 SINTEF Energi AS Postboks: 4761 Sluppen Postadresse: 7465 Trondheim Resepsjon: Sem Sælands vei 11 Telefon: 73 59 72 00 Telefaks: 73 59 72 50 www.sintef.no/energi Organisasjonsnr.: NO 939 350 675 MVA		NOTAT					
		GJELDER		BEHANDLING	UTTALELSE	ORIENTERING	ETTER AVTALE
OPTIMAL LAGRING AV TØRRFISK Måling av sorpsjonsisotermer		GÅR TIL					
ANTALL SIDER 9		GRADERING Åpen		Frank Jakobsen, FHL Tørrfiskforum Frode Frydenlund, SINTEF Energi AS Ola M. Magnussen, SINTEF Energi AS			
ELEKTRONISK ARKIVKODE 100915135923		FORFATTER Ingrid Camilla Claussen					
PROSJEKTNR. 16X792.03		DATO 2010-09-29					
AVDELING Energiprosesser		BESØKSADRESSE Kolbjørn Hejes vei 1D		LOKAL TELEFAKS 73593950			

1 Bakgrunn

Måling av sorpsjonsisotermer av tørrfisk er en del av prosjektaktiviteten i prosjektet "Optimal lagring av tørrfisk" hvor målet er *å sikre og utvikle nye lagringsformer for tørrfisk slik at tørrfiskbransjen kan gå over til lagring i mer kontrollerte former, for å sikre kvalitet og redusere vekt tapet under lagring.*

2 Innledning

Vann spiller en viktig rolle i forhold til egenskapene til en matvare. Vannet i matvaren påvirker teksturen til matvaren i tillegg til den kjemiske stabiliteten. Flere kjemiske reaksjoner som skjer under lagring er knyttet til tilgjengeligheten av vann. Samtidig er den mikrobiologiske aktiviteten også avhengig av hvor mye vann matvaren inneholder, og jo mere vann som fjernes fra et produkt dess lengre er holdbarheten til produktet mtp mikrobiologisk ødeleggelse. Ved tørking av fisk økes derfor den mikrobiologiske holdbarheten betraktelig.

2.1 Vannaktivitet

Tilgjengeligheten av vann i en matvare er gitt ved vannaktivitet (a_w). Vannaktiviteten er definert som forholdet mellom vandamptrykket over produktet (p) og vandamptrykket over rent vann (p_0) ved en gitt temperatur. Formelen for vannaktivitet er gitt ved:

$$a_w = \frac{p}{p_0}$$

Forskjell i vannaktivitet mellom to systemer (feks mat og luft) er et mål for den drivende kraften for utveksling av vannmolekyler mellom disse to systemene. Vannaktiviteten definerer retning for

endring, men ikke hvor mye systemene endrer seg. Vann flyttes fra et system med høy vannaktivitet til lavere vannaktivitet når temperaturen i systemene er den samme.

Innstiltes det likevekt mellom produkt og omgivende luft (feks i et lagerrom), så kan prosent relativ fuktighet til lufta brukes til å beregne vannaktiviteten i matvaren. Dette gir:

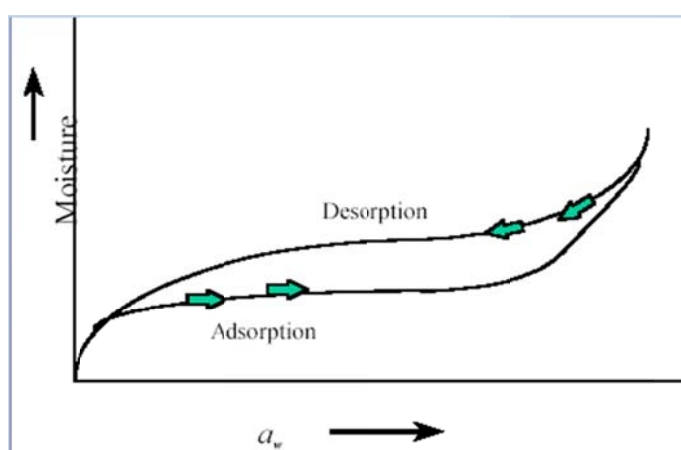
$$a_w = \frac{\%RH}{100}$$

Det kan imidlertid ta lang tid før det innstilles likevekt mellom et næringsmiddel og lufta rundt produktet, og likevekten er sterkt avhengig av hvor lett produktet kan avgi og oppta vann.

2.2 Sorpsjonsisoterm

Sorpsjonsisotermen sier noe om sammenhengen mellom vannaktivitet (tilgjengeligheten av vann i et produkt) og vanninnholdet i produktet. Vanninnholdet i seg selv er ikke nok til å definere hvor holdbart et produkt er; et produkt kan ha høyt vanninnhold men allikevel være relativt holdbar pga at vannaktiviteten er lav. Et eksempel er syltetøy hvor det tilsettes sukker som senker vannaktiviteten i produktet.

Sorpsjonsisotermen er spesifikk for den enkelte produktgruppe og produkt, men den vil kunne endre seg noe med temperaturen ut fra hvor lett produktet har for å avgi og oppta fuktighet. For tørrfisk med vanninnhold mellom 20 og 30 % vil en anta at forskjellen i sorpsjon er liten ved lagring mellom 5 og 10 °C. Tørket fisk (tørrfisk tørket på tradisjonelt vis) er lite hygroskopisk og er lite porøst, noe som gjenspeiles ved utvanning av ferdig tørket tørrfisk som er en langsom prosess.



Figur 1 Generell sorpsjonskurve

På grunn av sammenhengen mellom vannaktivitet og relativ fuktighet, vil sorpsjonsisotermen kunne gi oss svar på hvilke lagringsbetingelser som egner seg best for å holde produktet stabilt. Kurven over viser en generell sorpsjonsisoterm for en matvare. Under tørking (desorpsjon) vil produktets vannaktivitet være lavere ved et gitt vanninnhold enn under oppfuktning (adsorpsjon). Det betyr at et tørket produkt som har tatt opp vann pga fuktig omgivende luft har dårligere holdbarhet enn et produkt som har avgitt fuktighet til omgivelsene pga lav relativ luftfuktighet. En forklaring er at produktets karakter endres under tørkeprosessen, (bla krymping) som medfører at

tilført fuktighet er mer løst bundet til produktet enn før tørking. I et tørrfisk lager bør tilstrebe stabile lagringsforhold, og unngå fuktig luft som kan medføre dannelse av mugg på overflaten av produktet.

2.3 Tørking av fisk på hjell - ettertørking

Fisk til tørrfisk produksjon henges sløyd og hodekappet på hjell i perioden mars – mai. Tørkeprosessen foregår under varierende klima/værforhold og er en svært langsom prosess. Vann transporteres fra det indre av fisken til skinn- og bukside hvor det fordampes. Vanntransporten ser ut til å være langsom og tørkeprosessen ser ut til å være avhengig av dette. Om tørkeforholdene er gode vil derfor overflaten raskt bli tørr og dette sikrer at det er liten grad dannes mugg og sopp eller at bakterier angriper overflaten av fisken.

Tørkeprosessen for tørrfisk er i lite undersøkt i med hensyn til tørkehastighet, vanntransport og fordamping fra overflaten. Tørkepotensialet er avhengig av de kreftene som driver vann mot overflaten av fisken. Dette vil medføre en variasjon i vanninnhold innover i fisken avhengig av tørkehastigheten. Når fisken tas ned fra hjell er gjennomsnittlig vanninnhold ca 30 %, men vanninnholdet vil variere i forhold til tykkelsen, med mest vann i de tykke partiene av fisken. Ettertørking på lager bør derfor skje langsomt for å få utjevnet fuktigheten i fisken uten at tynne partier i fisken blir sterkt overtørket. Dette kan kanskje oppnås ved å tilstrebe en luftfuktighet tilsvarende den likevektsfuktigheten en ønsker å oppnå i sluttproduktet ved ett ønsket vanninnhold (vanninnhold mellom 20 og 25 % ?). Vanninnhold lavere enn 20 % medfører tapte inntekter pga lavere vekt og dårligere kvalitet.

3 FORSØK

Utfra ”Plan for sorpsjonsisotermene” [1] og en etterfølgende reduksjon av prosjektet skulle disse parametrene varieres:

1 fiskeslag	torsk
1 sortering	IG – Italia Grande (55-60 stk pr 50 kg, dvs. 825-925g)
2 opphav	Værøy og Henningsvær
2 tidspunkt for henging	tidlig og seint i sesongen
3 individ	3 fisk pr opphav og hengetidspunkt
1 temperatur	5°C

Det var ønske om finne sorpsjonsisotermen for tørrfisk lagret ved 5°C. Sintef har selv ikke utstyr som kan måle sorpsjon lavere enn 10°C. Et annet poeng var å la flere miljø analysere i parallell for å unngå at det hele tok for lang tid. Ut fra dette ble det bestemt at 2 eksterne firma skulle måle sorpsjon direkte vha et instrument (DVS, Dynamic Vapour Sorption) som måler vektendring av en produktprøve i et lukket kammer med kjent luftfuktighet. Dette utstyret er tilpasset lave temperaturnivå og skal i utgangspunktet kunne gjennomføre de ønskede analyser.

Sintef preparerte tørrfiskprøvene til de 2 svenske miljøene (6 små prøver til hver) som skulle gjennomføre sorpsjonsanalyser.

I tillegg til de små prøvene ble det gjennomført tørkeforsøk med hele fisk i lab hos Sintef. Ved å ettertørke hjelletørket fisk videre ved kontrollerte forhold, vil en kunne finne likevektsfuktigheten for produktet. Ut fra målinger av vektendring under tørking, tørketemperatur og luftfuktighet vil en kunne beregne sorpsjonsisotermen til fisken ved en bestemt temperatur. I prosjektet er tørkeforsøk blitt utført på torsk i størrelsen 0,70 - 1,2 kg ved å holde tørketemperaturen konstant på 10°C og variere luftfuktigheten (RH = 25, 50 og 75 %). Tørkeforsøkene ble bestemt på bakgrunn av tidligere resultater i prosjektet ”Optimal lagring av klippfisk” utført i samarbeid med

Bacalao Forum, hvor nytteverdien i tørkeforsøkene lå i å kunne dimensjonere og å gi forslag til utforming av optimal lager for klippfisk. I tillegg ble det utført målinger av sorpsjonsisotermer av tørrfisk i prosjektet TR A6084 "Måling av sorpsjonsisotermer for tørrfisk" [2].

Men disse siste erfaringene har det vist seg at det er utfordrende å måle sorpsjon ved lave temperaturer. Forsøkene tar da svært lang tid og det medfører betydelige kostnader og binder opp kapasitet i laben. Med hel fisk blir dette enda mer utfordrende.

4 RESULTATER

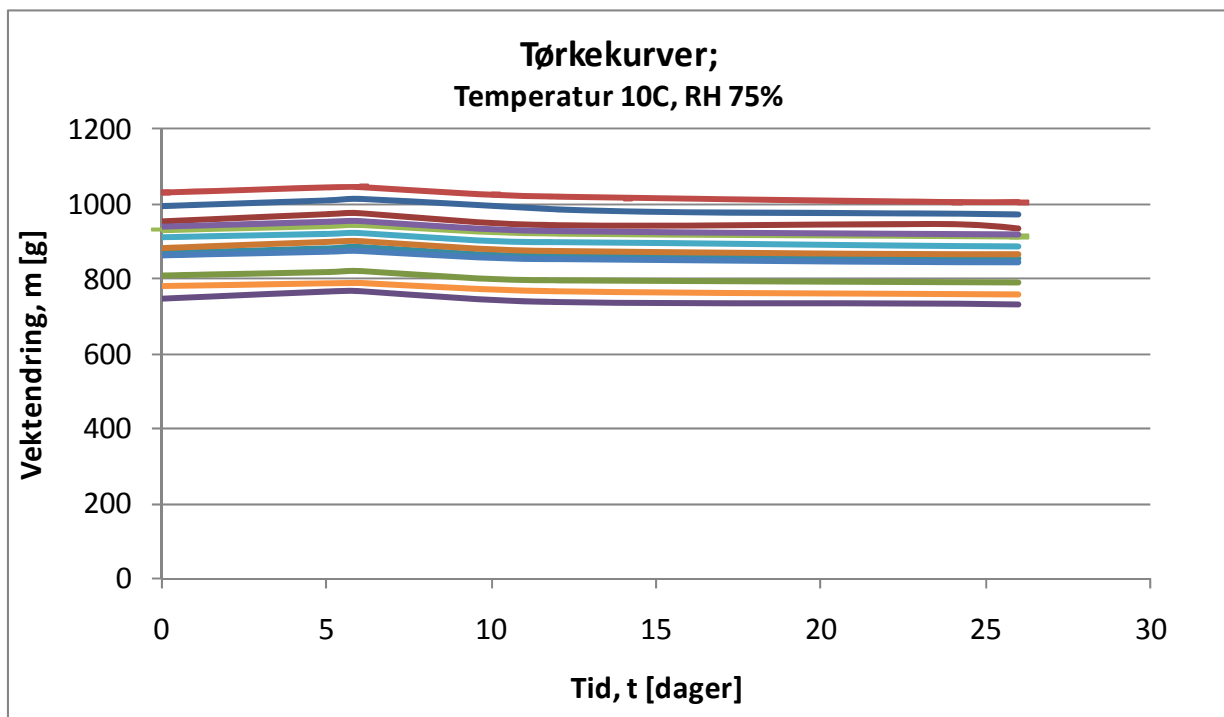
4.1 Måling av vanninnhold

Vanninnholdet ble målt fra 6 individ a 3 parallelle målinger, som vist i tabell 1. Fisken som ble brukt til måling av vanninnhold var alle hengt "seint", dvs siste parti fisk som ble hengt på hjell (april 2010). Snittvanninnholdet av fiskene var 38,5 % som ble brukt i alle forsøk videre.

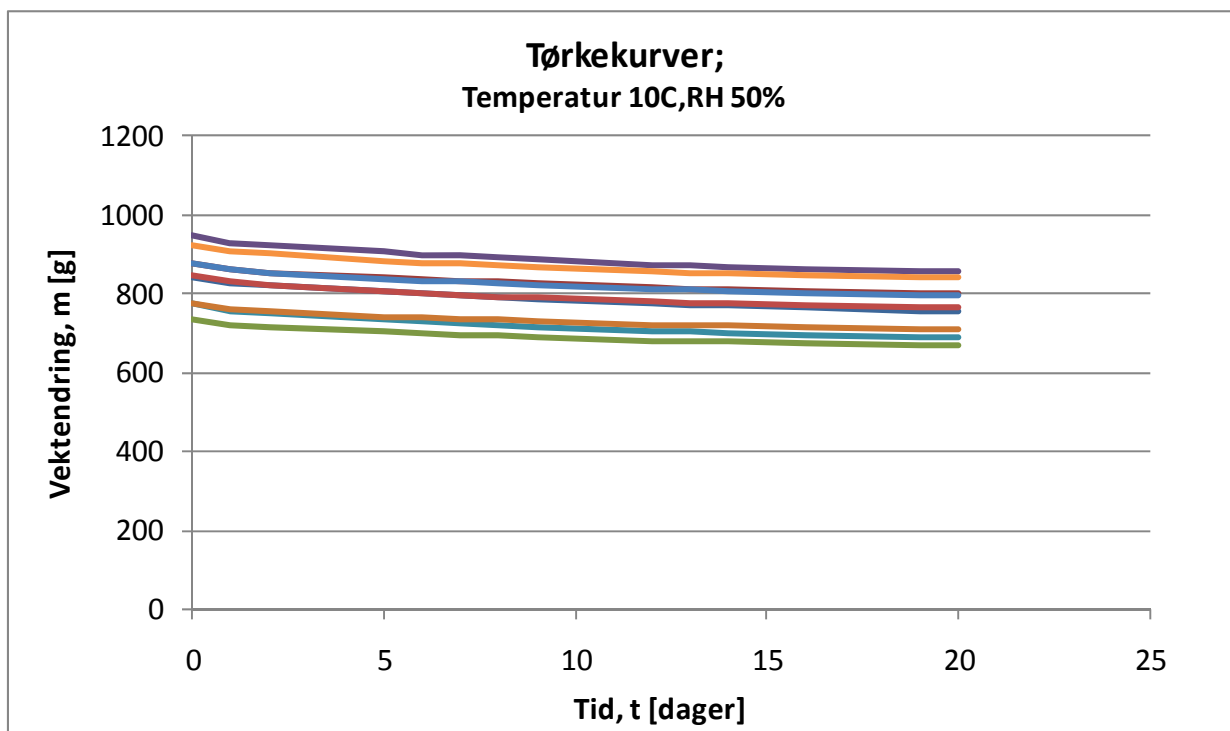
Tabell 1: vanninnhold

Fisk #	Parallell	Vanninnhold W [%]	Snitt	Snitt alle
25	a	38,6	36,1±2,6	38,5±4,2
	b	36,4		
	c	33,4		
19	a	41,6	43,8±2,4	
	b	43,4		
	c	46,4		
13	a	31,4	32,5±2,3	
	b	35,2		
	c	30,9		
38	a	38,3	37,3±1,1	
	b	37,4		
	c	36,2		
2	a	37,9	39,3±1,4	
	b	39,3		
	c	40,6		
9	a	43,0	42,0±1,3	
	b	42,4		
	c	40,6		

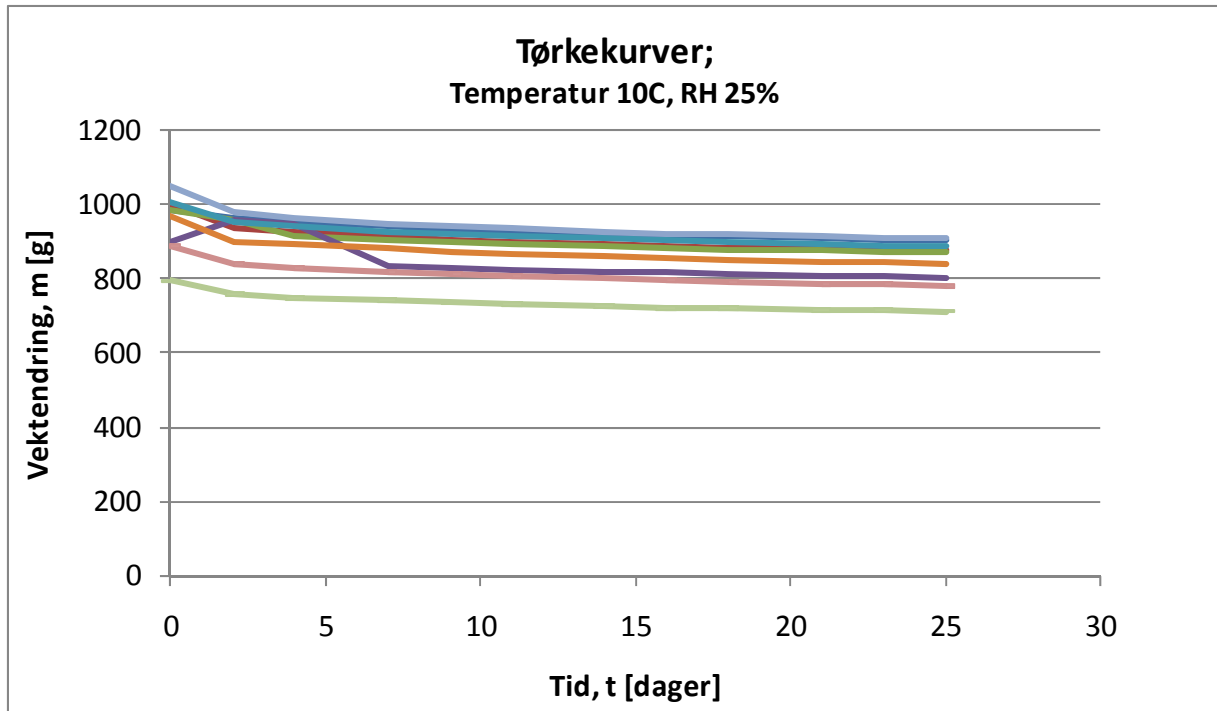
4.2 Tørkekurver



Figur 2 Tørkekurve for hjelletørket tørrfisk tørket ved 10°C og 75 % RH



Figur 3 Tørkekurve for hjelletørket tørrfisk tørket ved 10°C og 50 % RH



Figur 4 Tørkekurve for hjelletørket tørrfisk tørket ved 10°C og 25 % RH

Figurene 2-4 viser tørkekurver for hjelletørket fisk med startvanninnhold omkring 38,5 %. Totalt 12 fisk ble benyttet i hvert forsøk. Tørketemperaturen ble satt til 10 °C da det erfaringsmessig er lettere å holde konstant relativ fuktighet i tørkekammer ved 10 °C i forhold til 5 °C. Tørking ved 75 % luftfuktighet gir en vektøkning i starten av tørkeperioden. Forsøket ble utført som det siste av de 3 forsøkene og grunnen til vektøkningen kan ligge i at produktet allerede var tørket noe under lagring. Uansett viser kurven liten endring i vekt etter 25 dager tørking. Ved 50 og 25 % relativ luftfuktighet i tørkekammer ser en større endringer i vekt. Tabell 2 viser snittvanninnhold i prøver etter 10 dager tørking ved forskjellige tørkebetingelser.

Tabell 2 Vanninnhold i fiskeprøver etter 10 dager tørking ved forskjellige tørkeforhold

Tørkeparametre	Vanninnhold, W [%]
75 % RH / 10 °C	37,90 ± 0,13
50 % RH / 10 °C	26,12 ± 1,45
25 % RH / 10 °C	32,13 ± 1,07

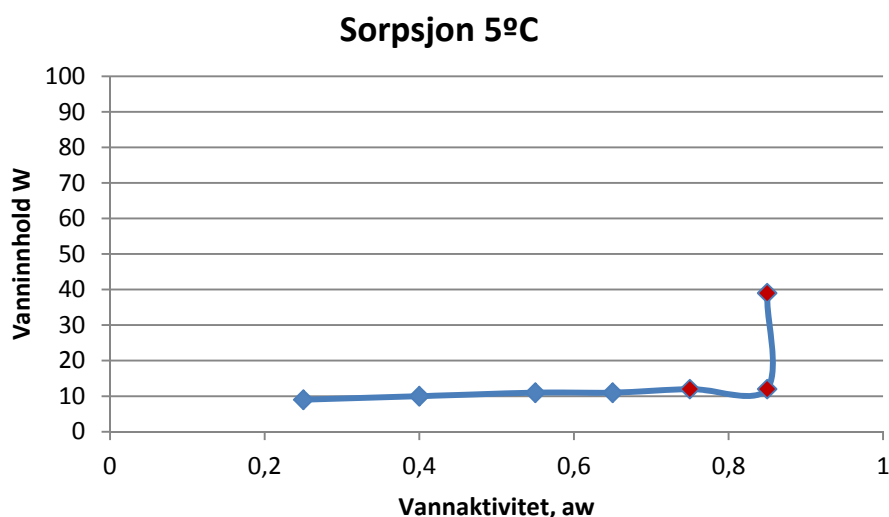
4.3 Sorpsjon

Prøver ble sendt til de 2 svenske miljøene for måling av sorpsjon ved 5 °C. Universitetet i Lund startet med analysejobben, mens Xspray fikk problemer med utstyret og måtte i siste øyeblikk si fra seg dette prosjektet. Etterhvert kom det fram problemer med å analysere tørrfisken. Dette kan skyldes produktets karakter, da tørrfisken avgir og opptar fuktighet sakte.

Tabell 3: vanninnhold for sorpsjonsprøvene

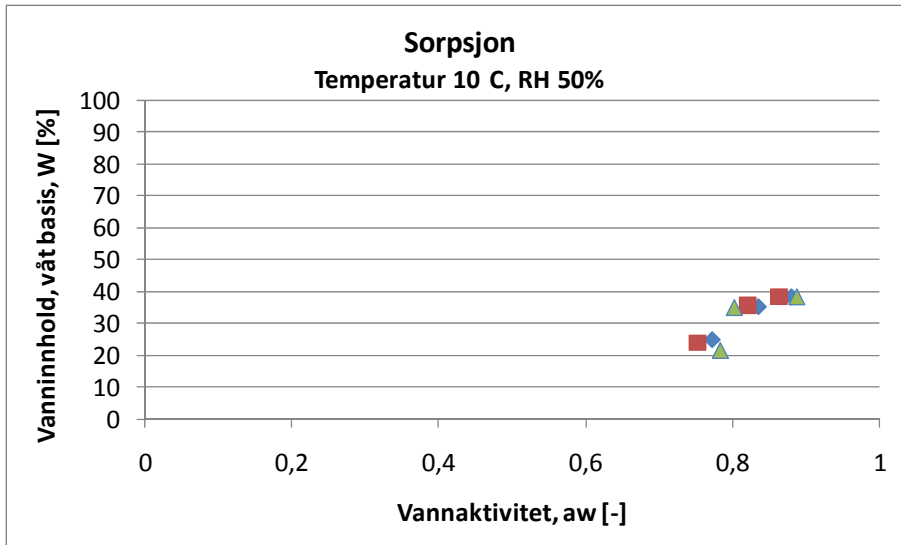
Fisk #	Parallell	Vanninnhold W [%]	Snitt
43	a	32,6	34,1±1,6
	b	33,9	
	c	35,7	

Av de 6 prøvene som ble sendt til Lund er det bare en som har gitt noen resultater. Vanninnholdet vises i tabell 3 og resultatet av analysen vises i Figur 5 under. Kun de tre røde punktene er gjeldene pga problemer med å oppnå likevekt under forsøkskjøring. Det som kan leses ut fra grafen er at produktets likevekt ligger omkring $a_w = 0,85$, dvs produktet vil ikke avgi eller ta opp fuktighet i et lager ved 5 °C når luftfuktigheten er 85 %.

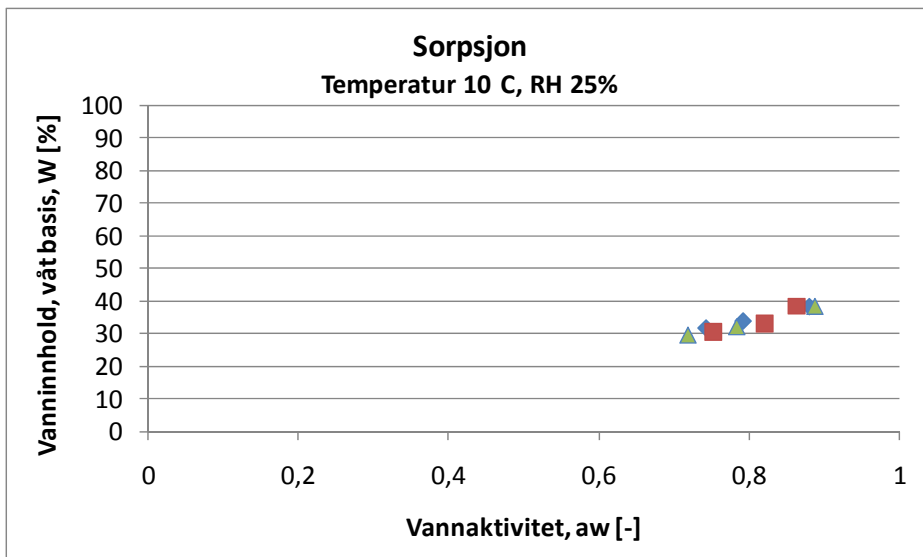


Figur 5 Sorpsjonsisoterm for tørrfisk ved 5 °C

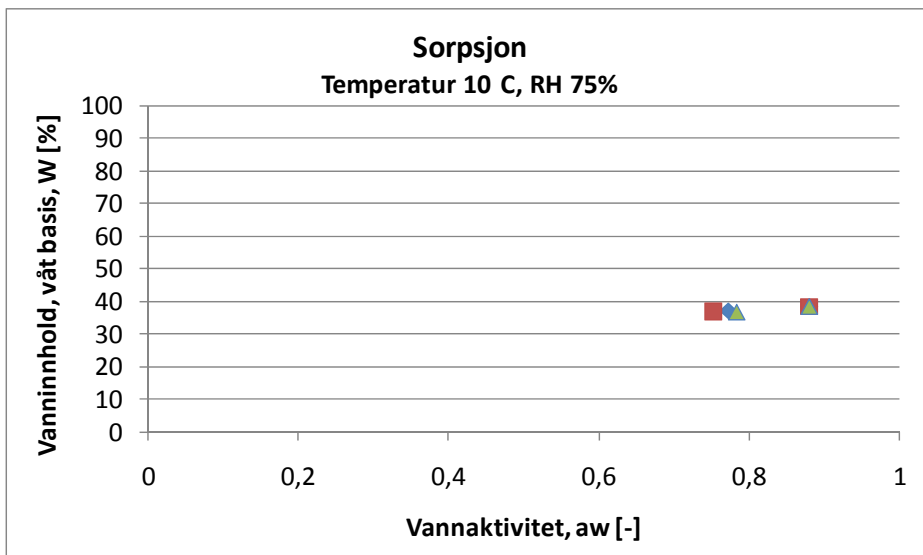
Figur 6-8 viser sorpsjonsisotemer for fisk tørket ved forskjellige driftsparametre. Fisken som er benyttet i forsøkene er forhåndstørket på hjell og snittvanninnholdet i prøvene som ble målt var 38,5 %. Kurvene viser at likevektsfuktigheten for hjelletørket fisk ved 10°C ligger i området 80-85 %, tilsvarende som måling gjort ved 5 °C.



Figur 6 Sorpsjonsisoterm for tørrfisk ettertørket ved 10°C og 50% relativ luftfuktighet



Figur 7 Sorpsjonsisoterm for tørrfisk ettertørket ved 10°C og 25% relativ luftfuktighet



Figur 8 Sorpsjonsisoterm for tørrfisk ettertørket ved 10°C og 75% relativ luftfuktighet
16X792.03

Sorpsjonsisotermene gitt i Figurene 6-8 vil sammen med tørkekurvene for de samme prøvene kunne gi dimensjoneringsgrunnlag og driftsgrunnlag for et ettertørkingslager for tørrfisk. Tidligere målinger av sorpsjon utført av xx (Tromsø) stemmer godt overens med de målingene som er utført i dette prosjektet. Samtidig viser analysene de utfordringer som ligger i å måle sorpsjons av en tørket matvare (spesielt et ikke-hygroskopisk produkt som tørrfisk) ved lave temperaturer.

4.4 Logging av driftsparametre

Ikke klare enda, men tørka har gått svært stabilt under alle tre tørkeforsøk.

5 Referanser

1 *Plan for sorpsjonsisotemer tørrfisk ver2*, September 2009, Notat Sintef Energiforskning v/ Frode Frydenlund og Ola M. Magnussen

2 TR A6084 "*Måling av sorpsjonsisotemer for tørrfisk*", Januar 2005, Rapport Sintef Energiforskning v/ Anne Karin T. Hemmingsen, Ingrid C. Claussen og Anders Haugland