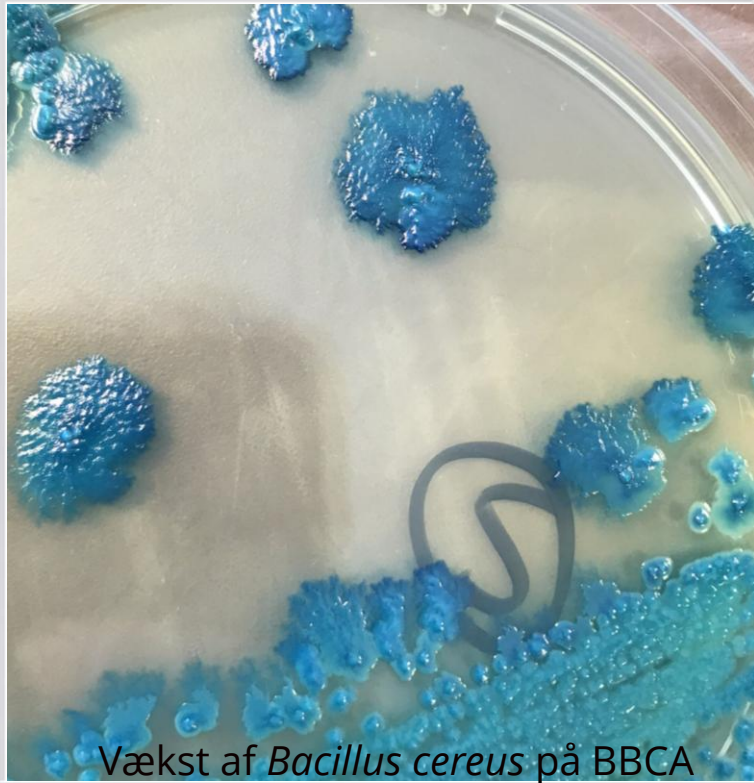




Vækst af *Bacillus cereus* på BCCA

Udsigt til indsigt

– en webinarserie om fødevarer sikkerhed og -kvalitet

Tirsdag d. 30. september 2025

Undgå vækst af *Bacillus cereus* i kølede kødprodukter

Starter kl. 12.00

Indhold

Forekomst

Sygdom og udbrud

Vækstkarakteristika

Strategier for styring af vækst

- temperatur, pakning, pH, salt, laktat, acetat og nitrit

Modellering af vækstdata

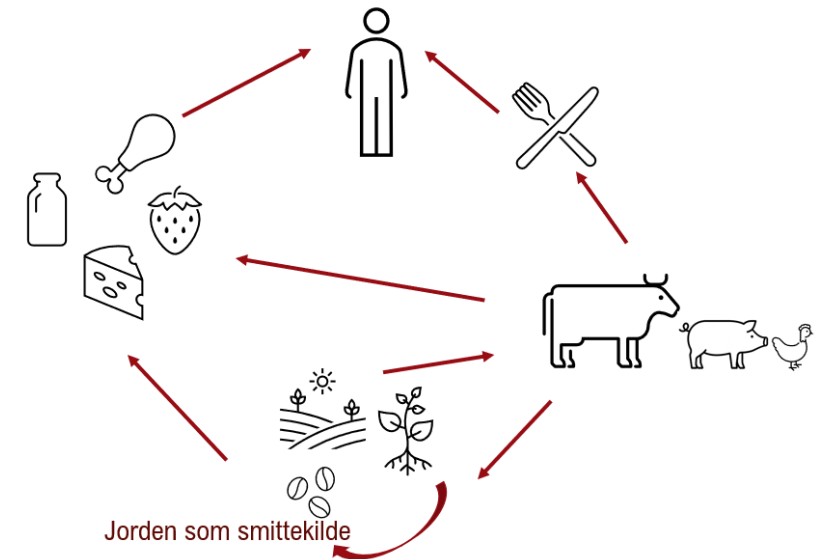
Take home message



Fund af *Bacillus cereus*

Findes naturligt mange steder og overføres derfra til fødevarer

- Ris og risprodukter:
 - Rå ris: 10^2 - 10^3 cfu/g
 - Kogte ris: 10^1 - 10^7 cfu/g
 - Stegte ris: 10^1 - 10^5 cfu/g
- Vegetabiliske produkter:
 - Krydderier og urter: 10^1 - 10^5 cfu/g
 - Bælgplanter og cerealer: 10^2 - 10^5 cfu/g
 - Salat grøntsager: 10^1 - 10^3 cfu/g
- Mælk og mejeriprodukter:
 - Rå mælk: 10^1 - 10^2 cfu/g
 - Pasteuriseret mælk: 10^1 - 10^3 cfu/g
 - Mælkepulver: 10^2 - 10^3 cfu/g
 - Cheddar ost: 10^1 - 10^2 cfu/g
- Kød og kødprodukter:
 - Fersk kød: 10^1 - 10^2 cfu/g
 - Hamburger: 10^1 - 10^3 cfu/g



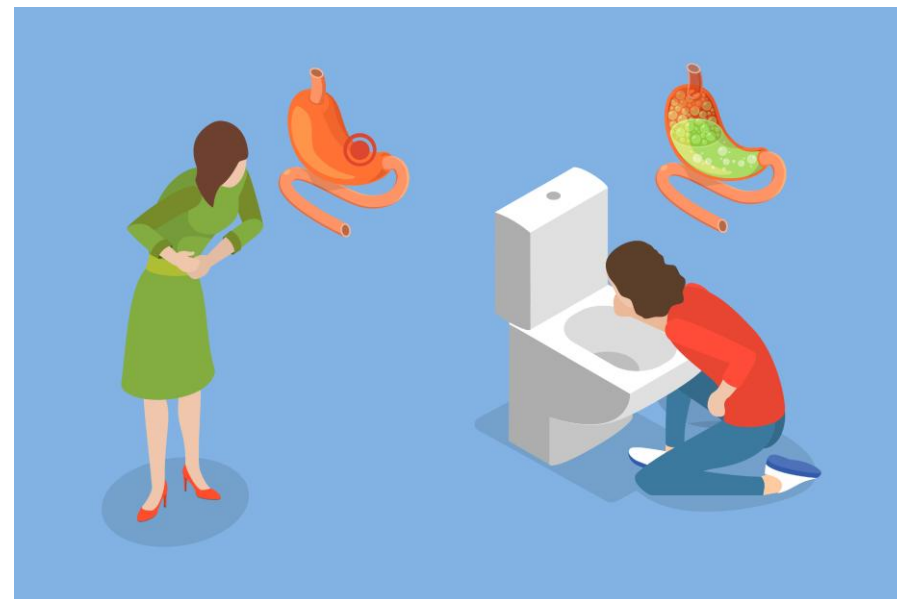
Fremstilling af vegetabilsk protein

- Processen kort fortalt:
 - Sortering
 - Vask
 - Blanchering i vand / varmebehandling – nogen inaktivering af bakterieceller, men ingen effekt på sporer
 - Tørring med 70-80°C varm luft (produkttemperatur ca. 50°C) - ingen effekt på bakterier
 - Vandaktivitet $<0,6$
 - Tørret pasta, mælk, æg, krydderier og grøntsager
 - Kiks, mel, kaffe
 - Ingen mikrobiel vækst ved A_w 0,6 – men overlevelse af sporer og vegetative celler er muligt



Fødevareforgiftning

- 2 forskellige toksiner (giftstoffer)
 - Cereulid (opkast) – ses efter 15 minutter til 6 timer
 - Varmeresistent (fjernes ikke ved kogning), dannes under vækst i fødevaren
 - Produceres ikke ved under 8°C (start ved 8-12°C, men svagt)
 - Optimalt ved 20-30°C
 - Produceres kun af nogle *Bacillus cereus* stammer (emetiske stammer, ces gen)
 - Enterotoksiner (mavesmerter, kvalme, diarre) – ses efter 8-16 timer
 - Frigives først når bakterien er kommet ned i tarmen
 - De fleste *Bacillus cereus* har gener for enterotoksin produktion
- 50 – 100 personer syge om året (reelt antal ukendt, mildt forløb, ikke anmeldepligtig)
- 2019: 155 sygdomsudbrud med 1.600 syge i hele Europa



Fødevareforgiftning

Primært varmebehandlede fødevarer som temperatur/tid belastes

Pasteuriserede fødevarer med lang holdbarhed ved lav temperatur kan være en risiko

- Produkt-eksempler, som har givet udbrud med emetisk-toxin:
 - Kogte ris
 - "Skole-frokost"
 - Ris-salat
 - Kylling med stegte ris
 - Kogte ris og pasta
 - Nudler og kød
- Produkt-eksempler, som har givet udbrud med diarre-toxin:
 - BBQ svinekød
 - Sammenkogte retter m/kød, kartofler og grøntsager
 - Kogte nudler



Generelt: 100.000 cfu/g
MEN

Der tales om at sygdom måske kan ses ved 1.000 cfu/g.....

Afhænger af typen af *B. cereus*, toksin-produktion, immunforsvar, mængden der spises

Lovgivning

- Mikrobiologiske kriterier:
 - 2.2.11 Tørrede modermælkserstatninger;
tørrede fødevarer til særlige medicinske
formål (spædbørn < 6 mdr):
 $N=5$, $c=1$, $m=50$ cfu/g, $M=500$ cfu/g
- Vejledning fra 1999: Vurdering af fund i
spiseklare produkter: $n=5$ prøver, $m=1000$
cfu/g, $M=10.000$ cfu/g



Dette billede efter Ukendt forfatter er licenseret under CC BY-NC

Vækst af *Bacillus cereus*

- Mesofile stammer: 10-50°C (55°C)
- Psykrotrofe stammer: ned til 4°C
- Under 10°C kan kun en mindre del *B. cereus* opformeres
- Kan vokse ved lavt pH: Gulerod substrat: pH 4,5-4,75; Mælk: pH 4,1 ved 37°C. Ved under pH 5,5 falder væksthastigheden betydeligt.
- Vandaktivitet: vækst ved over 0,912-0,92 (optimal temperatur)
- Salt: 11-89% af de testede stammer af *B. cereus* kan vokse i 7% NaCl (vækst fundet ved 11-12% salt).
- CO₂ har lidt hæmmende effekt – mere vækst i vakuumpakker
- Ilt er nødvendig for sporespiring
- Emballagens tæthed (OTR) og iltrest påvirker væksten af *B. cereus*



Bacillus cereus – en heterogen grupper

Phylo-gruppe	Temp. °C (min)	Temp. °C (max)	Max salt%	Min Aw	pH min	Tox gen	Navne
I	10	43	5	0,965	4,6 (>4,3)		
II	7	40	8 (ej 10)	0,945 (ej 0,929)	4,3 (<?)	Hbl, nhe, cytK-2	<i>B. cereus</i> <i>B. thurengensis</i>
III	15	45	10 (>?)	0,929 (<?)	4,3 (<?)		
IV	10	45	10 (>?)	0,929 (<?)	4,6 (>4,3)		
V	8	40	8 (ej 10)	0,945 (ej 0,929)	4,6 (>4,3)	Hbl, nhe, cytK-2	<i>B. cereus</i> <i>B. thurengensis</i>
VI	5	37	6 (ej 7)	0,960 (ej 0,952)	4,6 (>4,3)	Hbl, nhe,	<i>B. weihenstephanensis</i> <i>B. mycoides</i> <i>B. thurengensis</i>
VII	20	50	10 (>?)	0,929 (<?)	4,6 (>4,3)		

Strategier for styring af vækst

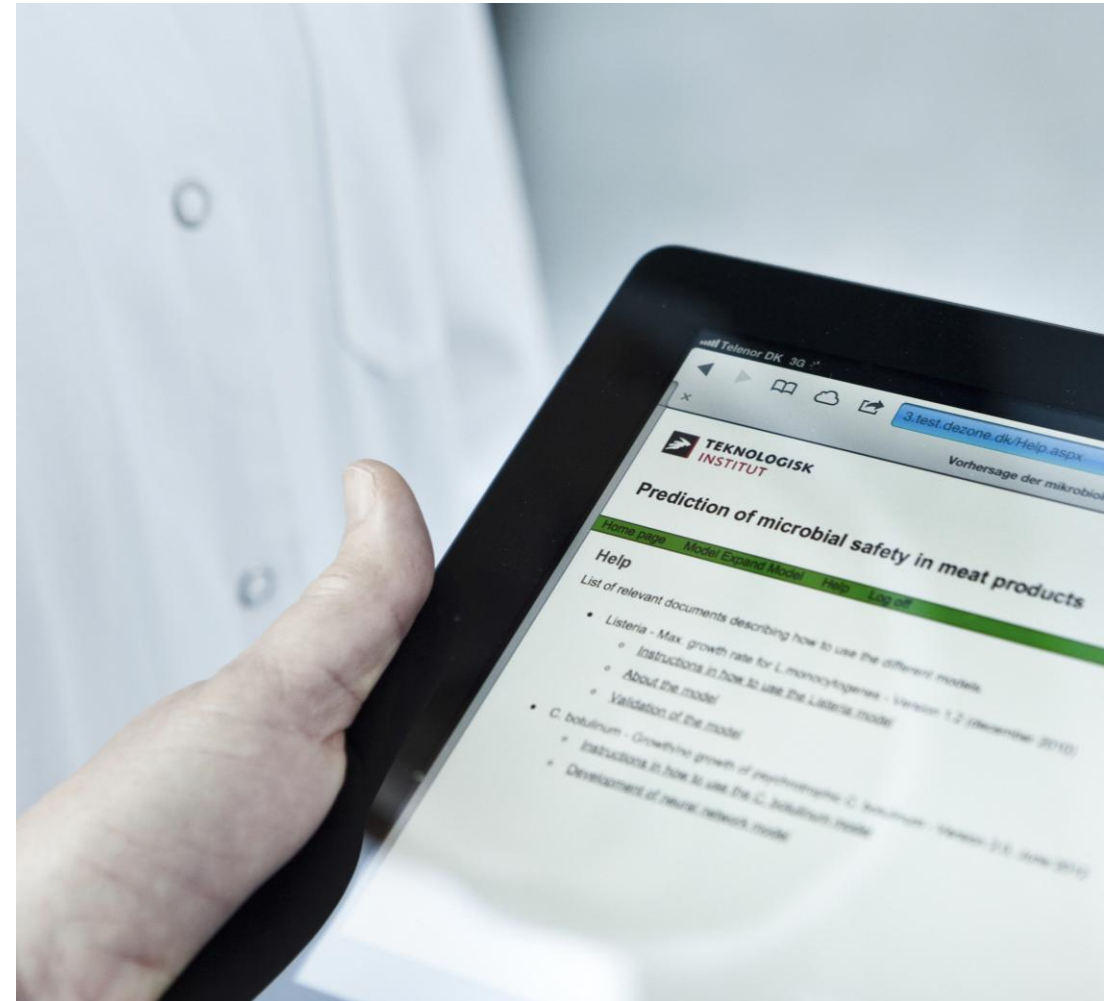
• Varmebehandling

- Sporer fra *Bacillus cereus* overlever varmebehandling til 75°C.
- En udfordring ved brug af varmebehandling i detailemballagen (sous vide), hvor der opnås en lang sensorisk holdbarhed.
- Guidelines for sikker varmebehandling (psykrotrofe *C. botulinum*): 90°C i 10 minutter
- Sporer fra *Bacillus cereus*
 - Varmeresistens varierer
 - Mesofile: $D_{90^{\circ}\text{C}} = 1,5 - 104$ minutter
 - Psykrotrofe: $D_{90^{\circ}\text{C}} = 0,9 - 19/90$ minutter
 - SITTI beregner sikker varmebehandling
 - 22-90 dages holdbarhed ved 5°C (2,6% salt/vand, pH 6): 90°C i 4 timer 33 minutter
 - 22-90 dages holdbarhed ved 5°C (2,6% salt/vand, pH 6): 100°C i 24 minutter
- Mesofile sporer fra *Bacillus cereus* kan overleve autoklaving ($F_{121,1^{\circ}\text{C}} = 3$ minutter)
 - $D_{121,1^{\circ}\text{C}} = 0,03$ minutter (moderat) hhv. 2,35 minutter (høj)



Strategier for styring af vækst

- **Hindre vækst (varme til fx 65°C)**
 - Mere end 10 dages holdbarhed ved 5-8°C kræver dokumentation, af at der ikke er vækst af sporedannere (især *C. botulinum*).
 - Væksthæmning af *C. botulinum* kan prædikteres med DMRIPredict
 - 0-3% Na-laktat; 0-150 ppm nitrit; pH 5,4-6,4; 1,2-2,4% salt; 4-10°C; 53-78% vand; 30% CO₂/70% N₂
 - Der er ingen model med mange variable for *B. cereus*.
 - CombasePredictor: pH 4,9-7,4; temperatur 5-34°C; 0-9,4% salt/vand; 0-60% CO₂
 - Modeller beskrevet i artikler, primært ved over 10°C



Vækst af *B. cereus*

(Combase, 5°C, 1,5% salt/vand; 0-30% CO₂)

Growth Model [\(Disclaimer\)](#)

[Prediction](#)[Uncertainty](#)

Note: the *Listeria monocytogenes/innocua* (acetic) model has been removed while under review.

[\[Static | Dynamic \]](#)

Bacillus cereus (CO2) ▼

Init. level	0
Phys.state	2.7e-4
Temp (°C)	5.00
pH	6
Aw NaCl (%)	1.5
CO2(%)	0

0

7

1

34

4.9

7.4

0

9.4

0

60

Max.rate (log.conc/h)0.02

MPD (log CFU/g)7.61

Dbl. time(Hours)15.229

Lag time (Hours)178.06

Bacillus cereus (CO2) ▼

Init. level	0
Phys.state	2.7e-4
Temp (°C)	5
pH	6
Aw NaCl (%)	1.5
CO2(%)	30

0

7

1

34

4.9

7.4

0

9.4

0

60

Max.rate (log.conc/h)0.017

MPD (log CFU/g)7.61

Dbl. time(Hours)17.919

Lag time (Hours)209.48

[\[Add prediction\]](#)

Vækst af *B. cereus*

(Combase, 5°C, 3% salt/vand, 0-30% CO₂)

Growth Model ([Disclaimer](#))

Prediction

Uncertainty

Note: the *Listeria monocytogenes/innocua* (acetic) model has been removed while under review.

[[Static](#) | [Dynamic](#)]

Bacillus cereus (CO2)

Init. level
0

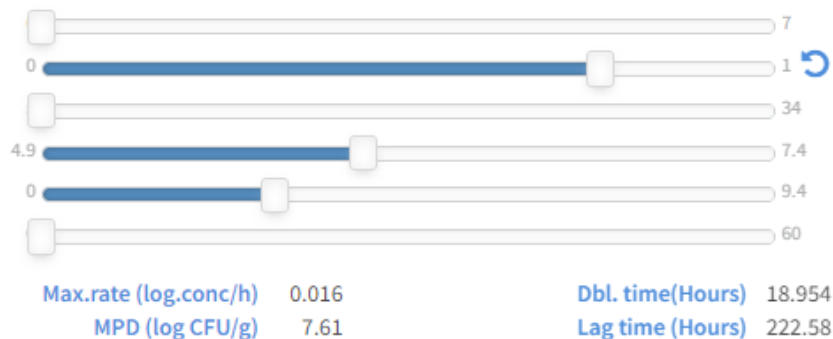
Phys.state
2.7e-4

Temp (°C)
5.00

pH
6

Aw | NaCl (%)
3

CO2(%)
0



Bacillus cereus (CO2)

Init. level
0

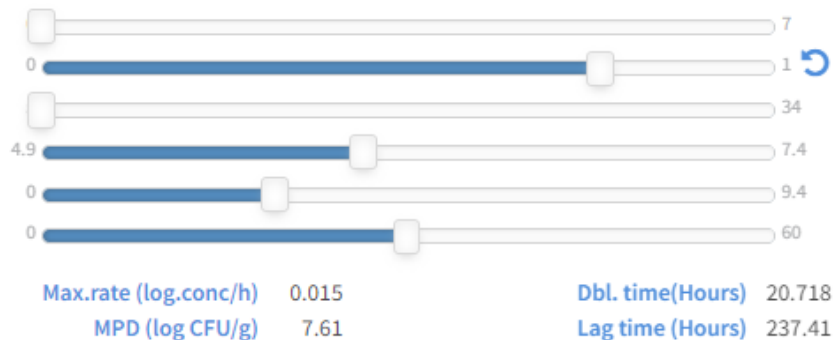
Phys.state
2.7e-4

Temp (°C)
5

pH
6

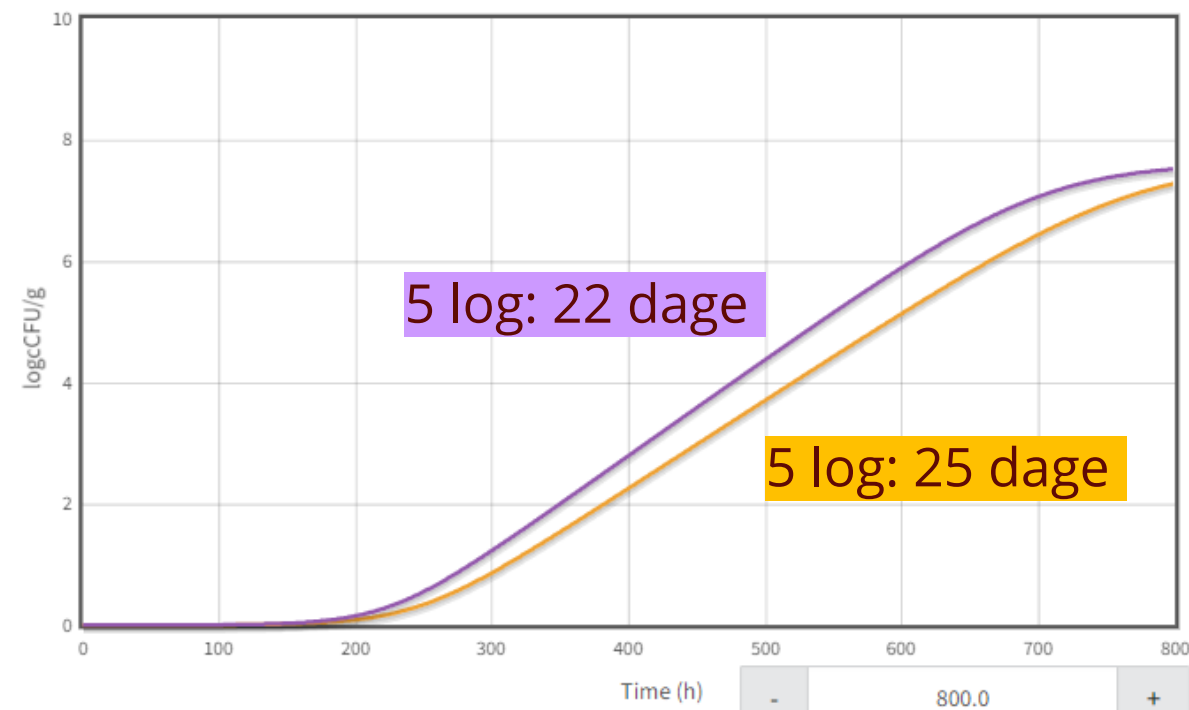
Aw | NaCl (%)
3

CO2(%)
30



Chart

Data points



Plot custom points

[Add prediction]

Ilrest og OTR påvirker væksten

L. Thorsen et al. / International Journal of Food Microbiology 130 (2009) 172–178

175

Podning:
Sporer i fars
Varmebehandlet
75°C
MAP: 20/80 CO₂/N₂

Konservering:
pH 6,2
1,4% NaCl
64% vand
2,2% salt/vand

Lagret ved 8°C

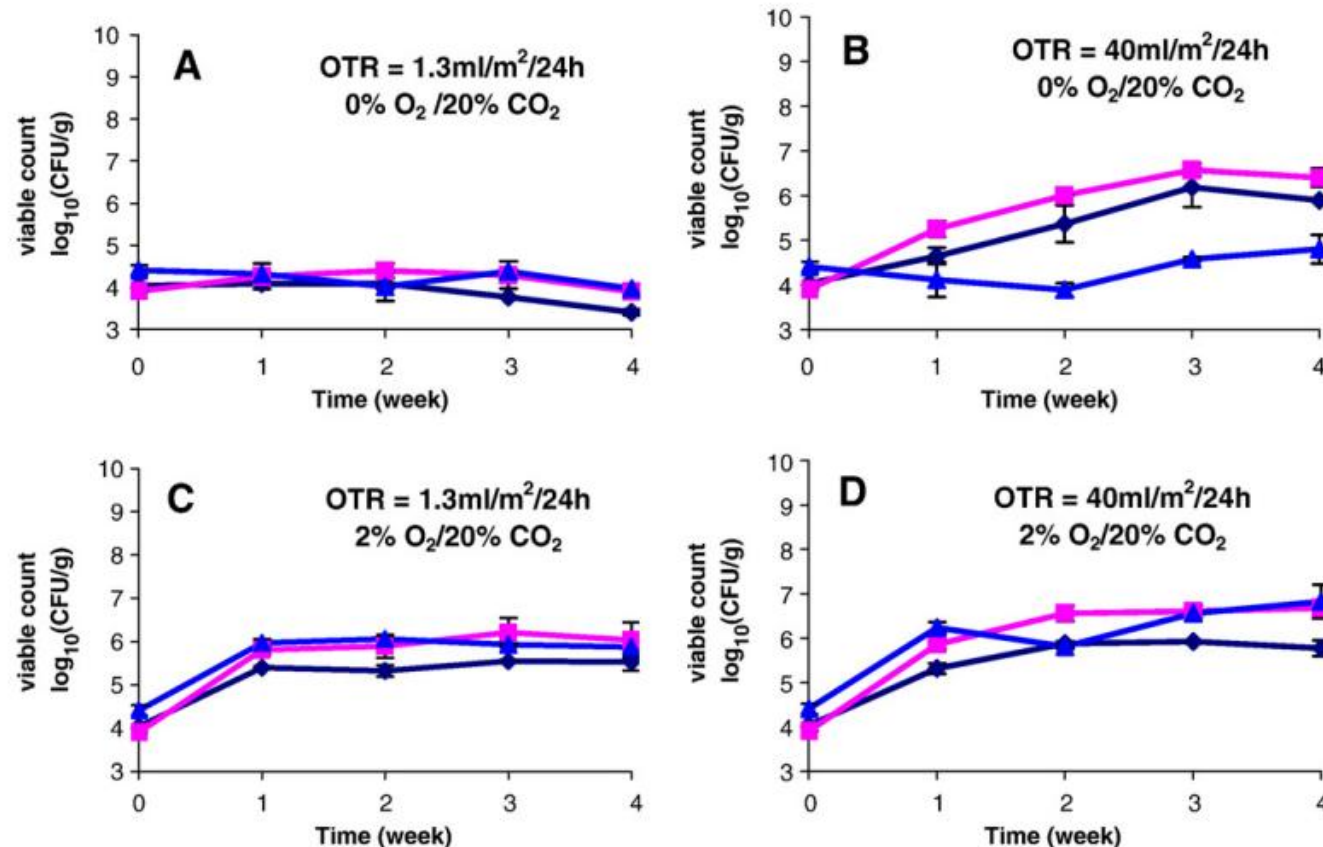


Fig. 1. Growth of *B. weihenstephanensis* strain 37 (■), emetic *B. weihenstephanensis* MC118 (◆) and *B. weihenstephanensis* INRA 161 (▲) in modified atmosphere packaged (MAP) cooked meat sausage stored for 1, 2, 3 and 4 weeks at 8 °C. The oxygen transfer rate of the packaging material, atmospheres combinations were; A) 1.3 ml/m²/24 h, "0"% O₂/20% CO₂, B) 40 ml/m²/24 h, "0"% O₂/20% CO₂, C) 1.3 ml/m²/24 h, 2% O₂/20% CO₂, and D) 40 ml/m²/24 h, 2% O₂/20% CO₂. (The remaining atmosphere is made up from N₂). Results are means of duplicate experiments. Standard deviations are indicated by bars.

Combase:
5 log/18-20 dage
Ca. 1,5 log/uge
Ilrest ikke angivet

En ny model på DMRIPredict (2026)

- Modelprodukt: farsvare ± vegetabilier
 - Podet med cocktail af *Bacillus cereus* sporer
 - Varmebehandlet til 66°C i steriltarm; $F_{70^{\circ}\text{C}} > 20$ minutter
- Emballering: vakuum og MAP (iltrest: ca. 0,5%; OTR: 50 ml/m²)
- Temperatur: 5-10°C (8°C)
- Salt/vand: 0,9 – 5,5 %
- Nitrit: 0-150 ppm (tilsat)
- Na-laktat: 0-3 % (tilsat)
- Na-acetat: 0-0,7% (tilsat)
- pH 5,5-7,0

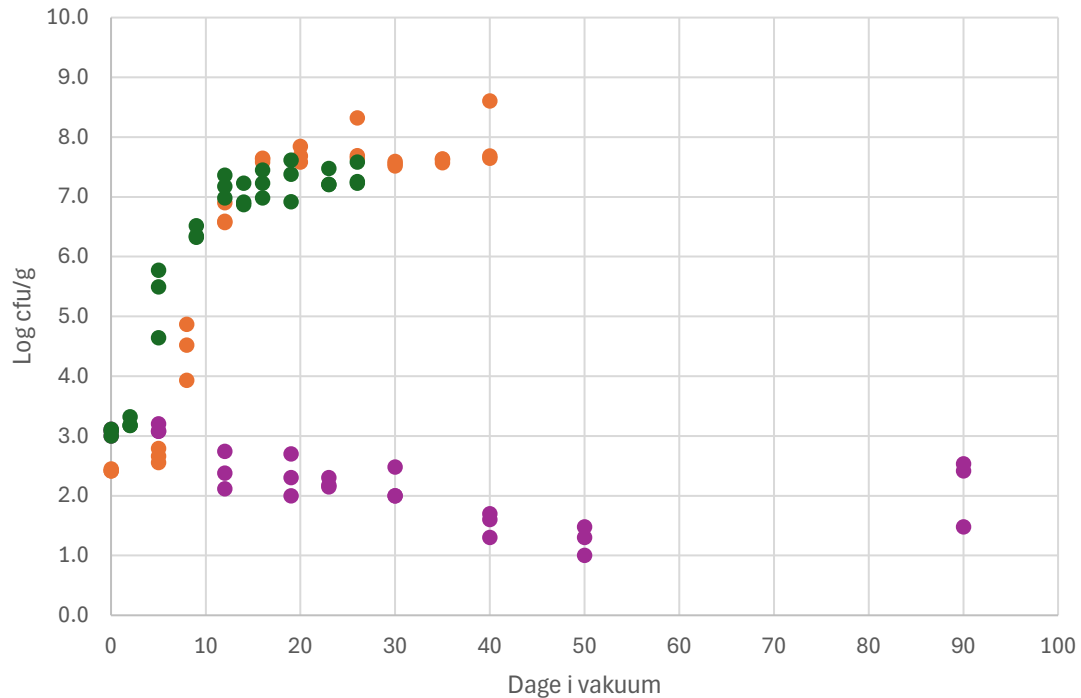


Finansieres af Svineafgiftsfonden

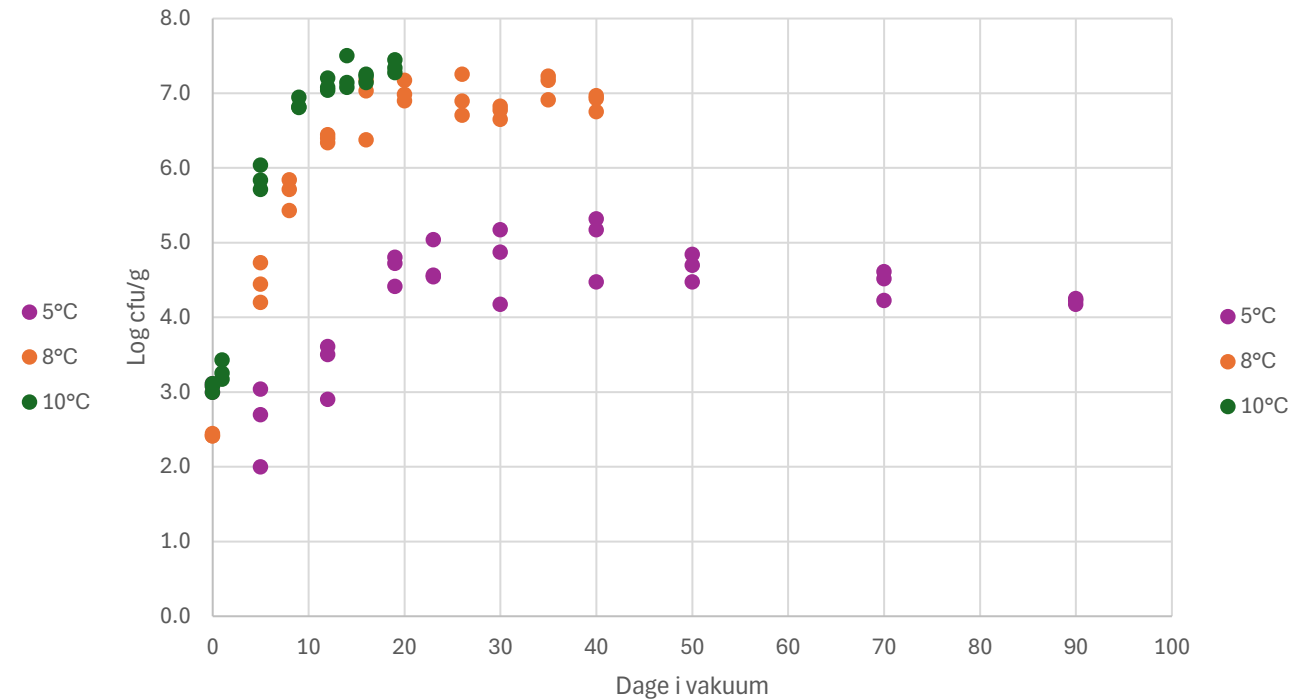
Betydning af temperatur (pH 6,2+1,7% salt/vand)

- Ingen vækst ved 5°C i MAP men vækst i VAK
- Hurtig vækst ved 8°C og 10°C

Betydning af temperatur, MAP



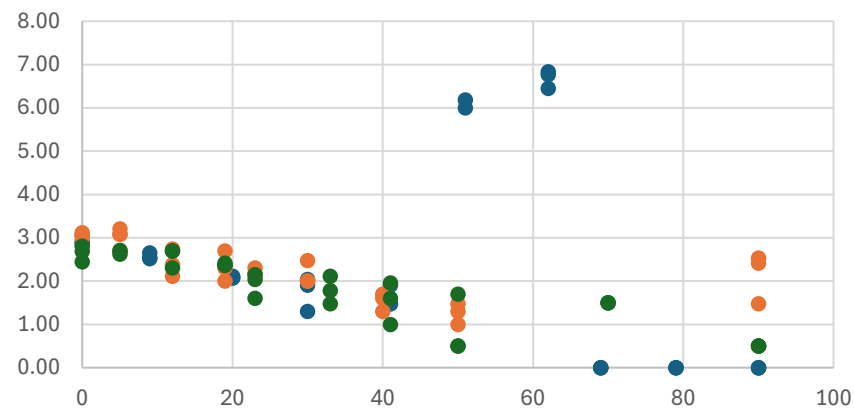
Betydning af temperatur, Vakuum



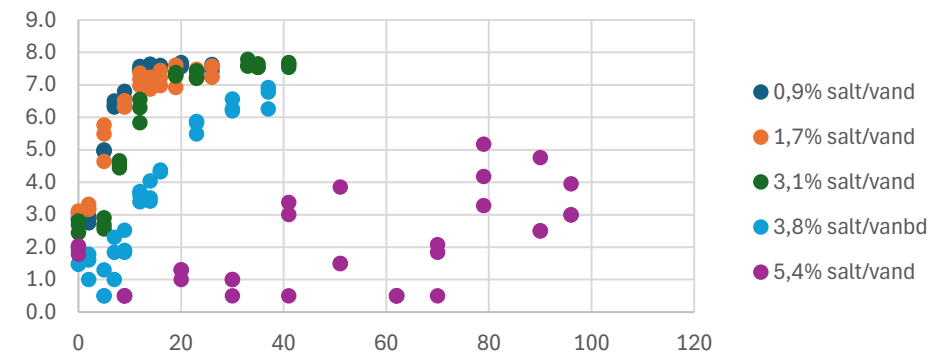
Betydning af salt (pH 6,2, 5°C og 10°C)

- Ved 5°C, MAP, ingen vækst ved 1,7% salt/vand, Men vækst i Vakuum (3% salt/vand)
- Ved 10°C vækst ved 5,4% salt/vand (MAP og VAK)

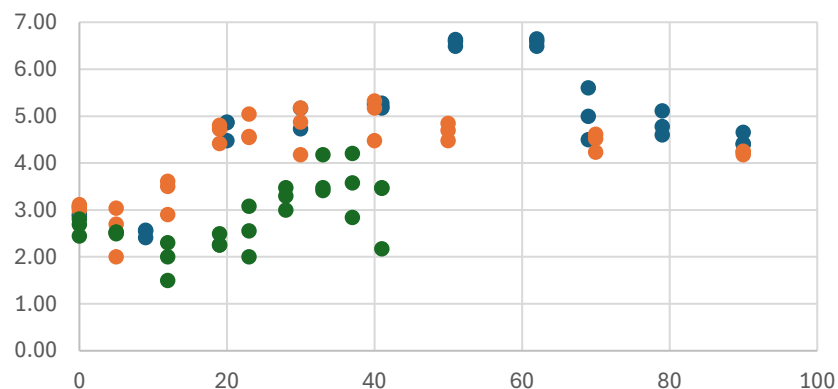
Salt, pH 6,1-6,3, MAP, 5°C



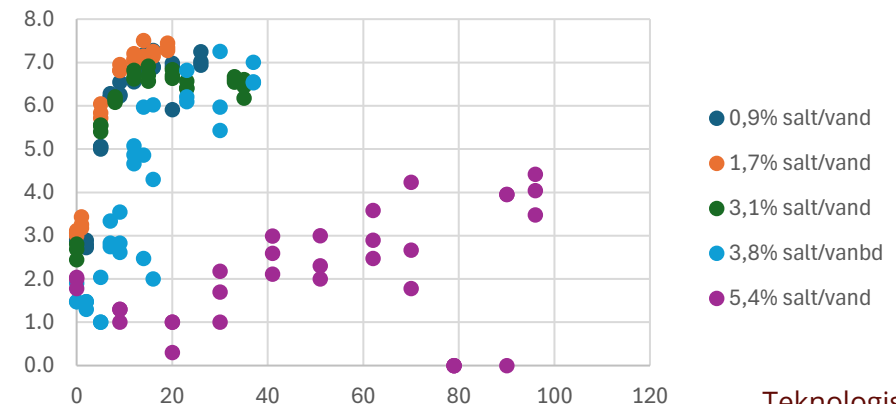
Salt, pH 6,1-6,3, MAP, 10°C



Salt, pH 6,1-6,3, vakuum, 5°C

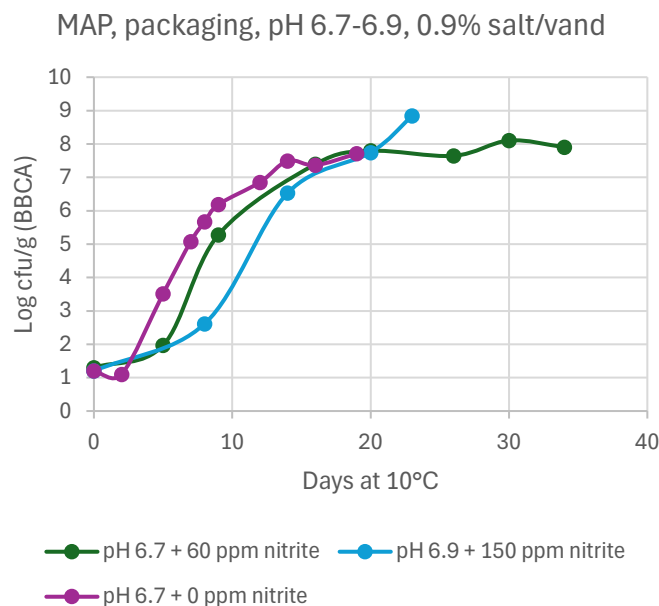


Salt, pH 6,1-6,3, vakuum, 10°C

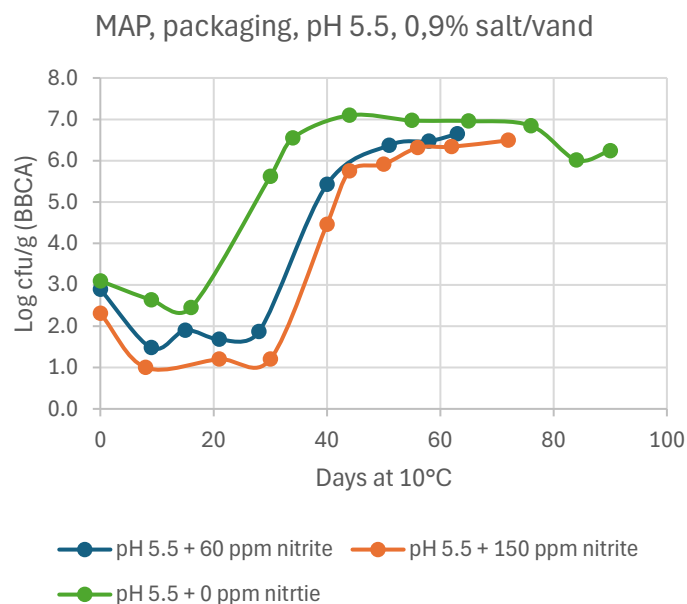


Betydning af nitrit

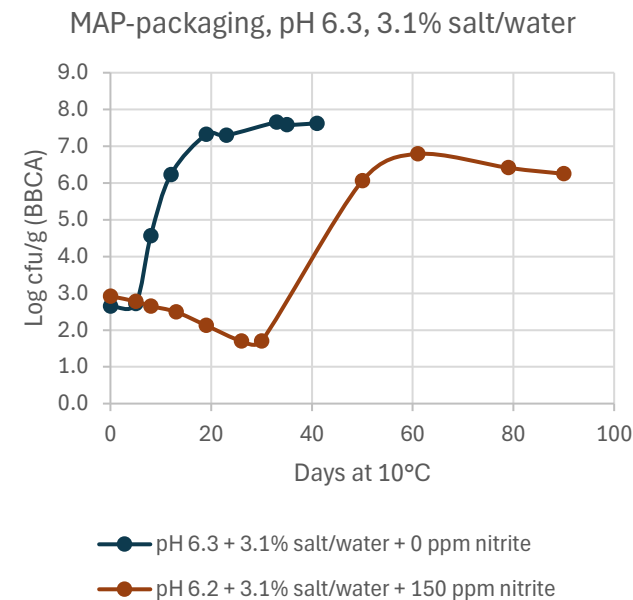
- Nitrit hæmmer væksten af *B. cereus*
- Effekten af nitrit er bedre ved lavt pH
- Jo flere hurdler sammen med nitrit des længere nølefasen
- Væksthastigheden når vækst starter er ikke meget forskellig ved 0 og 150 ppm nitrit



Begrænset effekt af nitrit



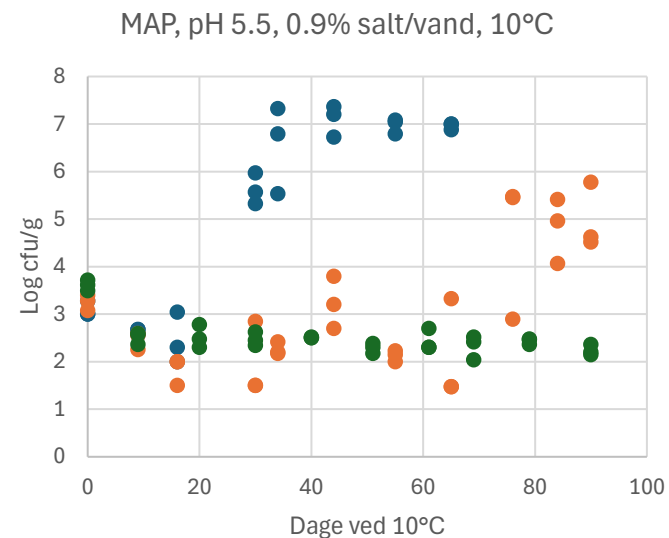
Nølefasen forlænges med nitrit



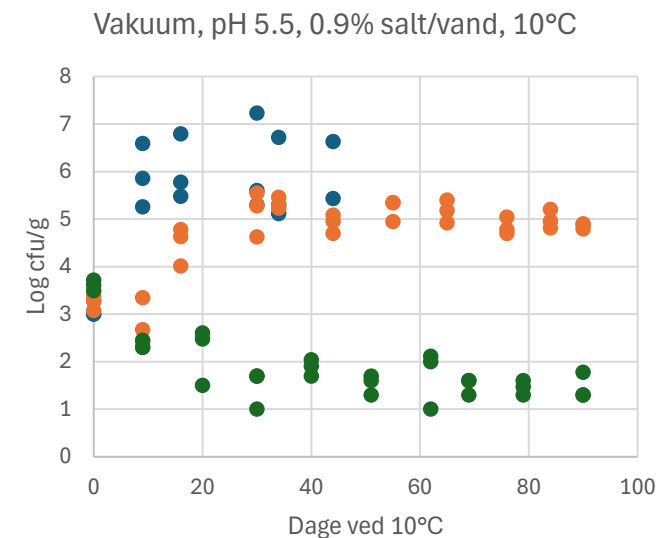
Nølefasen forlænges med nitrit

Betydning af Laktat

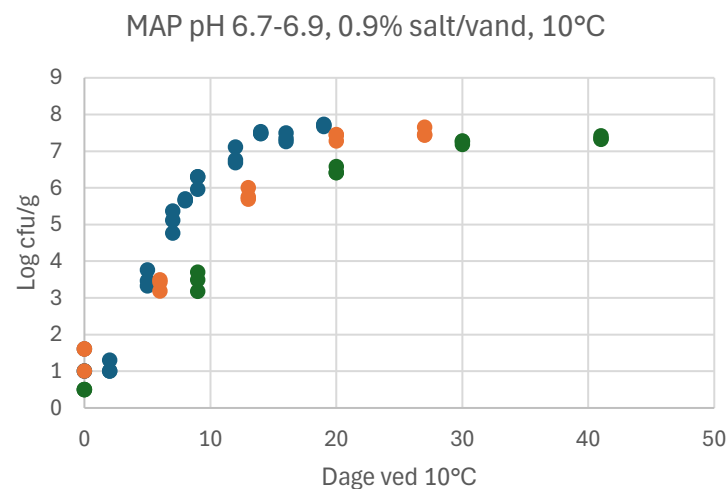
- Ved pH 5,5 god effekt af 1,5% L-laktat i MAP og VAK
- Ved pH 6,7-6,9 ingen effekt af 2,6% L-laktat/vand
- Mindre vækst i MAP end i VAK



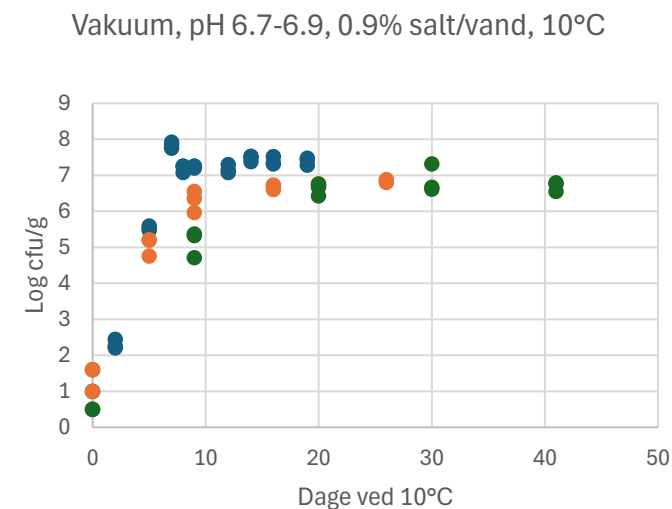
● 0.5% L-laktat/vand ● 1% L-laktat/vand ● 1.4% L-laktat/vand



● 0.5% L-laktat/vand ● 1% L-laktat/vand ● 1.4% L-laktat/vand



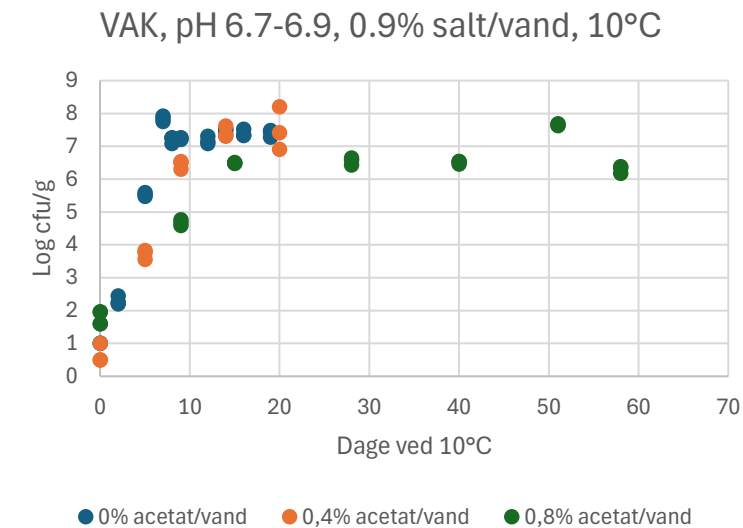
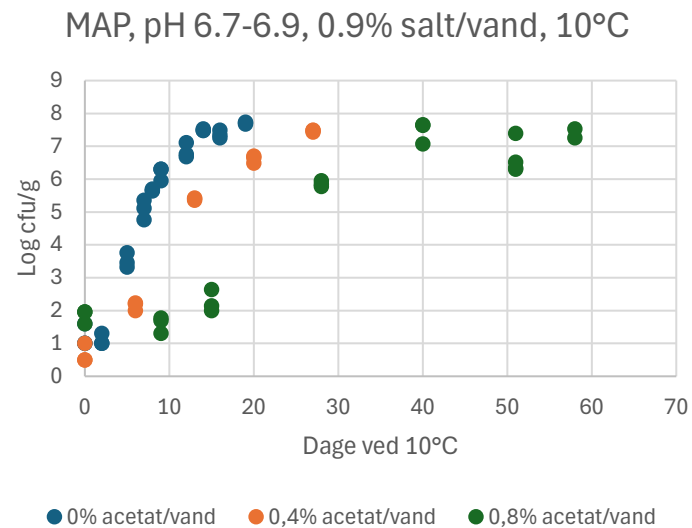
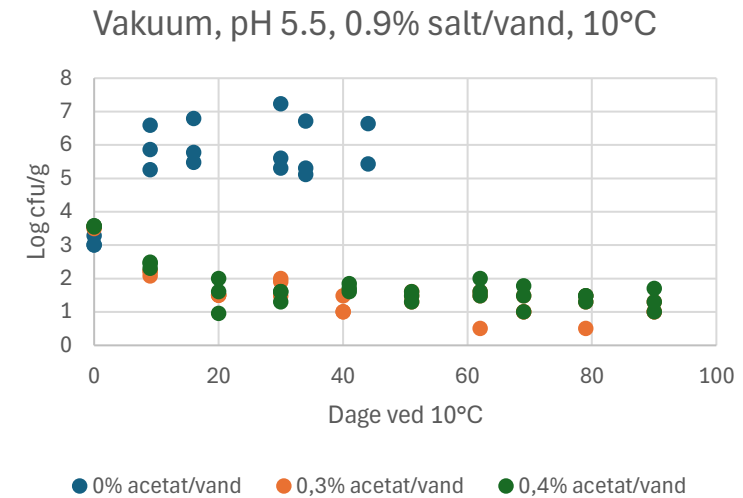
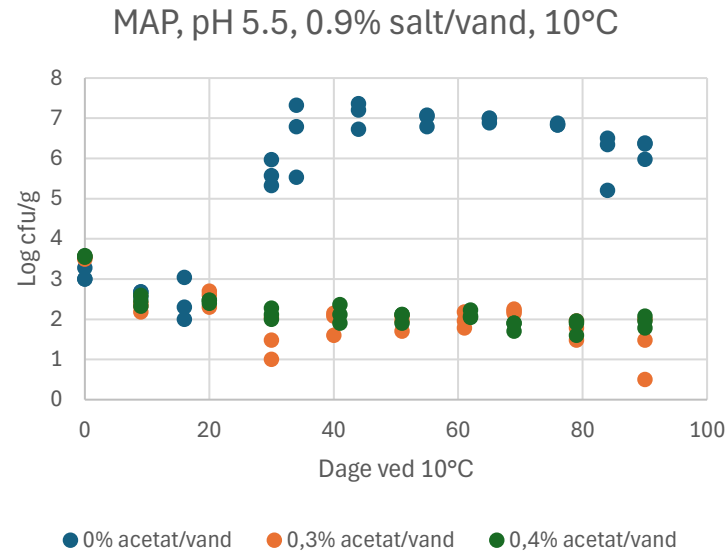
● 0,5% L-laktat/vand ● 1,7% L-laktat/vand ● 2,6% L-laktat/vand



● 0.5% L-laktat/vand ● 1.7% Laktat/vand ● 2.6% L-laktat/vand

Betydning af acetat

- Ved pH 5,5 god effekt af 0,3% acetat/vand i VAK og MAP
- Ved pH 6,7-6,9 ingen effekt af 0,8% acetat/vand i VAK, lidt effekt i MAP
- Mindre vækst i MAP end VAK



Opsamling

Bacillus cereus findes overalt.

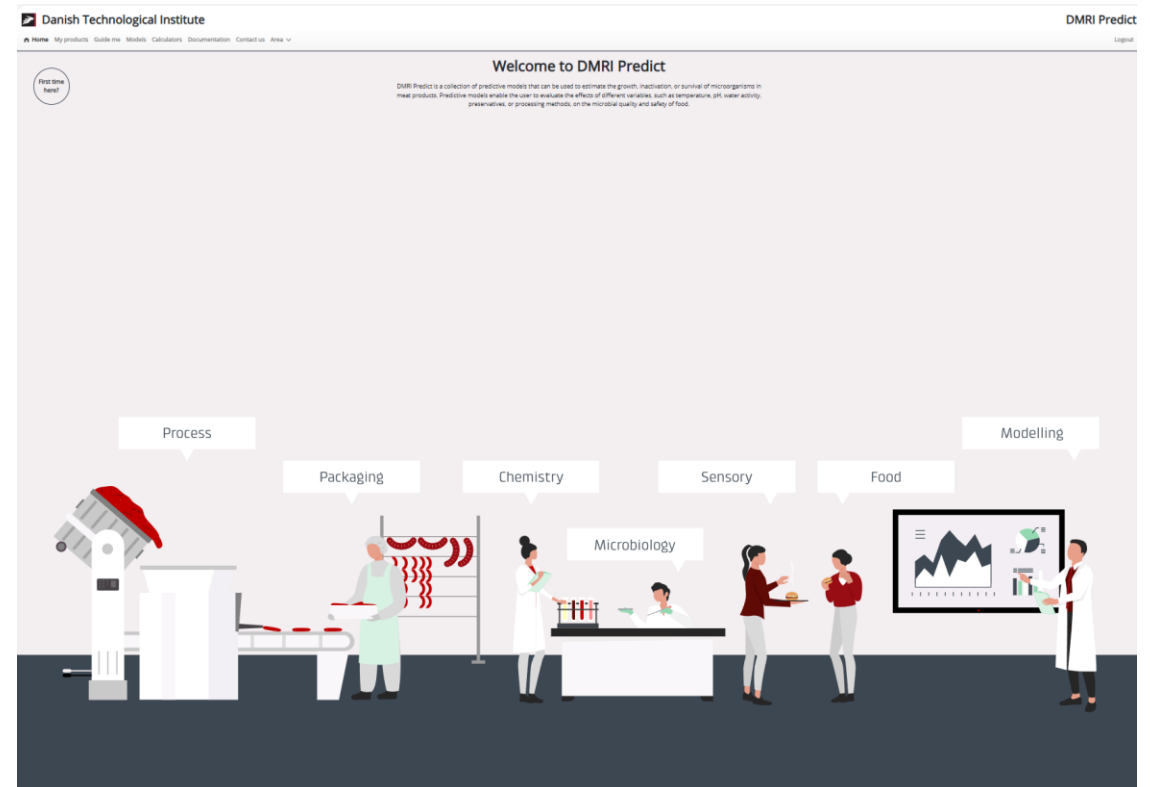
Kan vokse fra 4°C til 55°C.

Sporer overlever varmebehandling.

Vækst kan resultere i opkast og diarre.

Temperatur, pH, laktat, acetat, nitrit, salt og CO₂ kan kombineres så vækst undgås.

Model på DMRI Predict ultimo 2026



<https://apps.teknologisk.dk/dmri-predict/>

Tak for opmærksomheden

Webinaret er blevet til med finansiel støtte fra
Svineafgiftsfonden

Svineafgiftsfonden



Antte Granly Koch

Faglig leder

Fødevaresikkerhed og Kvalitet

E aglk@teknologisk.dk

M +45 72 20 25 39

www.teknologisk.dk



Gudrun Margret Jónsdóttir

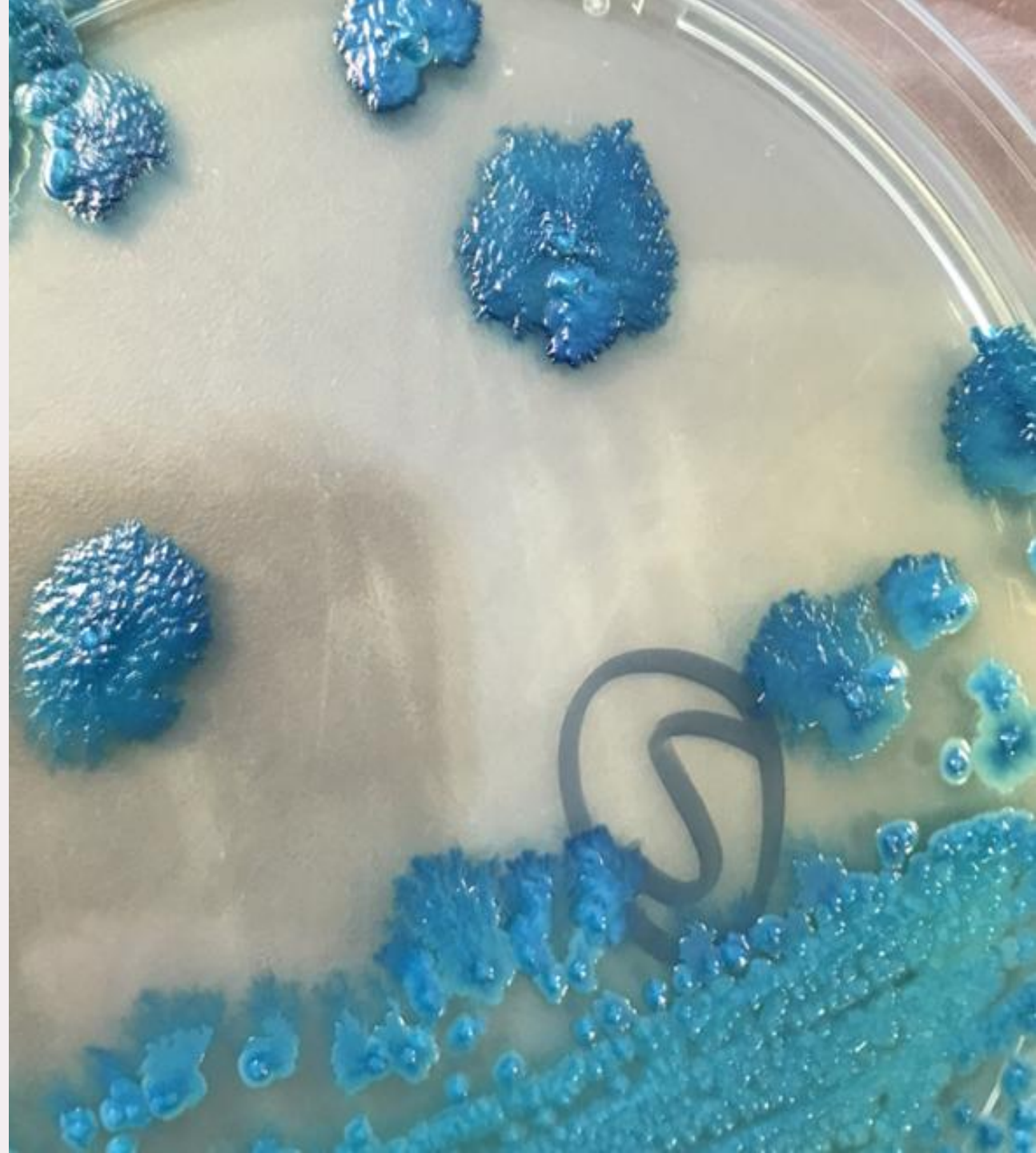
Konsulent

Fødevaresikkerhed og Kvalitet

E gmjr@teknologisk.dk

M +45 72 20 30 35

www.teknologisk.dk

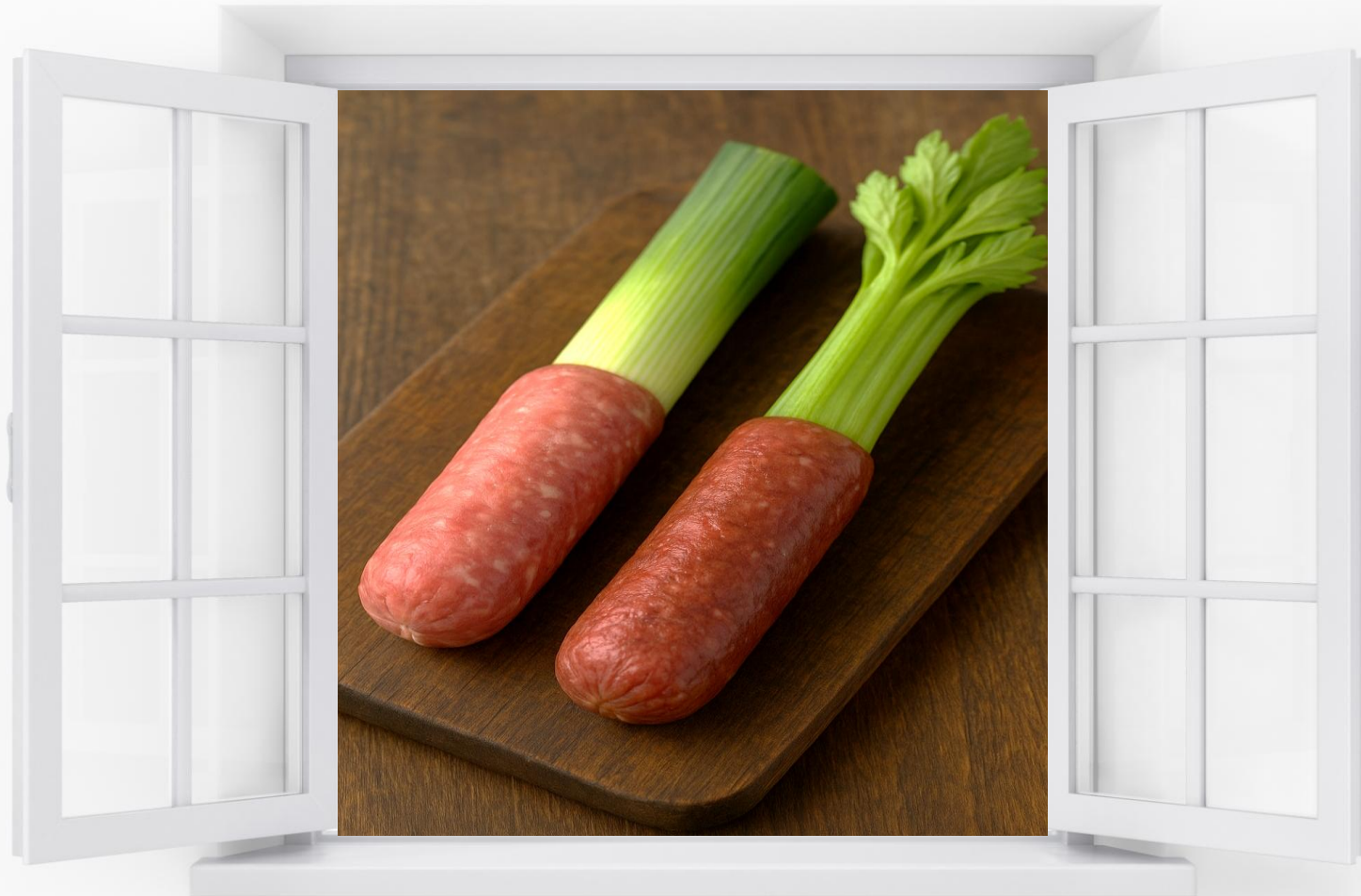


Teknologisk Institut
Fødevarerikkerhed og -kvalitet
Gregersensvej 9, 2630 Taastrup

Spice up your feed with food innovation

Følg os på
LinkedIn





Udsigt til indsigt

– en webinarserie om fødevarer sikkerhed og -kvalitet

Næste webinar

- Tirsdag d. 28. oktober 2025
- **Hybridprodukter**
– fødevarer sikkerhed, holdbarhed og brug af prædiktive modeller
- Nanna Bygvraa Svenningsen
- Tilmelding via kursussiden

På gensyn!