder celsaften salter, og frysepunktet er, som for en saltoppløsning, for fisk ikke 0, men ca. $\div 0,8^{\circ}$ C. På grunn av det nettop nevnte forhold, at det er rent vann som utskilles som krystaller ved frysningen, vil saltkonsentrasjonen i den gjenværende saltproteinopløsning stige tilsvarende den temperatur fisken har. Ved -5° C utgjør f.eks. det ikke utfrosne vann ca. 15 pct. av det oprinnelige, ved -20° C ca. 7 pct. (se fig. 1, s. 12). Den økning isaltkonsentrasjon man herved får må antas å ha innflytelse på den kolloidale tilstand, og kan medvirke til denatureringen av proteinstoffene.

Imidlertid er det også ved frysning av rene gelatinopløsninger funnet at frysehastigheten har betydning for egenskapene. MORAN (1932) påviste en kritisk frysetid på ca. 48 min. for slike oppløsninger og også for kjøtt, omenn den for sistnevnte var mindre utpreget. FINN (1933) antydte at den kritiske frysetid for fisk antagelig er omtrent den samme som for kjøtt, og definerte denne tid som den lengste frysetid man kan anvende uten å ødelegge cellevevet. REAY (1934) mente å kunne påvise en lignende kritisk frysetid for hyse, og YOUNG (1934) har regnet med at den kritiske frysetid (for passering av temperaturintervallet 0 til -5° C) kan settes til ca. 35 min. på basis av MORANS angitte grenseverdi på 48 min. (for passering av intervallet $+5$ til

— 5° C). I en senere publikasjon omtaler FINN (1936) denne kritiske frysetid som den tid det tar å bringe fisken gjennom sonen for maksimal krystalldannelse, fra — 0,8 til — 5° C.

I de senere år er dog lagringstemperaturens betydning for kvaliteten av frossen fisk blitt sterkt fremhevet. Det er almindelig kjent at fisken i et kjølelager må beskyttes mot uttørking, f.eks. ved glasering eller omhyggelig innpakning, hvilket også vil motvirke at fisken harskner. Men disse forholdsregler vil ikke kunne forhindre at fisken ved lengere tids lagring blir tørr og seig, og under optining mister meget saft.

Sistnevnte forandringer kan delvis forklares ved at iskrystallene under lagringen vokser, idet de mindre krystaller etter hvert oppløses og avsettes på de større. Men der foregår også under lagringen en denaturering av proteinstoffer, og det er meget som taler for at disse kolloidkjemiske forandringer betyr mest, og at de er avhengige av lagringstemperaturen. Således fant FINN (1932) at denatureringen av albuminet i frossen »kjøttsaft« gikk hurtigst ved ca. — 3° C. Omtrent til samme resultat kom MORAN og HALE (1932). At høie lagringstemperaturer var uheldige for frossen fisk fant REAY (1931), og LEIM (1931) viste ved lagringsforsøk ved — 5, — 10 og — 20° C at lagring ved — 20° C bevarte fisken langt bedre enn lagring ved høiere temperaturer. Senere har REAY (1933) og FINN (1933) vist at også i fisk foregår proteindenatureringen hurtigst ved — 2 til — 4° C, og at der for temperaturer ned til — 28° C opnås bedre og bedre holdbarhet jo lavere temperaturen er. Disse lave lagringstemperaturer er også meget fordelaktige derved at de nedsetter hastigheten av harsknings- og uttørkningsprosessene (REAY 1935, LEA 1936, BANKS 1938).

Der foreligger således en rekke undersøkelser over hvilke forhold det er som betinger den beste kvalitet og holdbarhet av frossen fisk, og man synes i det hele, på basis av de siste års resultater, å ha kommet til den opfatning at lagringstemperaturen er viktigere enn frysehastigheten (BEATTY 1931, REAY 1935, FINN 1936). Av de foreliggende undersøkelser synes det dog å være vanskelig å bedømme hvilken betydning frysehastigheten har, sett i forhold til lagringstemperaturens betydning. Vi fant det derfor ønskelig å gjøre systematiske forsøk for å klarlegge hvordan de to faktorer virker hver for sig og i kombinasjon, og for å få et førstehåndskjennskap til deres betydning, spesielt for norske forhold.

Det var videre ønskelig å undersøke råstoffets betydning for det frosne produkt, idet der syntes å mangle data for innflytelsen av råstoffets friskhet. Riktignok mener de fleste at fisken bør fryses snarest mulig efterat den er fanget, men det har på den annen side vært hevdet at det er usikkert om fisken bør fryses før, under eller efter

dødsstivheten («*Rigor Mortis*»). Og det er et faktum at der i U. S. A., hvor fiskefrysingen er høit utviklet og meget anvendt, og kvaliteten av den frosne vare står på et høit nivå, i meget stor utstrekning, for ikke å si i helt overveiende grad, blir anvendt fisk som har ligget 5 til 10 dager, delvis lenger, i is før den blir frosset. Iallfall foreligger der, såvidt vi har kunnet bringe i erfaring, ikke systematiske undersøkelser som berettiger til nogen bestemt konklusjon vedrørende betydningen av råstoffets friskhet.

Egne forsøk.

Målet for undersøkelsene har først og fremst vært å finne ut, på basis av rent praktiske fryseforsøk, hvilke betingelser som er de beste eller nødvendige for å opnå et kvalitetsprodukt, slik at grunnlaget for veiledning til den praktiske fryseindustri kunde bli bedre fundert. De mere eller mindre velbegrunnede teorier og kjemisk-fysikalske forhold som kunde tenkes prøvet i forbindelse med forsøkene har vi derimot ikke gått nærmere inn på, selv om det kunde ha vært ønskelig nok. Vi har videre konsentrert oss om å fastlegge frysehastighetens, lagrings-temperaturens og råstoffets betydning for det ferdige produkt, og har søkt å beskytte materialet mot uttørking og luftens påvirkning.

Råstoff og fremgangsmåter.

1. *Råstoff og innpakning.*

Da frysning av fet og mager fisk ikke skal by på samme vanskeligheter, har vi utført forsøk med en representant for hver klasse, nemlig sild og torsk. Silden var helt fersk storsild, idet der bare er anvendt sild som var fanget kvelden eller natten før den blev tatt under behandling. Torsken var av størrelse 1 til 2 kg rund. Den blev tatt fra fiskekvaser og slaktet umiddelbart før den skulde anvendes. For hovedserien filerte og frøs vi så straks $\frac{1}{3}$ av partiet, de øvrige $\frac{2}{3}$ blev rensset, vasket, godt iset og hensatt på kjølelager ved 0° C. Etter 3 døgns lagring blev næste tredjedel frosset, etter 8 døgn den siste tredjedel.

Ved frysning umiddelbart etter slaktning hadde fisken enda ikke blitt dødsstiv. Den 3 døgn gamle fisk hadde fremdeles dødsstivheten, mens stivheten var gått av den 8 døgn gamle fisk.

Silden blev før frysningen rensset og hode og hale kuttet av, mens der av torsken blev skåret fileter. To og to sild, respektive to og to fileter blev pakket sammen i vokset spesialpapir og lagt i lave firkantede blikkesker med overgripende lokk. Eskene tok 1,5 kg og hadde en høide av 5 cm. De kunde så å si forsegles ved at der straks efter frysningen blev heldt litt vann ned i fugene mellem lokket og boksen. Dette vann frøs straks til en sammenhengende, tettende masse.

Alle prøver undtatt de senere nevnte »ekspressfrosne« blev før frysningen pakket på denne måte. De ekspressfrosne blev bare pakket

i papir før frysningen og frosset i rammer, i tykkelse ca. 2,5 cm hvorpå blokkene to og to blev lagt i boks som så blev forseglet.

2. Frysning og lagring.

De nevnte blikkesker var alle av samme størrelse og kunde således fryses under noenlunde reproduerbare forhold. For hurtigfrysning anvendtes en platefryser av Birdseye-typen, en forsøksfryser som er laget meget enkelt og består av plater som kan heises op, og hvorigjennem der kan sirkuleres lake av temperaturer ned til -30°C . Langsomfrysningen blev gjennomført med luft av passende hastighet og temperatur, -20 og -9°C .

Frysetiden (nedkjølingstiden eller frysehastigheten) er målt ved termoelementer innlagt midt i prøvene. De målte tider er således et uttrykk for hvor hurtig frysningen foregår der hvor den foregår senest.

De frosne prøver blev straks innlagret ved -9 eller -20°C , og prøver tatt ut efter forskjellige tidsrum. Ialt strakk lagringen sig over 5 måneder, og de to temperaturer blev holdt konstant innen $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Vi valgte såpass forskjellige temperaturer som -9 og -20°C for å få tydelige utslag.

3. Kvalitetsbestemmelser.

En vanskelighet ved bedømmelse av fisk og fiskevarers kvalitet, og dermed for metoder eller prosesser til opbevaring av varen, består i at man mangler alment anerkjente metoder til å angi kvaliteten i objektive tall. For frossen fisk er der av forskjellige forskere anvendt forskjellige metoder. Histologiske undersøkelser og bestemmelse av iskrystallenes størrelse i den frosne vare blev tidligere meget anvendt (PLANK og medarbeidere 1916, KALLERT 1923, WELD 1927 m. fl.) Såvidt det kan sees er det dog ingen som har fastslått hvorvidt disse metoder gir resultater som tilsvarende produktets virkelige kvalitet som velbevart fødemiddel betraktet.

Allerede REUTER (1916) fremhevet at kvalitetsforringelsen av frossen fisk gav sig tilkjenne i form av et tiltagende tap av saft under optining, og at der kunde presses ut mer og mer saft jo dårligere kvaliteten blev. Senere er den saftmengde som fritt renner av en frossen fisk under optining, »drypp«, i stor utstrekning blitt anvendt som kvalitetsmål, og man mener å ha funnet en viss overensstemmelse mellom drypp og kvalitet. (CORK, LOWE, VICKERY og YOUNG 1926, MORAN 1932, REAY 1934, m.fl.) Tildels er det dog blitt brukt et svakt press på prøvene slik at drypp undertiden betegner fritt avrent saft, undertiden saft avpresset med svakt trykk (REAY 1933). MCFADYEN (se ZAROTSCHENZEFF 1930) undersøkte nærmere mengden av drypp og »press«, det siste oppnådd ved press av 1 eller 2 kg/cm², og fant at summen

av disse var nogenlunde konstant straks etter frysning, for fisk frosset på forskjellig måte. Hurtigfrosne prøver viste lite drypp og forholdsvis meget »press«, en langsomt frosset prøve gav meget drypp men tilsvarende mindre press.

Mengden av oppløselig eller rettere peptiserbart protein, er også blitt anvendt som kvalitetsmål og med gode resultater, som også bekrefter at der under frysning og lagring skjer store forandringer i proteinstoffene selv. (FINN 1932 og 1933, REAY 1933). Ved våre undersøkelser har vi dog brukt de mere umiddelbare og som det synes, mere almindelige metoder: »drypptest« og »presstest«. Summen av mengden drypp og press har vi så slått sammen og kalt »fritt vann«, som altså blir et uttrykk for den totale mengde vann prøvene slipper ved en bestemt påkjenning.

Drypptesten er utført ved å plasere en veiet frossen prøve (fileter à ca. 200 g) på trådnett i en lukket blikksylinder, hvor dryppvannet renner ned i en underliggende beholder. Etter 24 timer ved værelses-temperatur, blev fileten veiet. Drypp er da bestemt ved vektdifferansen. Den optinte filet blev så brukt til presstesten hvortil den forsiktig blev skåret i passende stykker og pakket i en »eske« av linduk, tilskåret slik at den hadde en grunnflate av 8×5 cm. Filetpakken belastes med en vekt av 30 kg ($\frac{3}{4}$ kg/cm²) i 2 timer og press er bestemt ved vektdifferansen av fileten før og etter presning. Både drypp og press angis i % (g/100g) av den frosne fisk, og testene muliggjorde en reproduksjon innenfor 1 %, hvilket er tilstrekkelig nøyaktig for vårt formål. En langt større feilkilde ligger i de store variasjoner innen de enkelte individer i et og samme fiskeparti, hvorfor vi må anse det gitt at man først gjennom et statistisk materiale på basis av en rekke forsøksserier kan få helt sikre og reproducerbare resultater.

For bedømmelse av det frosne produkt som konsumvare er de smaksmessige egenskaper avgjørende, og disse blev bestemt ved en subjektiv konsistens- og smaksbedømmelse av prøvene i kokt tilstand. Ved prøvningen deltok 3 personer som ikke kjente behandlingen av de foreliggende prøver. De gav hver for sig og uavhengig av hverandre karakterer for smak og konsistens med en helt fersk fisk som sammenligningsgrunnlag. De avgitte uttalelser blev så sammenholdt og viste i de fleste tilfeller god overensstemmelse i karakterene, hvorav middel-tallet blev utregnet. Karakterene blev gitt etter følgende skjema:

Smak:	Konsistens:
1. Meget god, som fersk.	Meget god, som fersk.
2. Litt dårligere enn fersk.	God, men litt tørr.
3. Avgjort dårligere enn fersk.	Avgjort tørr, men fullt brukbar.
4. Dårlig, neppe brukbar.	Meget tørr, neppe brukbar.
5. Meget dårlig, ubrukbar.	Tørr og fibret, ubrukbar.

Hvad smaken angår skal anmerkes at selv karakteren 5, »meget dårlig«, ikke har noe med bedervet smak å gjøre, bedervete prøver forekommer overhodet ikke. Det betyr kun at smaken er en ganske annen enn for fersk fisk og at prøven må ansees uavvendelig som sådan.

Den subjektive vurdering av konsistens og smak er selvsagt avhengig av vedkommendes personlige skjønn. Den må dog her tillegges stor vekt, da det når alt kommer til alt er fiskens smaksmessige egenskaper som er avgjørende for dens anvendelighet. Og når man har litt øvelse i bedømmelse av en vare og der samtidig utføres flere uavhengige bedømmelser som så etterpå sammenstilles, blir resultatene ganske sikre og reproduserbare.

Selv om objektive metoder som drypp- eller press-vannbestemmelser er helt uavhengig av personlig skjønn, så må de for å ha betydning som kvalitetsmål, gi uttrykk for og stemme overens med prøvenes smaksmessige egenskaper.

Det viste sig under de orienterende forsøk at drypp var meget lite karakteristisk for prøvenes kvalitet, mens »fritt vann« (summen av drypp og press) gav meget gode overensstemmelser innen visse grenser, hvilket vi senere skal komme tilbake til.

Frysehastighetens betydning.

Før vi går nærmere inn på de frysehastigheter som er brukt, er det nødvendig å se litt nærmere på hvad vi mener med frysehastighet.

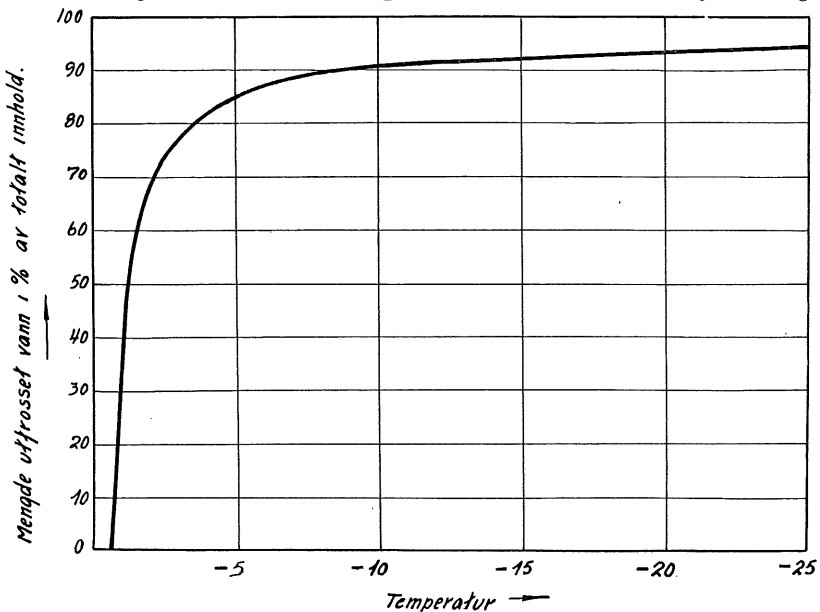


Fig. 1. Forholdet mellem temperatur og utfrosset del av totalt vann i frossen fisk.

Som nevnt er det bare en del av vannet som fryser ut når man fryser en fisk, avhengig av til hvilken temperatur man kjøler fisken. I fig. 1 er gjengitt en kurve som viser hvor meget vann der fryser ut ved forskjellige temperaturer, den er basert på de nyeste undersøkelser av HEISS (1933) som har sammenstillet andres og egne resultater.

Vi ser at ved -4°C er 80 pct. av vannet frosset ut, og man regner gjerne den tid det tar å avkjøle fisken fra frysepunktet og til -4°C som frysetid. Den tid det tar å gjennomløpe dette temperaturintervall skal også være avgjørende for størrelsen av de dannede iskrystaller. Intervallet kalles ofte »sonen for maksimal krystalldannelse« eller »den kritiske sone«.

Av fig. 2, 3 og 4 fremgår hvordan de frysehastigheter vi har benyttet ligger an i forhold til denne sone. Fig. 2 viser ekspressfrysning på 15 min., og temperaturen er her målt med få minutters mellomrum under frysningen. Så har vi hvad vi kan kalle for normal hurtigfrysning, på 70 à 80 min., til sammenligning er inntegnet hvordan ekspressfrysningen tar sig ut i denne målestokk. (fig. 3).

I fig. 4 kan disse hurtige frysninger sammenlignes med langsomfrysning i luft, som har tatt ca. 8 timer. På figuren er videre medtatt endel av kurven for frysning i luft av -9°C hvor det tok 26 timer for prøven å passere igjennem sonen for maksimal krystalldannelse. Denne frysetid er altså omtrent 100 ganger så lang som for den hurtigste frysning vi har anvendt, ekspressfrysningen.

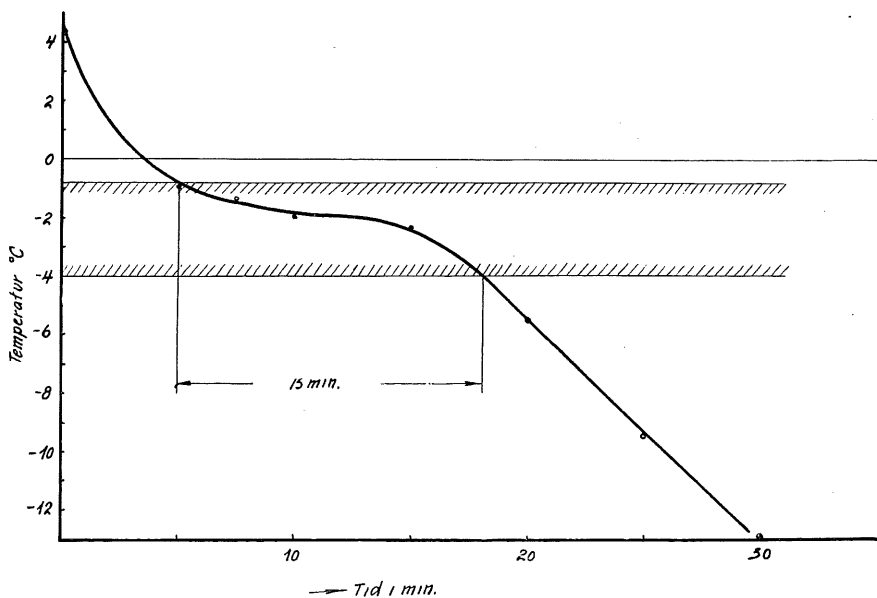


Fig. 2. Avkjølingstid ved ekspressfrysning.

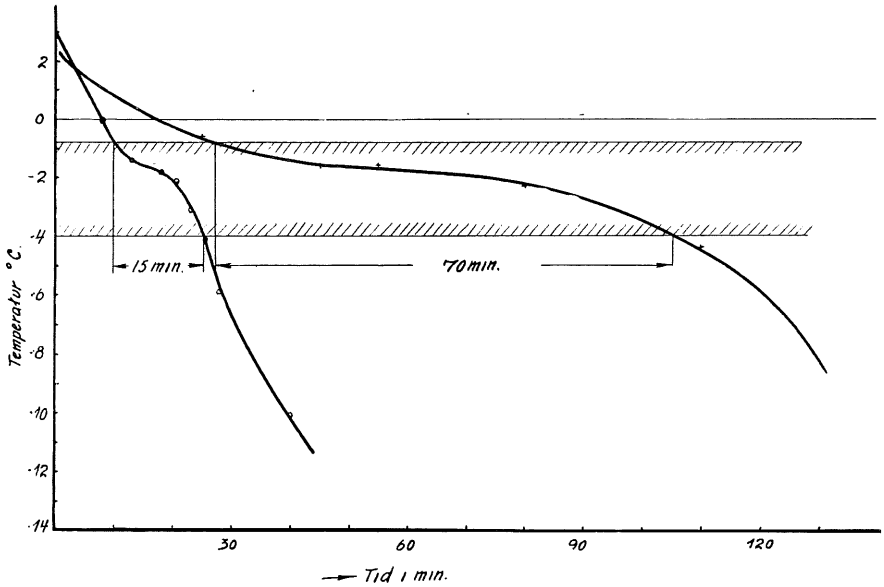


Fig. 3 Typiske avkjølingskurver ved ekspress- og hurtigfrysning.

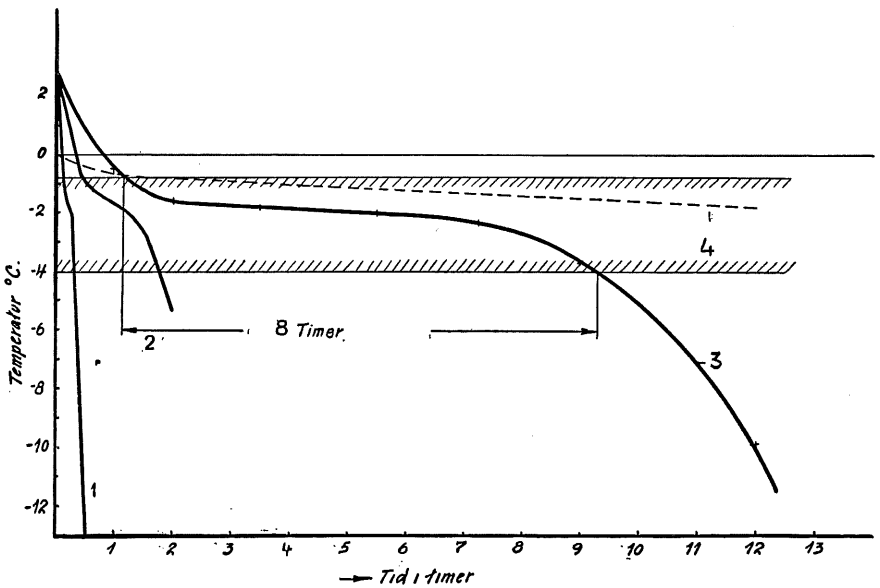


Fig. 4. Sammenligning av de anvendte frysehastigheter.
1. Ekspress-, 2. Hurtig-, 3. Langsom- og 4. Meget langsom frysning.

Nu er det selvsagt ikke så lett å få reproduisert disse frysehastigheter fra gang til gang. Men ved standardisering av apparatur og temperatur blir ikke forskjellighetene særlig store. Dette fremgår av kurvene i figur 5, representerende to forskjellige langsomfrysninger, og to forskjellige hurtigfrysninger.

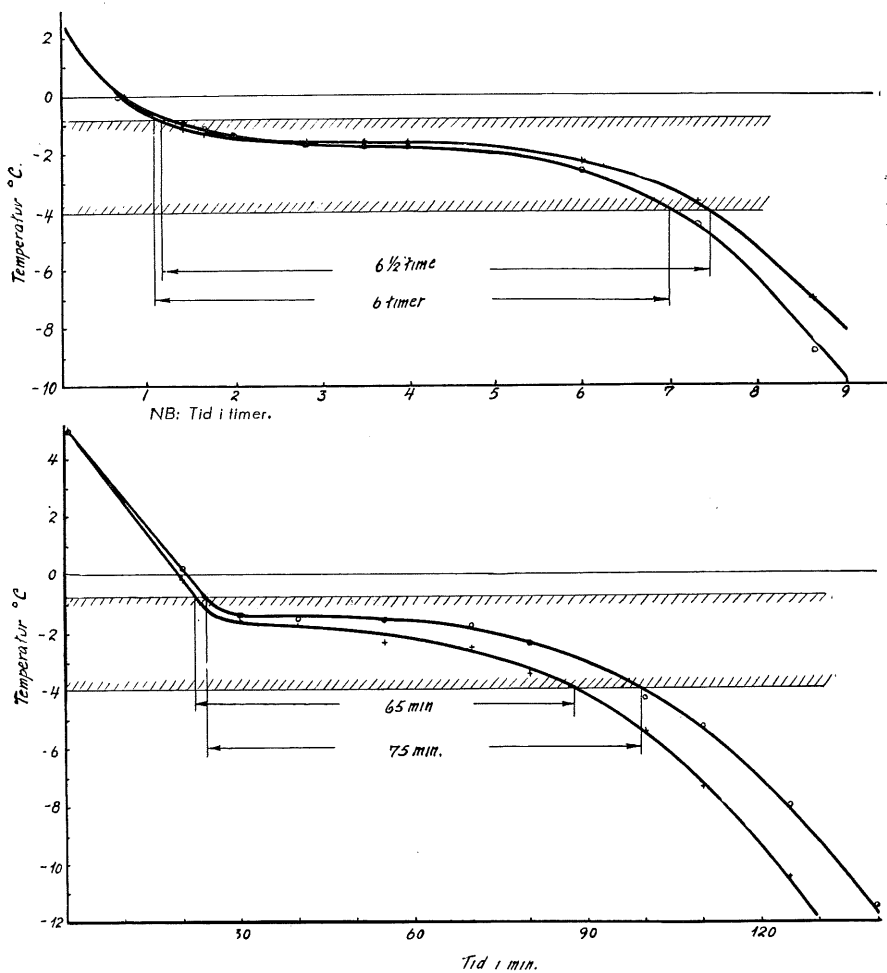


Fig. 5. Sammenligning av frysehastigheter ved forskjellige forsøk. Øverst langsom-, nederst hurtigfrysning.

Vi skal først se litt på frysetidens innflytelse på *torsk*, idet vi for denne har de fyldestgørende data. De første orienterende forsøk viste at der ikke var særlig kvalitetsforskjell på fisk frosset på 1 og på 6 timer. Vi utførte derfor en større serie med frysetider på henholdsvis ca. 1, 8 og 26 timer. Resultatene av de forskjellige undersøkelser av denne serie fremgår av figur 6. Denne torsk ble først frosset da den var helt fersk, derpå ble en annen prøve av samme parti frosset etter 3 døgns lagring i is.

Vi ser av figuren at der for ferskt råstoff ble funnet en lineær sammenheng mellom mengde fritt vann og frysetid straks etter frysningen. Etter 1 måneds lagring ved -20° er der imidlertid meget liten forskjell. Drypp viser også en liten stigning ved stigende fryse-

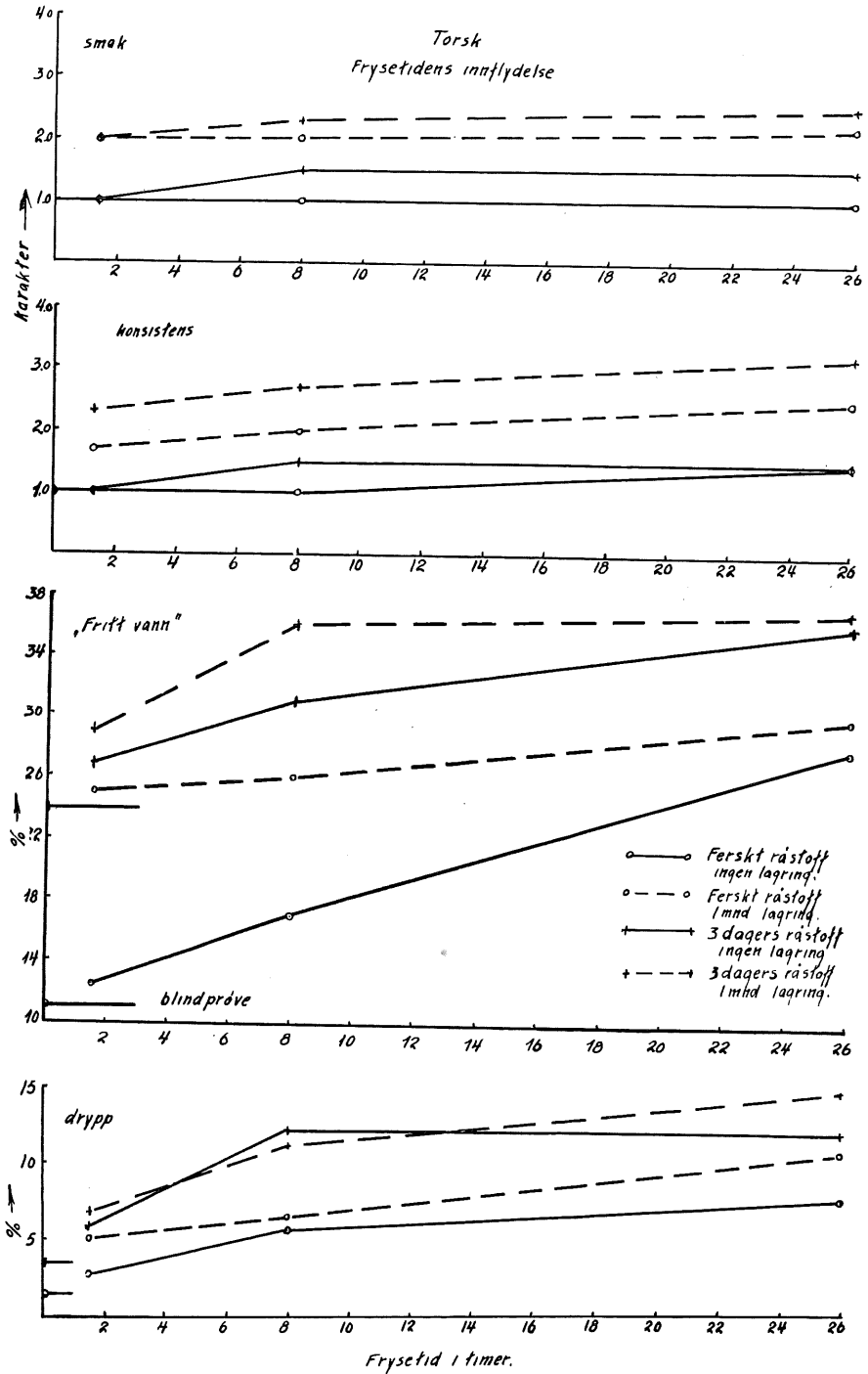


Fig. 6. Frysetidens innflytelse på karakteristikken av frossen torsk.

tid. De subjektive konsistens- og smaksbedømmelser peker i samme retning, men den kvalitetsforskjell man her kan påvise er langt mindre selv umiddelbart etter frysningen.

Da de frysetider som her er anvendt alle er lengere enn hvad vi tidligere har nevnt som kritisk frysetid, 35 min., gjorde vi en ny serie hvor der også blev tatt med frysning på 15 minutter. Denne serie viste både ved konsistensbedømmelse og ved bestemmelse av fritt vann straks etter frysning litt bedre resultat for den ekspressfrosne prøve, men forskjellen var, som det fremgår av fig. 7, meget liten. I motsetning til forrige serie fandtes praktisk talt ingen kvalitetsforskjell for fisk frosset på vel 1 og på 8 timer.

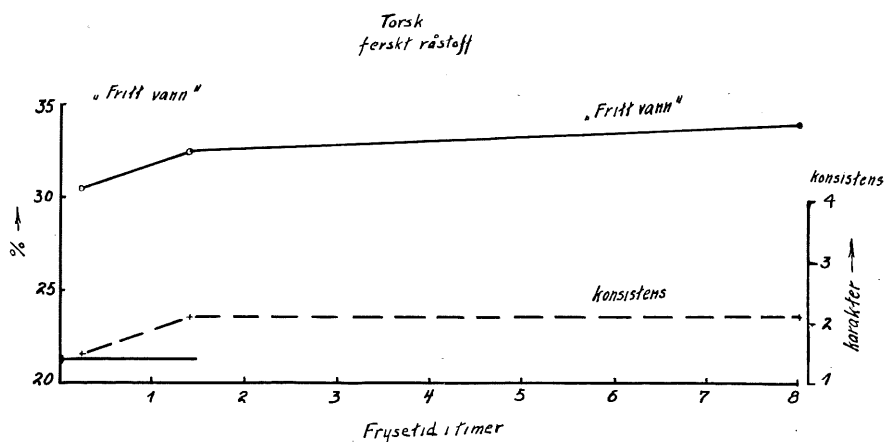


Fig. 7. Frysetidens innflytelse på karakteristikken av frossen torsk.

Der kunde således påvises en *liten* innflydelse av frysehastigheten på kvaliteten av frossen torsk umiddelbart etter frysningen. Utslagene var dog ikke særlig store, hvilket blev bekreftet av den hovedserie vi gjorde for å konstatere råstoffets og lagringens innflytelse. Vi anvendte her råstoff som var helt ferskt, 3 døgn i is og 8 døgn i is, og for hvert råstoff frysehastigheter på $\frac{1}{4}$, $1\frac{1}{3}$ og 8 timer. Vi skal se nærmere på frysehastighetens innflytelse under omtalen av lagringen av fisk fra denne serie.

Man vil av figur 6 ha bemerket at fisk som er lagret 3 døgn i is opviser betydelig større mengder fritt vann og større mengder drypp enn helt fersk fisk under ellers like forhold. Dette står antagelig i forbindelse med de kjemiske forandringer i fiskekjøttet under lagring i fersk tilstand, i nær sammenheng med optreden av dødsstivheten.

For *sild* anvendte vi bare to frysetider, og bare fersk, nyfanget vare. Av fig. 8 fremgår det at den hurtigfrosne sild viste en litt bedre

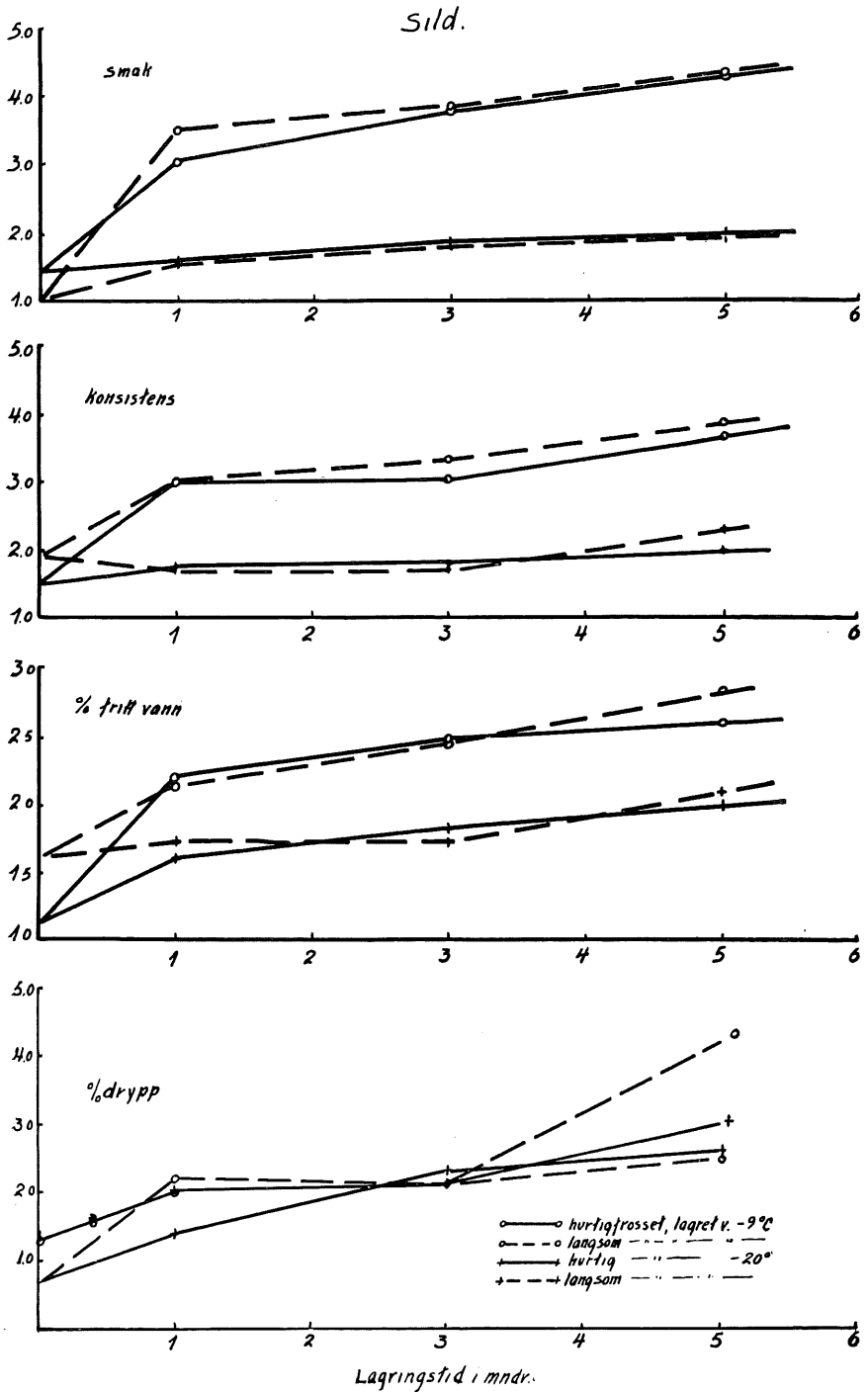


Fig. 8. Frysetidens og lagringstemperaturens innflytelse på karakteristikken av frossen sild.

kvalitet straks etter frysningen. Både fritt vann, konsistens og smak viser her overensstemmende resultater. Forskjellen er dog helt ophevet i alle tilfeller etter 1 måneds lagring. Innenfor frysetider fra 1 til 6 timer skulde det derfor ikke spille nogen rolle hvor hurtig man fryser silden hvis den overhode skal lagres.

Lagringstemperaturens innflytelse.

Av figur 8 fremgår det hvordan lagringstemperaturene — 9 og — 20° C innvirket på *sildens* kvalitet. Man vilde både av smak, konsistens og fritt-vannbestemmelsen se at den sild som er lagret ved —9° C allerede etter 1 måned blir bedømt til å være avgjort tørr og avgjort dårligere enn fersk, mens sild som er lagret ved — 20° C har fått omtrent samme karakter som straks etter frysningen. Ved den videre lagring i inntil 5 måneder ser man at den sild som er lagret ved — 20° C bare er lite kvalitetsforringet, mens den sild som er lagret ved — 9° C etter 3—4 måneder er »dårlig, neppe brukbar«.

Det fremgår videre av figur 8 at der er en meget god overensstemmelse mellom fritt vann og de subjektive bedømmelser av konsistens og smak. Denne samme overensstemmelse er ikke tilstede mellom drypp og de øvrige prøvemethoder, og synes å vise at drypptesten ikke er karakteriserende for en frossen silde kvalitet. Dryppet fra sild inneholder dessuten som oftest en del olje.

Som nevnt bestod hovedserien for *torsk* av 3 slags råstoff: helt ferskt, 3 døgn gammelt og 8 døgn gammelt, og innenfor hver råstoffserie hadde vi prøver frosset på henholdsvis $\frac{1}{4}$, $1\frac{1}{3}$ og 8 timer. Hver av disse 9 serier blev så delt i to, for lagring ved — 9 og ved — 20° C.

Av figur 9 ser vi at der for det *ferske* råstoff straks etter frysning ikke kunde påvises nogen forskjell i smak og konsistens for de forskjellige frysehastigheter. Derimot har vi funnet en stigende mengde fritt vann ved stigende frysetid, mens drypptesten praktisk talt gir samme resultat for alle. Forskjell i mengde fritt vann er dog meget liten etter 1 måneds lagring, og den ekspressfrosne prøve ligger ved — 20° C dårligere an enn den hurtigfrosne.

Allerede etter 1 måned er forskjellen i fritt vann og konsistens mellom prøver lagret ved — 9 og ved — 20° C meget utpreget. Forskjellen overskygger helt de små differenser den forskjellige frysehastighet hadde bevirket. Ved den videre lagring blir forskjellen mellom prøvene lagret ved — 9 og — 20° C mere og mere utpreget, dette gir sig særlig til kjenne i konsistensbedømmelsen. Mengden fritt vann i prøvene lagret ved — 9° C er dog allerede etter 1 måned kommet så høit at stigningen ved den videre lagring ikke er særlig stor, hvilket synes å vise at fritt vann-testen ikke står i samme forhold til kvaliteten

når denne blir meget dårlig. Men forholdet har neppe større interesse i denne forbindelse, idet de ved -9° C lagrede prøver allerede efter 1 måned begynte å komme på grensen av å være brukbare. De ved -20° C lagrede prøver har fått vel så god karakter efter 5 måneders lagring.

For 3 dagers råstoff er forholdene noenlunde de samme som for ferskt råstoff. Vi merker oss dog her store svingninger i mengden av

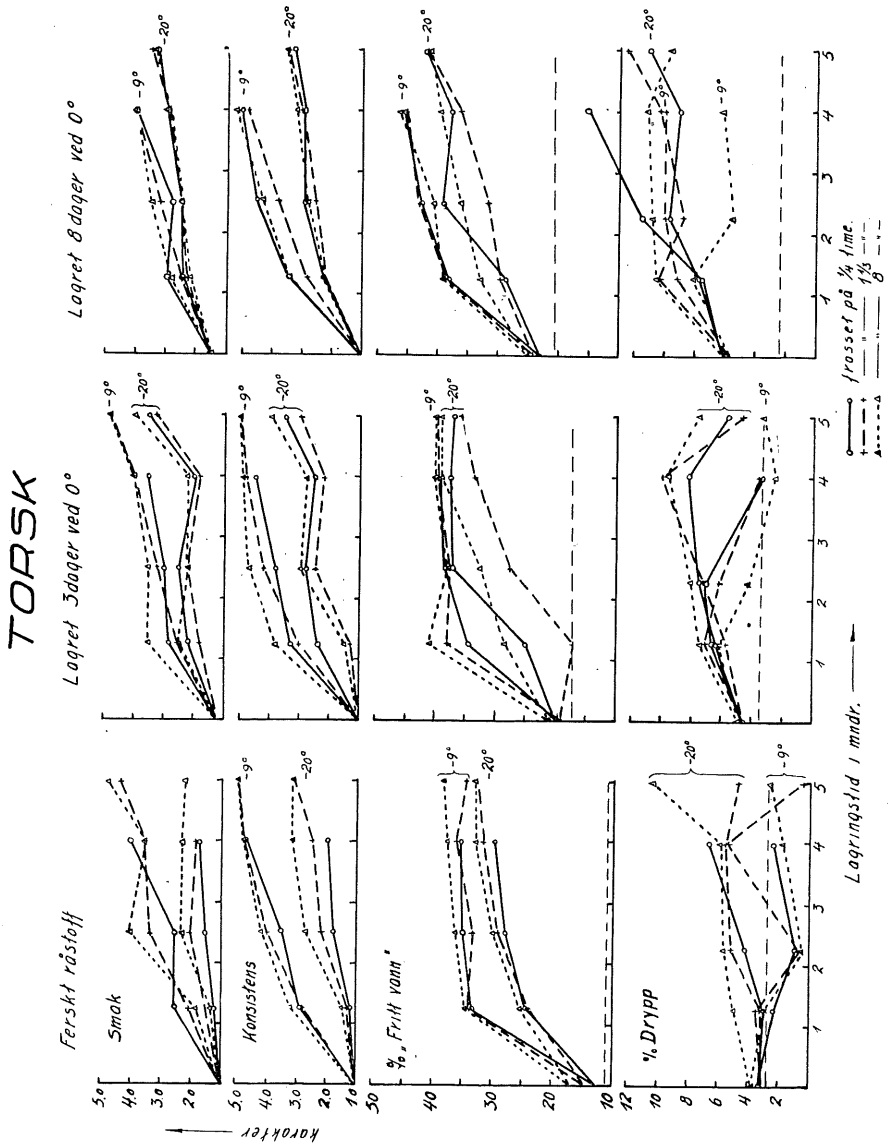


Fig. 9. Virkningen av frysehastighet, lagringstemperatur og råstoffets friskhet på karakteristikken av frossen torsk.

fritt vann, hvilket antagelig kan tas som uttrykk for de store forandringer som foregår under Rigor Mortis, og for at de forskjellige prøver neppe er på nøyaktig samme stadium av Rigor. Også for denne serie viser det sig meget tydelig at lagringstemperaturens innflytelse helt over- skygger frysehastighetens, som forøvrig praktisk talt ikke kan påvises ved en subjektiv bedømmelse straks etter frysningen.

8 dager gammelt råstoff viser med hensyn til lagringstemperaturens innflytelse så god overensstemmelse med de to foregående at en nærmere forklaring skulde være unødvendig.

Man vil av figur 9 videre se hvor lite karakteristisk drypptesten er som kvalitetsmål. Mens kvaliteten av varen har gjennomgått så å si alle stadier fra å være god som fersk til å være ubruktbar, så viser drypptesten omtrent samme mengde drypp ved lagringens begyn- nelse som ved dens slutt for en rekke av prøvene. Fritt vann-prøven har derimot også her vist sig å være i god overensstemmelse med det frosne produkts kvalitet, undtagen for noen av prøvene av 3 dagers råstoff.

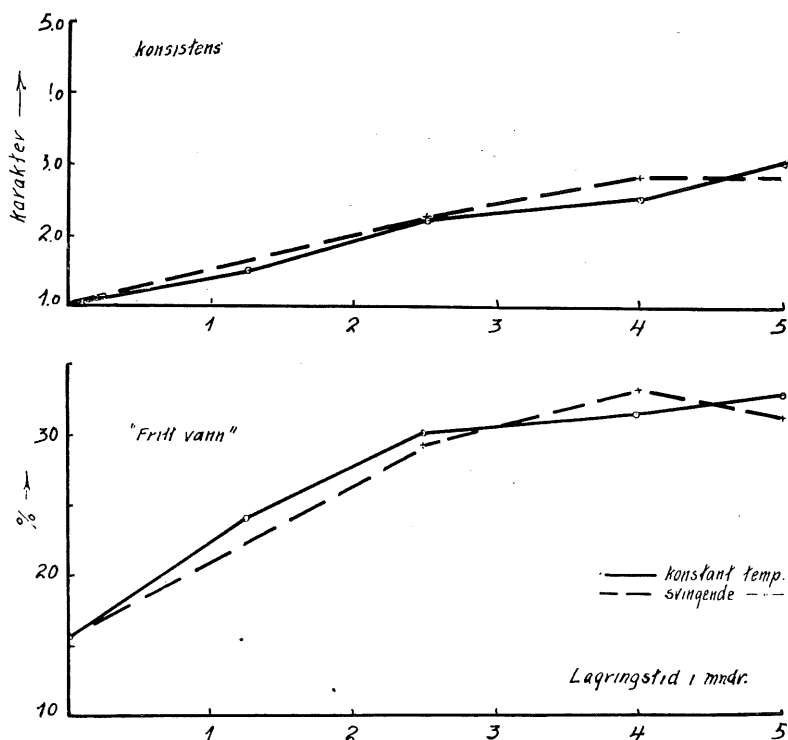


Fig. 10. Virkningen av svingende lagertemperatur på karakteristikken av hurtigfrossen torsk.

Svingende lagringstemperatur.

I et vanlig fryselager vil temperaturen gjerne svinge litt, avhengig av hvor lange drifts- og stansperioder der er. I forbindelse med lagringstemperaturens innflytelse undersøkte vi derfor rent orienterende hvordan svingende lagertemperatur virker på en frossen fisks kvalitet, idet der, parallelt med nogen av de nevnte serier, blev lagret prøver av torsk og sild i en egen beholder, hvor temperaturen 6 à 7 timer pr. dag blev hevet 2 °C (fra ca. — 20 til ca. — 18° C).

Som det fremgår av fig. 10, gav prøvene meget nær samme karakteristikk som prøver lagret ved konstant temperatur, — 20° C. Temperatursvingninger av den størrelse det her var tale om skulde således ikke spille nevneverdig rolle for kvaliteten.

Råstoffets innflytelse.

Av resultatene for de tre gjennomførte serier kan vi sammenligne resultatene for ferskt og lagret råstoff når dette blir frosset og lagret

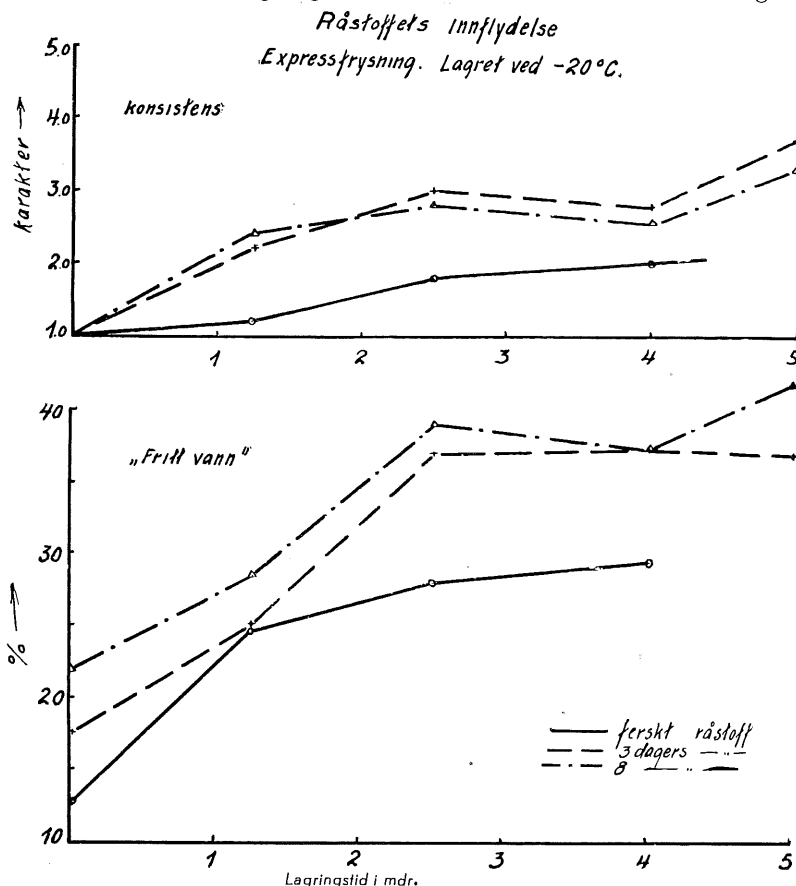


Fig. 11. Virkningen av råstoffets friskhet på karakteristikken av ekspressfrossen torsk.

Råstoffets innflydelse.
Langsomfrosset. Lagret ved -20°C.

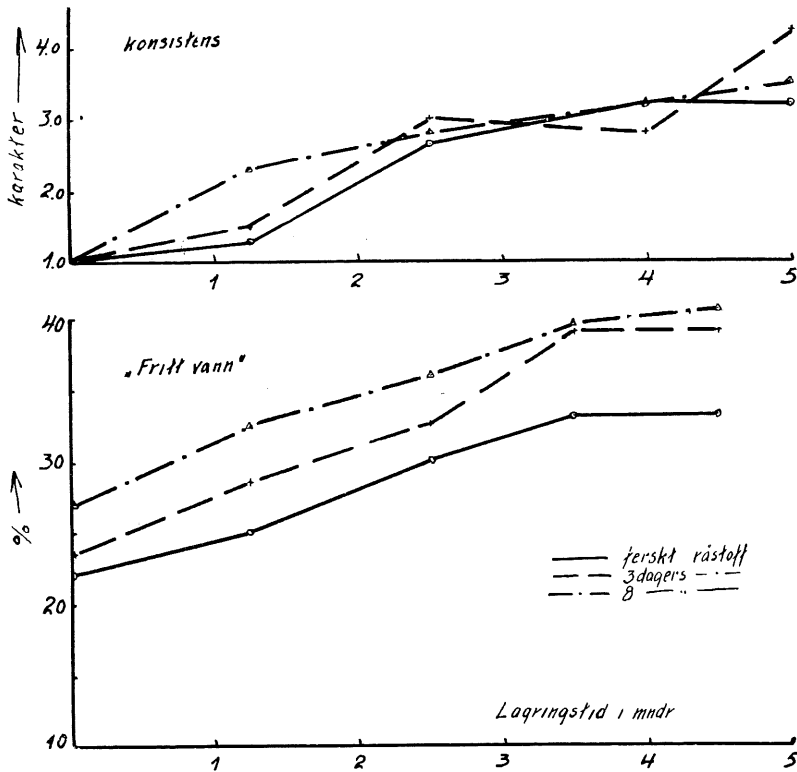


Fig. 12. Virkningen av råstoffets friskhet på karakteristikken av langsomfrosset torsk.

under nøiaktig samme betingelser. I figur 11 er en slik sammenligning fremstillet grafisk. Alle partier er her ekspressfrosset på 15 min. og lagret ved -20°C . Heltrukne linjer representerer ferskt råstoff, stiplede 3 dager gammelt og prikkete 8 dager gammelt råstoff. Vi ser at mengden av fritt vann tildels er meget mindre ved ferskt råstoff enn ved lagret, og at den heltrukne linje i hele sitt forløp ligger under de øvrige. Mengdene av fritt vann stiger når den frosne fisk lagres, men som vi ser ligger den ferske fisk langt bedre an enn de øvrige. Konsistensbedømmelsen bekrefter dette enn ytterligere, idet vi finner karakterene her overlegent best for de ferske prøver, mens der ikke kan sies å være nogen påviselig forskjell på de to lagrede innbyrdes. I figur 12 er fremstillet forholdene når det samme råstoff, resp. ferskt, 3 dager gammelt og 8 dager gammelt, underkastes en langsom frysning og senere lagring

ved -20° C. Mengdene av fritt vann er her som ved hurtigfrysning tydelig mindre ved ferskt råstoff enn ved 3 dager gammelt, som igjen gir mindre enn 8 dager gammelt. Konsistensbedømmelsen er i dette tilfelle som vi ser mere svingende, og gjengir ikke disse forskjelligheter i utpreget grad. I det store og hele tatt er dog resultatene overensstemmende og viser tydelig at fersk torsk gir det absolutt beste frosne produkt, og at enhver lagring av råstoffet før frysning bør undgås.

Sammenstilling.

De tre kvalitetsmål smak, konsistens og fritt vann gir hver for sig et uttrykk for de forskjellige behandlingsmåters virkning på den ferske og frosne torsk. Drypp ser vi da bort fra, idet de funne verdier viser at det er lite egnet som kvalitetsmål. De øvrige viser stort sett god overensstemmelse. For en bedre oversikt over de forskjellige faktorerers innflytelse er det imidlertid mere hensiktsmessig å anvende *ett* enkelt kvalitetsmål.

For å finne grunnlaget for et slikt kvalitetsmål har vi undersøkt sammenhengen mellom de subjektivt bestemte verdier (smak + konsistens) og fritt vann. I fig. 13 a, b, og c er denne sammenheng optegnet for ferskt, 3 dagers og 8 dagers råstoff. De avsatte punkter er middelverdiene for bedømmelser og prøvning etter 0, 1, $2\frac{1}{2}$ og 5 måneders lagring, ved -9 og -20° C. Vi ser at der for hvert av de 3 slags råstoff kan dras middelkurver som ligger godt an i forhold til enkeltverdiene. For 3 dagers råstoff er der dog etpar store avvikelser, som forklares ved de store variasjoner i fritt vann under dødsstivheten.

Det synes ut fra disse kurver berettiget å trekke en middelkurve for sammenhengen mellom de subjektive bedømmelser og fritt vann for alle tre slags råstoff, som vist i fig. 13 d, og på basis herav angi fritt vann som karakter. Til 20 % fritt vann svarer da f. eks. en karakter av 1,25, til 30 % 2,1 o. s. v.

Det fremgår at 8 dagers råstoff har bedre subjektiv karakter enn 3 dagers, som igjen har bedre enn helt ferskt, med samme mengde fritt vann. Forholdet synes å vise at der i det eldre råstoff har skjedd forandringer som ikke umiddelbart har gitt sig tilkjenne ved den subjektive bedømmelse. Avvikelsen blir dog først betydelig når middelkarakteren er dårligere enn 3, altså når varen betegnes som dårligere enn brukbar.

Et *felles* kvalitetsmål basert på alle tre bestemmelser bør derfor kunne anvendes, og vi har utregnet et slikt ved å la de karakterer som fremgår av middelkurven for fritt vann veie like meget som smak- og konsistenskarakter tilsammen, slik at den »objektive« karakter tillegges dobbelt så stor vekt som hver enkelt av de subjektive. For

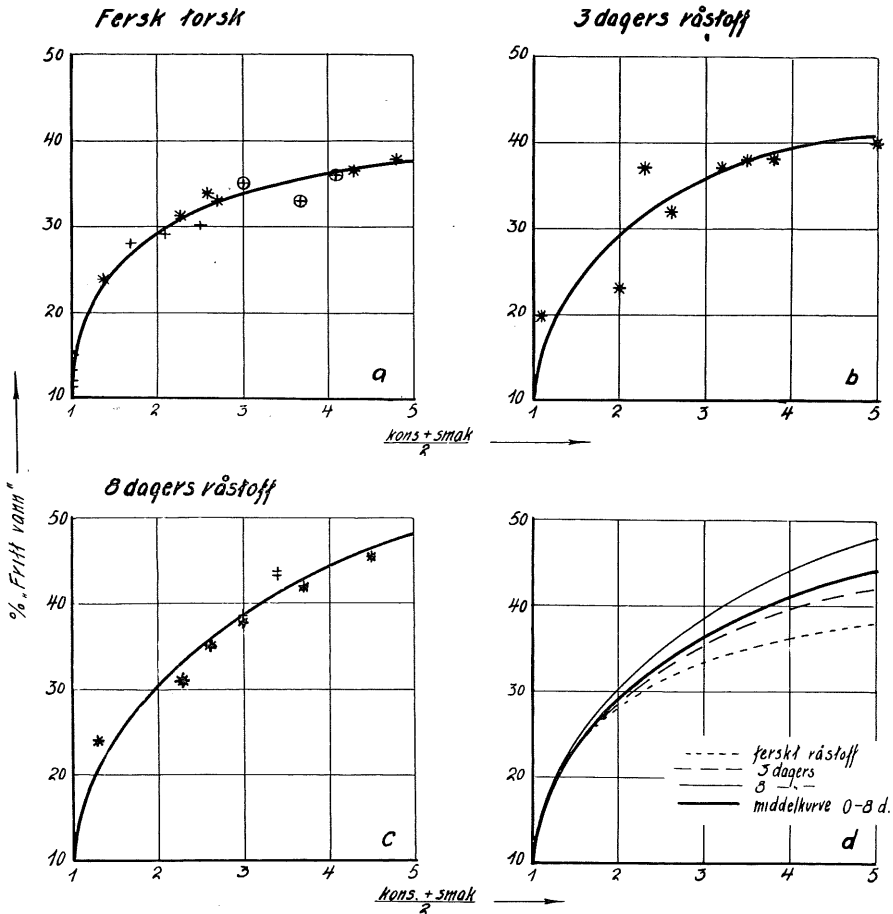


Fig. 13. Sammenligningen mellem mængde fritt vann og middelverdien av konsistens + smakskarakter for frossen torsk.

hovedserien får vi da de middelkarakterer som fremgår av fig. 14, hvor karakterene angis av den ikke skraverete del av søilene. Den skraverete dels høide skulde da vise prøvens kvalitet, eller den kvalitet som er igjen, om et slikt uttrykk kan brukes.

Figuren viser at vi straks efter frysning har en påviselig, men ubetydelig innflytelse av frysehastigheten, nemlig en karakter som er ca. 0,1 dårligere for langsomfrossen enn for ekspressfrossen. Men innflytelsen av råstoffets alder er større, idet karakterene blir 0,2 dårligere fra gruppe til gruppe med samme frysehastighet. Vi får således et bedre produkt ved å langsomfryse et ferskt råstoff enn ved å ekspress- eller hurtigfryse et som er opbevart på beste måte i 3 dager eller mere.

Efter 1 måneds lagring kan en lovmessig virkning av frysehastigheten ikke påvises, idet søilene innen de enkelte grupper ikke viser

Kvalitet av frossen torsk ved forskjellig behandlingsmåte
etter forskjellig lagringstid.

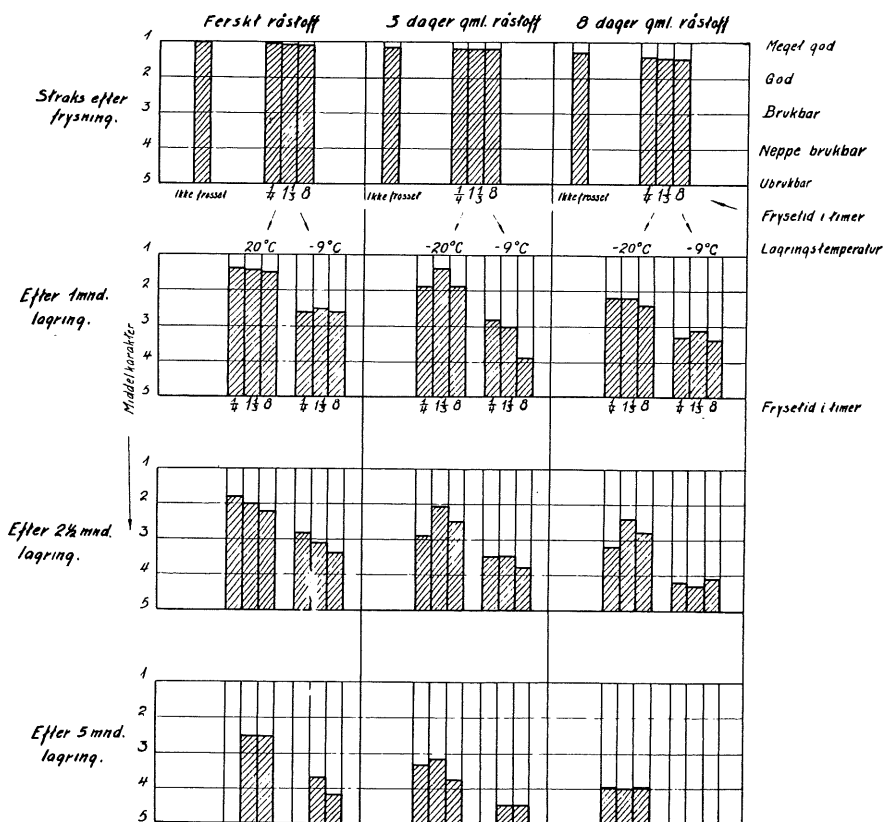


Fig. 14. Oversikt over virkningen av frysehastighet, lagringstemperatur og råstoffets friskhet på kvaliteten av frossen torsk.

nogen ensrettet tendens. Dette gjelder frysehastigheter fra $\frac{1}{4}$ til 8 timer. Ser vi på de forsøk som representeres av fig. 6 s. 16 med frysetider opptil 26 timer får vi følgende middelkarakterer:

Råstoff	Straks etter frysning		1 måneds lagring ÷ 20° C	
	Ferskt	3 d. gl.	Ferskt	3 d. gl.
Frysetid 80 minutter	1.0	1.4	1.7	2.1
„ 8 timer	1.1	1.9	1.8	2.7
„ 26 timer	1.5	2.2	2.2	3.0

Her har vi altså hatt en noe større virkning av frysehastigheten, men selv ved en frysetid på 26 timer er der praktisk talt opnådd ilike god karakter for det ferske råstoff som for det 3 døgns gamle ved

hurtigfrysning. Tabellen viser forøvrig at frysetiden har betydd mere for det 3 døgn gamle råstoff enn for det ferske, og at frysetiden neppe bør være over 8 timer, helst betydelig mindre. Utligningen etter 1 måneds lagring er her ikke så utpreget som ved hovedserien.

Som det fremgår av fig. 14 er imidlertid lagringstemperaturen den dominerende faktor for kvaliteten, og jo lengere tid produktet lagres, jo mindre virkning kan der spores av de anvendte frysetider, om man overhodet kan tale om noen virkning.

Allerede etter 1 måneds lagring ved -9°C har 3 og 8 døgn råstoff middelkarakterer dårligere enn 3, altså såvidt brukbare, mens det ferske har ca. 2,5 og må betegnes som vel brukbart. Lagret ved -20°C , har på den annen side det ferske råstoff karakteren 1,4 altså midt mellom »godt« og »meget godt«, de to øvrige i middel 1,7 og 2,3.

Efter $2\frac{1}{2}$ måneds lagring ved -9°C ligger karakterene fra 3,0 til 4,1, med det ferske råstoff fremdeles best, men også dette må nærmest sies å være ved grensen for brukbarhet. Etter lagring ved -20°C i samme tid har vi på den annen side karakterer mellom 2,0 og 2,7. Det ferske råstoff er fremdeles »godt«, de to andre »brukbare«.

Forholdene kommer særlig klart frem etter 5 måneders lagring. Samtlige prøver lagret ved -9°C får nu karakter 4 til 4,5 eller »neppe brukbar« uansett om de er hurtig- eller langsomt-frosset. Selv ved -20°C kan innflytelse av frysehastigheten ikke påvises. 3 dagers råstoff har fått karakterer fra 3,2 til 3,7, 8 dagers 3,9 til 4,0, altså såvidt brukbare, mens prøvene av ferskt råstoff har karakteren 2,5 eller midt mellom »brukbart« og »godt«.

Konklusjoner.

1. Ved frysning og lagring av sild og torsk fantes at mengden av »drypp« ikke kan anvendes som kvalitetsmål for frossen fisk. Derimot viste mengden av »fritt vann«, summen av drypp og av den væskemengde som kunde presses ut ved et bestemt trykk, gode overensstemmelser med den subjektive kvalitetsbedømmelse.

2. Frysehastigheten fantes å ha en liten innflytelse på kvaliteten av produktet når dette blev prøvet like etter frysning. Etter lagringsperioder på 1 måned og derover ved -9 og -20°C var forskjellen på hurtig- og langsomt-frosne prøver, når frysetidene ikke strakk sig ut over 8 timer, bare i enkelte tilfeller påviselig.

3. Lagringstemperaturen fantes å være den dominerende faktor for kvaliteten av frossen fisk. Lagret ved -9°C var både torsk og sild sterkt kvalitetsforringet etter 1 a 2 måneders lagring. Lagret ved -20°C var produktet av god kvalitet selv etter 5 måneders lagring.

4. Helt fersk fisk gav vesentlig bedre frosset produkt enn råstoff som var blitt opbevart før frysningen.

De foreliggende erfaringer og deres betydning for norsk fiskefrysning.

De konklusjoner vi er kommet til med hensyn til frysehastigheten kan for mange synes overraskende. Men de stemmer med utviklingen i U. S. A., hvor de fleste hurtigfrysemetoder for alle fiskeslag nu er forlatt og erstattet med »sharp-freezing« (luftfrysning). Resultatene for lagringstemperaturens innflytelse er også i overensstemmelse med praksis i U. S. A. På alle lagre hvor frossen fisk skal lagres noen tid holdes temperaturer på -18 til -22° C. Resultatene stemmer videre stort sett med hvad andres undersøkelser har vist i de senere år, nemlig at lagringstemperaturen er av avgjørende betydning ved lengere tids lagring.

Nu er her bare prøvet -9 og -20° C, og det kan være spørsmål om hvordan temperaturer mellom disse stiller sig, likeså temperaturer lavere enn -20° C. Det skal da nevnes at der synes å være en noenlunde proporsjonal sammenheng mellom hastigheten av de skadelige forandringer og lagringstemperaturen. Ved -9° C synes forandringene å gå 3 a 4 ganger så fort som ved -20 , og ved -15° C vil de sannsynligvis gå henimot dobbelt så fort som ved -20° C. Denne halvering av hastigheten av kjemiske prosesser og livsprosesser med 5 à 6 graders senkning av temperaturen er kjent fra en rekke andre felter.

At enda lavere temperaturer nedsetter de skadelige forandringer ytterligere er i de senere år vist av flere, men kanskje særlig av REAY og medarbeidere i Aberdeen (REAY 1934, BANKS 1936). De har i stor utstrekning forsøkt lagring ved -28° C, og har ved denne temperatur for sild fått en bedre holdbarhet enn ved -20° C.

Hvad konklusjonen om råstoffets friskhet angår, så har vi som nevnt ikke andre undersøkelser eller pålitelige erfaringer å bygge på. Men det synes ifølge våre undersøkelser sikkert at det ferskeste råstoff også gir den beste frosne vare.

Dette siste forhold har særlig betydning for Norge, idet vi ved våre kystfiskerier har rikelig tilgang på helt fersk fisk. Vi skulde således ha langt bedre betingelser for å lage et frosset kvalitetsprodukt enn de som er henvist til trawlfisk og annen fisk som er opbevart lengere tid før den kan bli frosset.

Resultatene viser dog også at de fleste av våre kjølelagre må holde lavere lagertemperaturer for opbevaring av frossen sild og fisk enn nu er almindelig. Mange av våre kjøleanlegg er imidlertid ikke dimensjonert for lavere temperaturer enn -10 à -12° C og må antagelig utbedres. Men kravene til de statsstøttede anlegg er i de siste år strammet, slik at der på kysten nu er flere anlegg som kan holde -15 til -20° C i sine fryserum.

De fleste norske kjøleanlegg har ikke spesialutstyr for annen frysning enn sildefrysning. Denne mangel synes efter det foreliggende ikke å være særlig alvorlig, idet man ikke behøver å stille så store krav til frysehastigheten som tidligere antatt. Men resultatene tyder også på at den vanlige lakefrysning av sild i kasser kan bli erstattet av andre metoder. En så hurtig frysning som lakefrysningen er nemlig neppe nødvendig, og det er ved nettop offentliggjorte undersøkelser av BANKS (1938) funnet at den direkte berøring av silden med lake har uheldige følger for sildens holdbarhet under lagring. Sild frosset direkte i lake vil under ellers like forhold harskne hurtigere enn luftfrosset.

Det foreliggende materiale synes å vise at vi i Norge burde ha de beste *naturlige* betingelser for å kunne levere en førsteklasses frossen fisk. Men materialet viser også at nyere erfaringer må utnyttes og de *tekniske hjelpemidler* utbygges om så skal kunne skje. Foruten de foran nevnte forbedringer av lagrene tiltrenges nemlig i høi grad egnede transportmidler, hvorav vi for tiden praktisk talt ikke har noen som er egnet for transport av frossen fisk.

I Europa har den frosne fisk hittil ikke på langt nær fått den anerkjennelse som i U. S. A., og forklaringen kan antagelig søkes i at det tekniske apparat for levering av det kvalitetsprodukt har manglet. Det er dog mange tegn som tyder på at der nu vil skje en forandring heri, og særlig i England er omsetningen av frossen fisk, basert på de nyere erkjennelser, i sterk utvikling. Hvorvidt Norge skal ta del i og dra nytte av denne utvikling vil i høieste grad avhenge av om vi forstår å dra nytte av de foreliggende erfaringer, og først og fremst sørger for at det tekniske grunnlag for å kunne levere et kvalitetsprodukt blir i orden.

LITTERATURFORTEGNELSE.

- BANKS, 1937: Journ. Soc. Chem. Ind. 56, 13 T, (1937).
— 1938: Ibid. 57, 124, (1938).
- BEATTY, 1931: Prog. Rep. No. 2, Biol. Board of Canada, Halifax 1931.
- BIRDSEYE, 1929: Ind. Eng. Chem. 21, 414, (1929).
- CORK, LOVE, VICKERY a. YOUNG, 1926: Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci. 3, 15, (1926).
- FINN, 1932: Proc. Roy. Soc. B III, 396, (1932).
— 1933: Prog. Rep. No. 17. Biol. Board of Canada. Prince Rupert 1933.
— 1936: Refr. Eng. 31, 141, (1936).
- HEISS, 1933: Ztschr. Ges. Kälteind. 40, 97, (1933).
- HOLST og NOTEVARP, 1932: Årsberetning vedk. Norges Fiskerier 1931 Nr. 4. (Bergen 1932).
- KALLERT, 1923: Ztschr. Ges. Kälteind. 30, 17, (1923).
— 1931: Die Kälteind. 28, 122, (1931).
- LEA, 1936: Journ. Soc. Chem. Ind., 55, 293 T, (1936).
- LEIM, 1931: Prog. Rep. No. 2, Biol. Board of Canada, Halifax 1931.
- MORAN, 1932: Journ. Soc. Chem. Ind., 51, 16 T, (1932).
- MORAN and HALE, 1932: Ibid, 51, 20 T, (1932).
- Nord, 1935: Naturwissenschaften 481, (1936).
- PLANK, EHRENBAUM u. REUTER, 1916: Die Konservierung von Fischen durch das Gefrierverfahren. Berlin 1916.
- PLANK, 1925: Ztschr. Ges. Kälte-Ind., 32, 10, (1925).
— 1932: Ztschr. Vereins D. Ing., Bd. 76, 45, 1089 (1932).
- POOLE, 1935: Refr. Eng., 30, 69 (1935).
- REAY, 1931: Ann. Rep. Food. Inv. Board, 1930, p. 128, London 1931.
— 1933: Journ. Soc. Chem. Ind., 52, 265 T (1933).
— 1934: Ann. Rep. Food. Inv. Board, 1933, p. 168, London 1934.
— 1935: Ibid., 1934, p. 85, London 1935.
- REUTER, 1916: Se PLANK, EHRENBAUM u. REUTER 1916.
- TAYLOR, 1927: »Refrigeration of Fish« (p. 519—523), U.S. Bur. of Fisheries, Doc. No. 1016, Washington 1927.
- VLADYKOFF, 1930: Die Kälte-Ind., 27, 13, (1930).
- WELD, 1927: Rep. No. 12, Biol. Board, of Canada, (1927).
- YOUNG, 1934: Prog. Rep. No. 22, Biol. Board of Canada, Prince Rupert 1934.
- ZAROTSCZENZEFF, 1930: »Between two Oceans«, London 1930.
-