



# Rapport

## Innovativ detailpakning

### Holdbarhedsmodel for MA-pakket hakket oksekød

Dato 16 december  
2015  
Proj.nr. 2003031-15  
Version 01  
HCh

Hardy Christensen

#### Sammendrag

##### *Baggrund og formål*

I projektet skal der udvikles et webbaseret værktøj til prædiktation af mikrobiologisk og sensorisk holdbarhed af MA-pakket hakket oksekød (80 % O<sub>2</sub> + 20 % CO<sub>2</sub>). Modellen skal give virksomhederne mulighed for på en nem og hurtig måde at estimere holdbarhed, afhængig af lagrings-temperaturer og kimtal, og derved en bedre mulighed for at holdbarhedsmærke detailpakket oksekød på et veldokumenteret grundlag.

Værktøjet skal kunne tage højde for, at udskæringer/småkød/trimmings kan opbevares vakuumpakket i op til 15 dage inden hakning.

##### *Konklusion*

Der er udviklet en model, som kan prædiktere holdbarheden (baseret på udvikling i rå lugt af fersk kød) af MA-pakket hakket oksekød, hvor udskæringer/småkød har været opbevaret i op til 15 dage i vakuum inden hakning. Der er usikkerhed om, hvor godt udvikling i kimtal prædikteres. Ved offentliggørelse af den endelige model håndteres det ved at øge usikkerheden på prædiktationen.

Et af de overraskende resultater fra forsøget er, at MA-pakket hakket oksekød har en holdbarhed, der er kortere end MA-pakket hakket svinekød.

Modellen findes som regneark i følgende fil:

- Y:\Projects\P2003031\_KAF Innovativ detailpakning 2,0 - optimering af gasblanding\Holdbarhed MA\_pakket hakket oksekød v 1\_0 låst og uden detaljer.xlsx

Ultimo 2015 eller primo 2016 er der adgang til en web-baseret version:  
<http://www.dmripredict.dk/>

## Indledning

*Baggrund og formål* I projektet skal der udvikles et webbaseret værktøj til prædiktion af mikrobiologisk og sensorisk holdbarhed af MA-pakket oksekød (80 % O<sub>2</sub> + 20 % CO<sub>2</sub>). Modellen skal give virksomhederne mulighed for på en nem og hurtig måde at estimere holdbarhed, afhængig af lagringstemperaturer og kimtal, og derved give virksomhederne bedre mulighed for at holdbarhedsmærke detailpakket oksekød på et vel-dokumenteret grundlag.

Værktøjet skal kunne tage højde for, at udskæringer/småkød/trimmings kan opbevares vakuumpakket i op til 15 dage inden hakning.

*Erfaringer fra tidligere holdbarhedsforsøg* Gennem de senere år er der gennemført en række holdbarhedsforsøg med fersk kød. For svinekød er der udviklet en model der kan håndtere både aerob opbevaring, vakuumpakning og MA-pakning herunder situationer, hvor der pakkes om fra den ene pakkemetode til den anden. For oksekød er der, finansieret af KAF, udviklet en model, der kan prædiktere holdbarhed for vakuumpakkede udskæringer.

Ved design af forsøgene er det antaget, at erfaringer fra tidligere forsøg hvad angår ompakning kan overføres til modellen for MA-pakket hakket oksekød. Det vil sige, at en model for MA-pakket hakket oksekød kan kobles med den tidligere model for vakuumpakket oksekød, så den samlede model kan håndtere MA-pakket hakket oksekød både med og uden forudgående opbevaring af delstykker/småkød i vakuum.

## Fremgangsmåde ved forsøg

*Overordnet beskrivelse af forsøg* Der er først gennemført lagringsforsøg ved 4 temperaturer, hvor det MA-pakkede hakkede oksekød er hentet på to virksomheder. Kødet er hakket senest 4 dage efter slagtning. Resultater fra disse 4 forsøg er brugt som datagrundlag for en holdbarhedsmodel, der alene kan prædiktere holdbarheden for MA-pakket hakket oksekød.

Den endelige model skal kunne håndtere opbevaring af udskæringer/småkød i vakuum i op til 15 dage inden hakning og MA-pakning. I den endelige model kobles derfor modellen for MA-pakket hakket oksekød med den tidligere udviklede model for vakuumpakket oksekød.

Den endelige model er valideret med forsøg ved to temperaturer,

hvor kødet er hakket og MA-pakket hos DMRI. Kødet til dette forsøg er hjemtaget vakuumpakket fra én virksomhed, og har været opbevaret vakuumpakket i 13 dage inden hakning og MA-pakning. Det vil sige, at valideringsforsøget skulle validere både "holdbarhedsmodellen for MA-pakket hakket oksekød" og antagelsen om, at det ved ompakning er muligt at beregne udvikling i lugt og kimtal på samme simple måde som det gøres i holdbarhedsmodellen for svinekød.

#### *Temperatur, kød mv.*

I alle tilfælde er kødet transporteret til DMRI i Kølebil. På DMRI er pakker opbevaret på reolvogne med et lag pr. hylde. Temperaturer er loggede i kølerum, samt kølebil i de to tilfælde, hvor kødet er hentet af DMRI (Virksomhed A og Virksomhed B).

Der er gennemført forsøg ved følgende temperaturer angivet som gennemsnit af temperatur logget i hele lagringsforløbet; i parentes angives hvilken virksomhed råvaren stammer fra:

#### Forsøg til fremskaffelse af datagrundlag – Ingen vakuumlagering før hakning

- -0,8 °C (Virksomhed A)
- 1,5 °C (Virksomhed B)
- 4,5 °C (Virksomhed B)
- 7,7 °C (Virksomhed A)

#### Valideringsforsøg – 13 dages vakuumlagering før hakning

- 2,1 °C (Virksomhed C)
- 4,5 °C (Virksomhed C)

På reoler var den gennemsnitlige forskel i temperatur mellem top og bund <0,3 °C. Over tid varierede temperaturen med +/- 0,3 °C (std).

#### *Prøveudtagning*

Ved starten af hvert holdbarhedsforsøg er der udtaget 15 pakker for at få et rimelig sikkert estimat på det gennemsnitlige startkimtal. Derefter er der udtaget 5 pakker 8-10 gange i løbet af holdbarhedsperioden.

#### *Mikrobiologiske analyser*

Prøver er undersøgt for psykrotroft kimtal - dyrkning på PCA v. 6,5 °C i 10 dage (SM 108-08).

Der blev udtaget ca 25 g prøve, som blev stomacheret sammen med fortyndingsvæske i 60 sek. Der er tilsat fortyndingsvæske, så suspensionen svarer til en  $10^{-1}$  fortynding. Herudfra blev der fremstillet en 10-folds fortyndingsrække

#### *Sensorik*

Den sensoriske bedømmelse er foretaget på Lab M. Der er gået min. 20 min. mellem åbning af pakken og bedømmelse af rå lugt. Alle

lugtdommere har udfyldt hvert sit skema (bilag 1) uden at konferere med øvrige dommere.

*Gassammensætning* Ved hver prøveudtagning er indholdet af CO<sub>2</sub> og O<sub>2</sub> målt i hver pakke. Målingen er foretaget vha. "PBI Dansensor, Checkmate 9900".

### Estimering af parametre i modellen

Alle kimal er log-transformerede, inden der er foretaget beregninger. Karakterer for rå lugt er ganget med 2 inden beregninger. Det vil sige at skalaen er:

2. Frisk lugt (kan være lidt syrlig)
4. Lidt afvigende lugt - men stadigvæk acceptabel
6. Tydelig afvigende lugt - uacceptabel
8. Meget afvigende lugt

Formlerne (1), (2) og (3), der bruges til beregninger i modellen, er vist nedenfor.

Kimtallet  $N$  til tiden  $t$  bestemmes ud fra formel (1), hvor  $N_0$  angiver startkimtallet,  $N_\infty$  angiver slutkimtallet, og  $\mu_{max}$  angiver den maksimale væksthastighed.

$$\ln(N) = \ln(N_0) + \mu_{max} A(t) - \ln\left(1 + \frac{e^{\mu_{max} \cdot A(t)} - 1}{e^{(\ln(N_\infty) - \ln(N_0))}}\right) \quad (1)$$

$A(t)$  er et udtryk, der beskriver nedsættelse af væksten med tiden. Det beregnes ud fra formel (2), hvor  $h$  er en konstant.

$$A(t) = t + \frac{1}{\mu_{max}} \ln\left(e^{-h} + (1 - e^{-h})e^{-\mu_{max} \cdot t}\right) \quad (2)$$

Sammenhængen mellem  $\mu_{max}$  og temperatur beskrives med formel (3), hvor  $\beta_0$  og  $\beta_1$  er konstanter.

$$\mu_{max} = \beta_0 e^{\beta_1 T} \quad (3)$$

Udviklingen i "rå lugt" som funktion af tid beregnes også vha. formelne (1), (2) og (3) dog med den undtagelse, at  $h$  beregnes på basis af startkimtallet og en konstant:  $\log(N_{lugt})$ .

Konstanter er estimeret ved iteration med "proc. nlin" i SAS® (versi-

on 9.4).

## Resultater og diskussion

Rådata og beregninger kan findes i følgende tre filer:

- Y:\Projects\P2003031\_KAF Innovativ detailpakning 2,0 - optimering af gasblanding\MA pakket hakket oksekød -1 og 8 C start ultimo maj 2015.xlsx
- Y:\Projects\P2003031\_KAF Innovativ detailpakning 2,0 - optimering af gasblanding\MA pakket hakket oksekød 2 og 5 °C start 24-8-15.xlsx
- Y:\Projects\P2003031\_KAF Innovativ detailpakning 2,0 - optimering af gasblanding\MA pakket hakket oksekød 2 og 4 °C start 19-10-15.xlsx

*Gassammensætning* I pakker fra virksomhed A og B samt pakker pakket på DMRI (oprindeligt fra virksomhed C) var indholdet af O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> 1 døgn efter pakning som vist i tabel 1.

**Tabel 1:** Indhold af O<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub> i pakker fra virksomhed A og B samt pakker fremstillet på DMRI. Indholdet er målt 1 døgn efter pakning,

	Virksomhed					
	A		B		C/DMRI	
	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
gns. %	77	19	75	14	79	17
std. %	2,5	0,6	0,3	0,3	1,9	2,2

I løbet af lagringsperioden falder ilt-indholdet og indholdet af CO<sub>2</sub> stiger. Markante ændringer i indholdet af de to gasser sker altid efter, at den gennemsnitlige karakter for lugt har passeret 5; det vil sige på det tidspunkt, hvor halvdelen af pakkerne forventes at være unacceptable. Ligeledes skal kimtallet være steget til det maksimale, før gassammensætningen ændres markant. Ligger pakkerne længe, nok så går ilt-indholdet mod 0 mens CO<sub>2</sub>- indholdet går mod 100 %.

### *Estimering af parametre*

Der er gennemført 4 lagringsforsøg for at fremskaffe det datagrundlag, der er brugt ved estimering af parametre i den del af modellen, som prædikerer udvikling af kimtal og rå lugt i MA-pakket hakket oksekød. Forsøgene dækker temperaturintervallet -0,8 °C til 7,7 °C. De fundne parametre for hhv. vækst og rå lugt er vist i tabel 2 og tabel 3.

**Tabel 2.** Vækst – MA-pakket hakket oksekød. Hakket og pakket maks 4 dage efter slagtning. Værdier for konstanter ved beregning af vækst. Værdierne er fundet ved beregninger på et datasæt, der dækker temperaturintervallet -0,8 °C til 7,7 °C.

Parameter	Estimat	App. Std. Error	App. 95% Konfidensinterval	
$\beta_0$	0,0152	0,00248	0,00996	0,0204
$\beta_1$	0,1907	0,0165	0,1560	0,2254
$H$	-0,2543 <sup>*)</sup>	0.9946	-2.3438	1,8352

<sup>\*)</sup>: Ved brug af modellen sættes  $h=0$ , da nølefasen pr. definition ikke kan være under 0. RMSE=0,61

**Tabel 3.** Udvikling i "rå lugt" – MA-pakket hakket oksekød. Hakket og pakket maks 4 dage efter slagtning. Værdier for konstanter ved beregning af udviklingen i lugt på en skala, der går fra 2 (frisk) til 8 (putrid/rådden). Værdierne er fundet ved beregninger på et datasæt, der dækker temperaturintervallet -0,8°C til 7,7°C. RMSE=0,63

Parameter	Estimat	App. Std Error	App. 95% Konfidensinterval	
$\beta_0$	0,0263	0,00309	0,0200	0,0327
$\beta_1$	0,1556	0,0108	0,1334	0,1777
$\text{Log}(N_{\text{lugt}})$	7,4267	1,2155	4,9327	9,9208

I bilag 2 og bilag 3 er beregnede kurver vist sammen med resultater fra de 4 forsøg, der udgør grundlaget for modellen. RMSE er et mål for "nøjagtigheden" af prædiktionen og er beregnet med formel (4). RMSE bruges til at beregne konfidensintervaller i modellen.

$$RMSE = \sqrt{\sum \frac{(\text{Fundet} - \text{prædikteret})^2}{n}} \quad (4)$$

Som det fremgår af bilag 2 og bilag 3, så har det været muligt at udvikle en model, som med god nøjagtighed kan beregne sammenhæng mellem startkimtal, temperatur og udvikling i hhv. kimtal og rå lugt for de 4 forsøg, der udgør datagrundlaget.

#### Resultater fra valideringsforsøg

Modellen er valideret ved et forsøg, hvor der er hjemtaget kød fra én virksomhed. Kødet er opbevaret vakuumpakket ved én temperatur inden hakning og MA-pakning. Efter MA-pakning er det hakkede kød opbevaret ved to temperaturer hhv. 2,1 °C og 4,5 °C.

Resultater fra valideringsforsøget er vist i bilag 4, hvor fundne værdier er vist sammen med prædikterede værdier.

Som det fremgår af figur 4, så stiger kimtallet i forhold til prædiktionen hurtigere end forventet i MA-pakkerne. Udvikling i rå lugt derimod er indenfor sikkerhedsgrænserne, det vil sige at de fundne værdier er som forventede ud fra prædiktionen.

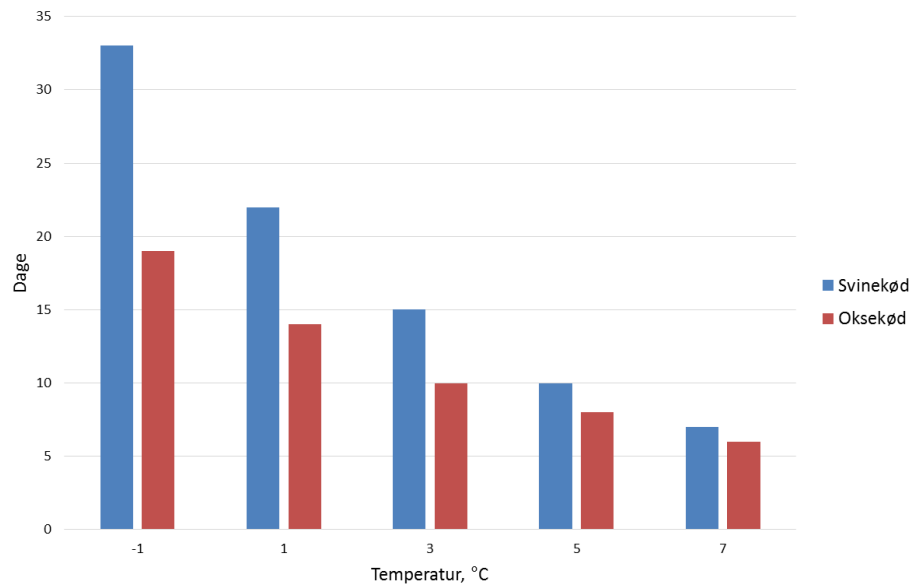
At væksten ikke prædikteres korrekt kan have flere årsager. En årsag kan være, at den forudgående vakuumpakning på grund af selektion har medført at floraen vil vokse hurtigere end prædikteret. Er det tilfældet, så vil modellen ikke kunne bruges til at prædiktere kimtalsudvikling i MA-pakket hakket oksekød, hvor udskæringer/småkød har været vakuumpakket inden hakning. En anden årsag kan være at floraen ikke har været typisk. Da al kødet stammer fra en virksomhed, så kan det ikke afgøres hvilke af forklaringerne der er den rigtige.

Ved offentliggørelse af modellen håndteres problemet med at prædiktere kimtallet korrekt ved at øge usikkerheden på prædiktionen, så den indeholder de fundne resultater.

#### *Holdbarhed af MA-pakket hakket oksekød og svinekød*

Der er tidligere udviklet en holdbarhedsmodel for MA-pakket hakket svinekød. Sammenlignes den forventede holdbarhed for hhv. MA-pakket hakket oksekød og MA-pakket hakket svinekød, så er holdbarhederne som vist i figur 1.

Meget overraskende, så er den forventede holdbarhed for MA-pakket hakket oksekød kortere end den forventede holdbarhed for MA-pakket hakket svinekød. Årsagen kan være at pigmentindholdet i oksekød er større end i svinekød og forskellen dermed betinget af, at der hurtigere udvikler sig afvigende lugt pga. oxidation i MA-pakket hakket oksekød end i MA-pakket hakket svinekød.



**Figur 1:** Forventet holdbarhed (antal dage indtil 50 % af pakkerne er uacceptable vurderet på lugt) af MA-pakket (80 % O<sub>2</sub>+20 & CO<sub>2</sub>) hakket oksekød og svinekød. Startkimal 4 log cfu/g.

## Konklusion

Der er udviklet model, der kan prædiktere holdbarheden (baseret på udvikling i rå lugt) af MA-pakket hakket oksekød, hvor udskæringer/småkød har været opbevaret i op til 15 dage i vakuum inden hakning. Der er usikkerhed om, hvor godt udvikling kimal prædikteres. Ved offentliggørelse af modellen håndteres det ved at øge usikkerheden på prædiktionen. Et af de overraskende resultater fra forsøget er, at MA-pakket hakket oksekød har en holdbarhed, der er kortere end MA-pakket hakket svinekød.

Modellen findes som regneark i følgende fil:

- Y:\Projects\P2003031\_KAF Innovativ detailpakning 2,0 - optimering af gasblanding\Holdbarhed MA\_pakket hakket oksekød v 1\_0 låst og uden detaljer.xlsx

Ultimo 2015 eller primo 2016 er der adgang til en web-baseret version: <http://www.dmripredict.dk/>



**Bilag 1: Sensorisk bedømmelse af MA-pakket hakket oksekød**

Dato: \_\_\_\_\_ Dommer (initialer): \_\_\_\_\_

Prøve ID	LUGT		UDSEENDE		Acceptabelt	
	Karakter	Kommentar	Karakter	Kommentar	JA	NEJ

**LUGT**

1. Frisk lugt (kan være lidt syrlig)
2. Lidt afvigende lugt - men stadigvæk acceptabel
3. Tydelig afvigende lugt - uacceptabel
4. Meget afvigende lugt

**Beskriv afvigende lugt**, som kan være:  
 Sur, gammel (træt), svovl, putrid, råddent

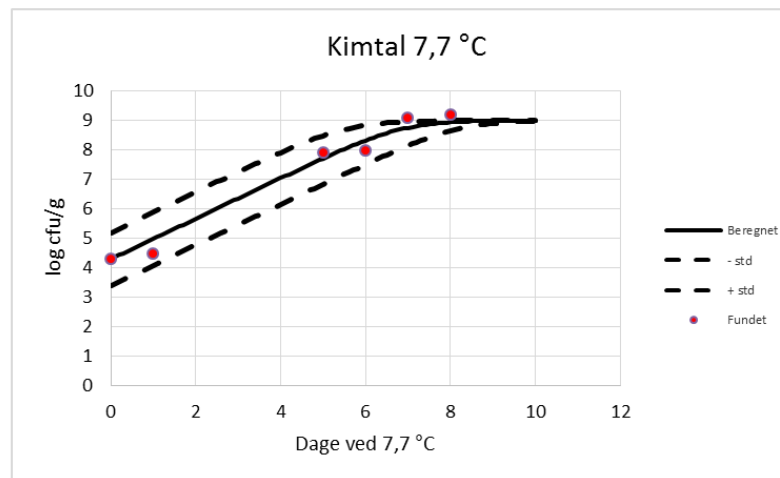
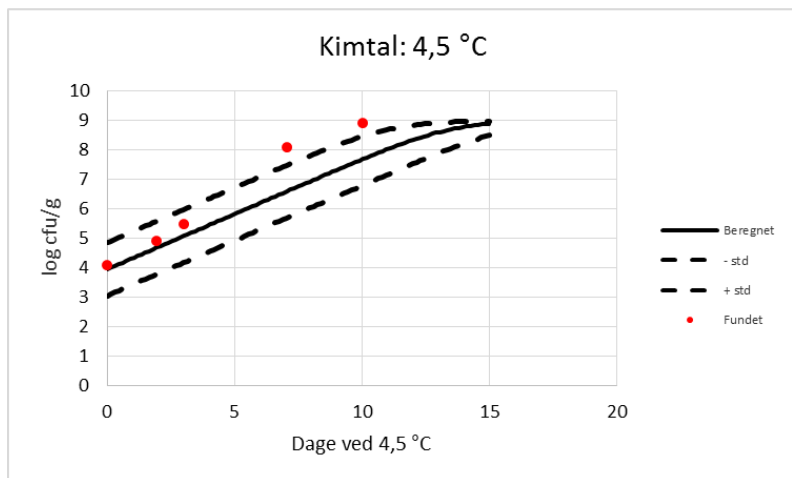
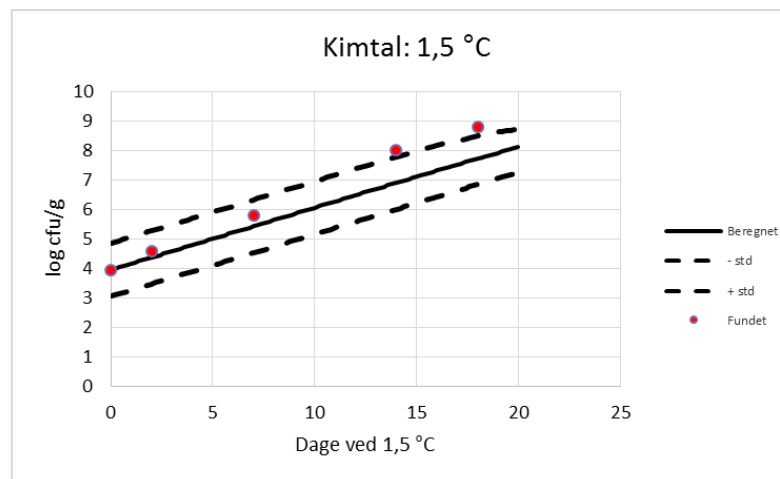
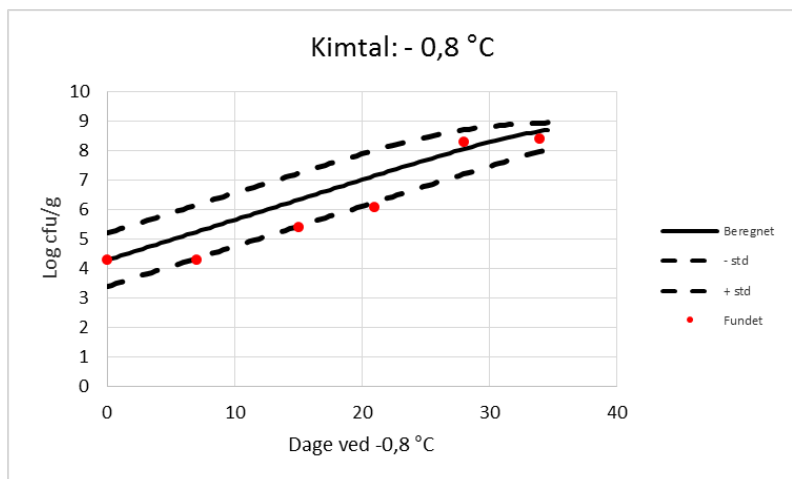
**UDSEENDE**

1. Ingen misfarvning
2. Begyndende misfarvning
3. Tydelig misfarvning
4. Meget misfarvning

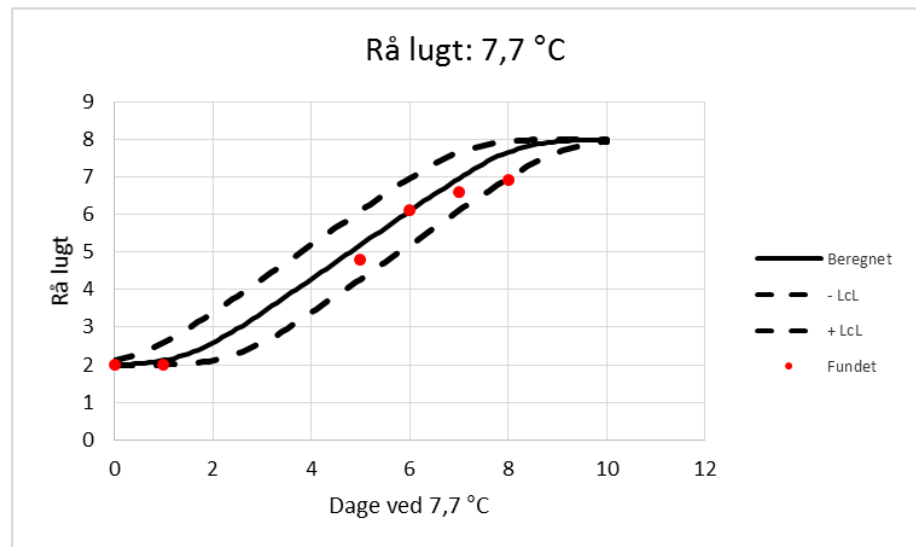
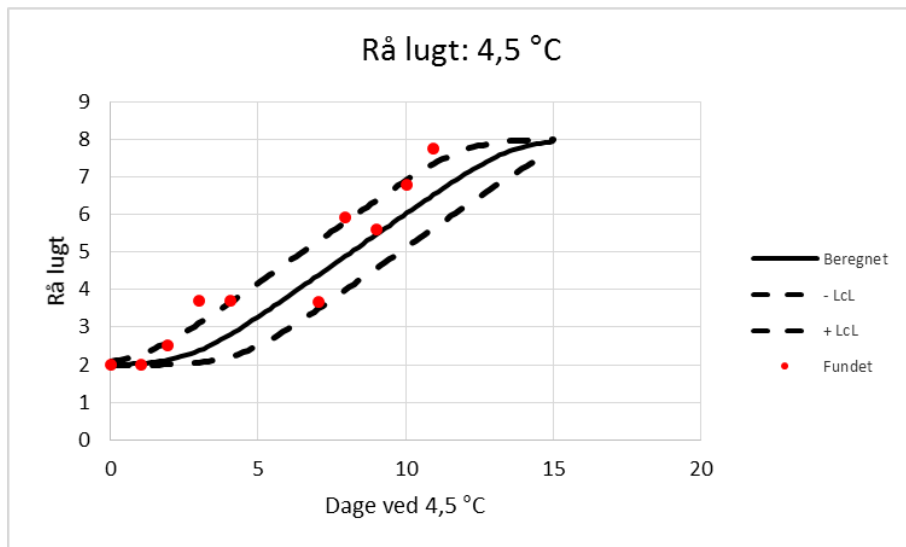
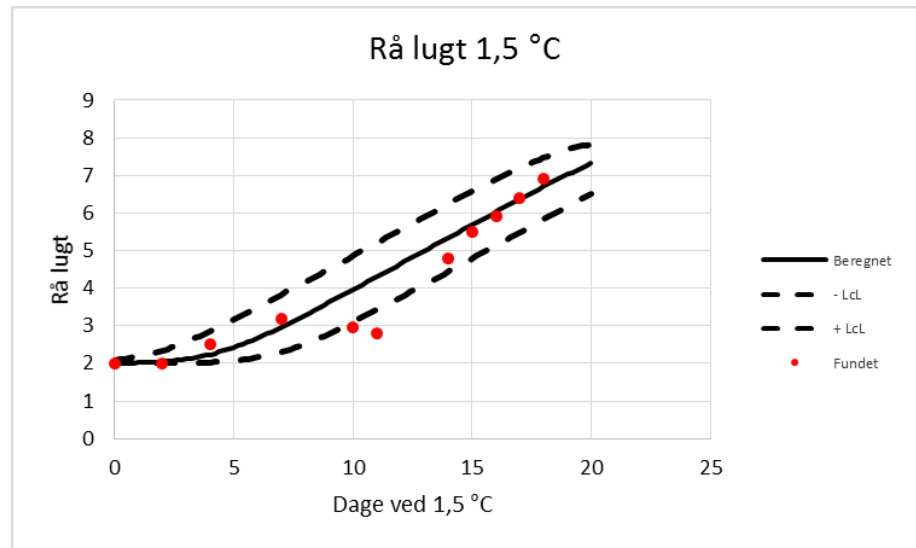
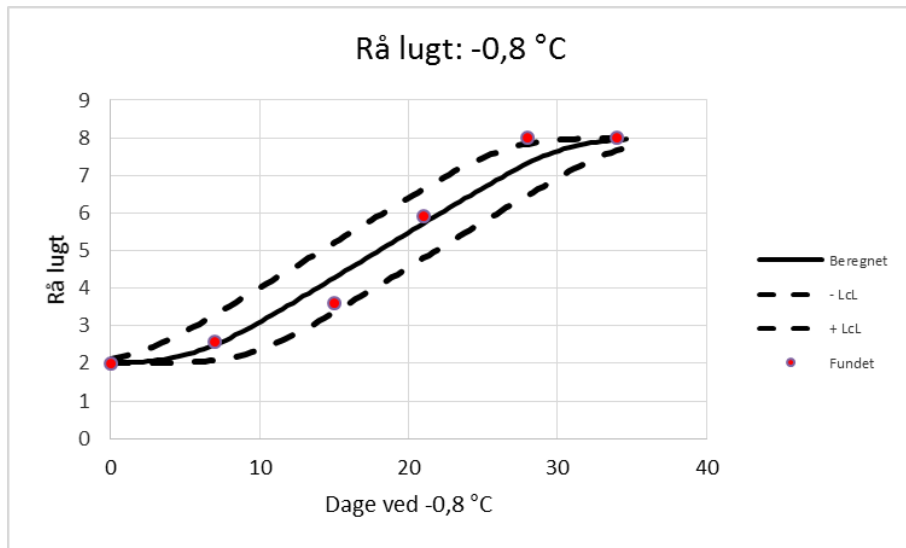
**Beskriv misfarvninger**, der kan være:  
 Brunfarvning



**Bilag 2 – Vækst. Estimering af parametre. Beregnede kurver vist sammen med datagrundlaget. RMSE=0,61**



**Bilag 3: Rå lugt. Estimering af parametre. Beregnede kurver vist sammen med datagrundlaget. RMSE=0,63**



**Bilag 4: Kimtal og Rå lugt – Valideringsforsøg: fundet mod prædikeret**

