



Guideline

Undgå vækst og toksinproduktion af *Staphylococcus aureus* i tørrede produkter, som opbevares ved stuetemperatur

Tomas Jacobsen og Anette Granly Koch

28. marts 2025

P 2011321

Version 1

Init. TJAN/MT/AGLK

Indholdsfortegnelse

Introduktion	1
<i>Staphylococcus aureus</i> – vækst og toksinproduktion	1
Fermenterede produkter	2
Saltede og tørrede produkter	3
Saltede, varmebehandlede og tørrede produkter – uden risiko for rekontaminering	3
Pølser	3
Tørrede skinker	4
Saltede, varmebehandlede og tørrede produkter – med risiko for rekontaminering	4
Vandaktivitet	5
Konklusion	6
Referencer	6

Introduktion

Opbevaring af kødprodukter ved stuetemperatur kræver, at kødprodukterne er produceret med lavt pH og lav vandaktivitet (fx fermenterede pølser og tørrede skinker), så uønskede mikroorganismer ikke kan vokse under den ønskede holdbarhedstid. Alternativt, at emballering og varmebehandling (fx konserver) har sikret, at der ikke er levedygtige bakterier i færdigvaren. Tørrede produkter (fx skinker og mortadella) er kendetegnet ved at have en lav vandaktivitet, som sikrer mod vækst af uønskede bakterier. En lav vandaktivitet opnås ved at tørre produktet, så der opnås en høj saltkoncentration i produktets vandfase.

Denne guideline omhandler produktion af tørrede kødprodukter, som ikke er fermenteret med starterkulturer eller syrnet med GDL. Det vil sige tørrede produkter med lav vandaktivitet. I fødevarer med en vandaktivitet under 0,90 er der for de sygdomsfremkaldende bakterier kun risiko for vækst af *Staphylococcus aureus*⁵⁾.

Staphylococcus aureus – vækst og toksinproduktion

Staphylococcus aureus er en gram positiv fakultativt anaerob bakterie, som fortrinsvis findes på huden og i næse/svælg hos dyr og mennesker. Hos 20-30% af befolkningen findes den permanent, mens den hos 20-30% forekommer sporadisk. *Staphylococcus aureus* kan findes i forbindelse med bylder og betændelse i sår hos dyr og mennesker. Hvis fødevarer forurennes med *S. aureus*, og omstændighederne tillader opformering af *S. aureus*, kan dette give anledning til en akut forgiftning forårsaget af et eller flere varmem stabile toksiner. Ofte skyldes fødevarerforgiftninger enterotoksin SEA, men der findes mange forskellige. Enterotoksinerne fra *S. aureus* er proteiner med en størrelse på 22-29 kDa. De har en høj varmeresistens, nogle tåler 100°C i adskillige minutter, mens andre også kan tåle autoklavering ved 120°C.

Staphylococcus aureus har følgende vækstkarakteristika^{5,6,7)}:

- Temperatur: minimum: 7-8°C; optimum: 35-40°C, maksimum: 45°C
- pH: 4,0-10,0; optimum: 6-7
- Pakkegas: I MAP (CO₂/N₂) og vakuum er væksten langsommere end under aerobe forhold
- Vandaktivitet:
 - $a_w(\text{min}) = 0,83$ under optimale forhold⁵⁾
 - ved pH 6,8 og 37°C og aerobt er grænsen for vækst $a_w 0,86^{7)}$
 - ved pH 6,8 og 37°C og anaerobt er grænsen for vækst $a_w 0,88^{7)}$
 - ved pH 5,0 og 37°C og aerobt er grænsen for vækst $a_w 0,90^{7)}$
 - ved pH 5,0 og 37°C og anaerobt er grænsen for vækst $a_w 0,90^{7)}$
- Salt: Vokser ikke ved over 15% WPS (water phase salt)⁵⁾
- Varmefølsomhed: *S. aureus* er relativt varmeresistent. Eksempler på D-værdier er:
 - Mælk: $D_{62^\circ\text{C}} = 20\text{-}65$ sekunder; $D_{72^\circ\text{C}} = \text{ca. } 4,1$ sekunder
 - Mælk, kød og grøntsager: $D_{60^\circ\text{C}} = 1\text{-}6$ minutter (z-værdi: 6-10°C)
 - Tørrede fødevarer, fx æg/pasta: $D_{60^\circ\text{C}} > 40$ minutter ($a_w 0,8$)
- Toksinproduktion: *S. aureus* producerer enterotoksin i fødevarer.
 - Generelt er der produceret tilstrækkeligt toksin til at forårsage forgiftning ved kimtal på ca. $10^5\text{-}10^6$ *S. aureus* pr. gram fødevarer.
 - Der er rapporteret udbrud forårsaget af chokolademælk indeholdende 0,5 ng toksin A/ml, så med et indtag på 250-500 ml kan den nødvendige dosis toksin for forgiftning estimeres til ca. 0,13-0,25 µg indtaget toksin.
 - Det producerede toksin er varmestabilt og ødelægges ikke ved normal varmebehandling. $D_{120^\circ\text{C}}$ for toksin er ca. 20 minutter.
 - Grænser for toksinproduktion er relateret til, at konservering hæmmer vækst af bakterierne. Toksinproduktion standser sandsynligvis, lidt før væksten hæmmes fuldstændigt.
 - ved pH 6,8 og 37°C og aerobt er grænsen for vækst $a_w 0,90^{7)}$
 - ved pH 6,8 og 37°C og anaerobt er grænsen for vækst $a_w 0,92^{7)}$
 - ved pH 5,0 og 37°C og aerobt er grænsen for vækst $a_w 0,92^{7)}$
 - ved pH 5,0 og 37°C og anaerobt er grænsen for vækst $a_w 0,94^{7)}$

Den hyppigste årsag til forgiftning med *S. aureus* er færdige retter, der er forurenede fra mennesker under eller efter tilberedningen. Risikoen øges, hvis de færdige retter holdes lune, fx ved en buffet, eller hvis man glemmer at sætte maden på køl. Men også i kødprodukter, som produceres ved temperaturer mellem 20°C og 40°C, er det vigtigt at have fokus på at hindre vækst af *S. aureus*. Det er fx i fermenterede spegepølser og tørrede skinker.

Fermenterede produkter

I spegepølser er det vigtigt at hindre vækst af *S. aureus* under den første del af processen, fermenteringen. Her er det tiden, hvor temperaturen er over 16°C, og pH er over 5,3, som er kritisk. Jo højere temperatur, der anvendes under fermenteringen, jo hurtigere skal pH reduceres til under 5,3. Ved 24°C må tiden for pH-faldet fx være op til 78 timer, mens det ved 35°C kun må tage 28 timer. Lever processen op til dette, er der ingen risiko for vækst og toksinproduktion af *S. aureus* i spegepølser¹⁾. Udover styring af *S. aureus* skal det også sikres, at andre patogener som fx *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Escherichia coli* og *Clostridium botulinum* ikke opformerer sig under fermentering og tørring. Kontrol af disse bakterier sikres ved at have styr på tilsætning af salt og nitrit samt et hurtigt pH-fald efterfulgt af tørring²⁾.

Saltede og tørrede produkter

Ved produktion af saltede, tørrede produkter er udfordringen at få fordelt saltet, så vandaktiviteten bliver lav de steder, hvor kødet kan forurennes med *S. aureus*; det er fx kødets overflader ved kumme- eller tørsaltning af hele kødstykker. Hvis der anvendes multistiksaltning, er det hele kødstykket (ydre+indre), der skal saltes, så vækst af *S. aureus* undgås, når procestemperaturen øges i forbindelse med modning og aromaudvikling. Produktion af saltede, tørrede produkter foregår derfor ofte ved lav temperatur i starten og øget temperatur i takt med, at produktet tørres, og vandaktiviteten falder.

For at kødprodukter kan opbevares sikkert ved stuetemperatur, skal vandaktivitet og pH være lave. Det er tilfældet for spegepølser, hvor fx kombinationen 100 ppm nitrit + $a_w < 0,90$ + $\text{pH} < 5,0$ giver et sikkert produkt. Men har produktet et højere pH (fx 6,0-6,2), skal vandaktiviteten være meget lav. For at undgå vækst af *S. aureus* skal vandaktiviteten helt ned under 0,83, svarende til ca. 15% WPS (water phase salt), medmindre andre forhold har hæmmende effekt på bakterien.

Saltede, varmebehandlede og tørrede produkter – uden risiko for rekontaminering

For at kunne producere saltede, let varmebehandlede og tørrede produkter med mindre salt (højere a_w), der kan opbevares ved stuetemperatur, har DMRI, Teknologisk Institut undersøgt, hvordan forskellige kombinationer af pH, salt, nitrit, Na-laktat og Na-acetat kan hindre vækst af *S. aureus*.

Pølser

Farser podet med *S. aureus* blev varmebehandlet til 66°C med en holdetid på 15 minutter (samlet F_{70} -værdi = 23 minutter), hvilket gav en reduktion fra 3 log cfu/g til 0,6 log cfu/g. Dvs. enkelte *S. aureus* overlevede. Efter varmebehandlingen blev pølserne tørret til lave vandaktiviteter, inden de blev skåret i mindre stykker, vakuumpakket og lagret ved 25°C i 6 måneder. De kombinationer, der hindrer toksinproduktion eller er lige på grænsen til at hindre toksinproduktion under 6 måneders lagring ved 25°C, er vist i tabel 1. For informationer om vækst og toksinproduktion i andre kombinationer henvises til rapport af Jacobsen og Storgård (2022)⁹⁾.

Resultaterne viser, at der i pølser tørret til 14,3% WPS (pH 6,2-6,3) eller tørret til 11,3% WPS (pH 5,8-5,9) var begrænset vækst på ca. 2 log, hvilket ikke gav anledning til toksinproduktion. I produkter med lavere saltindhold var der vækst og måske begyndende toksinproduktion.

Bemærk, at væksthæmning og hindring af toksinproduktion i disse produkter ses ved et lavere saltindhold, end hvis *S. aureus* tilføres ved en rekontaminering. Ved rekontaminering (tabel 2) blev der fundet vækst og toksinproduktion ved 10-14% WPS.

Tabel 1. Vækst og toksinproduktion under lagring ved 25°C i 6 måneder⁹⁾. Farsen er podet med 3 log *S. aureus*/g. Antallet blev reduceret til ca. 0,6 log cfu/g efter varmebehandling (ingen rekontaminering).

A _w ^A	pH ^A	Salt ^A (%)	Vand ^A %	Salt/vand % ^B		Lagring 3 måneder, 25°C		Lagring 6 måneder, 25°C	
				Vol ^B	WPS ^C	Staph (log cfu/g)	Toksin	Staph (log cfu/g)	Toksin
0,908-0,916	6,2-6,3	5,2±0,2	44±0,9	11,8	10,6	3,6±0,4	måske	4,9±1,9	nej
0,895-0,901	6,2	5,4-5,7	41±0,4	13,5	11,9	3,4±0,2	måske	2,9±0,2	nej
0,871-0,874	6,2-6,3	6,0±0,3	36±0,8	16,7	14,3	2,5±0,5	nej	2,2±0,2	nej
0,892-0,898	5,8-5,9	4,8-4,9	38±0,7	12,8	11,3	2,0±0,2	nej	2,1±0,4	nej

^A Målt efter 3 og 6 måneders vakuumlagring ved 25°C

^B Salt/vand (vol) = %salt/%vand*100

^C Salt/vand (WPS) = %salt/(%vand+%salt)*100

Tørrede skinker

Tørrede skinker (a_w 0,872-0,896 efter tørring) viser begrænset vækst af *Staphylococcus aureus* under tørring og 1-4 logs vækst under den efterfølgende lagring ved 25°C. Der dannes stafylokotoksin under tørring/modning og den efterfølgende lagring ved 25°C undtagen for skinke med a_w 0,872, hvor der ikke sker dannelse af stafylokotoksin under lagring ved 25°C⁹⁾.

Saltede, varmebehandlede og tørrede produkter – med risiko for rekontaminering

For at kunne producere saltede, let varmebehandlede og tørrede produkter med mindre salt, der kan opbevares ved stuetemperatur, har DMRI, Teknologisk Institut undersøgt, hvordan forskellige kombinationer af pH, salt, nitrit, Na-laktat og Na-acetat kan hindre vækst af *S. aureus* i saltet, varmebehandlet og tørret pølse, som rekontamineres i forbindelse med tilskæring og vakuumpakning. For informationer om vækst og toksinproduktion i andre kombinationer henvises til rapporter af Koch (2024)³⁾ og Jacobsen (2024)⁴⁾.

Resultaterne viser, at pH har stor betydning for, om de undersøgte kombinationer af konservering kan hindre vækst og toksindannelse.

Tilsætning af 150 ppm nitrit kan hindre toksindannelse, når saltindholdet er tilstrækkelig højt fx 13,8% WPS (vægt %), og pH er nedsat til 5,8. Der er vækst under disse betingelser, men ingen toksinproduktion. Hvis pH er 6,2, og salt/vand er 13,8% WPS, kan 150 ppm nitrit ikke forhindre toksindannelse.

Ved pH 5,8 og tilsætning af 1% Na-laktat stopper toksinproduktionen ved 12,3% WPS. Hvis der både tilsættes 1% Na-laktat og 0,5% Na-acetat er der ingen toksinproduktion ved 10,7% WPS og op til pH 6,0. Ved højt pH 6,3 er der toksindannelse ved 12,4% WPS selv med 1% Na-laktat, 0,5% Na-acetat og 150 ppm Na-nitrit, men dog ikke ved 13,5% WPS.

Resultaterne viser, at der kan måles toksin, når det målte maks. antal *S. aureus* er over 6,6 log cfu/g. Ligeledes ses, at der i nogle prøver ikke kan måles toksin ved op til 7,2 log cfu/g. Det betyder, at der er et interval for målt vækst, hvor der måske/måske ikke er toksinproduktion. Resultaterne viser også, at der under lang modningstid på 6 mdr. ofte er et fald i dyrkbare *S. aureus*. Bestemmelse af kimtal er i denne type produkter derfor ikke altid en god analyse for, om der har været vækst til et antal, som kan danne toksin.

Tabel 2. Kombinationer af pH, nitrit, La-laktat og Na-acetat, som hindrer vækst og toksinproduktion af *S. aureus* i vakuumpakket kødprodukt opbevaret ved 30°C. **Grønne tal viser kombinationer uden toksin**, og **røde tal viser kombinationer med toksinproduktion**. Podeniveau ca. 3-4,5 log cfu/g (Jacobsen, 2024).

ID	pH ^{a)}	Nitrit (ppm tilsat)			Na-laktat (% tilsat)	Na-acetat (% tilsat)	Tørresvind			Maks. kimtal målt ^{b)}		
		0	75	150			19%	25%	29%	19%	25%	29%
							WPS %	WPS %	WPS %	Log CFU/g	Log CFU/g	Log CFU/g
1	6,15	X	-	-	0	0	-	-	13,8	-	-	7,5
2	6,09	-	X	-	0	0	-	-	14,0	-	-	7,4
3	6,15	-	-	X	0	0	-	-	13,3	-	-	7,4
4	6,00	X	-	-	0	0	10,2	12,3	14,1	8,5	8,3	7,4
5	5,85	-	X	-	0	0	10,2	12,2	13,8	8,4	7,9	7,3
6	5,85	-	-	X	0	0	10,3	12,7	13,7	8,5	7,9	7,2
7	6,09	-	-	X	1%	0	-	-	13,6	-	-	6,3
8	5,79	X	-	-	1%	0	10,7	12,3	14,2	6,9	5,1	3,8
9	5,84	-	X	-	1%	0	10,4	12,2	14,0	7,7	5,8	4,2
10	5,84	-	-	X	1%	0	10,4	12,6	14,0	6,4	4,5	4,8
11	6,26	-	X	-	1%	0,50%	10,3	13,0	14,5	7,3	6,6	3,8
12	6,29	-	-	X	1%	0,50%	10,4	12,4	13,5	7,6	6,6	3,2
13	6,03	X	-	-	1%	0,50%	10,2	12,6	14,2	5,8	4,2	3,3
14	6,19	-	X	-	1%	0,50%	9,8	12,0	14,2	7,9	6,5	3,9
15	6,19	-	-	X	2%	0	10,0	12,2	13,7	7,1	3,8	4,1

a) pH ved podning efter endt tørring; b) maks. antal *S. aureus* målt under 6 måneders lagring ved 30°C. Vand% er vigtig ved beregning af organisk syrer i vandfasen. 19% svind giver 42-44% vand; 25% svind giver 37-39% vand; 29% svind giver 34-37% vand.

Vandaktivitet

I mange tørrede produkter anvendes måling af vandaktivitet til at dokumentere tilstrækkelig tørring. Vandaktivitet er et udtryk, som er relateret til en vandig idealopløsning. Derfor er målinger på fødevarer en tilsnigelse. Dog er der en rimelig korrelation mellem salt i vand og vandaktivitet; men jo mindre vand der er i et produkt, des dårligere bliver sammenhængen (vi er langt fra rent vand i disse produkter). Forskellige formler kan anvendes til at omregne *a_w* til salt/vand og den modsatte vej. I tabel 3 er vist nogle af disse beregninger.

Tabel 3. Sammenhæng mellem vandaktivitet og salt/vand. Sammenhængen er beregnet med en model, som er baseret på målinger af salt, vand og *a_w* i en række kødprodukter

Målt <i>a_w</i>	Interval for målt <i>a_w</i>	Estimeret % salt i vand (WPS, vægt%)	Estimeret % salt i vand (vol%)
0,88	0,875-0,884	12,51-11,82	14,30-13,40
0,87	0,865-0,874	13,10-12,51	15,08-14,30
0,86	0,855-0,864	13,72-13,10	15,90-15,08
0,85	0,845-0,854	14,37-13,72	16,78-15,90
0,84	0,835-0,844	14,89-14,37	17,50-16,78
0,83	0,825-0,834	15,47-14,89	18,30-17,50

Usikkerhed ved *a_w* måling: 0,005; Formlen beregner at *a_w* 0,830 svarer til 15,18% WPS (FVST minimum for vækst af *S. aureus*).

Konklusion

I saltede, varmebehandlede, tørrede og vakuumpakkede produkter kan vækst og toksinproduktion af *S. aureus* hindres ved brug af nitrit, Na-laktat og Na-acetat; men det kræver en høj salt-/vandkoncentration, eller at pH er sænket lidt, da pH har stor betydning for, om de undersøgte kombinationer af konservering kan hindre vækst og toksindannelse.

Tilsætning af 150 ppm nitrit kan hindre toksindannelse, når saltindholdet er tilstrækkelig højt fx 13,8% WPS (vægt %), og pH er nedsat til 5,8. Der er vækst under disse betingelser, men ingen toksinproduktion, så det er lige på grænsen for at være tilstrækkeligt. Ligeledes har pH stor betydning. Hvis pH er 6,2, og salt/vand er 13,8% WPS, kan 150 ppm nitrit ikke forhindre toksindannelse.

Ved pH 5,8 og tilsætning af 1% Na-laktat (2,6% Na-laktat/vand, vægt%) stopper toksinproduktionen ved 12,3% WPS.

Hvis der tilsættes både 1% Na-laktat (2,3% Na-laktat/vand, vægt%) og 0,5% Na-acetat (1,15% Na-acetat/vand, vægt%), er der ingen toksinproduktion ved 10,2% WPS og pH 6,0.

Ved pH 6,3 er der toksindannelse ved 12,4% WPS selv med 1% Na-laktat (2,5% Na-laktat/vand, vægt%), 0,5% Na-acetat (1,27% Na-acetat/vand, vægt%) og 150 ppm Na-nitrit, men dog ikke ved 13,5% WPS og (2,7% Na-laktat/vand (vægt%) + 1,36% Na-acetat/vand (vægt%).

Hvis der ikke skal anvendes nitrit, organiske syrer eller pH-sænkning, skal produktet tørres til et saltindhold på ca. 15% WPS (a_w 0,83).

Referencer

- 1) [Preventive control recommendations for manufacturing fermented and dried meat products](#)
- 2) Modellen [ConFerm](#)
- 3) Koch (2024) Challengetest 1
- 4) Jacobsen (2024) Challengetest 2
- 5) FVST (2022) [Hvornår kan bakterier vokse i fødevarer?](#)
- 6) Lund, B. M.; Baird-Parker, T. C. & G. W. Gould (2000) The microbiological safety and quality of food. Vol II, Chapter 47, p. 1325
- 7) Landbrug og Fødevarer (2024) [Generisk HACCP](#), Bilag A, Fakta 3.1.9. *Staphylococcus aureus*
- 8) Projektets [hjemmeside](#)
- 9) Jacobsen, T. & B. G. Storgaard (2022) Guideline til produktion af sikre og tørrede produkter. Opsamling af resultater fra DMRI-forsøg (P2008772)