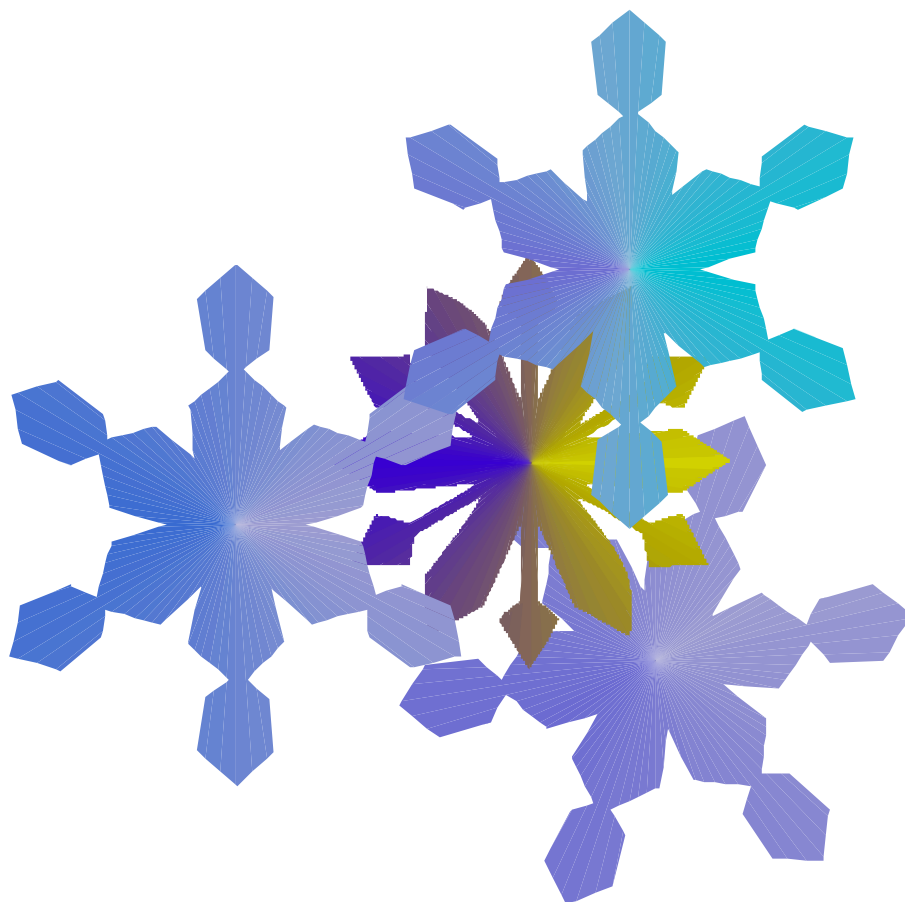


Fisk – Kvalitetsdifferentiering af frossen fisk  
Anvendelse af kvalitetsindikatorer

## Kvaliteten af torskefileter opbevaret på is eller frost



**Rapport nr. 29**

Højmarklaboratoriet a/s, Juli 2002



## Indholdsfortegnelse

Kapitel	Side nr.
1	Baggrund..... 2
2	Vision..... 2
3	Formål ..... 3
4	Forsøgsopstilling ..... 3
4.1	Mærkning..... 4
4.2	Forsøgsmateriale og arbejdsgang ..... 4
5	Analysemetoder..... 6
6	Analyseresultater..... 7
7	Beskrivelse af råvaren ..... 8
8	Multivariat dataanalyse..... 9
8.1	PCA-model til generel beskrivelse af datamaterialet ..... 9
8.2	Vurdering af analyseparametre ..... 11
8.3	Kvaliteten af fileterne ..... 13
8.4	PCA-modellering af kemiske og fysiske data ..... 15
8.5	PCA-model islagrede fileter 1. periode ..... 16
8.6	PCA-model fryselagrede filet..... 17
8.7	PCA-model for filet der både fryse- og islagres. .... 17
8.8	PLS1-modeller til forudsigelse af sensorisk kvalitet..... 18
8.9	Konklusion på multivariat dataanalyse ..... 20
9	Analyse af enkeltparametre..... 21
9.1	TVN-indhold..... 21
9.2	TMA-indhold ..... 22
9.3	Vandbindingsevne ..... 23
9.4	Saltopløselige proteiner ..... 24
9.5	Sensoriske bedømmelser ..... 25
9.6	QIM rå (sum)..... 25
9.7	QIM kogt (sum)..... 26
9.8	Konklusion på analyse af enkeltparametre..... 26
10	Konklusion ..... 27
11	Litteraturliste..... 29



## 1 Baggrund

I forbindelse med projektet "Kvalitetsdifferentiering af frossen fisk i industrien" ønskes det blandt andet, at udvikle et koncept for fremstilling og dokumentation af højkvalitets frosne fiskeprodukter under mottoet "Frisk fisk fra fryseren".

En stor del af de ferske fisk, der i dag sælges til forbrugerne, er omkring 5-7 dage gamle og således ikke fuldstændigt friske. Det formodes derfor, at der i mange tilfælde kan opnås en kvalitetsgevinst ved at indfryse en 0-1 dag gammel råvare og optø denne umiddelbart inden anvendelse.

I tidligere forsøg er det fundet, at højkvalitets frosne torskefileter, der fryselagres i op til 14 dage, har en kvalitet, der svarer til højkvalitets ferske torskefileter, der har været islagret i 3 dage ved 2-4 °C. Men det vides ikke, hvornår der opnås en kvalitetsgevinst ved frysning af torskefileter, frem for islagring af fileterne. Yderligere kendes nedbrydningsforløbet af højkvalitets fryselagrede torskefileter, som efter optøning islagres, ikke.

Derfor ønskes det nu at undersøge, såvel kemisk/fysisk og sensorisk, om kvaliteten af kort tids fryselagrede og efterfølgende optøede fisk lever op til kvaliteten af islagrede fisk, samt om optøede fileter kan islagres i en periode og stadig være af høj kvalitet.

Det ønskes ligeledes at undersøge, hvorvidt kemiske og fysiske analyser er anvendelige til beskrivelse af den sensoriske kvalitet af fileterne, idet det, hvis dette er tilfældet, er det muligt at underbygge og/eller erstatte de sensoriske undersøgelser med de kemiske og fysiske analyser.

## 2 Vision

Visionen med projektet "Kvalitetsdifferentiering af frossen fisk i industrien" er, at hele kæden fra fisker til forbruger skal oplyses om muligheden for fremstilling og anvendelse af højkvalitets frossen fisk.

Hvis det viser sig, at der ved indfrysning af frisk fisk opnås en kvalitetsgevinst fremfor islagring af fisk, er der store perspektiver i fremtidigt salg af frossen eller optøet fisk. Dette skyldes, at fiskeindustrien, fiskeeksportører, fiskehandlere og forbrugere bl.a. vil opnå større fleksibilitet i leverance og forarbejdning ved anvendelse af frossen fisk, fremfor letfordærlig fersk fisk.



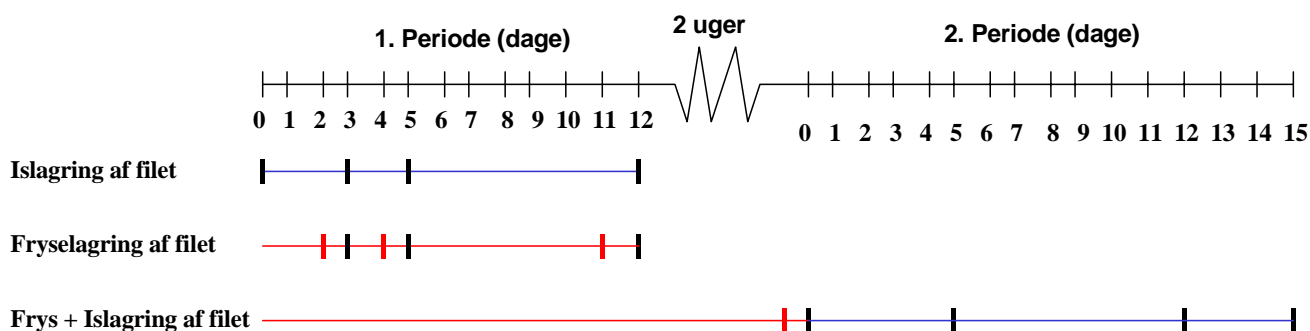
### 3 Formål

Formålet med forsøget er, at finde svar på følgende spørgsmål:

- Hvilke kvalitetstab/gevinster opnås der ved kort tids frysning af torskefileter i forhold til islagring af fileter?
  - Kemiske/fysiske kvalitetsforandringer
  - Sensoriske kvalitetsforandringer
- Hvordan er kvalitetsforandringerne i optøet filet, som efterfølgende islagres?
  - Kemiske/fysiske kvalitetsforandringer
  - Sensoriske kvalitetsforandringer
- Er de kemiske og fysiske analyser anvendelige til afspejling af den sensoriske kvalitet af torskefileter?

### 4 Forsøgsopstilling

Til undersøgelse af den problemstilling, der er beskrevet under formålet, er der udarbejdet en forsøgsplan, hvor der løbende udtages prøver under lagringsforløbene. De enkelte prøveudtagninger er illustreret på figur 1.



Figur 1. Skitse over forsøgsdage.

På figur 1 angiver de vandrette blå streger islagring og de vandrette røde streger angiver fryselagring. De lodrette streger sorte streget viser, at der blev analyseret prøver på de angivne dage og de lodrette røde streger viser, at der blev udtaget prøver til optøning.

Den totale lagringsperiode forløb over ca. 6 uger, idet der var 2 uger mellem 1. og 2. periode.

Ved undersøgelse af fileternes kvalitet analyseres 6 fileter, der har gennemgået samme lagringsforløb, idet det formodes, at dette afspejler, om målte kvalitetsforskelle mellem de enkelte fileter skyldes forskelle på det biologiske materiale eller, om der er tale om forskelle grundet forskellige lagringsperioder eller lagringsmetoder.



#### 4.1 Mærkning

Ved forsøget mærkes fileterne efter lagringsmetode, hvor de islagrede angives med F (fersk), mens de korttids fryselagrede angives med R (refreshed). Yderligere anvendes et nummer, der angiver lagringsperiodens længde, samt et nummer, som angiver den enkelte filets nummer. Fileterne, der først fryselagres i 4 uger, hvorefter de islagres, mærkes med en 3-cifret kode, idet første ciffer (4) angiver 4 ugers fryselagring, andet ciffer angiver islagringsperioden og tredje ciffer angiver filetnr.

Mærkningen bliver således:

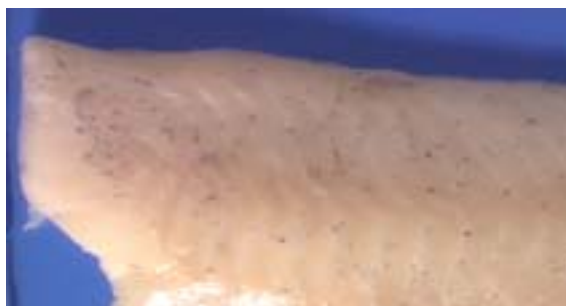
- Islagret dag 0, 3, 5 og 12, 6 fileter pr. dag.
  - (Mærkning f.eks. F-0-1: Fersk, dag 0, filet nr. 1)
- Fryselagret, optøet dag 3, 5 og 12, 6 fileter pr. dag
  - (Mærkning f.eks. R-3-1: Refreshed, dag 3, filet nr. 1)
- 4 ugers fryselagring efterfulgt af islagring, dag 0, 5, 12 og 15
  - (Mærkning f.eks. 4-3-1: 4 ugers fryselagring, 3 dages islagring, filet nr. 1)

#### 4.2 Forsøgsmateriale og arbejdsgang

Til forsøget indkøbtes 88 torskefileter af god kvalitet (E-kvalitet). Torskene er fanget i Østersøen om morgenen d. 21.03.2002 og afhentes i Hvide Sande d. 22.03.2002 umiddelbart efter industriel filetering og afskinning.

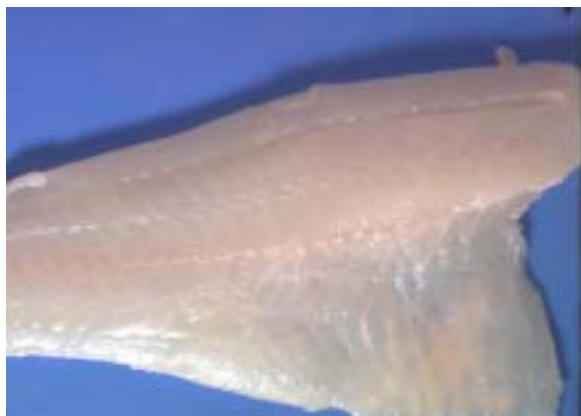
Forsøget blev påbegyndt umiddelbart efter modtagelse af fileterne om formiddagen d. 22.03.2002, hvorfor fiskene ved forsøgsstart var ca. 1 døgn gamle.

Ved modtagelse af fileterne konstateres, at mange af fileterne havde et stort antal parasitter på skindsiden, hvilket eksempelvis ses på figur 2, hvor en del af en filet er vist. Parasitterne er af typen "*Cryptocotyle lingua*" og forårsager sortpriksyge hos fiskene. Ud over parasitterne på skindsiden var fileterne af god kvalitet og stort set uden blodpletter.



Figur 2. Eksempel på parasitter på skindsiden af fileterne.

På figur 3 ses et billede af kødsiden af en filet, hvilket viser en meget pæn filet.



Figur 3. Eksempel på anvendte fileter.

Ved modtagelse af fileterne registreres længden og vægten af de enkelte fileter, hvorefter disse emballeres separat i plastposer. Herefter blev der foretaget en tilfældig opdeling af fileter til fryselagring, islagring og frys og islagring.

Islagring af fileterne foretages ved placering af fileterne i poser med is på over og underside, mens fileter, der skal fryselagres, indfryses i en pladefryser i 1½ time ved -30°C, idet poserne med fileter placeres i et enkelt lag på pladerne i fryseren. Efter indfrysning pakkes fileterne i flamingokasser og placeres i en fryser ved -20°C.

Inden analyse af de frosne fileter, optøs disse ved placering af fileterne på en rist i et kølerum (2-4°C) i 16-20 timer.

Under fryselagringen af fileterne registreres temperaturen ved placering af datalogger i 2 fileter. Temperaturlogningen viste, at indfrysning af fileter i 1½ time ved -30°C i pladefryseren samt optøning i 16 timer var tilstrækkeligt til en fuldstændig indfrysning og optøning. Yderligere viste temperaturlogning, at temperaturen under fryselagring blev holdt ved -20°C ± 2°C.

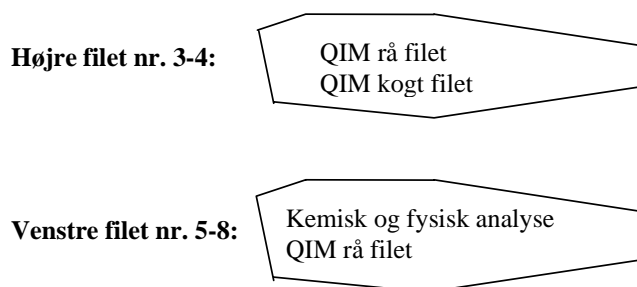
## 5 Analysemetoder

Ved analyse af torskefileterne anvendes en række fysiske, kemiske og sensoriske analyser, som i det tidligere FØTEK-projekt "Kvalitetsindikatorer" er fundet anvendelige til beskrivelse af kvalitetsforringelsen ved lagring af torskefileter. Der er således udført følgende analyser på fileterne:

Analyser	Analysemetoder
Kemiske:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TVN</li> <li>• TMA</li> <li>• pH</li> <li>• Tørstof</li> <li>• Saltopløselige proteiner (SOP)</li> </ul>
Fysiske:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vandbindingsevne</li> <li>• Vandtab v. filterpres</li> <li>• Vægttab v. lagring</li> <li>• Vægttab v. kogning</li> </ul>
Sensoriske:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• QIM rå filet</li> <li>• QIM kogt filet</li> </ul>

Tabel 1. Oversigt over anvendte analyser.

Analyserne fra tabel 1 udføres systematisk på de fileter, der indgår i forsøget. Fordelingen af analyserne på fileterne fremgår af figur 4 herunder.



Figur 4. Oversigt over fordelingen af analyser på de enkelte fileter.

Med hensyn til en yderligere beskrivelse af analyseparametre henvises til bilag 1. De anvendte QIM-skemaer er indsat i bilag 2.

Af figur 4 ses, at der laves kemiske og fysiske analyser på 4 fileter, der har gennemgået samme behandling, samt at der laves sensorisk bedømmelse på 6 rå fileter og på 2 kogte fileter.

Ud fra de enkelte behandlinger beregnes middelværdier, standardafvigelser og konfidensintervaller for middelværdierne for de enkelte analyser, hvilke fremgår af tabellerne i bilag 4, 5 og 6, hvor plot af de enkelte parametre til afspejling af tendenser m.m. ligeledes ses.

Konfidensintervallerne for middelværdierne anvendes i databehandlingen til afspejling af, hvorvidt der for den enkelte analyseparameter sker en signifikant udvikling i løbet af lagringsforløbet, samt til bedømmelse af om der er signifikant forskel på analyseparametrene for de forskellige behandlingsmetoder.

Idet der ved sensorisk bedømmelse af kogte fileter kun bedømmes 2 fileter, der har gennemgået samme behandling, vælges ikke at beregne konfidensintervaller for middelværdien for disse bedømmelser. Dette skyldes, at det vurderes, at to fileter er for få til afspejling af om ændringer i løbet af lagringsforsøget skyldes forskelle i det biologiske materiale eller forskelle grundet lagringen af fileterne. De sensoriske bedømmelser af kogte fileter anvendes således udelukkende til afspejling af tendenser i forsøgsmaterialet.

Formlerne til beregning af middelværdi, standardafvigelse og konfidensintervaller ses i bilag 3.

## 6 Analyseresultater

I forsøget er der analyseret for en række parametre, hvilket har resulteret i et omfattende datamateriale. På grund af datamateriales størrelse foretages analyse af resultaterne ved hjælp af multivariat dataanalyse, da dette giver mulighed for, at analysere mange parametre i samme arbejdsgang og derved giver et godt overblik over datamaterialet.

Yderligere anvendes multivariat dataanalyse til at fastlægge generelle tendenser i datamaterialet og til fastlæggelse af, hvilke analyseparametre, der er mest anvendelige til beskrivelse af de forandringer, der sker med fileterne ved fryse- og islagring i en periode på op til 12-15 dage samt ved islagring af optøede fileter.

Efter fastlæggelse af parametrene, der særligt ændres under lagringsforsøget, analyseres parametrene enkeltvis, for at fastlægge, om de enkelte parametre er tilstrækkelige til beskrivelse af kvalitetsforandringerne ved lagring af torskfileter.

Analyse af forsøgsresultaterne opdeles således i følgende afsnit:

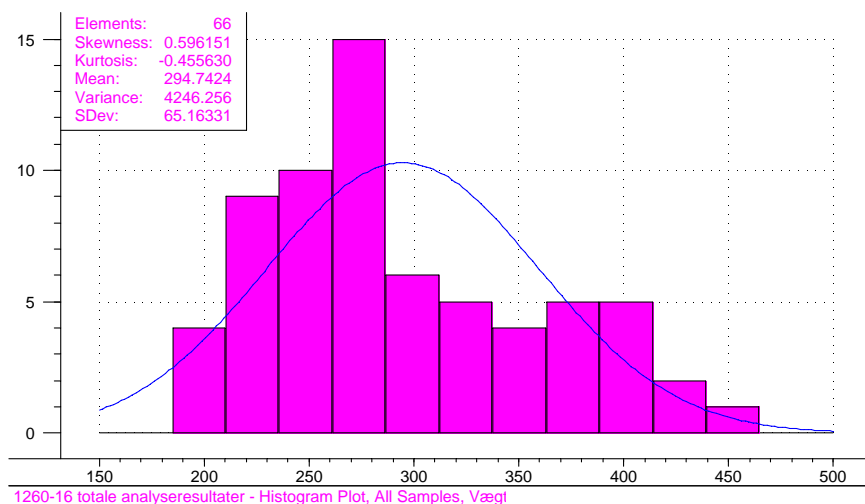
- Beskrivelse af råvaren
- Multivariat dataanalyse
  - Fastlæggelse af generelle tendenser ved PCA
  - Undersøgelse af, om de kemiske og fysiske analyser kan erstatte sensoriske analyser ved PLS 1
- Analyse af enkeltparametre

Multivariat dataanalyse udføres i programmet Unscrambler® version 7.6, mens analyse af enkeltparametre foretages i programmet Microsoft Excel 97.



## 7 Beskrivelse af råvaren

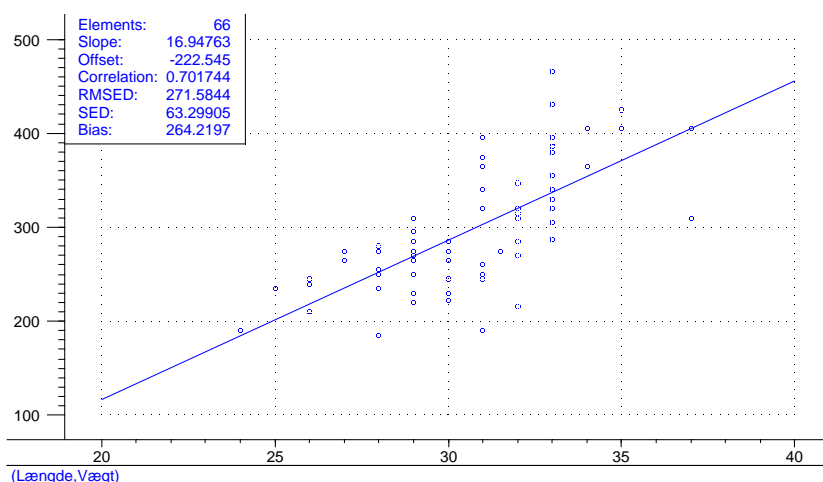
Ved beskrivelse af råvaren undersøges indledningsvist størrelsen på fileterne, samt om prøvematerialet er normalfordelt. Dette undersøges i figur 5, hvor fordelingen af vægten af fileterne ses.



Figur 5. Fordeling af vægten af fileterne. Vægten (g) er angivet på x-aksen, mens antal fileter med en bestemt vægt fremgår af y-aksen.

Af figur 5 ses, at vægten af fileterne ikke er normalfordelt, idet højden på søjlerne ikke følger den blå kurve. Yderligere ses, at vægten af fileterne varierer fra 190-455 gram, hvilket er en stor variation.

Idet fiskenes kondition har betydning for sammensætningen af fileterne, ønskes det at undersøge denne. Konditionen angiver forholdet mellem længde og vægt af hele fisk, men da fiskene til dette forsøg er modtaget som fileter, kendes længden og vægten af de hele fisk ikke. I stedet undersøges længde/vægtforholdet for fileterne, hvilket fremgår af figur 6.



Figur 6. Plot af vægten af fileterne som funktion af længden. Plottet anvendes som et udtryk for konditionen.



Af figuren ses, at der med hensyn til længde/vægt forholdet er en spredning på fileterne, hvilket skyldes store forskelle i det biologiske materiale. For at tage højde for forskellene i det biologiske materiale er der, som nævnt, analyseret på 6 fileter, der har gennemgået samme lagringsforløb. Det formodes dog ikke, at dette er tilstrækkeligt til fuldstændigt at kompensere for de biologiske variationer.

## 8 Multivariat dataanalyse

For at danne et overblik over datamaterialet og for at fastlægge hvilke parametre, der er mest beskrivende for datasættet, opstilles en principal komponent analyse (PCA) ved anvendelse af multivariat dataanalyse.

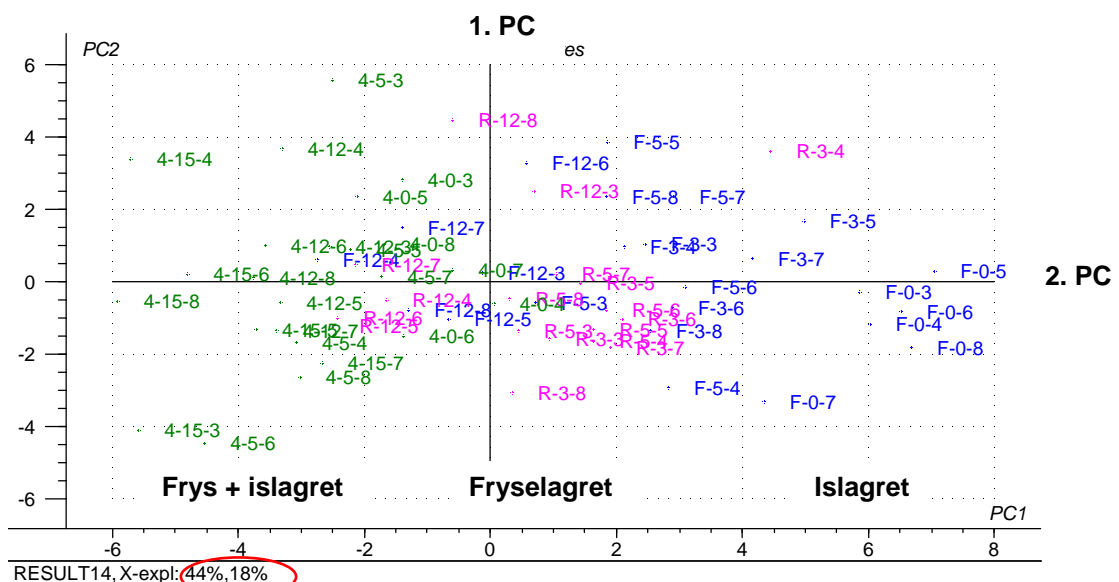
### 8.1 PCA-model til generel beskrivelse af datamaterialet

PCA-analysen laves ud fra et datasæt, der indeholder samtlige fileter som prøver og samtlige kemiske og sensoriske analyseparametre som variable. Dette resulterer i et datasæt med 66 fileter og 24 analyseparametre. De anvendte metoder til modellering og validering fremgår af bilag 7.1.

Ved opstilling af PCA-modellen undersøges datasættet for afvigere, idet der anvendes en række forskellige plot til identifikation heraf. Undersøgelse af afvigere resulterede i, at ingen prøver identificeres som værende en afviger (bilag 7.2).

Resultaterne fra PCA-analyser kan blandt andet illustreres i såkaldte "Score-" og "Loadingsplot". I "scoreplottet" vises de forskellige prøvers placering i forhold til hinanden og herved ses sammenhænge mellem prøverne. "Loadingsplottet" viser sammenhænge mellem analyseparametrene.

På figur 7 ses et scoreplot for 1. PC og 2. PC for PCA-modellen.



Figur 7. Scoreplot fra PCA-modellering. I plottet er de islagrede fileter (F) markeret med blå, mens de fryselagrede fileter (R) er markeret med violet og de frys- og islagrede fileter er markeret med grønt.



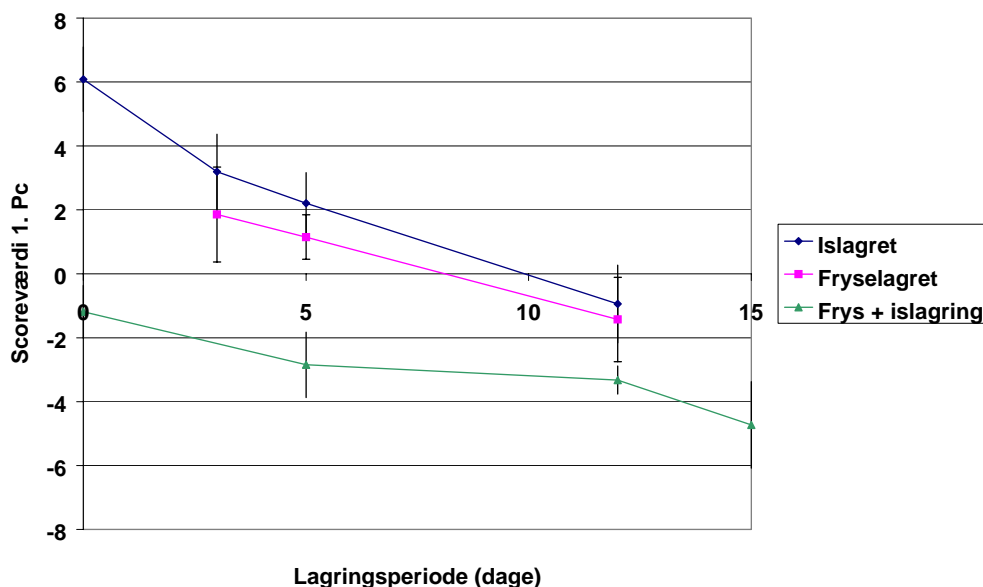
Ved multivariat dataanalyse kaldes akserne i plottene for principale komponenter eller PC'er. Den vandrette akse, der normalvis udgør X-aksen kaldes 1. PC, mens den lodrette akse kaldes 2. PC.

Ved betragtning af plottet på figur 7, skal der særligt lægges mærke til, at 1. PC forklarer 44 % af variationerne i datasættet, mens 2. PC forklarer 18 %, hvilket fremgår af linien under plottet. Der udspændes således en større del af variationen i datasættet langs 1. PC i forhold til 2. PC.

Ved betragtning af kodernes placering i scoreplottet ses, at de islagrede fileter placeres til højre i plottet, mens fileterne, der er lagret 4 uger ved  $-20^{\circ}\text{C}$  og herefter islagret, er placeret til venstre i plottet. De fryselagrede fileter, som ikke er islagrede, er placeret midt i plottet.

For de islagrede fileter og for de fryselagrede og efterfølgende islagrede fileter, er der en tendens til, at fileter lagret i korte perioder er placeret til højre i den enkelte gruppe, mens fileter lagret i f.eks. 12 dage er placeret til venstre i grupperne. Dette gælder også for de fryselagrede fileter, idet fileter lagret i 12 dage placeres ved lavere scoreværdier, end de øvrige fileter.

For at simplificere denne betragtning er den gennemsnitlige scoreværdi for de enkelte koder på figur 8 vist som funktion af lagringsperioden. På figuren er der med lodrette streger angivet 95 % konfidensintervaller for middelværdierne, idet disse anvendes til undersøgelse af hvorvidt ændringer i løbet af lagringsperioden eller forskelle mellem islagrede og optøede fileter er signifikante. Med betegnelsen "kode" menes de fileter, som har gennemgået samme lagringsforløb, eksempelvis de helt friske fileter, der er analyseret dag 0.



Figur 8. Illustration af gennemsnitlig scoreværdi for de islagrede, fryselagrede og fryse- og islagrede fileter som funktion af lagringsperioden. De lodrette streger angiver 95 % konfidensintervaller for middelværdierne.

Af figur 8 fremgår det, at scoreværdierne falder i løbet af de enkelte lagringsperioder. Yderligere ses, at kurven for fileterne, der både fryse og islagres, ligger på et lavere niveau end de øvrige kurver. Ved betragtning af konfidensintervallerne for de enkelte kurver ses dog, at scoreværdierne for fileterne, der både fryse- og islagres på dag 0 og 5, ikke er signifikant mindre end scoreværdierne



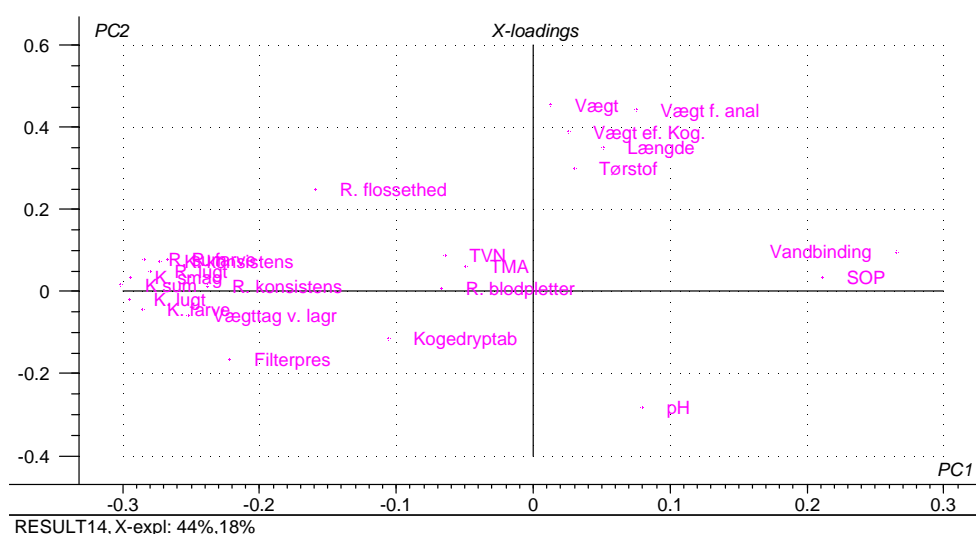
for de øvrige lagringsmetoder på dag 12. Dette ses ved, at konfidensintervallerne overlapper hinanden.

Yderligere ses af konfidensintervallerne, at den gennemsnitlige scoreværdi for de helt friske fileter signifikant ligger højere end de gennemsnitlige scoreværdier for de øvrige fileter.

Hvorvidt et fald i scoreværdier afspejler et fald i kvaliteten af fileterne undersøges ved opstilling af loadingsplot for 1. og 2. PC. Loadingsplottene giver ligeledes mulighed for undersøgelse af hvilke analyseparametre, der er mest beskrivende for datasættet.

## 8.2 Vurdering af analyseparametre

Loadingsplottet for 1. og 2. PC fremgår af figur 9.



Figur 9. Loadingsplot for PC1 vs. PC 2 fra PCA-modellering af samtlige prøver og samtlige analyser.

I loadingsplottet viser placeringen af analysemetoderne langt til højre eller venstre i plottet, at disse metoder forklarer en stor del af variationerne i datasættet mht. 1. PC og hermed størstedelen af de ændringer, der er sket ved is- og fryselagring af torskefileterne.

Ved betragtning af de sensoriske parametre angiver et "K", at der er tale om bedømmelse af kogte fileter, mens "R" angiver bedømmelse af rå fileter.

Idet en stor del af de sensoriske parametre samt parametrene "filterpres", "vægttab v. lagring", "vandbinding" og "saltopløselige proteiner (SOP)" er placeret længst til venstre og højre i plottet, er disse parametre mest beskrivende for datasættet.

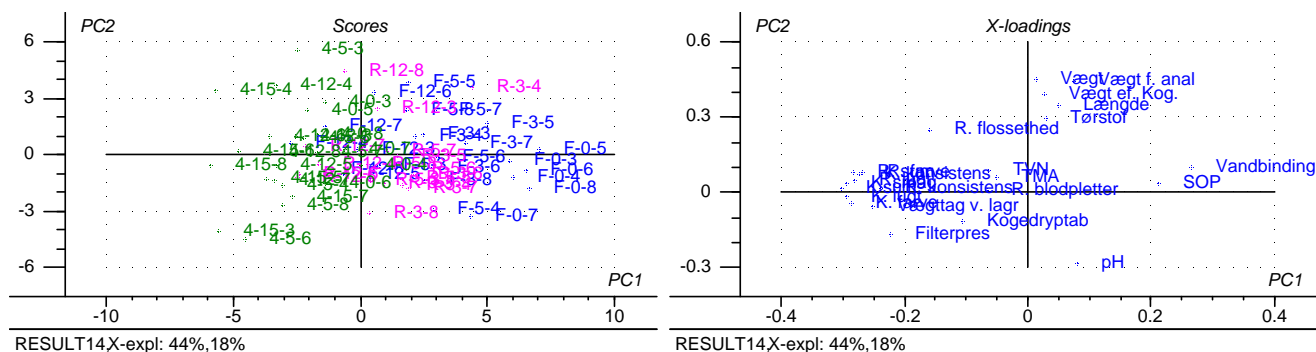
Vægt- og længdeparametrene ses i figuren angivet øverst til højre sammen med parameteren "tørstof". Placeringen øverst i plottet viser, at disse parametre beskriver størstedelen af variationen med hensyn til 2. PC hvilket udgør 18 % af variationerne i datasættet. Sammenlignet med parametrene, der beskriver variationerne mht. 1. PC, der forklarer 44 %, fremgår det, at vægtparametrene og tørstofindholdet ikke udspænder så store variationer som de øvrige. Parametrene er dog ikke uvæsentlige.





### 8.3 Kvaliteten af fileterne

Ved sammenligning af score og loadingsplot er det muligt, at fastlægge hvilket prøver, der har høje værdier i de enkelte analyser og således bestemme kvaliteten af de enkelte fileter. For at lette sammenligningen er score- og loadingsplottet for 1. og 2. PC angivet på figur 11.



Figur 11. Score og loadingsplot for 1. og 2. PC.

Ved sammenligning af score- og loadingsplot viser prøver, der i scoreplottet er placeret i samme områder som en bestemt analyseparameter i loadingsplottet, at den enkelte prøve har opnået en høj værdi ved den pågældende analyse.

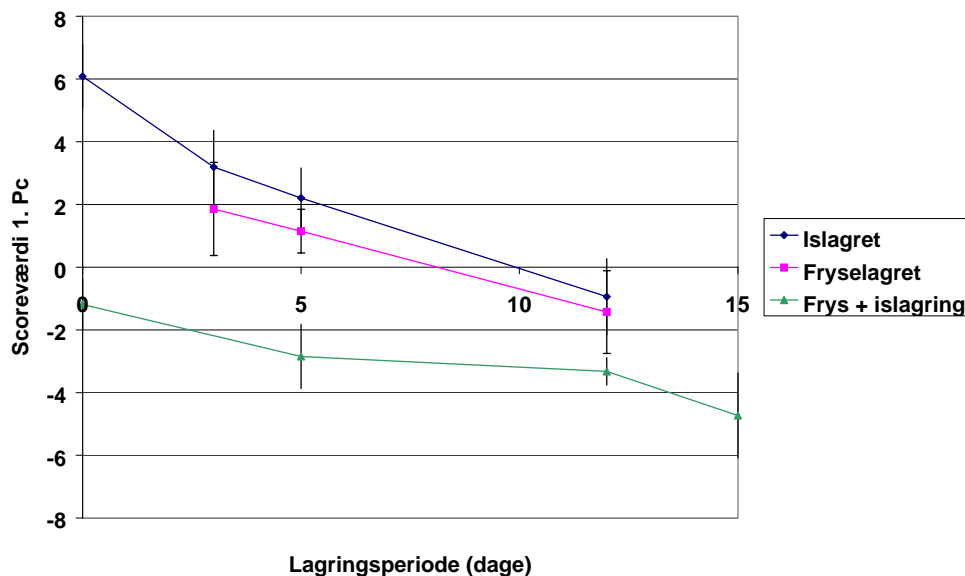
Det ses således, at de friske fileter (F-0), der er placeret langt til højre i scoreplottet, har en stor vandbindingsevne og et stort indhold af saltopløselige proteiner, mens prøver, der er placeret langt til venstre i scoreplottet, har opnået høje værdier i de sensoriske analyser, et stort vægttab ved lagring og et stort vandtab ved filterpres, sammenlignet med de øvrige prøver.

Da høje værdier i de sensoriske analyser er ensbetydende med en dårlig sensorisk kvalitet, er det på nuværende tidspunkt muligt at fastlægge, at en høj scoreværdi på 1. PC er ensbetydende med en god sensorisk kvalitet, mens et fald i scoreværdien på 1. PC illustrerer en forringelse af den sensoriske kvalitet.

Ved at betragte scoreværdierne for de enkelte behandlinger endnu engang, kan det nu fastlægges, hvilke opbevaringsmetoder, der er mest hensigtsmæssige, når man ønsker at opretholde en god sensorisk kvalitet.



Scoreværdierne for 1. PC for de enkelte koder angives derfor endnu engang på figur 12.



Figur 12. Gennemsnitlig scoreværdi for de forskellige lagringsmetoder som funktion af lagringsperioden. 95 % konfidensintervaller for middelværdierne er angivet med lodrette streger.

Af figur 12 ses, at de helt friske fileter (blå kurve dag 0) har den bedste sensoriske kvalitet (grundet høje scoreværdier) samt, at kvaliteten af de fryselagrede og de islagrede fileter er næsten ens på de enkelte analysedage (rød og blå kurve). Ved betragtning af konfidensintervallerne for de enkelte behandlinger ses, at der ikke er forskel på de islagrede og de fryselagrede fileter efter 3 dages lagring. Yderligere ses, at fileter med dårligst sensoriske kvalitet er de fileter, der fryselagres i 4 uger hvorefter de islagres (grøn kurve).

Figuren viser også, at forlængelse af en fryselagringsperiode fra 12 dage til 4 uger ikke giver en øget kvalitetsforringelse, idet scoreværdierne for disse fileter er ens. (Sammenligning af sidste punkt på den røde kurve og første punkt på den grønne kurve).

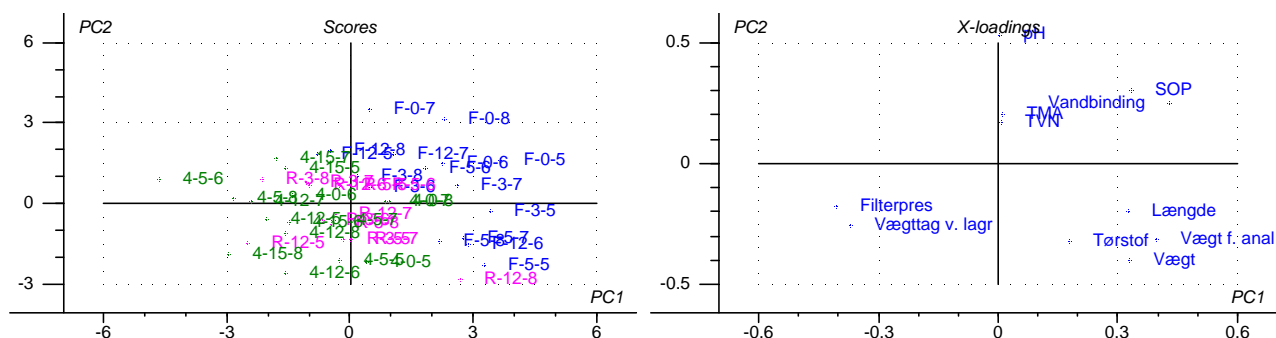
Ved betragtning af hældningerne på kurverne i figuren ses, at islagrede fileter, der i forvejen har været frossen i 4 uger, har en langsommere kvalitetsforringelse end islagrede friske fileter. Dette ses ved, at hældningen på kurven for de "frys + islagrede fileter" er mindre end hældningen på kurven for de islagrede fileter.



#### 8.4 PCA-modellering af kemiske og fysiske data

Anvendelse af sensoriske analyser er forbundet med usikkerhed. Derfor opstilles en PCA-model udelukkende ud fra de kemiske og fysiske analyseresultater, da dette giver mulighed for at undersøge disse analyseparametre nærmere.

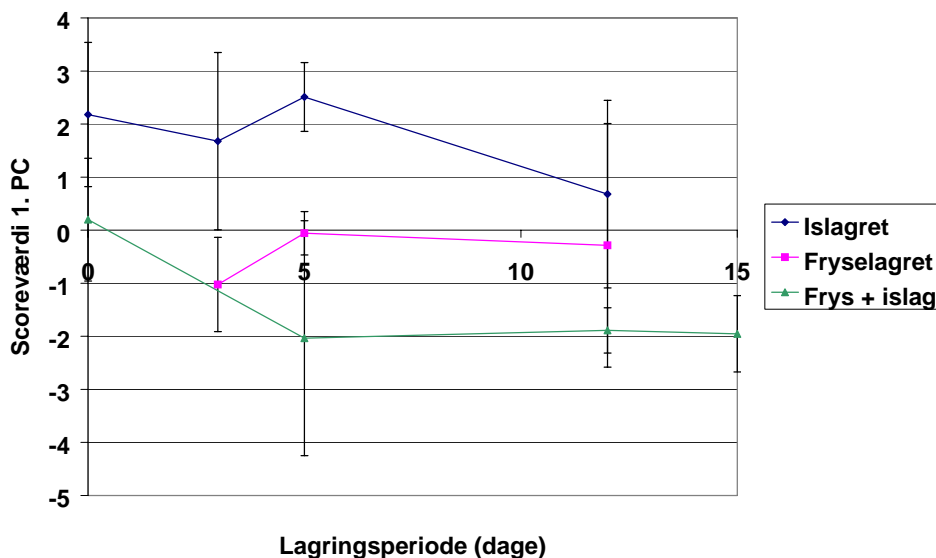
På figur 13 ses et score- og et loadingsplot for de første 2 PC'er for PCA-modellen, hvor det udelukkende er de kemiske og fysiske analyser, der modelleres. I scoreplottet er prøverne farvet efter lagringsmetode.



Figur 13. Scoreplot og loadingsplot for PC1 og PC2 fra PCA-modellering af datasættet indeholdende kemiske analyseparametre.

Af scoreplottet ses, at fileter, der kun er islagret, adskiller sig fra de øvrige, idet de islagrede fileter har en større vandbindingsevne og et større indhold af saltopløselige proteiner.

For at eftervise en eventuel systematisk udvikling i scoreværdierne for første PC, optegnes disse som funktion af lagringsperioden, hvilket fremgår af figur 14.



Figur 14. Scoreværdier for 1. PC, fra modellering af de kemiske og fysiske analyseparametre, som funktion af lagringsperioden. De lodrette streger angiver 95 % konfidensintervaller for middelværdierne.



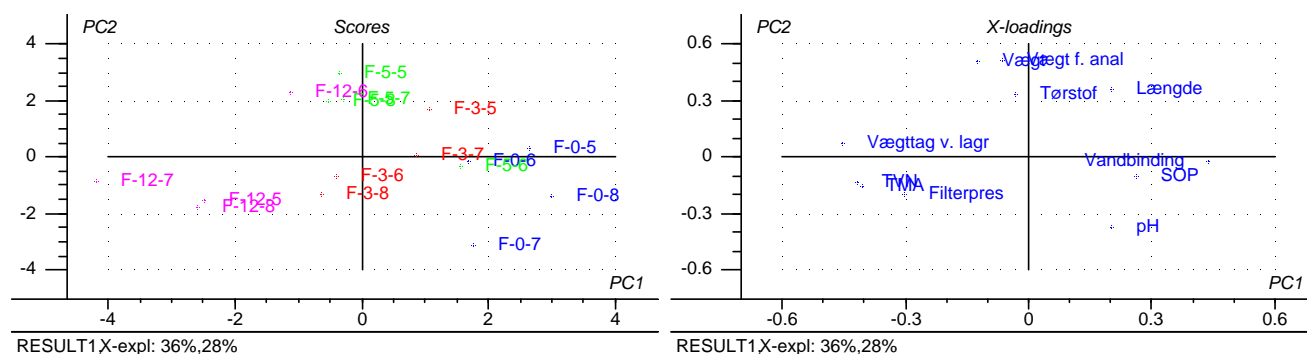
Af figur 14 ses, at det ved modellering af de kemiske og fysiske analyseparametre for alle lagringsforløb ikke er muligt, at opnå en systematisk udvikling i scoreværdierne afhængigt af lagringsperiodens længde for de enkelte lagringsmetoder mht. 1. PC. I stedet ses af figuren, at de islagrede fileter har en højere scoreværdi end fileter, der har været fryselagret eller både fryse- og islagrede. Grundet brede konfidensintervaller ved nogle af behandlingerne, er denne tendens ikke signifikant.

Adskillelsen af fileter, der har været frosset, fra fileter, der er islagret, skyldes et større indhold af saltopløselige proteiner, større vandbindingsevne, mindre vandtab ved filterpres og mindre vægttab ved lagring for fileter, der kun er islagret. Dette stemmer overens med tidligere fundne resultater og med teorien omkring frysning af fisk og fileter.

For yderligere undersøgelse af ændringerne ved de forskellige lagringsmetoder, opstilles separate PCA-modeller for lagringsmetoderne. Til de separate PCA-modeller medtages de sensoriske analyser ikke.

### 8.5 PCA-model islagrede fileter 1. periode

For at undersøge kvalitetsforandringer ved islagring af fileter opstilles en separat model for denne gruppe. Score og loadingsplot for PC 1 og 2 ses på figur 15.



Figur 15. PCA-modelering af kemiske analyser for de islagrede fileter.

I scoreplottet på figur 15 er de enkelte scores farvet efter lagringsperiodens længde. Af figuren ses en systematisk variation i placeringen af de enkelte scores, idet friske fileter ses helt til højre, mens fileter, lagret i 12 dage, ses til venstre i plottet.

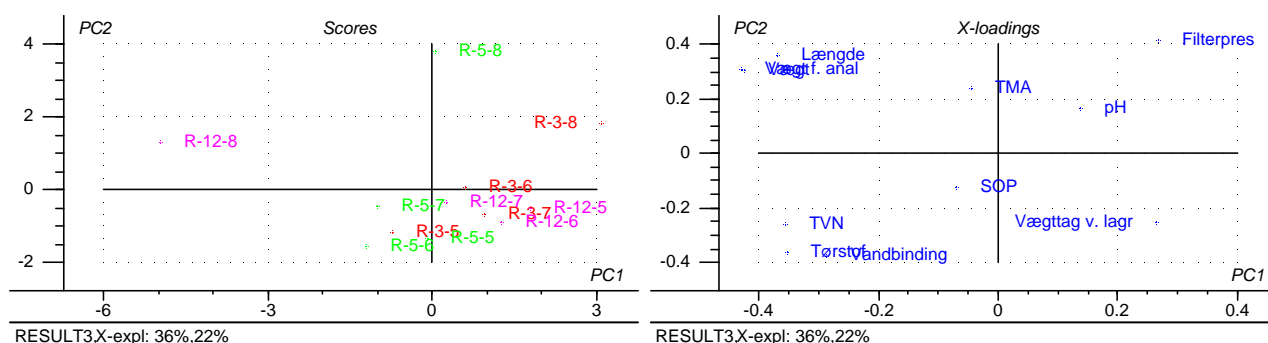
Af loadingsplottet ses, at grunden til opdeling efter lagringsperiodens længde langs med 1. PC skyldes, at prøver lagret i 12 dage har et højere TVN og TMA indhold og et højere vægttab v. lagring. Yderligere ses, at de friske fileter har et højere indhold af saltopløselige proteiner og en bedre vandbindingsevne.

Der er således mange parametre, som er beskrivende for kvalitetsforandringerne ved islagring af torskefileter.



## 8.6 PCA-model fryselagrede fileter

På figur 16 ses et score- og et loadingsplot for PC 1 og 2, for fileter, der fryselagres.



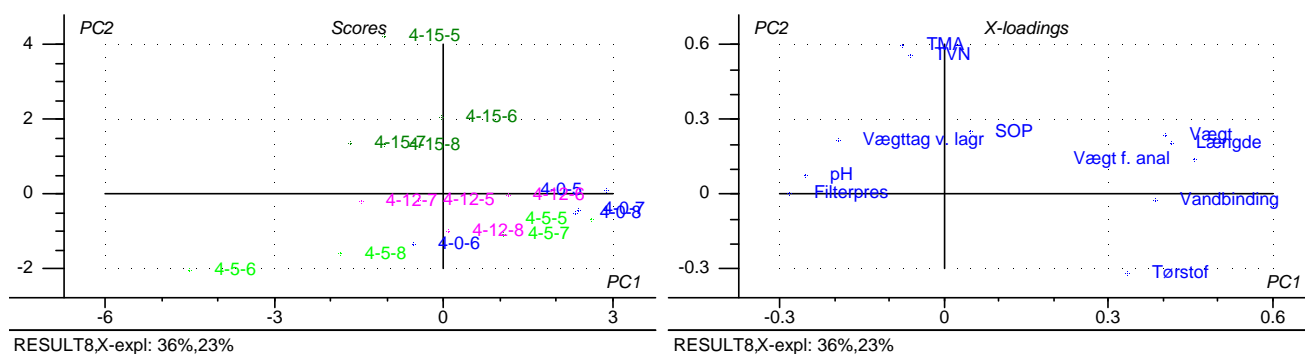
Figur 16. PCA-modellering af kemiske analyser for de fryselagrede fileter.

Af plottene på figur 16 ses, at filet R-12-8 afviger fra de øvrige, idet denne filet er større og længere end de øvrige fileter. Ellers ses, at der ikke er systematik i placeringen af de enkelte koder i forhold til fryselagringsperiodens længde.

Idet der ikke ses systematik i forhold til lagringsperiodens længde er der ud fra de kemiske- og fysiske analyseparametrene ikke sket en kvalitetsændring ved forlængelse af fryselagringsperioden fra 3 til 12 dage.

## 8.7 PCA-model for fileter der både fryse- og islagres.

PCA-modellen for fileter, der både fryselagres og islagres ses på figur 17.



Figur 17. PCA-modelering af kemiske analyser for de islagrede fileter. Scoreplottet er farvet efter islagringsperiodens længde.

Af scoreplottet i figur 17 ses, at de optøede fileter, der efterfølgende er islagret i 15 dage, grupperes øverst i plottet. Ved sammenligning med loadingsplottet ses at denne placering skyldes et stort indhold af TVN og TMA i disse prøver. Parametrene TVN og TMA er derfor mest anvendelige til beskrivelse af forandringer ved fryse- og efterfølgende islagring af torskefileter.

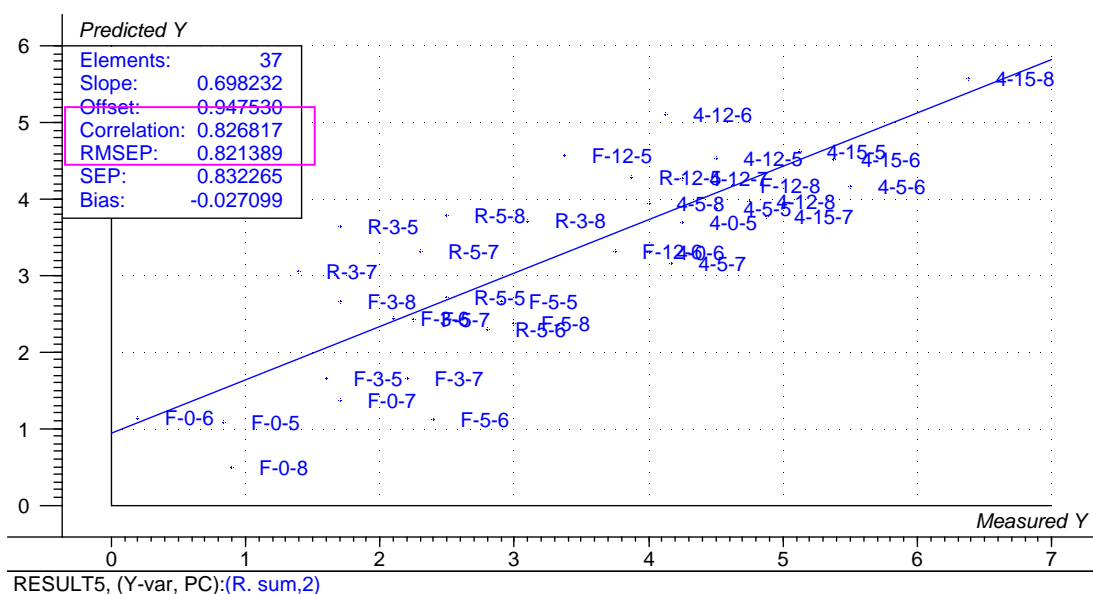


## 8.8 PLS1-modeller til forudsigelse af sensorisk kvalitet

Idet det ønskes at undersøge, hvorvidt de kemiske og fysiske analyser er anvendelige til afspejling af den sensoriske kvalitet af en rå filet, opstilles en PLS1-model til undersøgelse heraf.

Ved PLS1-modellering af datasættet er der mulighed for at undersøge, hvorvidt bestemte analyse-data er anvendelige til bestemmelse af en fastlagt parameter. I dette tilfælde vil vi undersøge, om det ud fra PLS1-modellering af datasættet, er muligt at fastlægge en sensorisk kvalitet, hvorfor denne parameter anvendes som en såkaldt y-variabel. Yderligere anvendes de kemiske og fysiske analysedata som såkaldte X-variable.

Ved modelleringen fjernes 7 prøver grundet afvigelse, hvorefter sammenhængene mellem beregnede og målte værdier, som fremgår af figur 18, opnås.



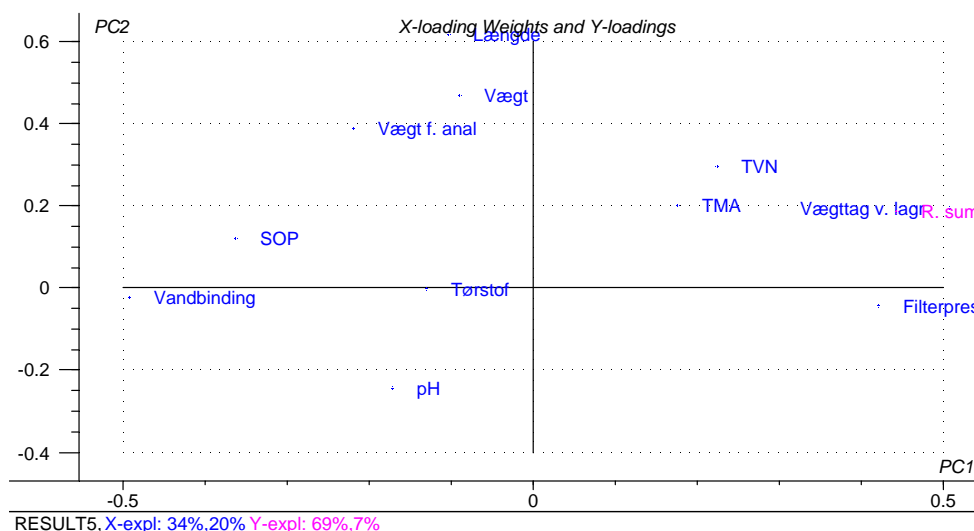
Figur 18. Prædikteret vs. målt QIM rå (sum).

Af figur 18 ses, at der ved anvendelse af 2 PC'er opnås en korrelation mellem beregnede og målte værdier på 0,83. I optimale tilfælde er korrelationen 1, men en værdi på 0,83 er udemærket.

RMSEP-værdien (*Root Mean Square Error of Prediction*), der aflæses til 0,82 på figuren, viser, at det ud fra modellen er muligt at beregne, den sensoriske bedømmelse med en nøjagtighed på 0,82 point. Da den sensoriske bedømmelse af rå fileter kan variere fra 0-12 point vurderes, at en nøjagtighed på 0,82 point er godt.



Ved afbildning af et loadingsplot undersøges hvilke parametre, der er mest beskrivende for den sensoriske kvalitet.



Figur 19. Loadingsplot for PLS1-modellering af QIM rå (sum).

Af loadingsplottet ses, at særligt parametrene vandbinding, SOP, TVN, vægttab v. lagring og filterpres ser ud til at være anvendelige til forudsigelse af den sensoriske kvalitet af en rå filet.

Undersøgelse af signifikante parametre til beskrivelse af QIM rå (sum) foretages ligeledes ved anvendelse af en såkaldt Jack-Knifing metoder som udføres i programmet Unscrambler. Ved anvendelse af denne metode findes, at parametrene vandbindingsevne, vandtab v. filterpres, saltopløselige proteiner, TVN, vægttab v. lagring og vægt v. modtagelse er signifikante mht. beskrivelse af den sensoriske bedømmelse af de rå fileter.

Ved PLS1-modellering af QIM rå (sum) er der således fundet sammenhænge mellem en del af de fysiske og kemiske analyser og den sensoriske bedømmelse af rå fileter.

Hvorvidt dette ligeledes er tilfældet ved den sensoriske beskrivelse af kogte fileter er også relevant at undersøge. Dette kræver dog, at samtlige analyser laves på samme filet eller, at både venstre og højre filet fra de enkelte fisk haves. Da dette ikke er tilfældet i dette forsøg, kan der ikke opstilles en PLS1-model for QIM kogt (sum).



## 8.9 Konklusion på multivariat dataanalyse

Ved analyse af fileternes kvalitet ud fra kemiske og sensoriske parametre er det fundet, at den sensoriske kvalitet for samtlige lagringsmetoder forringes i løbet af lagringsperioderne.

Med hensyn til resultaterne fra de sensoriske analyser, skal der gøres opmærksom på, at de sensoriske analyser udføres af internt personale på Højmarklaboratoriet, hvorfor dommerne kender en del af baggrunden for forsøget og ved, hvorvidt de bedømmer nyfangede fisk eller fisk, der har været lagret en periode. Disse faktorer har en stor psykologisk virkning på dommerne, hvilket selv trænet personale sandsynligvis ikke kan abstrahere fuldstændigt fra. Tendensen til kvalitetsforringelse kan således til dels skyldes psykologiske påvirkninger af dommerne, men der kan også være tale om virkelige kvalitetsforringelser, som ikke i alle tilfælde afspejles af de kemiske analyser.

Ud fra PCA-modelleringen af både de sensoriske og fysisk/kemiske analysedata kan der konkluderes følgende:

- De helt friske fileter (F-0) er af den bedste kvalitet, mens fileterne, der både is- og fryselagres er af dårligst kvalitet.
- Kvaliteten af højkvalitets frossen filet, fryselagret i 3-12 dage svarer til kvaliteten af islagrede fileter lagret i en tilsvarende periode.
- Der kan ikke ses forskel på kvaliteten af filet, fryselagret i 12 eller 28 dage.
- Fileter, der fryselagres i 4 uger og herefter islagres i 5-15 dage vurderes at være af lavere kvalitet end de øvrige fileter.
- Kvalitetsforringelsen af optøede fileter, som efterfølgende islagres går langsommere end kvalitetsforringelsen af ferske fileter.
- Samtlige analyseparametre med undtagelse af R. blodpletter er beskrivende for forsøgsmaterialet.

Ved PCA-modellering udelukkende af de kemiske analyseparametre konkluderes følgende:

- Størstedelen af kvalitetsforskellen på fryselagrede eller islagrede fileter afspejles ud fra vandbindingsevnen, vandtab ved filterpres, indholdet af saltopløselige proteiner og vægttabet ved lagring.
- Kvalitetsforringelse af islagrede fileter afspejles ud fra TVN, TMA, lagringsdryptab, filterpres, vandbinding, SOP og pH.
- Eventuelle kvalitetsforandringer i de optøede fileter, der ikke islagres, afspejles udelukkende ud fra de sensoriske analyser.
- Kvalitetsforandringer ved islagring af optøede fileter afspejles ud fra TVN og TMA samt evt. ud fra SOP og vægttab ved lagring.

Ved PLS1-modellering, hvor det undersøges, hvorvidt de fysiske og kemiske analyser er anvendelige til afspejling af den sensoriske kvalitet af rå filet, kan konkluderes, at den sensoriske kvalitet af rå fileter, ud fra de kemiske og fysiske parametre kan fastlægges med en nøjagtighed på 0,82 point, hvilket stort set svarer til usikkerheden på den sensoriske analysemetode.



## 9 Analyse af enkeltparametre

Ud fra multivariat dataanalyse er samtlige analyseparametre, med undtagelse af "R. blodpletter", fundet anvendelig til beskrivelse af forskellen på islagrede- og fryselagrede fileter og kvalitetsforringelserne ved lagring af fileterne.

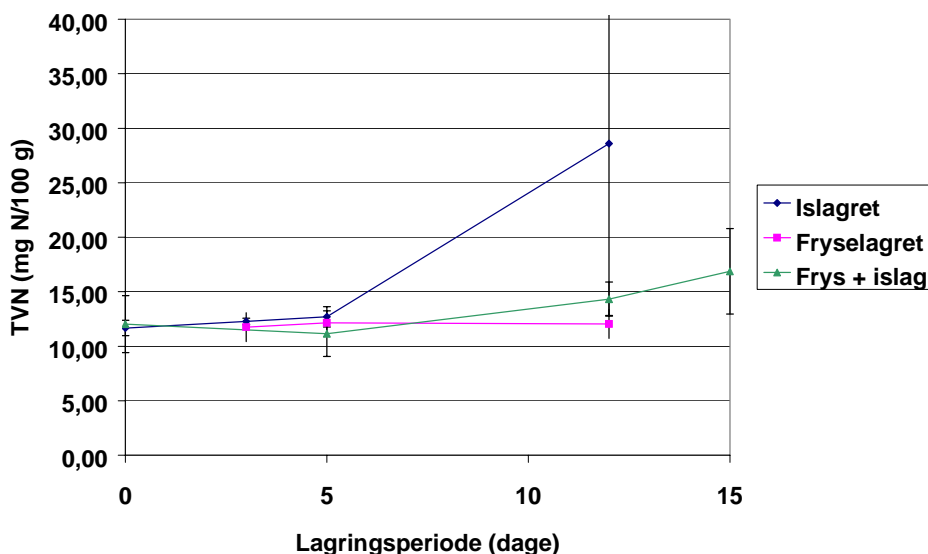
Ved analyse af enkeltparametre medtages de parametre, som enkeltvis viser særlige tendenser i datamaterialet. I bilag 4-6 ses plot af samtlige enkeltparametre.

Ved analyse af enkeltparametre betragtes følgende kemiske og fysiske parametre:

- TVN
- TMA
- Vandbindingsevne
- SOP

### 9.1 TVN-indhold

På figur 20 er TVN-indholdet i fileterne vist som funktion af lagringsperiodens længde. Kurverne er optegnet ud fra middelværdierne for de enkelte koder og med de lodrette streger angives 95 % konfidensintervaller for middelværdierne. Konfidensintervallerne giver mulighed for bedømmelse af, hvorvidt der er signifikant forskel på TVN-indholdet afhængigt af lagringsforløbet.



Figur 20. Gennemsnitlig TVN-indhold som funktion af lagringsperioden. De lodrette streger angiver 95 % konfidensintervaller.

Af figur 20 ses, at der for TVN-indholdet er væsentlig forskel på de tre lagringsmetoder, idet TVN-indholdet i de fryselagrede fileter forbliver på et lavt niveau gennem hele lagringsperioden, mens TVN-indholdet i de islagrede fileter stiger mellem dag 5 og dag 12.

For fileter, der både fryse- og islagres, ses en lille stigning i TVN-indholdet mellem dag 5, 12 og 15. Denne stigning er dog langt fra så kraftig som ved fileter, der kun islagres.

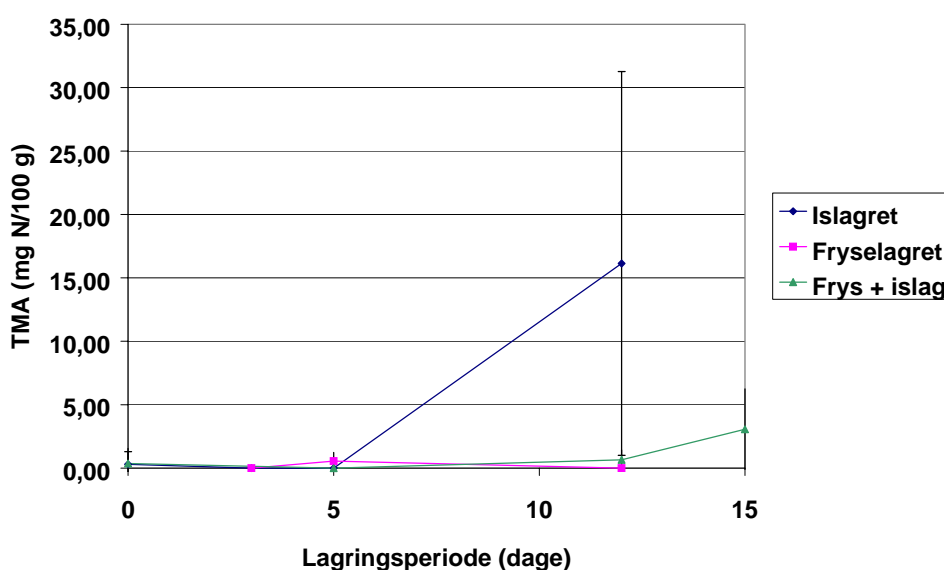


Da den vejledende grænseværdi for TVN-indholdet i torskeprodukter til konsum er 35 mg N/100 g, kan det ud fra figur 20 ses, at selv efter 12 dages islagring er denne grænse ikke overskredet. Ved betragtning af konfidensintervallerne på bestemmelserne for de islagrede fileter på dag 12 ses dog, at TVN-værdien i nogle prøver vil ligge over den vejledende grænseværdi.

Fastlæggelse af, hvornår der med hensyn til TVN-indholdet i fileterne opnås en gevinst ved indfrysning af fileterne, kan ikke fuldstændig foretages ud fra forsøget. Det kan dog konstateres, at der ved en lagringsperiode på 5 dage ikke er forskel på TVN-indholdet ved de tre lagringsmetoder, hvilket er tilfældet efter 12 dages lagring.

## 9.2 TMA-indhold

På figur 21 er TMA-indholdet i fileterne vist som funktion af lagringsperiodens længde.



Figur 21. Gennemsnitlig TMA-indhold som funktion af lagringsperioden. De lodrette streger angiver 95 % konfidensintervaller.

Af figur 21 ses, at der på dag 12 er stor forskel på TMA-indholdet i fileter, der islagres i forhold til fileterne, der lagres ved de øvrige lagringsmetoder. Yderligere ses, at først mellem dag 12 og 15 begynder TMA-indholdet i fileterne, der både fryse- og islagres at stige.

Ved at sammenholde resultaterne med den vejledende grænseværdi for TMA-indholdet i torsk, der anvendes til konsum, på 10-30 mg N/100 g <sup>[Kilde 4]</sup>, konstateres, at TMA-værdien i fileter, der islagres i 12 dage, kommer op over den nedre vejledende grænseværdi på 10 mg. Hvorvidt der tidligere i lagringsperioden opnås fileter med et TMA-indhold over 10 mg N/100 g, kan ikke fastlægges ud fra forsøget.

Med hensyn til TMA-indholdet i fileterne kan det konkluderes, at islagring i 12 dage medfører et indhold over 10 mg N/100 g, hvilket ikke er tilfældet for fryselagrede fileter eller fileter, der islagres efter en fryselagringsperiode.



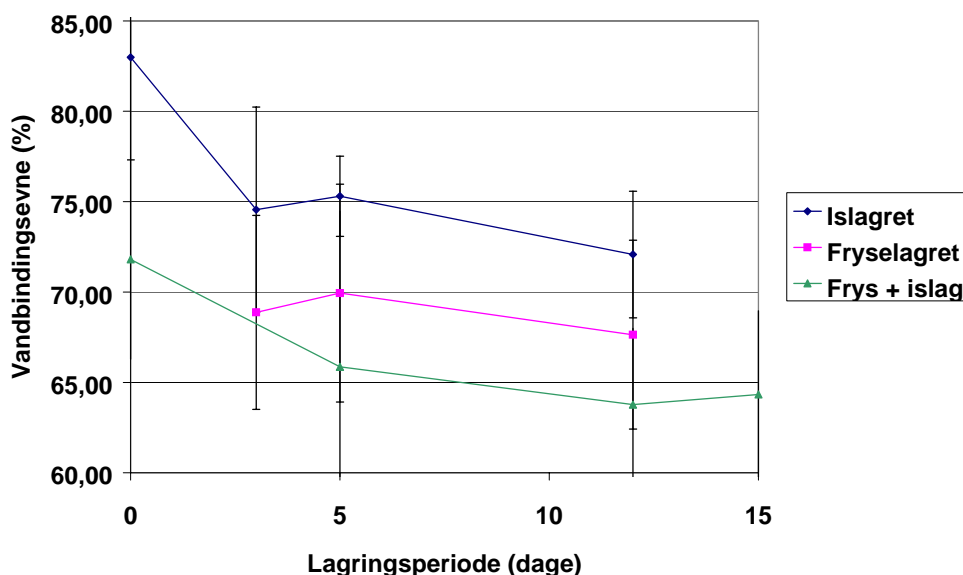
### 9.3 Vandbindingsevne

Vand er den kvantitativt vigtigste komponent i torskefileter. Vandet bindes i proteinerne og proteinerne evne til at fastholde væske i muskulaturen falder over tid, med faldende spisekvalitet til følge.

I fersk fisk er vandbindingsevnen afhængig af fiskes fysiske kondition, hvilken igen afhænger af årstid, kønsmodenhed og gydning<sup>[kilde 4]</sup>. Også forhold omkring fangst og fangstbehandling har betydning for vandbindingsevnen.

Under indfrysning og fryselagring af fisk sker der en dehydrering og denaturering af proteinerne i fisken, hvorfor vandbindingsevnen falder. For optøede fisk afspejler vandbindingsevnen proteinerne faldende evne til at opsuge udfosset væsvæske under optøningen.

Hvorvidt ovenstående afspejles i det udførte forsøg, undersøges ved afbildning af vandbindingsevnen for fileterne, som funktion af lagringsperioden, hvilket fremgår af figur 22.



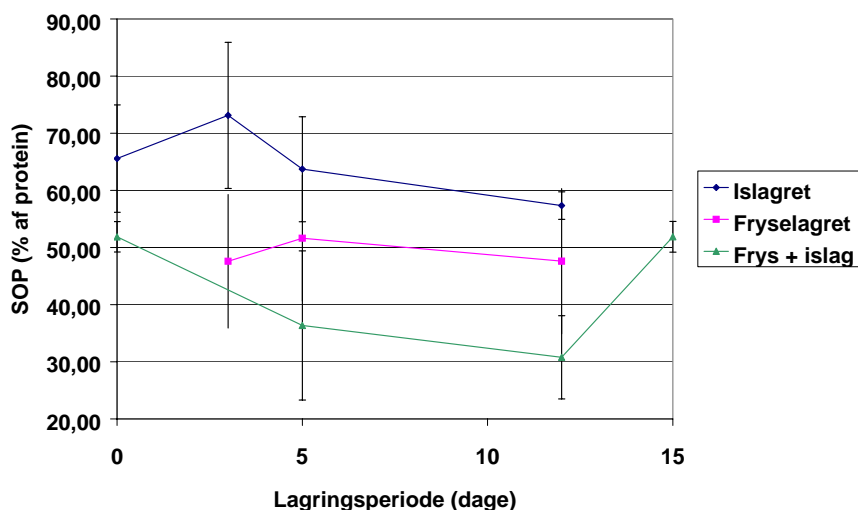
Figur 22. Vandbindingsevnen som funktion af lagringsperioden. De lodrette streger angiver 95 % konfidensintervaller.

Af figur 22 ses, at vandbindingsevnen for de islagrede fileter generelt er højere end vandbindingsevnen for de fryselagrede og de fryse- og islagrede fileter, hvilket ligeledes er fundet ved tidligere forsøg med is- og fryselagring af torsk. Konfidensintervallerne på bestemmelserne viser dog, at forskellen på de islagrede og de øvrige fileter ikke er signifikant, hvorfor det ikke ud fra vandbindingsevnen er muligt at fastlægge, om en filet har været is- eller fryselagret. Dog kan det ud fra forsøget fastlægges, at der er en tendens til, at der sker et fald i vandbindingsevnen ved indfrysning af fileter.



#### 9.4 Saltopløselige proteiner

Indholdet af saltopløselige proteiner i fileterne har ud fra multivariat dataanalyse, ligeledes vist tendenser til at være anvendelig til adskillelse af is- og fryselagrede koder, hvorfor dette undersøges nærmere i figur 23.



Figur 23. Indholdet af saltopløselige proteiner som funktion af lagringsperiodens længde. De lodrette streger angiver 95 % konfidensintervaller.

Ud fra figuren ses, at indholdet af saltopløselige proteiner er størst i de islagrede fileter og mindst i fileterne, der både is- og fryselagres. Niveauforskellene mellem de forskellige lagringsmetoder er dog ikke entydig, hvorfor det ud fra metoden ikke er muligt fuldstændigt at adskille is- og fryselagrede fileter.



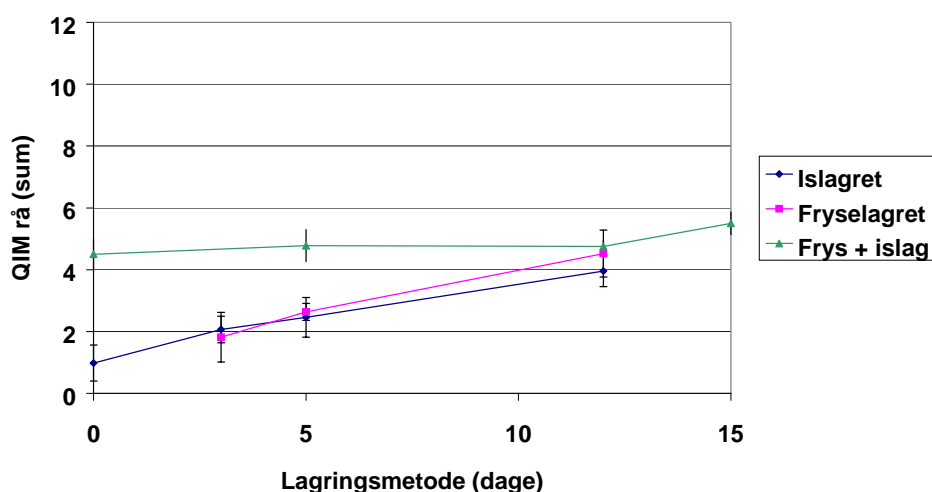
## 9.5 Sensoriske bedømmelser

Ved betragtning af de sensoriske bedømmelser er det valgt at kigge på:

- QIM rå (sum)
- QIM kogt (sum)

## 9.6 QIM rå (sum)

På figur 24 er resultaterne fra QIM rå (sum) analyserne vist som funktion af lagringsperiodens længde.



Figur 24. QIM rå (sum) som funktion af lagringsperioden. De lodrette streger angiver 95 % konfidensintervaller.

Ved QIM-bedømmelser angiver en lille værdi, at fileterne har en god kvalitet, mens en høj værdi angiver dårlig kvalitet. QIM rå sum kan maksimalt nå op på 12 point.

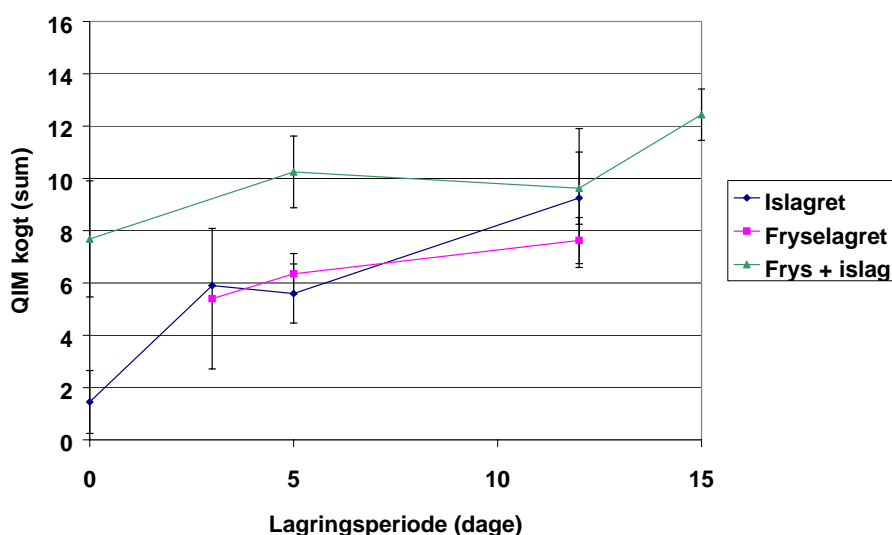
Af kurverne i figur 24 ses, at der, både ved bedømmelse af islagrede og fryselagrede fileter, er tendens til stigende bedømmelseskarakter i løbet af lagringsperioden, hvilket svarer til en dårligere sensorisk bedømmelse. Ved bedømmelse af fileter, der både fryse- og islagres, ses denne tendens ikke, idet disse fileter har fået en stabil sensorisk bedømmelse gennem hele forløbet.

Yderligere ses af figuren, at den sensoriske opfattelse af fileter, der enten is- eller fryselagres er stort set ens i hele periode fra 3-12 dage og at de helt friske fileter vurderes at være af højeste kvalitet. Kvaliteten af de friske fileter er dog ikke signifikant bedre end kvaliteten af de islagrede og de fryselagrede fileter dag 3.



### 9.7 QIM kogt (sum)

På figur 25 er bedømmelsen af QIM kogt (sum) angivet som funktion af lagringsperioden. På kurven er der med lodrette streger angivet spredningerne på målingerne for således at danne et billede af usikkerheden. For disse bestemmelser er det som beskrevet tidligere valgt ikke at beregne 95 % konfidensintervaller, idet der kun er bedømt 2 fileter pr. behandling.



Figur 25. QIM kogt (sum) som funktion af lagringsperioden. De lodrette streger angiver spredningerne på målingerne.

Af figuren fremgår det, at kvaliteten af de islagrede og de fryselagrede fileter ud fra den sensoriske bedømmelse af kogte fileter er ens, og at der er tendenser til, at kvaliteten falder i løbet af lagringsperioden. Yderligere ses, at der er tendens til, at fileter, der både fryse- og islagres, er af dårligst kvalitet. Ved flere af bedømmelserne er der dog store spredninger på de enkelte koder.

### 9.8 Konklusion på analyse af enkeltparametre

Ved afbildning af parametrene TVN og TMA ses en meget tydelig stigning i værdierne for de islagrede fileter mellem dag 5 og 12, mens værdien for de fryselagrede fileter, som forventet, forbliver lav. Dette afspejler, at kvaliteten af den frosne råvare forbliver på samme niveau ved kort tids fryselagring, hvilket viser, at der opnås et mere stabilt produkt ved frysning end ved islagring.

Ved betragtning af fordærvelsesforløbet for de optøede fileter, der islagres i op til 15 dage ses, at først efter dag 12 sker der en væsentlig udvikling i TVN og TMA-indholdet, hvorfor islagring af tidligere optøede fileter giver et mere stabilt produkt end islagring af ferske fileter, med hensyn til indholdet af TVN og TMA.

Ved plot af de sensoriske parametre ses der ingen fordele ved fryselagring i stedet for islagring, idet kvaliteten af de to koder følger hinanden. Yderligere har de optøede fileter, som efterfølgende islagres, fået en dårligere sensorisk bedømmelse end de øvrige fileter.

Både multivariat dataanalyse og analyse af enkeltparametre fastslår, at forskellen på islagrede og fryselagrede fileter særligt afspejles i indholdet af saltopløselige proteiner og vandbindingsevnen, hvor de islagrede fileter opnår de højeste resultater.



## 10 Konklusion

Formålet med forsøget omkring is- og fryselagring af torskefileter var følgende:

1. Hvilke kvalitetstab/gevinster opnås ved frysning af torskefileter i forhold til islagring af fileter?
  - Kemiske/fysiske kvalitetsforandringer
  - Sensoriske kvalitetsforandringer
2. Hvordan er fordærvelsesforløbet for optøet filet som efterfølgende islagres?
  - Kemiske/fysiske kvalitetsforandringer
  - Sensoriske kvalitetsforandringer
3. Er de kemiske og fysiske analyser anvendelige til afspejling af den sensoriske kvalitet af torskefileter?

Ud fra databehandlingen af forsøget kan følgende konkluderes:

Ad 1: Ved betragtning af kvalitetsforandringer mellem optøede og islagrede fileter, der er lagret i op til 12 dage, er det fundet, at både de islagrede og de optøede fileter er spiselige efter 12 dages lagring. Kvalitetsforandringerne ved lagring af fileterne afspejles særligt ud fra parametrene TVN og TMA, idet det efter 12 dages lagring konstateres, at fileter, der er lagret på is har et væsentligt højere TVN- og TMA- indhold end fileter, der er fryselagret. Da der ikke er lavet målinger på fileterne efter 6-11 dages lagring, vides det ikke, hvornår der, med hensyn til disse parametre, opnås en forbedring af kvaliteten ved fryselagring af fileter fremfor islagring.

Kvalitetsforskellen, der afspejles i TVN- og TMA- indholdet i de forskellige fileter, afspejles ikke i de sensoriske bedømmelser, idet kvaliteten af fileter, der islagres ligger på højde med kvaliteten af fileter, der fryselagres.

Ad 2: Forringelse af kvaliteten af optøede fileter, der efterfølgende islagres afspejles ud fra et stigende TVN- og TMA - indhold i løbet af islagrings perioden. Indholdet af TVN og TMA stiger dog meget langsomt i de optøede fileter, der islagres, i forhold til ferske fileter, der islagres. Yderligere ses en svag forringelse af den sensoriske kvalitet på kogte, frost- og islagrede fileter mellem dag 12 og 15.

Generelt ses, at optøede fileter der efterfølgende islagres i op til 15 dage resultere i et mere stabilt produkt, end ferske fileter der islagres. Stabiliteten i produktet ses ved, at de mikroorganismer, der danner TMA under islagring islagring, efter en fryselagringen ikke længere er så aktive, som i fileter, der ikke har været fryselagret.

Fileterne der både fryse- og islagres har dog opnået den dårligste sensoriske bedømmelse.



Ad 3: Undersøgelsen af, hvorvidt den sensoriske bedømmelse af torskfileter kan forudsiges ud fra de kemiske og fysiske analyser, er foretaget ved opstilling af en PLS1-model til forudsigelse af QIM rå (sum).

Modellen resulterede i, at det ud fra de kemiske og fysiske analyser er muligt, at forudsige den sensoriske bedømmelse af rå fileter med en nøjagtighed på 0,82 point. Da denne nøjagtighed ligger på højde med den generelle nøjagtighed af sensoriske bedømmelser, er modelleringen tilfredsstillende og det kan konkluderes, at den sensoriske bedømmelse af rå fileter kan forudsiges ud fra de øvrige analyser.

Der er således i fremtidige forsøg mulighed for, at anvende de kemiske og fysiske analyser til at underbygge eller erstatte den sensoriske bedømmelse af rå fileter.

Hvorvidt det er muligt at forudsige den sensoriske bedømmelse af kogte fileter ud fra en bedømmelse af den rå, kan ikke fastlægges ud fra dette forsøg, men dette bør undersøges nærmere idet erfaringer viser, at sensorisk bedømmelse af kogte fileter ofte er bedre end sensorisk bedømmelse af rå fileter.



## 11 Litteraturliste

1. Eriksson L. et al: Multi- and megavariate Data Analyses – Principles and Applications. Umetrics Academy 2001. ISBN: 91-973730-1-X
2. Esbensen, Kim H.: Multivariate Data Analysis -in practice. CAMO ASA, 5. udgave 2001. ISBN 82-993330-2-4
3. Fiskeriministeriets Forsøgslaboratorium: Sensoriske bedømmelsesmetoder til frossen torsk, 1994.
4. Huss. H. H.: Kvalitet og kvalitetsændringer i fersk fisk. Danmarks Fiskeriundersøgelser, 1999. ISBN: 87-88041-73-3.
5. Højmarklaboratoriet A/S: Analyseforskrift for bestemmelse af vandbindingsevne på fiskefars, notat 1099, januar 1996.
6. Højmarklaboratoriet A/S: Analysemetoder til vurdering af mince kvalitet, Rapport nr. 6, Aug. 1996.
7. Højmarklaboratoriet A/S: Kogning af filet af torskefisk, notat juni 1998.
8. Højmarklaboratoriet A/S: Optøning af hel frossen torskefisk, notat juni 1998.

