

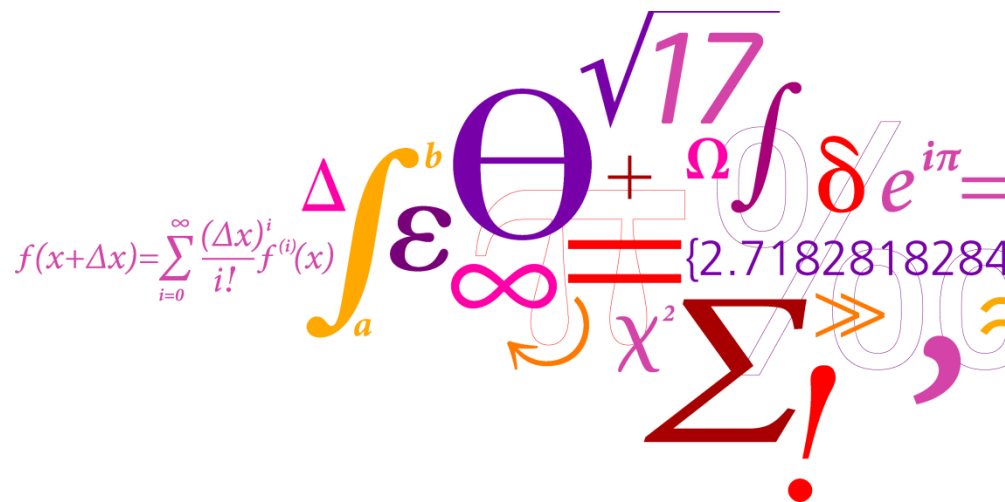
Tørring af fødevarer – den ultimative udfordring

2 – 11 – 2012

Lektor Jørgen Risum

Food Production Engineering

DTU Fødevareinstituttet



Tørring af fødevarer ? Hvorfor ?

- Øget holdbarhed
- Convenience
- Produkter
- Metoder



Metoder

- Lufttørring
 - Parmaskinke
 - Stokfisk
 - Korn

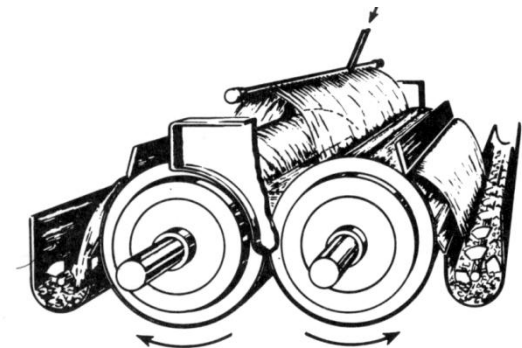
- Konvektionstørring
 - Bakke (tunneltørring)
 - Spraytørring

- Ledningstørring
 - Valsetørring
 - Deep frying

- Frysetørring

- Bagning

- Extrudering



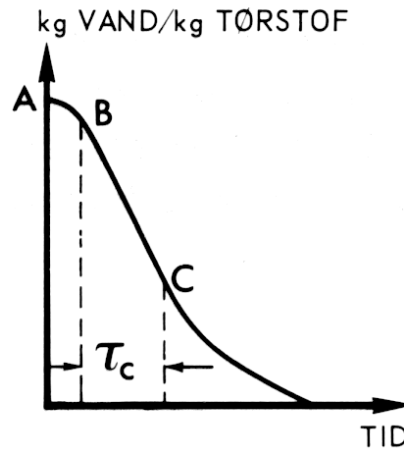
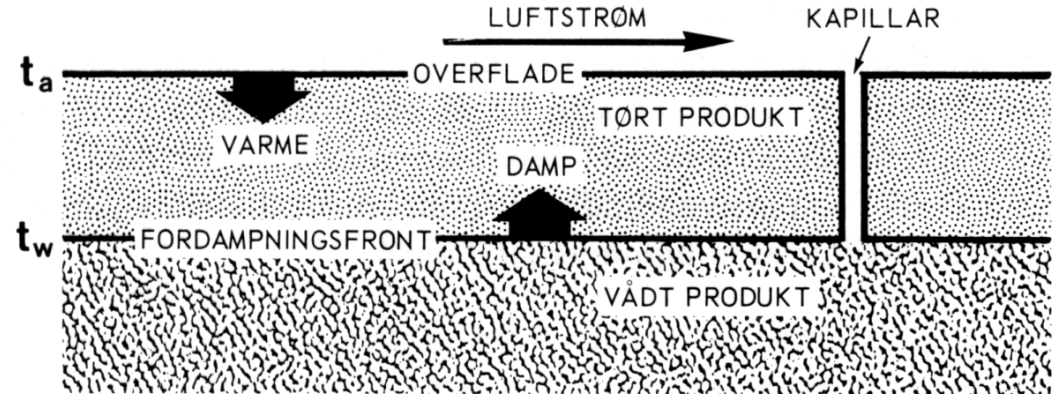
Hvilke processer foregår under tørring – den ultimative udfordring for forskeren!!

- Energitransport
- Massetransport
- Opstilling af masse- og energibalancer
- Opstilling af modeller
- Strukturelle ændringer
- Hvad sker der i virkeligheden ???

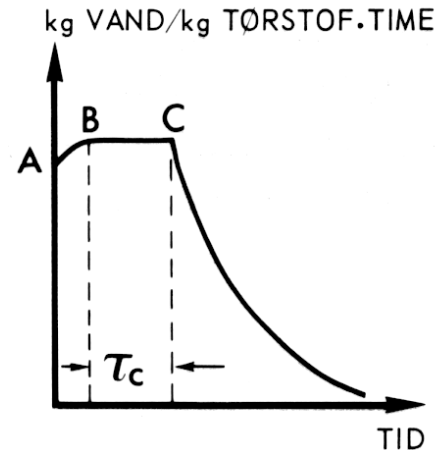


Teoretisk

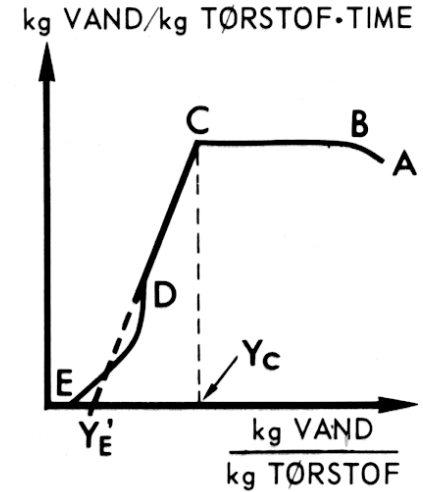
- Adiabatisk tørring



a

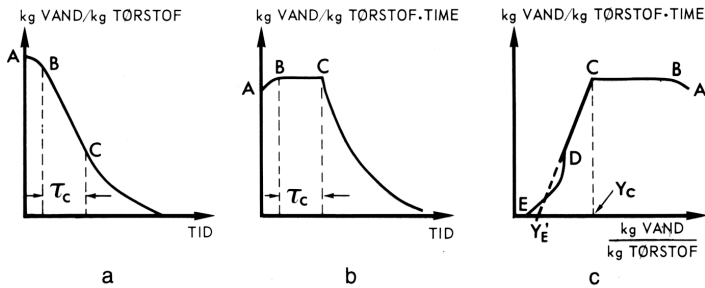
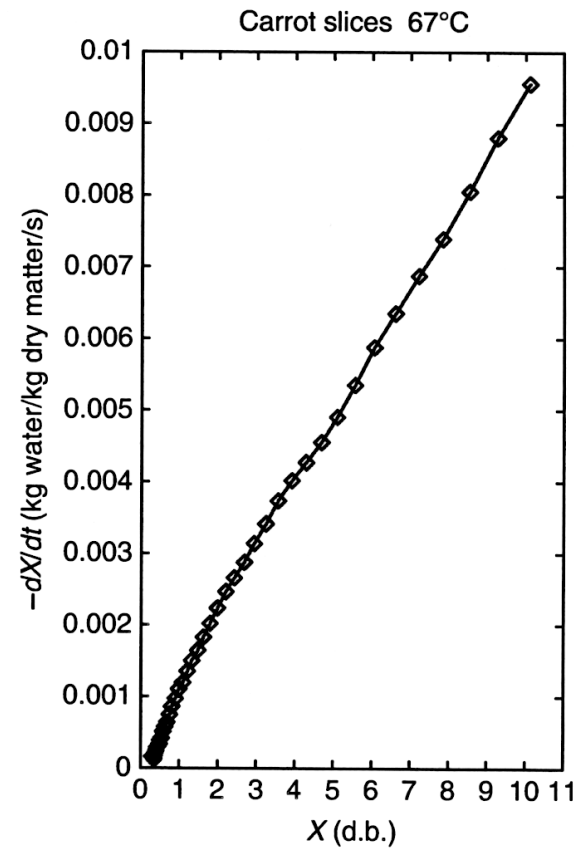
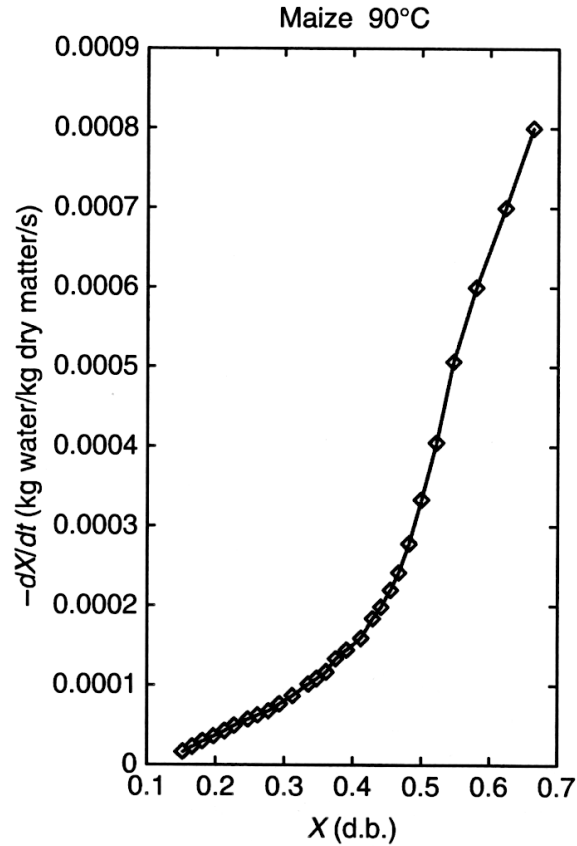


b



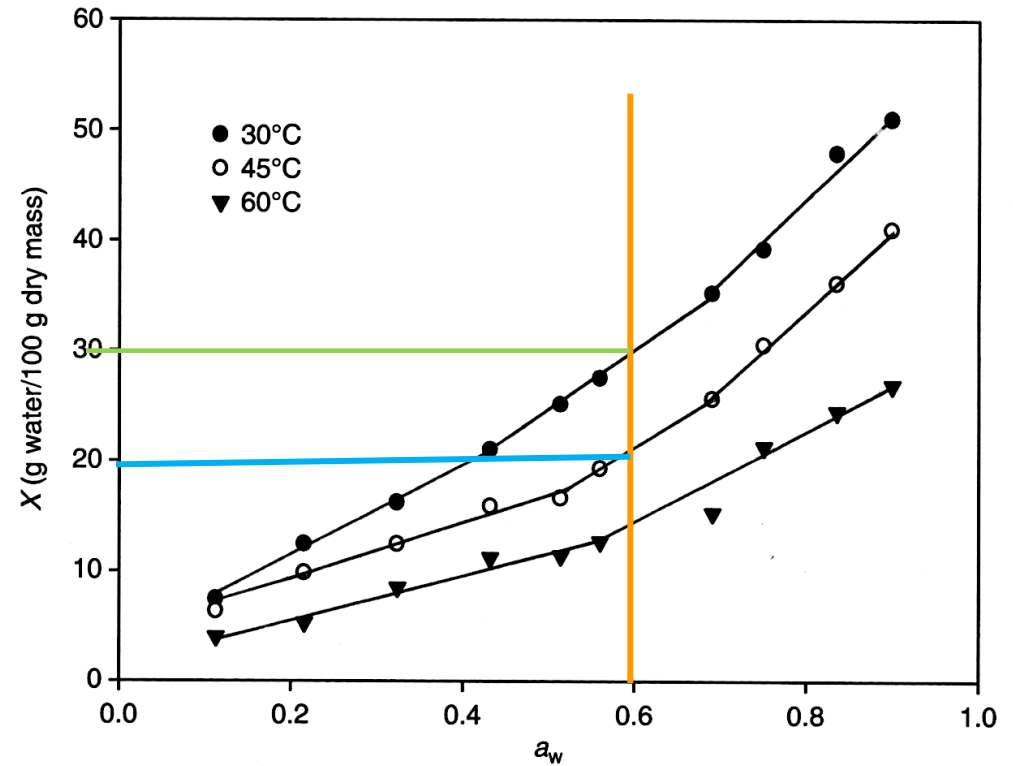
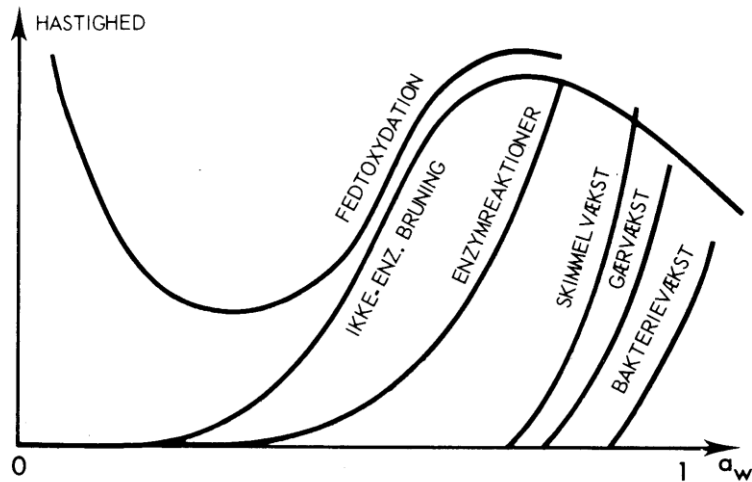
c

Og i praksis

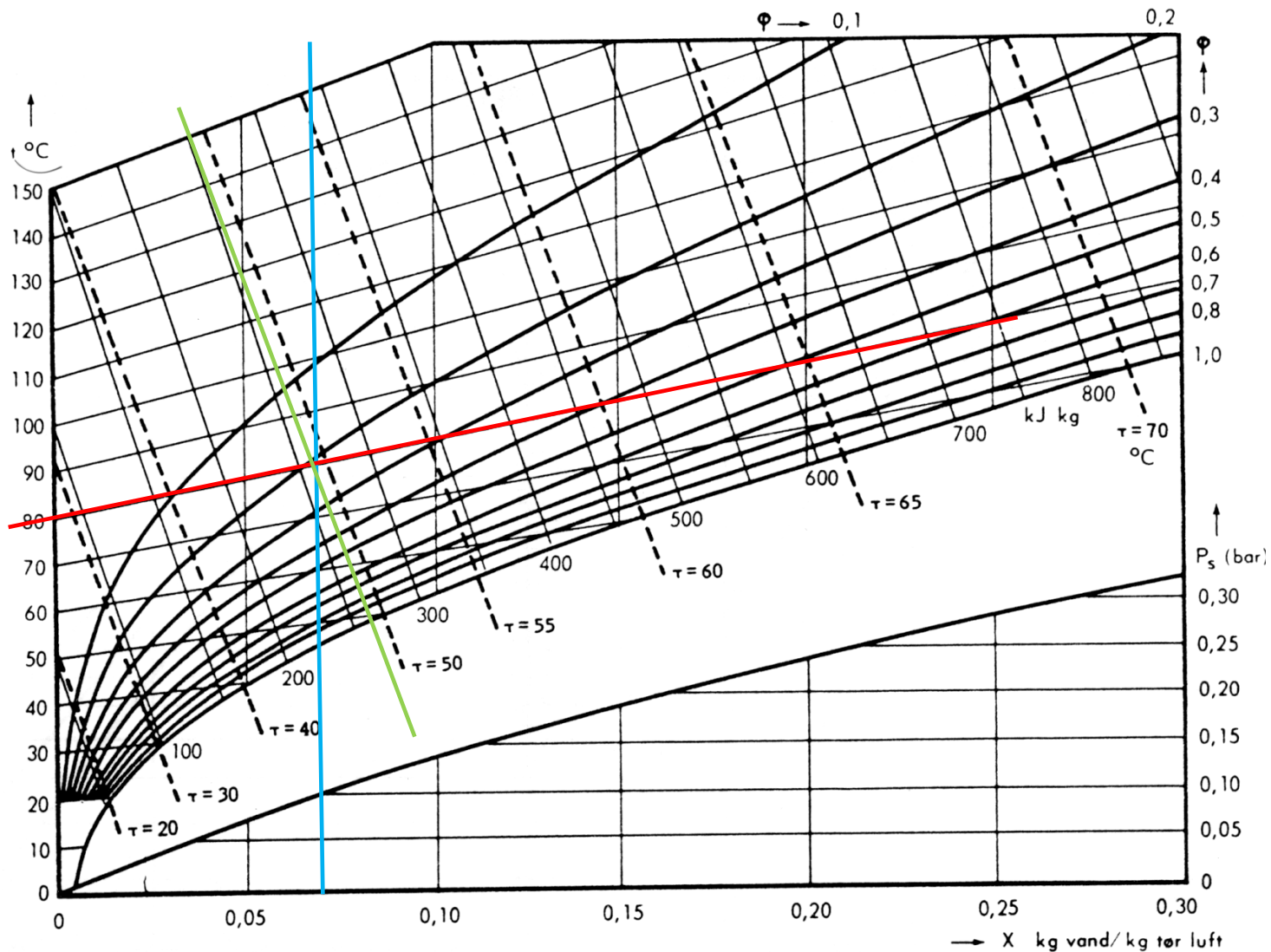


Fødevarer og fugtighed

Sorptionsisotermer



Fugtighedsdiagrammer (Mollier)

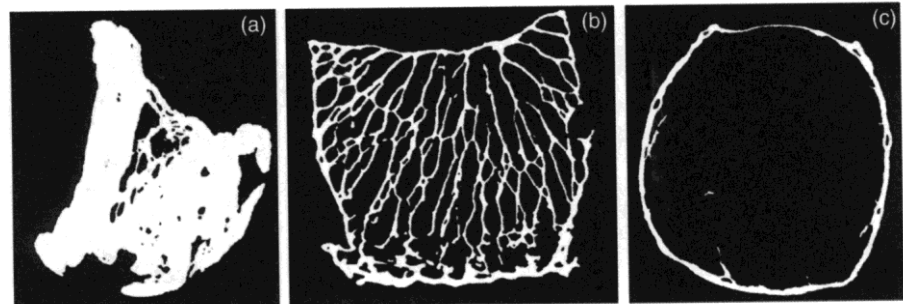
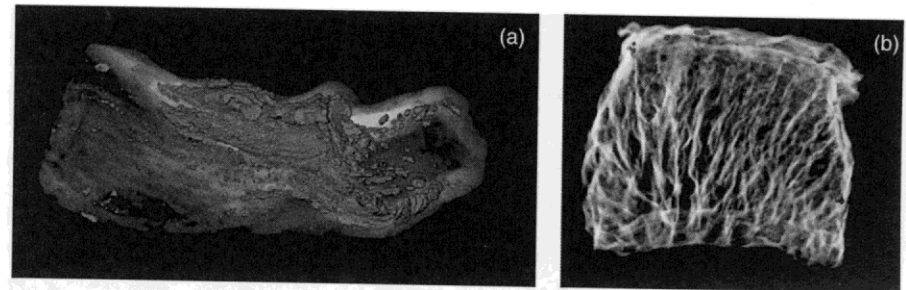


Ønsker til processen

- Den skal være hurtig
- Den skal være billig
- Produktet skal være holdbart
- Produktet skal være strukturelt stabilt
- Produktet skal være sensorisk i orden

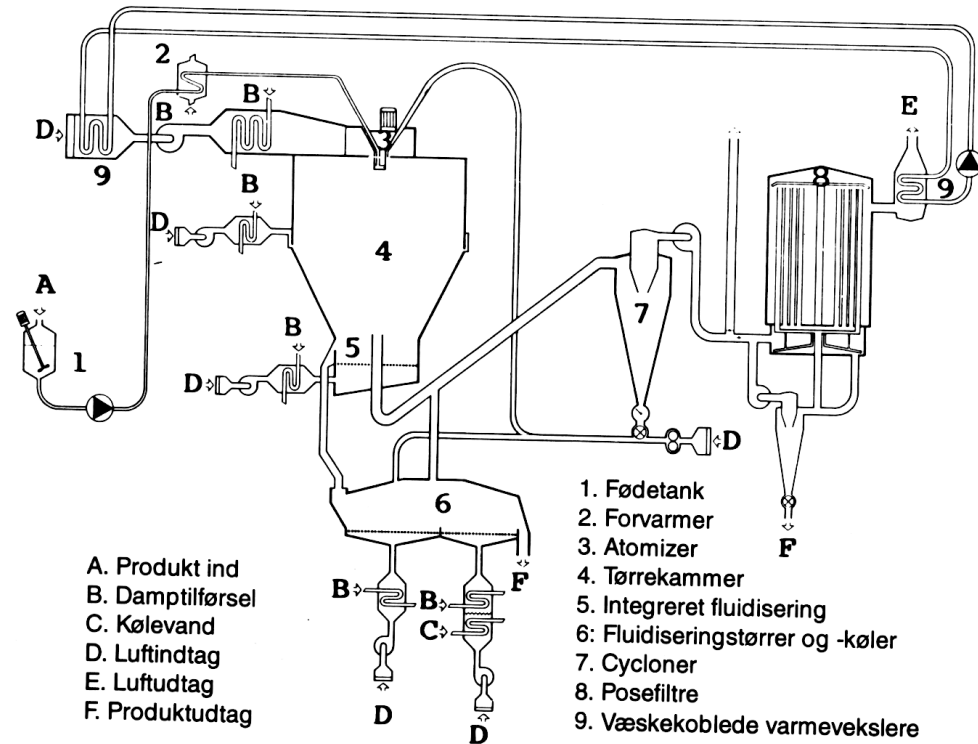
Hvad afhænger tørrehastigheden af

- Af de drivende kræfter
- Af de interne forhold i produktet
- Af temperaturer
- Af relativ fugtighed
- Af forbehandling
- Af gradienter
-



Hvad forudsætter vi når vi skal lave modeller

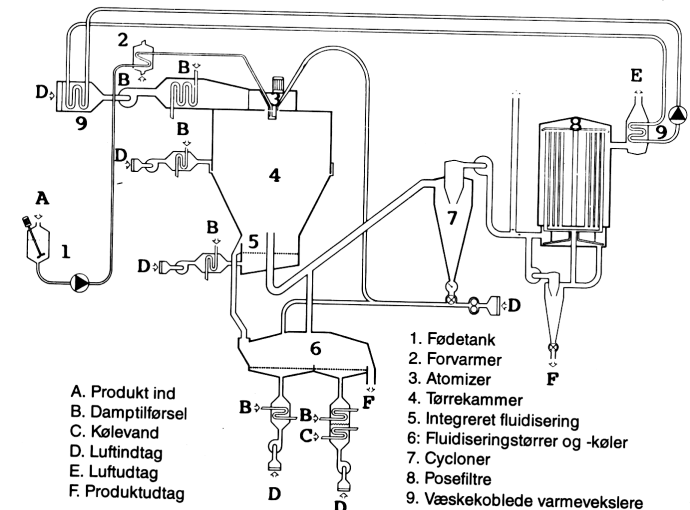
- Konstant temperatur
- Konstant geometri (overfladeareal)
- Konstante fugtighedsforhold
- Konstant transportmodstand (internt)
- Ingen sammenklumpning



Hvad kan vi styre – og hvilke konsekvenser kan det have

- En høj omgivelsestemperatur i forhold til produkt => stor drivende kraft mht varmeoverføring
- En stor forskel i fugtighed i produkt og tørreluft => stor drivende kraft mht massetransport
- Så høj temperatur og meget tør luft skulle give den hurtigste tørring
- Hvad sker der når temperaturen stiger?

- Klæbrighed
- Kollaps
- Glastilstand !!



I perioden med faldende tørrehastighed

- Overfladetemperaturen stiger

2. For a slab of thickness L and moisture loss occurring from both sides:

$$\text{MR} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(- (2n+1)^2 \pi^2 \frac{D_{\text{eff}}(t-t_0)}{L^2}\right)$$

- Hvad sker der med diffusiviteten?

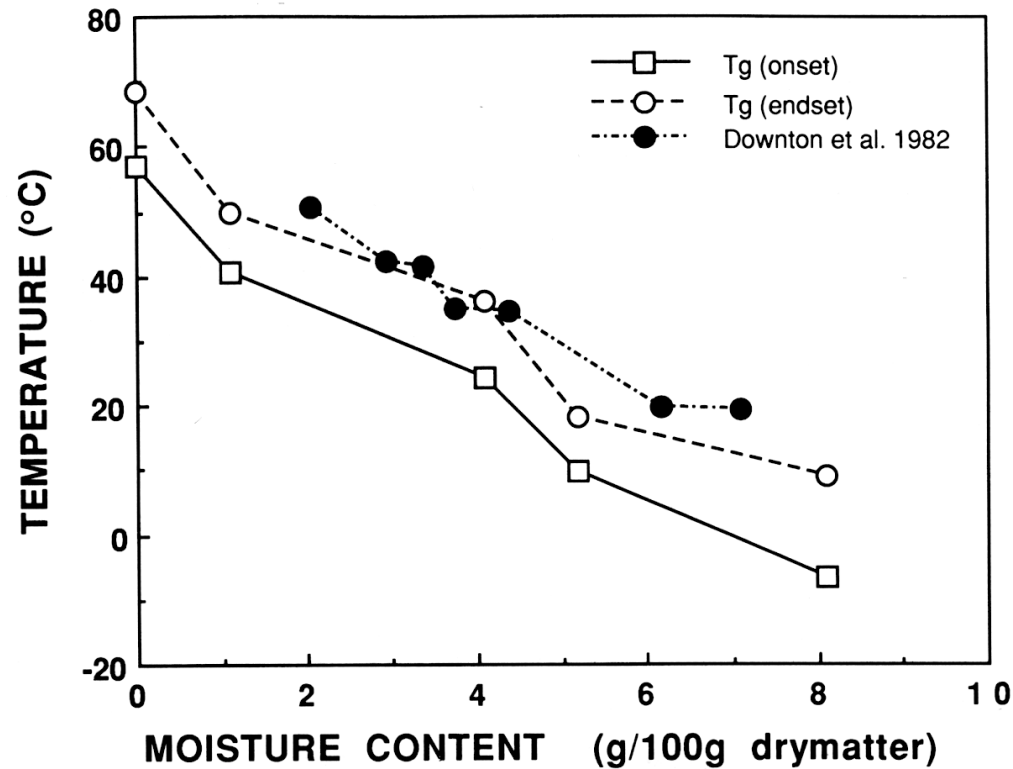
$$D_{\text{eff}} = D_0(X) \exp\left(-\frac{E_a(X)}{R_c T}\right)$$

- Tørretiden

$$t - t_0 = \frac{4L^2}{\pi^2 D_{\text{eff}}} \ln\left(\frac{8}{\pi^2} \text{MR}\right)$$

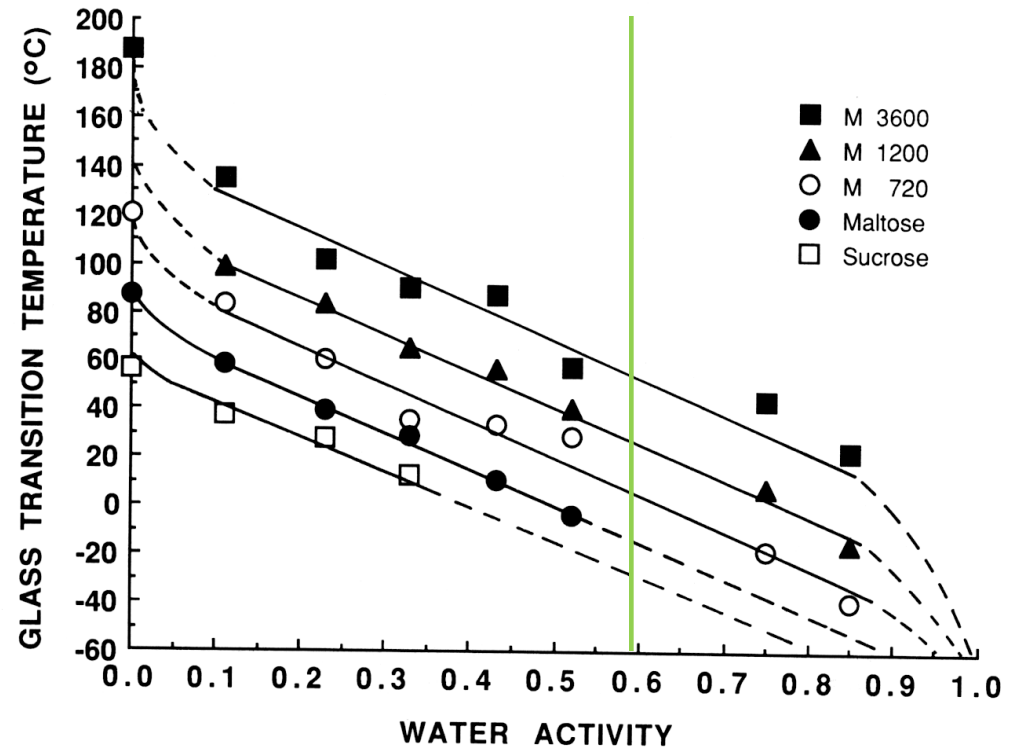
Glasovergangstemperatur

- Amorf til "flydende" (rubbery)



Industrielle processer

- Hvilke?
- Hvilke tilsætninger?
- Hvilke temperaturer?



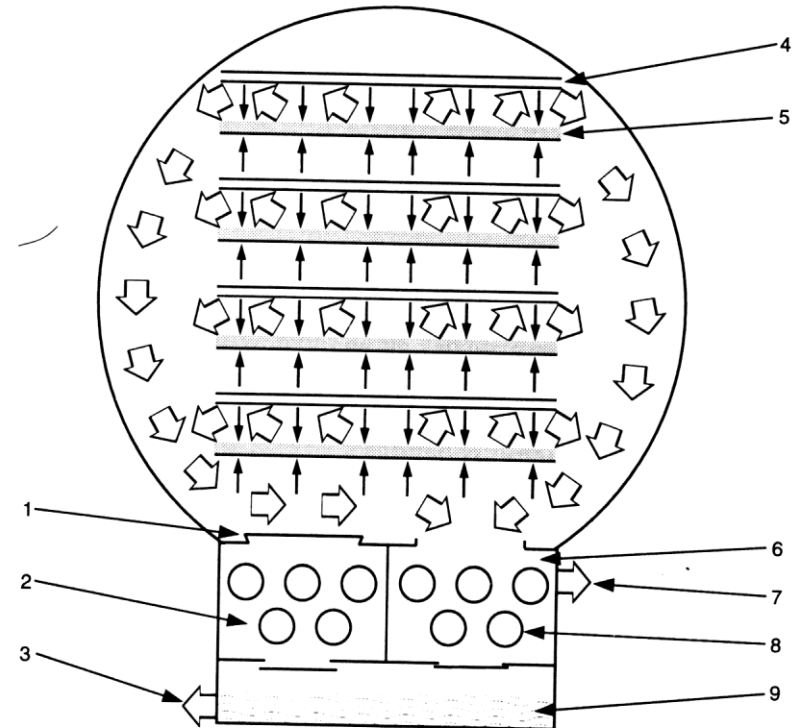
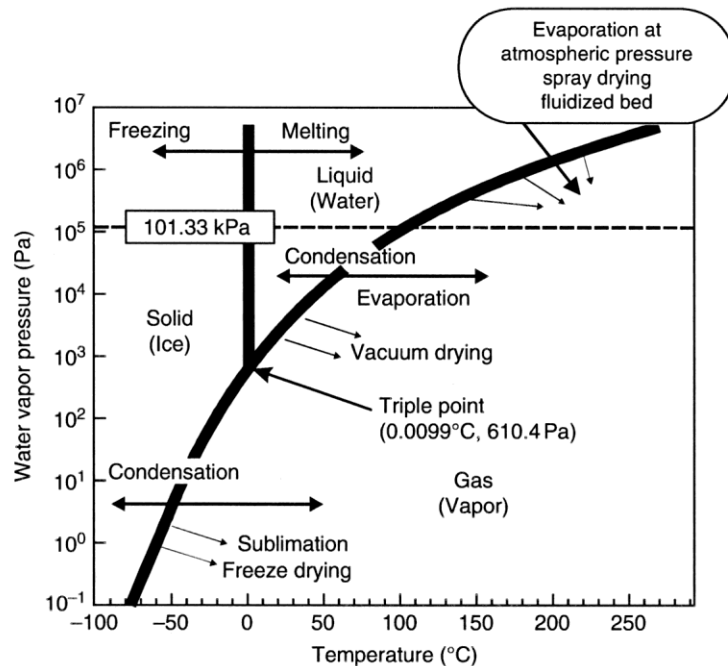
Kvalitet = frysetørring ?

Hvad er kvalitet?

Hvad koster det?

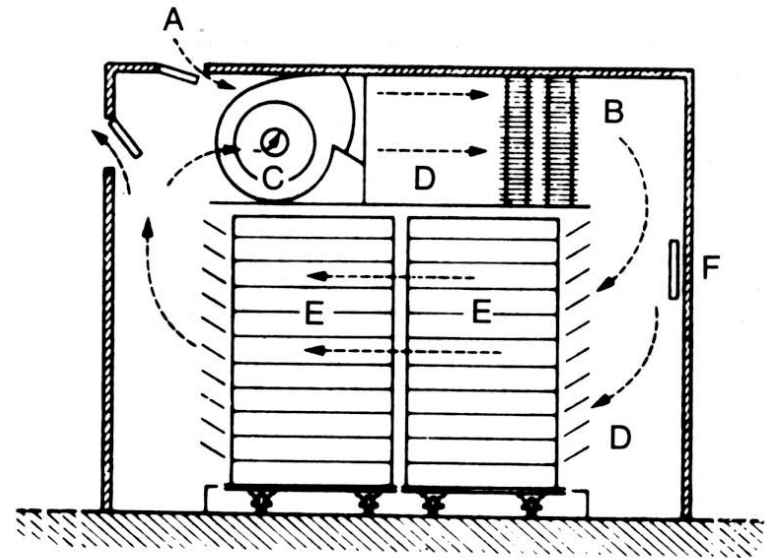
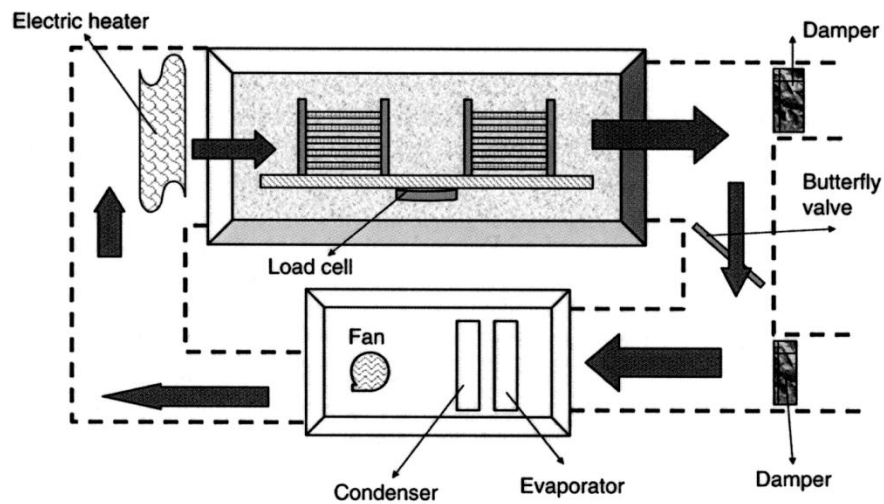
Hvornår ødelægges kvaliteten?

?



1. Låg mellem vakuumkanter og frysefælde
2. Frysefælde under afisning (bundventil åben)
3. Tøvandsafløb
4. Varmeelement (stråling)
5. Frosset produkt under tørring
6. Frysefælde forbundet til vakuumkanter
7. Vakuumtilslutning
8. Varme/kulde elementer i frysefælde
9. Smeltet is fra frysefælde

Varmepumpetørring



Vi kan ikke modellere det hele

Det er stadig et håndværk at lave ordentlige tørringsprocesser

Vi ved for lidt om hvad der foregår