TEKNOLOGISK
INSTITUT

Holdbarhed

Sådan påvirkes den af kemiske, mikrobiologiske og sensoriske forhold

Anette Granly Koch (aglk@teknologisk.dk)

Anne-Mette Gøther Frost (angf@teknologisk.dk)

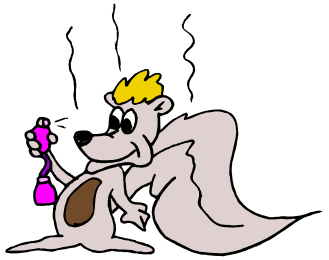
Anna Kirsten Sørensen (asor@teknologisk.dk)

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Agenda

- Hvorfor er holdbarhed vigtigt?
- Hvilke mikroorganismer ødelægger fødevarer?
  - Hvilke muligheder har vi for at styre mikrobiologien i fødevarer?
- Kemiske ændringer, der begrænser holdbarheden
  - Off flavours - lipid oxidation
  - Hvad kan man gøre for at forlænge holdbarheden?
- Sensorisk metoder til fastlæggelse af holdbarhed
  - Hvorfor er det relevant?
  - Hvad er grundprincipperne?
- Take home message

TEKNOLOGISK
INSTITUT



Hvad er holdbarhed?

Holdbar betyder ifølge ordbogen:
”som er modstandsdygtig overfor nedbrydende påvirkninger”

Nedbrydning er en løbende proces
Holdbarhedstid er derfor:
Den tid, et produkt kan opbevares uden at være sensorisk uacceptabelt eller udgøre en sygdomsmæssig risiko

TEKNOLOGISK INSTITUT

Hvorfor er holdbarhed vigtig?

- Supermarkeder, cateringfirmaer m.fl. ønsker længere holdbarhed:
  - Reducerer spild
  - Lettere logistik

- Forbrugere forventer:
  - Sikre produkter med høj kvalitet i hele holdbarhedsperioden
  - Stor diversitet i de produkter, der udbydes
  - Leveringssikkerhed
  - Reducere madspild

- Fødevareproducenter:
  - Sælge på forskellige markeder (regionalt og world wide)
  - Fleksibilitet i distributionen
  - Reducere sæsonvariationer (påske, jul, grillsæson)
  - Levere det, kunderne ønsker (detailkæder, foodservice, industri)
  - Reducere spild

TEKNOLOGISK INSTITUT

Hvad er den rigtige holdbarhed?

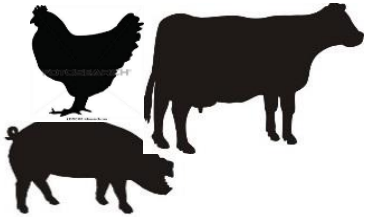
- Det er når produktet:
  - Ser godt ud – det skal købes
  - Lugter godt – det skal tilberedes og serveres
  - Smager godt – det skal nydes
  - Ikke forvolder sygdom

Genkøb

TEKNOLOGISK
INSTITUT

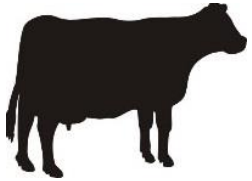
Kun få bakterier gør os syge, MEN det vigtigt at kontrollere dem

Campylobacter



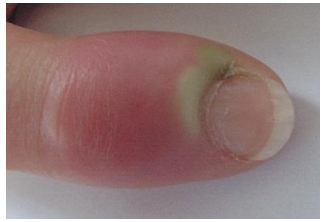
Salmonella

Listeria monocytogenes

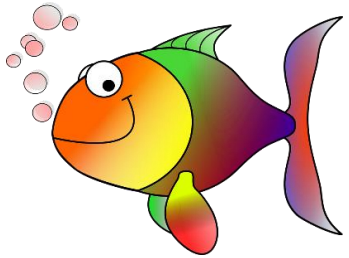


VT E. coli

Clostridium botulinum
Clostridium perfringens
Bacillus cereus

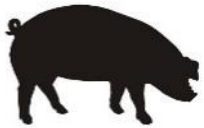


Staphylococcus aureus



Vibrio

Shigella



Yersinia enterocolitica

TEKNOLOGISK
INSTITUT

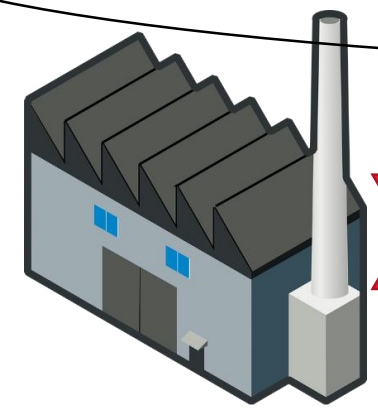
Holdbarhed påvirkes af

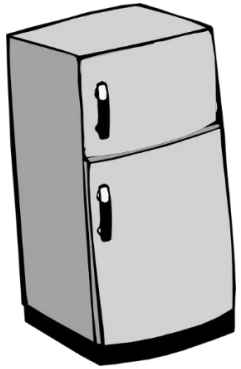
Konservering

Pakning

Opbevaring

Temperatur





Bakterier

Enzymer

Kemiske ændringer

Struktur

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Mikroorganismer påvirker holdbarhed og fødevaresikkerhed

- Udseende:
  - Misfarvning
  - Slim
  - Synlig vækst
  - Luftproduktion (CO_2, H_2S, H_2)

- Lugt og smag:
  - Sur (organiske syrer)
  - Rådden, svovlet, putrid, vammel m.v.
  - Gammel, våd hund, kærnemælk, m.v.
  - Konsistensændringer (protein, kulhydratnedbrydning)

Patogener eller toksiner: Kan ikke ses, lugtes eller smages

TEKNOLOGISK INSTITUT

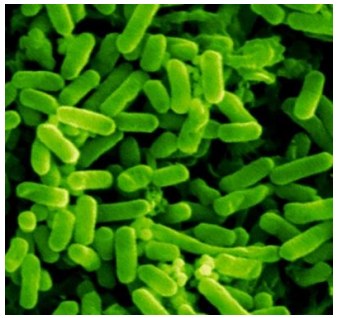
Bakterier, som fordærver mad

Pseudomonader:

- Vegetabilier, kød, fisk, mælk, vand (ofte ferske, kølede produkter)
- Nedbryder pektin og protein (forrådnelse, slim, grim lugt)
- Ofte aerobt opbevarede produkter, men anaerobe arter findes

Enterobacteriaceae:

- Ferske grøntsager, fisk, kød, bacon, ost, øl, coleslaw, æg, vand
- Biogene aminer (histamin/fisk; cadaverin, putriscine/kød)
- Grim lugt, slim, misfarvning



TEKNOLOGISK INSTITUT

Bakterier, som fordærver mad

Mælkesyrebakterier:

- *Leuconostoc, Carnobacterium, Lactobacillus, Pediococcus* m.fl.
- Kød, fisk, ost, mælk, vegetabilier, juice, vand
- Lavt pH, sukker, lidt protein, ingen ilt
- Ændring i smag/lugt: sur, ost, mælk, våd hund, smør
- Ændring i udseende: grønfarvning (kød); slim, gas

***Clostridium* (anaerobe, sporer)**

- Kølekonserves, sous vide
- Vakuumpakkede, kølede produkter
- ”Blown pack”, grønfarvning
- Svovlbrinte (sort farvning, stinker)

Bacillus (aerobe, sporer)

- Konserves (lille iltrest, flat sour, gas produktion)
- Slim i brød

TEKNOLOGISK
INSTITUT

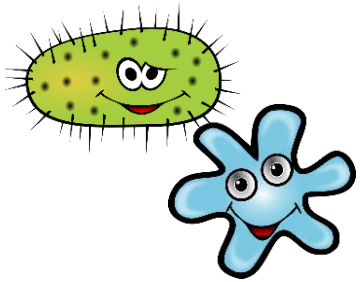
Svampe (gær, skimmel og champignon)

Gær (brødbagning, ølbrygning, spegepølser)

Mug (madvarer, der ligger bagest i skabet eller køleskabet)

Champignonerne (svampens frugt = et æble)

Svampe ligner mennesker mere, end de ligner bakterier (DNA)



≠

=

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Skimmel

Penicillium sp. (mest udbredte skimmel i fødevarer)

- Friske fødevarer (frugt, grøntsager)
- Cerealier (efter høst, under tørring)
- Forædlede produkter (køl, stuetemperatur)

***Aspergillus sp*.**

- Aflatoxin m.fl. (nødder, tørret frugt)
- Mest udbredt i varmere klima og troperne

Mycotoksiner i fødevarer:

- Grænseværdier (lovgivning)
- Aflatoxin, Ochratoxin A, m.fl.

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Gær

Zygosaccharomyces (høj salt, høj sukker)
- Frugtjuice, marmelade, tørret frugt, sojasauce
- Vokser langsomt, fordærv efter uger/måneder
- Gasdannelse, bilugt, uklart produkt

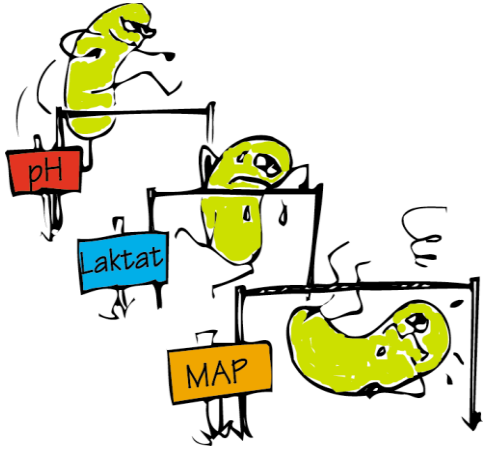
Saccharomyces
- Frugtjuice, saltede grøntsager, vin, mejeri-, kød- og bageriprodukter (også ønsket brød, vin og øl)
- Bilugt, smør, svovl, eddike, gasdannelse, blød konsistens

Andre gær:
- *Candida, Dekkera* m.fl.

Ikke sygdomsfremkaldende

Ingen toksiner

Hvordan bekæmpes bakterier?



- Brug råvarer og ingredienser af høj kvalitet
- God hygiejne, så du undgår forurening
- Kan vokse ved 0-45°C (og højere!)
- Væksthæmning er mulig
  - Kombinationer af konservering nødvendig
  - pH, temperatur, organiske syrer, NaCl, nitrit, sorbat, benzoat, CO_2 m.v. (tjek positivlisten)
- Drab ved temperaturer over 60-65°C (70°C/2 minutter)
- Sporer kræver mere varme (90°C/10 minutter; >121°C/3 minutter)

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Hvordan bekæmpes gær og skimmel?

Råvarer og ingredienser af høj kvalitet
God produktionshygiejne

Væksthæmning kan være svært

- Vokser ved -5°C - 45°C
- Aw (0,61-0,94)
- Sorbat, benzoat har effekt
- Kombinationer af konservering nødvendigt – en udfordring
- Pakning uden ilt og gerne med CO_2 hæmmer skimmel, men ikke gær

Drab ved temperaturer over 55°C
Ascosporer kræver mere varme

- Skimmel: D_{90}-værdier på flere minutter
- Gær: D-værdier 70-75°C/10-15 minutter

Fastsæt holdbarheden

- Erfaring fra års produktion af produktet eller lignende produkter

- Prædiktive modeller kan findes:
  - Specifikke bakterier under bestemte forhold
    - Brochotrix, Pseudomonas, patogener
  - Sensoriske ændringer og/eller mikrobiel vækst i bestemt produkter

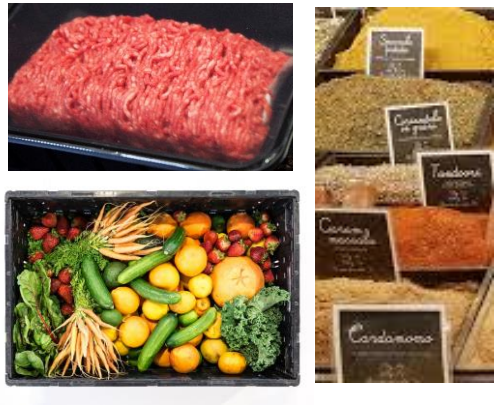
- Prædiktive modeller er gode redskaber til produktudvikling og fastlæggelse af holdbarhedstid.

- Begrænsningen er:
  - Ingen model beskriver alle produkter og forhold ved pakning, opbevaring, konservering.

TEKNOLOGISK INSTITUT

Hvad har indflydelse på holdbarheden?

Forurening
Mikroorganismer
Temperaturbelastning



Råvarer ind

Konservering/recept
Emballering
Opbevaringstemperatur og -tid

Produktion

Krydskontaminering
Efterkontaminering

Pakkeproces og opbevaring

Opbevaring
Hygiejne

Transport

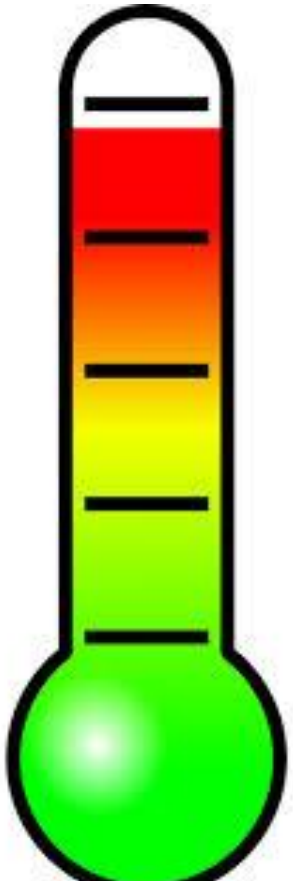
Opbevaring
Hygiejne
Anvendelse

Forbrugerens køleskab

TEKNOLOGISK
INSTITUT

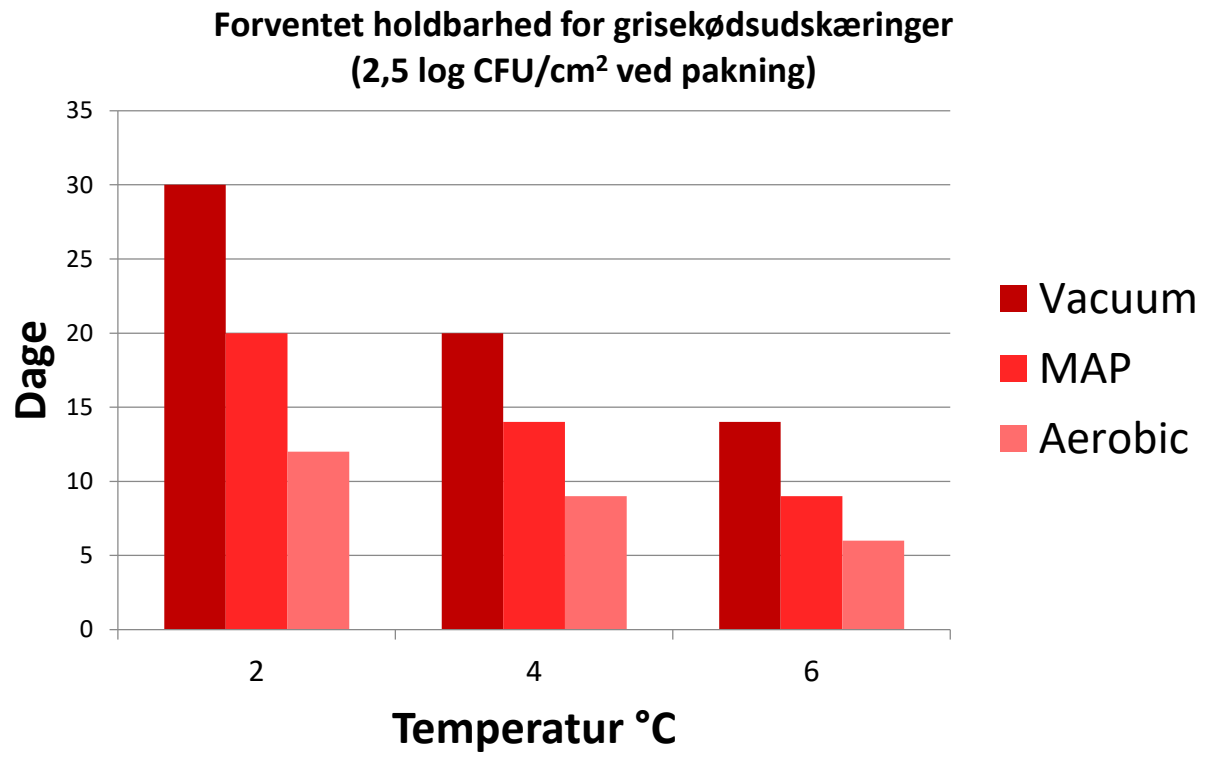
Hvad er vigtigst når holdbarheden skal forlænges ?

- **Temperatur**
  - Bakterierne vokser langsommere ved 4-5°C end ved 7-10°C
    - Forskelle i holdbarhed på 2-3 uger
    - Konservering er dog også vigtig
    - Halver temperatur og holdbarhedstiden fordobles (tommelfingerregel)
  - Flere forskellige slags bakterier kan vokse ved højere temperatur
  - Tiden med mange fordærvelsesbakterier i produktet begrænser holdbarheden
    - Temperaturbelastning tidligt i forløbet er kritisk



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Temperatur og emballering



- Jo lavere temperatur, jo bedre
- Pakning uden ilt giver længst holdbarhed
- CO_2 i MAP hæmmer vækst af mikroorganismer

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Andre vigtige forhold for holdbarhedstiden

- Emballagens betydning
  - **Hindre vækst, undgå forurening**
    - Rest oxygen (<0,3%)
    - CO_2 koncentration (30%, 80%, 100%)
    - Emballagens tæthed
      - gaspermeabilitet
      - Svejsning
- Produkt/procesforhold
  - **Hindre vækst**
    - Hurdler i vandfasen,
    - pH, nitrit, salt, laktat, acetat, benzoat, sorbat mv.
  - **Reducere antal bakterier**
    - Røgning, varmebehandling
    - Sous-vide,
    - Reducere forurening ved pakning **(HYGIEJNE)**

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Kemiske ødelæggelser i fødevarer

Agenda

- Ændringer, der begrænser holdbarheden
- Lipid oxidation
- Faktorer, der har indflydelse på holdbarheden
- Hvad kan man gøre for at forlænge holdbarheden?
- Eksempler på analysemetoder

Ændringer der begrænser holdbarheden

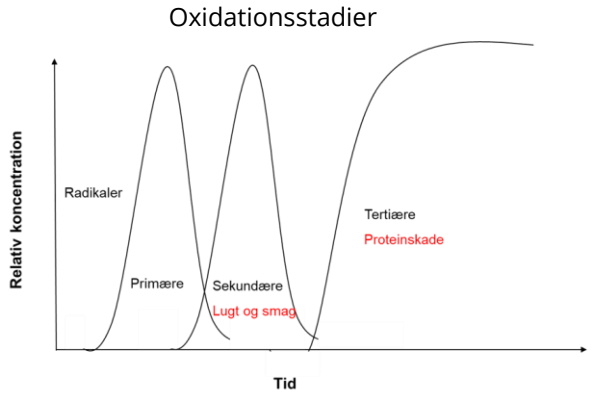
- Ændringer i
  - Lugt og smag (lipid oxidation)
  - Farve (enzymatisk brunfarvning)
  - Emulsionsstabilitet
  - Viskositet
  - Udtørring
  - Indhold af vitaminer

Lipid oxidation

- Produkter, der indeholder fedt og olie er sensitive over for oxidation
- Det er vigtigt at huske, at oxidation er en irreversibel proces

Lipid oxidation – kort fortalt

- Oxidationsprocessen er initieret af varme, metaller eller lys under dannelse af frie radikaler
- De frie radikaler reagerer med ilt og danner hydroperoxider (primære oxidationsprodukter) – smagsneutrale
- Hydroperoxiderne nedbrydes til sekundære oxidationsprodukter som aldehyder, ketoner, syrer – dårlig smag og lugt
- Samtidig bliver der dannet nye frie radikaler - kædereaktion



Lipid oxidation - initiatorer

- Varme
- Metaller
  - f.eks. jern (0,1 ppm) eller kobber (0,01ppm)
- Lys
  - Lys induceret oxidation foregå meget hurtigere end aut-oxidation

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Faktorer, der har indflydelse på holdbarheden

- Enzymer
- Fedtsyresammensætningen – mættet/umættet
- Indhold af naturligt tocopherol i vegetabilsk olie
- Produktsammensætning – ingredienser, emulsion, fedt%, overflade etc.

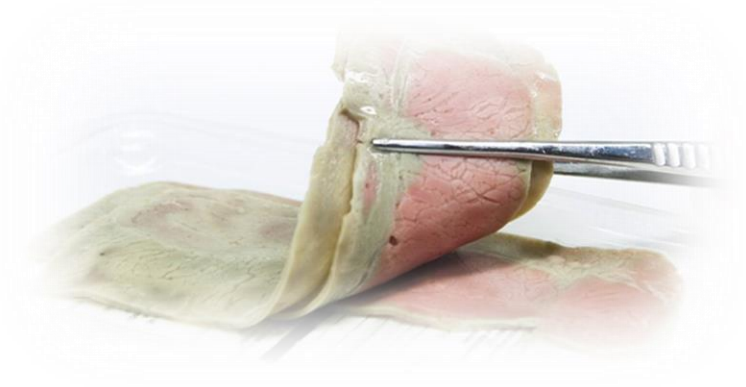
TEKNOLOGISK
INSTITUT

Oxidation i kød og kødprodukter

- Råvare, processer og opbevaringsbetingelser er alle parametre, som har indflydelse på kvaliteten af kød og kødprodukter
- WOF (warmed-over flavour) er resultatet af lipid oxidation i kød og beskrives ofte som maling, harsk, våd hund
- Sekundære oxidationsprodukter som pentanal, hexanal og 2,4-decadienal

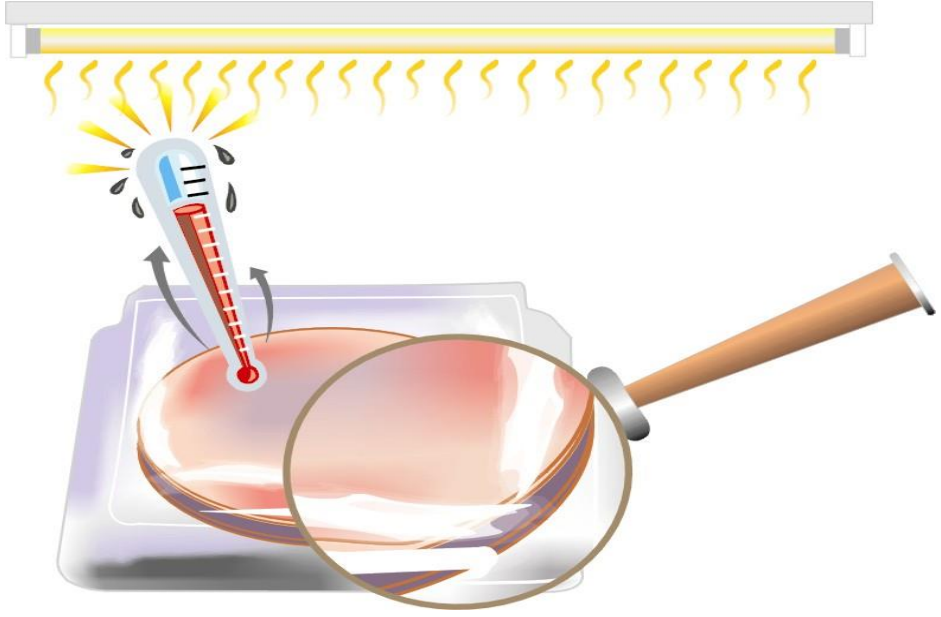
Farveændringer i kød og kødprodukter

- Udover lipid oxidation, ændrer farven sig fra rød til brunlig, især i skiveskåret pålæg eller hakket kød, der er udsat for lys i supermarked
- Lys induceret oxidation går meget hurtigere end almindelig aut-oxidation



Farvestabilitet – generelle anbefalinger

- Begræns lys mest muligt (<600lux)
  - Brug heldækkende etiket evt. indfarvet emballage
- Vælg korrekt headspace
  - Produkt : headspace (1: maks 1)
- Vælg emballage med lav OTR (iltpermeabilitet)
  - Maks 0.5ml/m^2/24tim
- Begræns O_2
  - < 0.1% sikrer farven



Hvad kan man gøre for at forlænge holdbarheden?

- Råvarekontrol
- Sænke opbevarings- og procestemperatur
  - tommelfingerregel, når man sænker temperaturen med 10 °C, fordobles holdbarheden (0-80 °C)
- Udelukkelse af ilt f.eks. nitrogendække
- Produktkendskab (recept)
- Inaktivering af enzymer ved varmebehandling
- Tilsætning af en chelator, der binder metal-ioner
- Emballage: vakuum, modificeret atmosfære, lystransmission, ilt-gennemtrængelighed
- Tilsætning af antioxidanter

Chelator

- Binder metal-ioner og hindrer dem i at initiere oxidationsprocessen
- F.eks. EDTA, citronsyre
- Bruges f.eks. i olie, mayonnaise, margarine
- Restriktioner med hensyn til lovgivning

- Kunne naturlige ekstrakter fra krydderurter være det nye alternativ?

Antioxidanter

- Forlænger holdbarheden
- Typer
  - Naturlige
  - Vitaminbaserede
  - Syntetiske
- Restriktioner med hensyn til lovgivning

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Analysemetoder - eksempler

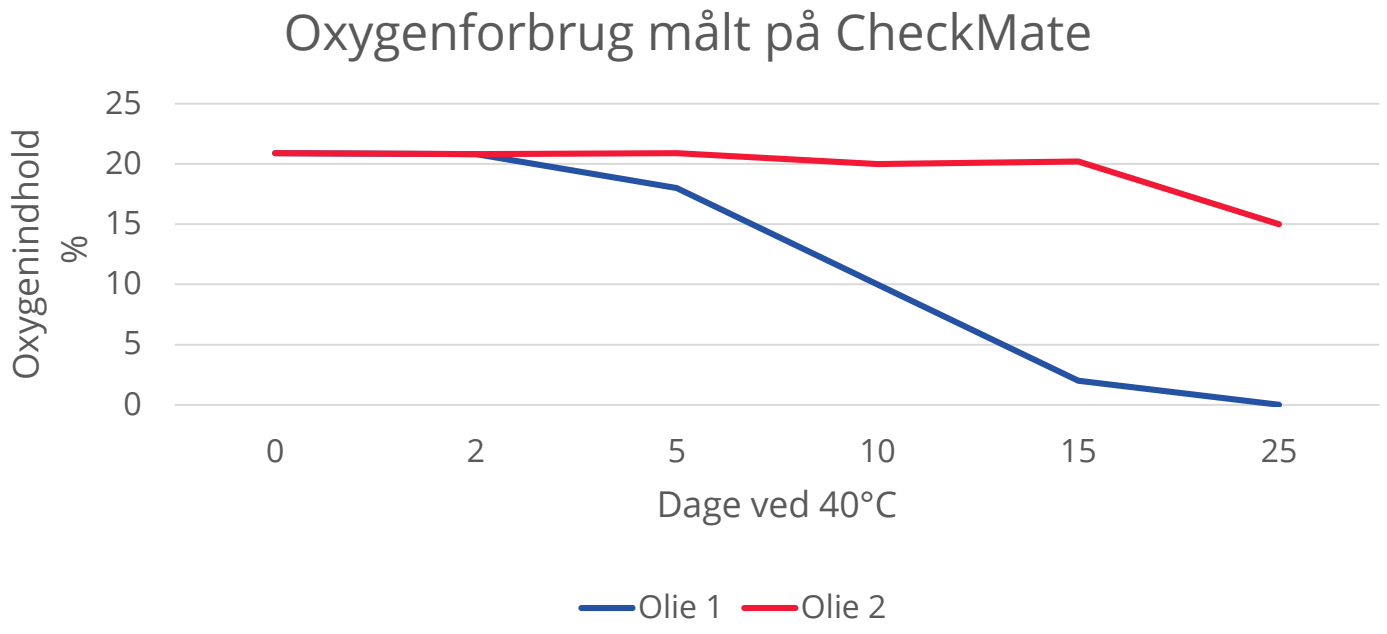
- GC-headspace
  - sekundære oxidationsprodukter
- Oxipres
  - accelereret test, indikation holdbarhed, sammenligning
- CheckMate
  - accelereret test, oxygenforbrug (klimaskabe)
- Farvemåling
  - billeder, LAB-værdier

Ost – sekundære oxidationsprodukter

GC headspace analyse

Oxidationsprodukter	Tærskelværdi i vand ppm	Sensorisk karakteristik
Heptanal	0,003-0,02	Fedt, harsk, skarp lugt
Hexanal	0,006-0,6	Grøn, græs
Octanal	0,0007-0,007	Fedt, sæbe
Nonanal	0,001	Fedt, grønt, græs
2-butanon	50	Æter, acetone
2-heltanon	0,001-3	Blåskimmel ost, muggen

Olie - oxidationsstabilitet



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Sensorisk kvalitet og holdbarhed af fødevarer

- Sensorisk kvalitet er defineret som den del af levnedsmidlers kvalitet, der vedrører udseende, lugt, smag, mundfornemmelse og lyd.

- Sensorisk holdbarhedsanalyser er med til at udpege de tidspunkter, hvor den sensoriske kvalitet går fra at være god til acceptabel for til sidst at blive uacceptabel. ”Cut-off point.”

TEKNOLOGISK INSTITUT

Hvorfor er sensorisk holdbarhed relevant?

Vigtigt supplement til fysiske, kemiske og mikrobiologiske analyser

- Flere kemiske, fysiske og mikrobiologiske ændringer sker simultant og påvirker den sensoriske kvalitet.
- *Mikrobiologisk sikkerhed (Patogener) går ALTID forud for sensorisk holdbarhed.*

Forbrugeraspektet

- Det er vigtig at sikre, at produktet lever op til forbrugernes forventninger.
- Dårlige produkter (inden for holdbarhedsperioden) skaber mistillid, skader virksomhedens brand.
- Kun 1 ud af ca. 65-100 dårlige produkter ender i en klage til virksomheden*

*Peleg et al. (2011) Expand 'Fermi Solution' for estimating the relationship between product spoilage od deterioration and the number og consumer complaints.

TEKNOLOGISK
INSTITUT

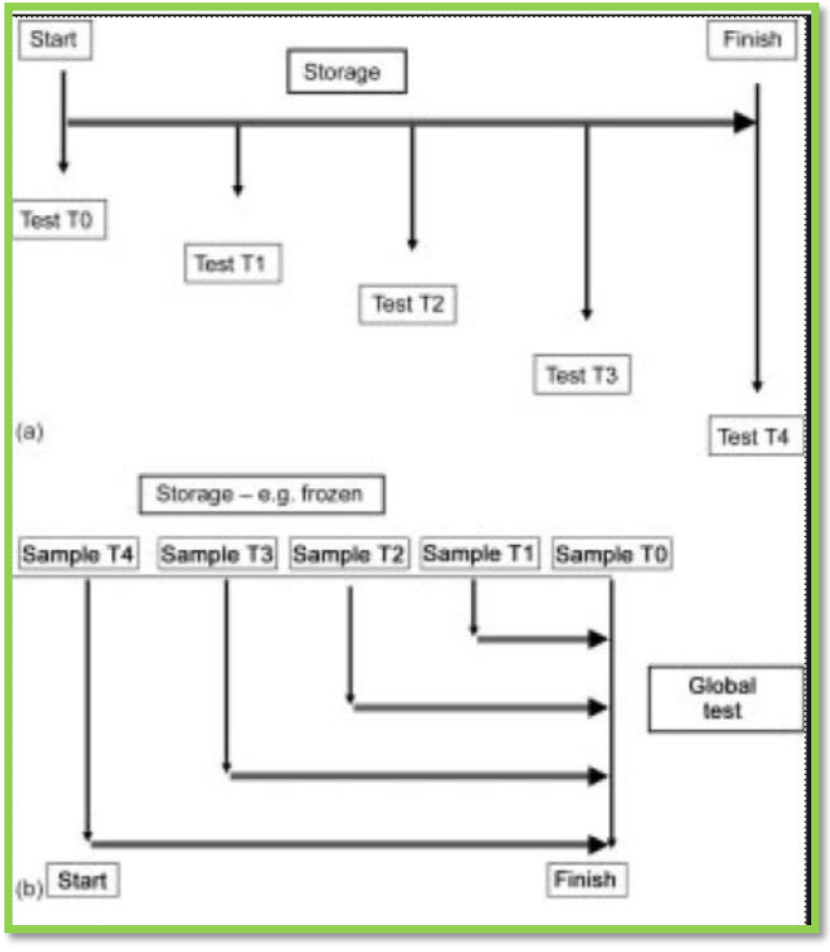
Holdbarhedsforsøgsdesign (Produktafhængig)

1. Afgør formålet
2. Indsamle repræsentative prøver og udform forsøgsdesignet
3. Afgør opbevaringsforhold og -tid
4. Afgør, hvilken sensorisk evalueringsmetode der skal anvendes
   -Profil, forskelstest (ved reference) eller forbrugerstudie.
5. Fastsæt de kriterier, som definerer den sensoriske kvalitet
   -I hvilken grad må produktet afvige for stadigvæk at være acceptabelt.
6. Forsøget udføres
   -Principles of Good Practices
7. Analyser resultater → Fastsæt produktets sensoriske holdbarhed

Forsøgsdesign

Real-time

Omvendt design



Kan sammenligne friske prøver med de lagret til hver tid. (eller en frossen)

Dommerne ved at det er et holdbarhedsforsøg
Frisk reference er ikke altid fra samme batch.

Kan sammenligne alle lagret prøver på én gang.

Svært hvis der er mange prøver og intense prøver.
Slut tid er ikke kendt.

Food and Beverage Stability and Shelf Life, 2011. D. Kilkast.

TEKNOLOGISK INSTITUT

Overordnede kategorier af sensoriske analysemetoder

	Type	Fordele	Ulemper
Diskriminerende analyser (Forskelstest)	Analysen kan besvare, om forskellen mellem to produkter er signifikant.	Hurtig og nem at udføre	Begrænset information – ingen beskrivende information
Deskriptive analyser (Beskrivende test)	Analysen kan give en detaljeret beskrivelse af produkternes egenskaber. Analysen besvarer, om der er signifikant forskel mellem to eller flere produkter, og hvori forskellen består.	Beskrivende information og intensitetsforskelle på mange /eller udvalgte sensoriske egenskaber	Kræver ofte større indsats og træning
Affektive test (Præferencetest)	Analysen kan give svar på, hvilket produkt forbrugeren foretrækker, og hvordan produktet vurderes i forhold til forbrugerens ideal.	Afspejler den virkelige verden	Kræver ofte større indsats
Kvalitetstest	Ovenstående, Quality indeks metode, IN/OUT. Om produktet falder inden for en defineret standard.	Hurtig og nem at udføre	Træning Kræver en kvalitets standard. Cut of point – bliver ofte sat af ledelsen eller erfarende personer med produktkendskab. Ikke forbrugere

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Typiske personer der vurderer de sensorisk ændringer

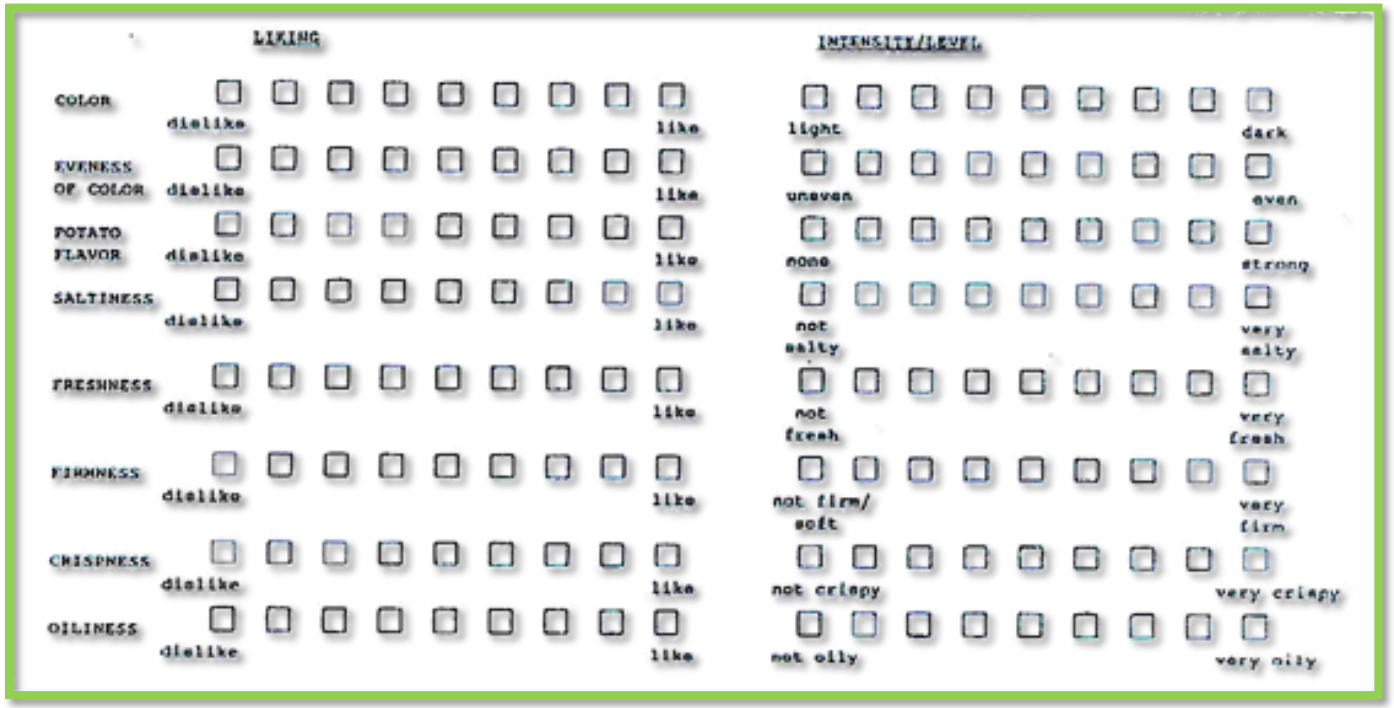
- Interne udviklere/produktion/QC-personer
- Sensorisk trænet panel
- Forbrugere

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Inddragelse af forbrugerne til fastsættelse af holdbarhed

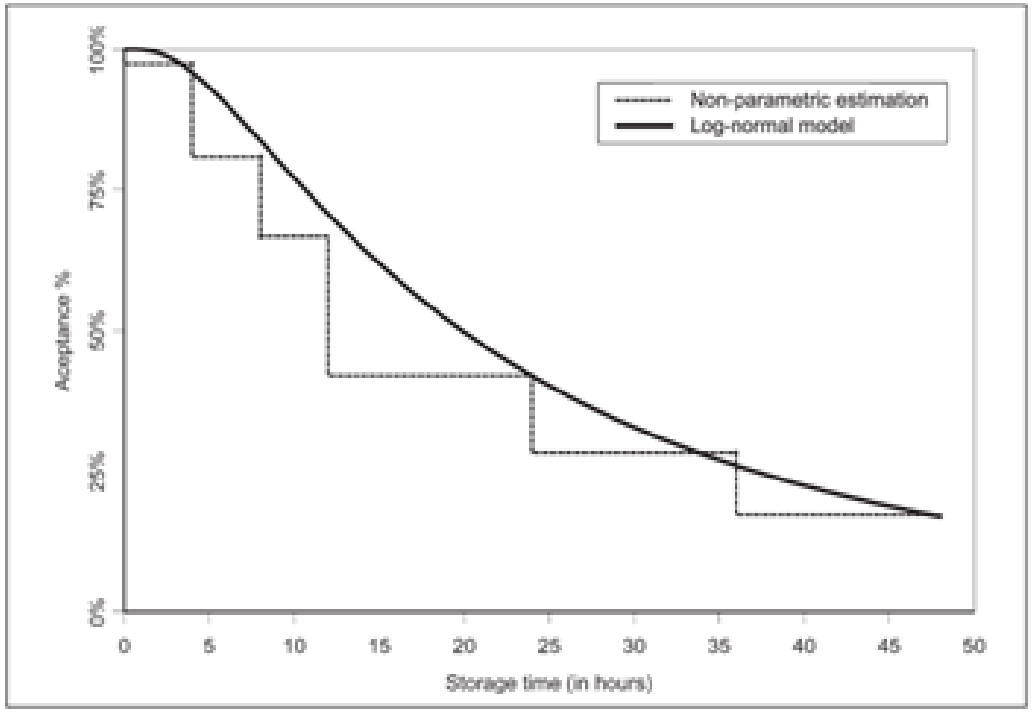
<u>Forbrugernes hedoniske respons:</u>

- Produkter med forskellig alder
- Gennemsnitspræference
- **Kombination af præference og diagnostik**



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Forbruger-involvering

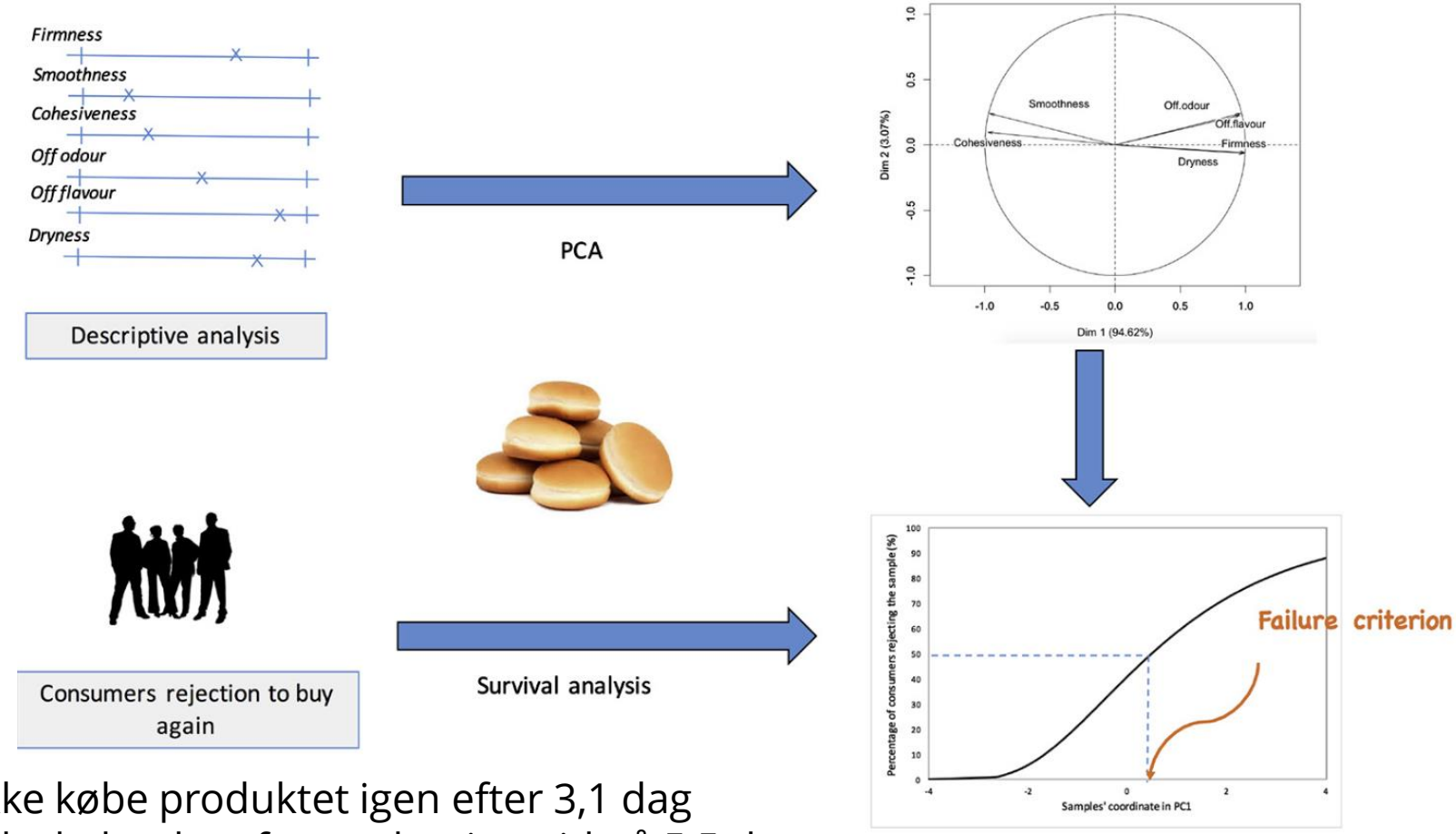


<u>Survival-analysis</u>

- Sandsynlighed for at forbrugere acceptere et lagret produkt udover tiden t.
- Forbrugeren bliver præsenteret for produkter med forskellig ”alder” og bliver bedt om at vurdere, om det et produkt de ville spise – JA/NEJ.
- Fastsættelse af forbrugeracceptgrænser for, hvornår de vil spise produktet.

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Eksempel på Survival Analyse

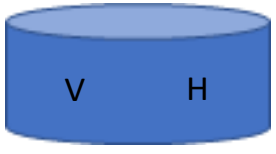


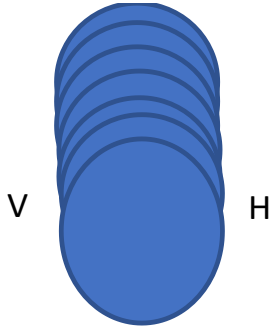
25% af forbrugerne ville ikke købe produktet igen efter 3,1 dag
50% af forbrugerne ville ikke købe det efter en lagringstid på 5,5 dage

Figur fra Ana Giménez et al. 2017

Eksempel på holdbarhed af kødpålæg

Prøvens opdeling ved ca. 8 skiver pr. pakke á 100g (stak/taglagt)





- Sammenlignes med en nulprøve der har været frosset.
- Skala 1-4, hvor 3 og 4 er uacceptabel.
- Panel leder laver designet og kun den person kender prøverne ID.

1. Udseende (farve, slim, synlig vækst, væskeudtræk, mv.)
    1. Ingen misfarvning
    2. Begyndende misfarvning
    3. Tydelig misfarvning
    4. Meget misfarvning

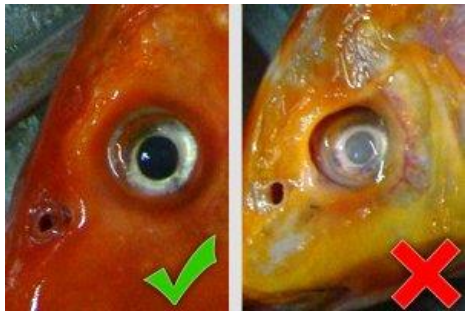
2. Lugt (sur, svovlet, smør, kærnemælk, våd hund, ost, harsk, osv.)
    1. Frisk
    2. Lidt afvigende
    3. Tydelig afvigende
    4. Meget afvigende

3. Smag (sur, gammel, smør, våd hund, harsk, osv.)
    1. Frisk
    2. Lidt afvigende
    3. Tydelig afvigende
    4. Meget afvigende

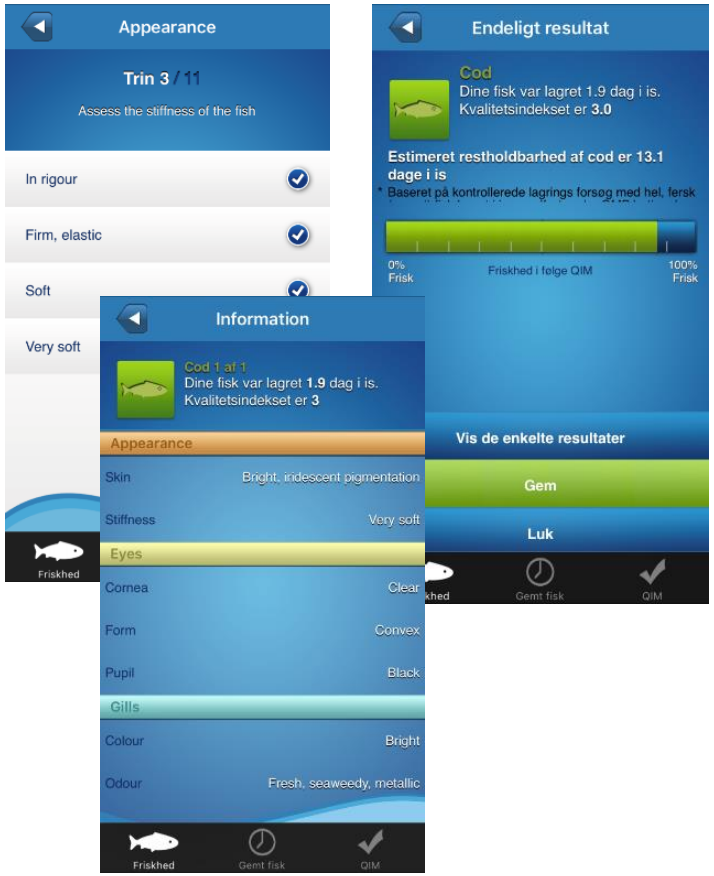
TEKNOLOGISK INSTITUT

Eksempel på metoder til fastsættelse af sensorisk holdbarhed

- QIM – Quality Index method
  - Kvalitetsvurdering af fisk



Kvalitets parametre		Beskrivelse	Point	
Skind:	Farve/ Udseende	Perlemorsskin over hele skindet	0	
		Skindet har mindre perlemorsskin	1	
		Fisken er gullig, især nær bughulen	2	
	Slim	Klar, ikke klumpet	0	
		Mælket, klumpet	1	
		Gul og klumpet	2	
	Lugt	Frisk tang, neutral	0	
		Agurk, metal, hø	1	
		Sur, karklud	2	
		Rådden	3	
	Tekstur	I Rigor	0	
		Mærke efter finger forsvinder hurtigt	1	
		Finger tryk efterlader mærke i over 3 sekunder	2	
Øjne:	Pupiller	Klar og sort, metal skinnede	0	
		Mørk grå	1	
		Mat, grå	2	
	Form	Konveks	0	
		Flad	1	
		Indsunken	2	
Gæller [1)]:	Farve/ Udseende	Rød/mørk brun	0	
		Lys rød, pink/lysebrun	1	
		Grå-brun, brun, grå, grøn	2	
	Slim	Transparent	0	
		Mælket, klumpet	1	
		Brun, klumpet	2	
	Lugt	Frisk, tang	0	
		Metal, agurk	1	
		Sur, muggen	2	
		Rådden	3	
Bughule:	Blod i bughule	Blod rød/ingen blod	0	
		Blod mere brun, gullig	1	
	Lugt	Neutral	0	
		Agurk, melon	1	
		Sur, minder om fermentering	2	
		Rådden/rådden kål	3	
Kvalitetsindeks (0-24)				



Fra QIM-eurofish.com

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Take home message

- Mikrobiologisk holdbarhed:
  - Temperatur, proceshygiejne og konservering
- Kemisk holdbarhed:
  - Ilt, temperatur, chelatorer, antioxidanter
- Sensorisk analyser:
  - Mål på de vigtige sensoriske egenskaber - inddrag forbrugerne

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Teknologisk Institut

Har du brug for sparring angående holdbarhed, kontakt os gerne ☺

Anette Granly Koch (mikrobiologi)

aglk@teknologisk.dk

☎ 7220 2539

Anne-Mette Frost (oxidation)

angf@teknologisk.dk

☎ 7220 1530

Anna Kirsten Sørensen (sensorik)

asor@teknologisk.dk

☎ 7220 1664