



# Patogenfrit kød

Tillæg til perspektiveret redegørelse fra 2022



TEKNOLOGISK  
INSTITUT



**TEKNOLOGISK  
INSTITUT**

# Patogenfrit kød

Tillæg til perspektiveret redegørelse fra 2022



**Udarbejdet af:**

Teknologisk Institut  
Gregersensvej 9  
2630 Taastrup  
Fødevarer sikkerhed

Januar 2024  
Nanna Bygvraa Svenningsen



## Indhold

|        |                                                                                                                   |    |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.     | Baggrund.....                                                                                                     | 4  |
| 2.     | Eksperimentel test af dekontaminering af grisekød med UVC.....                                                    | 4  |
| 2.1.   | Forsøg .....                                                                                                      | 5  |
| 2.1.1. | Podning.....                                                                                                      | 5  |
| 2.1.2. | UV-behandling, prøveudtag og analyse .....                                                                        | 6  |
| 2.1.3. | Sensorisk bedømmelse af UV-behandlet brystflæsk .....                                                             | 6  |
| 2.2.   | Resultater .....                                                                                                  | 7  |
| 2.2.1. | Reduktion af <i>L. monocytogenes</i> og <i>Salmonella</i> ved UV-C-behandling .....                               | 7  |
| 2.2.2. | Sensorisk bedømmelse.....                                                                                         | 8  |
| 2.2.3. | Konklusion.....                                                                                                   | 10 |
| 2.3.   | Vurdering af potentiale for brug af UVC til dekontaminering af fersk grisekød baseret på eksperimentel test ..... | 11 |
| 3.     | Koldt plasma – teoretisk vurdering af potentiale baseret på litteraturstudie .....                                | 11 |
| 3.1.   | Konklusioner fra litteraturstudie.....                                                                            | 12 |
| 3.2.   | Vurdering af potentiale af koldt plasma til dekontaminering af fersk grisekød .....                               | 12 |
| 4.     | Risikoberegninger .....                                                                                           | 13 |
| 4.1.   | Beregninger for <i>Salmonella</i> .....                                                                           | 13 |
| 4.2.   | Beregninger for <i>Listeria monocytogenes</i> .....                                                               | 16 |
| 4.3.   | Konklusion af risikoberegninger .....                                                                             | 22 |
| 5.     | Samlet diskussion om perspektivet i produktion af patogenfrit kød .....                                           | 22 |
| 6.     | Referencer .....                                                                                                  | 23 |



## 1. Baggrund

I SAF-projektet "Patogenfrit kød" (2022-2023) har formålet været at identificere, hvordan produktion af patogenfrit kød kan implementeres. Der blev i projektets indledende fase valgt at fokusere på brug af dekontamineringsteknologier til at opnå "patogenfrit" kød. Projektets hovedleverance er en perspektiveret redegørelse, som sætter fokus på udvalgte tilgængelige dekontamineringsteknologier, lovgivning og den offentlige debat i forhold til brug af disse i forbindelse med produktion af fersk kød. Første version af redegørelsen blev færdiggjort i december 2022.

Nærværende dokument fungerer som et tillæg til den perspektiverede redegørelse "Patogenfrit kød" fra december 2022.

Redegørelsen er blevet benyttet til at danne grundlag for udvælgelse af dekontamineringsteknologier, der er baseret på krav til, at løsningen skal være implementerbar i den eksisterende produktion (krav til hastighed og eksponeringstid samt plads i eksisterende produktion), ikke tilfører vand til produkterne og ikke begrænser sig til brug på enkelte specifikke produkter, men kan bruges bredt.

På baggrund af redegørelsen blev UVC-teknologien udvalgt til eksperimentel test, og koldt plasma blev udvalgt til at gennemgå en mere dybdegående granskning i forhold til at vurdere, hvad den nyeste koldt plasmateknologi har af potentiale for dekontaminering af fersk kød, og om teknologien har potentiale nok til, at den er værd at afprøve eksperimentelt.

Dette dokument indeholder data fra laboratorieforsøg med UVC-behandling af fersk grisekød og diskussion af potentialet for brug af UVC-behandling samt koldt plasma til dekontaminering af fersk grisekød.

Derudover indeholder dokumentet beregninger af, hvad sandsynligheden er for at udtage en ferskkødsprøve, som er positiv for hhv. *Salmonella* og *Listeria monocytogenes*, under forskellige antagelser af prævalenser af de to patogener på slagtekroppe og udskæringer af fersk gris. Formålet med disse beregninger er at synliggøre, hvilke krav der reelt er til dekontamineringsteknologiers reduktionspotentiale, for at risikoen for at genfinde en patogen bakterie i ferskkødsprodukter reelt er så lille, at man kan tale om "patogenfrit" kød.

## 2. Eksperimentel test af dekontaminering af grisekød med UVC

Formålet med forsøgene var at teste potentialet for UVC-dekontaminering af grisekød med fokus på reduktion af *Listeria monocytogenes* og *Salmonella*. Specifikt herunder var formålet at identificere en dosis af UVC som giver mindst 2 log reduktion af *L. monocytogenes* og *Salmonella* på brystflæsk uden at introducere kvalitetsmæssige ændringer.

En beskrivelse af UVC-teknologien kan findes i Patogenfrit kød – Perspektiveret redegørelse (Terrell, 2022).



## 2.1. Forsøg

Der blev udført forsøg med UVC-dekontaminering af 2 ferske udskæringer af gris (kamfilet og brystflæsk) samt sandwichskinke. Dertil blev effekt af UVC-dekontaminering af glas- og agaroverflader inkluderet som kontrol for, at de benyttede UVC-doser kunne inaktivere *L. monocytogenes* og *Salmonella*. UVC-behandlingerne blev foretaget under 2 UV-lamper (Amalgamlamper med peak på 254 nm). Før behandling blev den specifikke UVC-dosis ved overfladen af produkterne målt med UV-radiometer med probe for 254 nm, og behandlingstiden for at opnå den ønskede behandlingsdosis blev beregnet herudfra.

I alle forsøg blev følgende cocktail af *Listeria monocytogenes* og/eller *Salmonella* sp. benyttet til podning af kødet:

### *L. monocytogenes*

- DMRICC 3012-PX (serotype ukendt, slagterimiljø)
- DMRICC 4106 (serotype 1/2a, humant isolat)
- DMRICC 4124-PX (serotype 1, kødprodukt)
- DMRICC 4127-PX (serotype 4, rullepølse)
- DMRICC 4140-PX (serotype 1, bacon)

### *Salmonella*

- DMRICC 4983-PX (*S. Dublin*, oksekød – DTU)
- DMRICC 4984-PX (*S. Typhimurium* DT193, kvægfæces – DTU)
- DMRICC 4985-PX (*S. Derby*, tarm, gris – DTU)

### 2.1.1. Podning

Podning af agar- og glasoverflader blev foretaget ved at fordele 0,1 ml podcocktail i en stribe på overfladerne.

Podning af sandwichskinke blev foretaget ved at tilføre 0,1 ml podcocktail, som blev fordelt på overfladen (ca. 25 cm<sup>2</sup>) med drigalskispattel.

Podning af kamfilet blev foretaget ved, at 10 ml podcocktail blev tilført overfladen (ca. 200 cm<sup>2</sup>) og fordelt med et glat strøg med en hånd.

Podning af brystflæsk blev foretaget ved at massere 20 ml podcocktail ind i overfladen på enten svær-, kød- eller fedtsiden af afsværede stykker (overflade ca. 800 cm<sup>2</sup>).



### 2.1.2. UV-behandling, prøveudtag og analyse

UV-behandling af og prøveudtag fra agar- og glasoverflader blev foretaget ca. 2 timer efter podning (henstand ved stuetemperatur), hvor dråberne af podedcocktails på agaroverfladerne var tørret ind, mens podedcocktailen på glasoverfladerne stadig lå som væskedråber.

UV-behandling og prøveudtag af sandwichskinke blev foretaget ca. 30 min. efter podning (henstand ved stuetemperatur).

UV-behandling og prøveudtag af kamfilet blev foretaget ca. 30 min. efter podning.

UV-behandling og prøveudtag af brystflæsk før UV-behandling blev foretaget 24 timer efter podning (henstand ved 5°C). Prøver udtaget efter UV-behandling henstod yderligere 24 timer ved 5°C før prøveudtag, for at give ikke-døde, men beskadigede celler mulighed for at komme sig.

### 2.1.3. Sensorisk bedømmelse af UV-behandlet brystflæsk

Brystflæsk (hhv. afsværet og med svær) blev delt i 3 og UV-behandlet på over- og underside. Hvert enkelt delstykke fra et stykke brystflæsk blev behandlet med en dosis på enten 0 (ubehandlet), 600 eller 900 J/m<sup>2</sup> først på oversiden og herefter på undersiden.

Delstykkerne blev pakket aerobt i poser, som blev lukket ved at bukke kanten ind under stykket, og placeret i enkelte lag ved 0,5°C på reolvogn. Her blev det lagret i op til 25 dage.

På dag 18 blev delstykker fra 6 stykker brystflæsk vurderet sensorisk ift. lugt og udseende af et internt dommerpanel på DMRI. Dommerpanelet bestod af 8 dommere, der vurderede stykkerne i forhold til misfarvning af hhv. kød og fedt samt harsk, brændt og metallisk lugt.

Misfarvning og harsk lugt blev vurderet efter en 4-trinsskala, hvor karakterer over 2 angiver, at produktet ikke længere er sensorisk acceptabelt.

Brændt lugt blev vurderet ud fra, om den angivne lugt enten ikke var til stede, til stede i lav intensitet eller i til stede i høj intensitet.

Blandt prøverne i vurderingen var også et delstykke af et frisk stykke brystflæsk.

En prøve med harsk grisefedt blev benyttet som reference for harsk lugt.

Prøverne blev taget ud af kølerum og lagt ved stuetemperatur ca. 2 timer, før bedømmelsen blev udført.

2 stykker brystflæsk (6 delstykker) blev udvalgt til smagstest på dag 19. Stykkerne blev valgt på baggrund af, at de scorede højest ift. harsk lugt. Der blev skåret skiver a ca. 0,5 cm, som blev stegt i ovn før servering. Seks interne dommere vurderede dels kød, dels fedt i forhold til harsk smag. Der blev ikke vurderet efter en skala, blot om harsk smag eller andre bismage var til stede eller ikke.



## 2.2. Resultater

### 2.2.1. Reduktion af *L. monocytogenes* og *Salmonella* ved UV-C-behandling

Ved podning på glas- og agaroverflader gav behandling med UVC-doser ned til 300 J/m<sup>2</sup> (laveste dosis benyttet i forsøg med dekontaminering af kødooverflader) > 5 log reduktion af *L. monocytogenes* og *Salmonella*.

Resultaterne for UVC-behandling af podet sandwichskinke, kamfilet og brystflæsk ses i tabel 1-3.

**Tabel 1.** Reduktion af hhv. *Listeria monocytogenes* og *Salmonella* efter UVC-behandling af sandwichskinke. Podeniveau af *L. monocytogenes* og *Salmonella* ca. 7 log cfu/cm<sup>2</sup>. Data stammer fra et enkelt replikat.

| UVC-dosis              | <i>L. monocytogenes</i><br>(log cfu/cm <sup>2</sup> ) | <i>Salmonella</i><br>(log cfu/cm <sup>2</sup> ) | Listeria-/Salmonellacocktail                  |                                                 |
|------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                        |                                                       |                                                 | <i>Listeria</i><br>(log cfu/cm <sup>2</sup> ) | <i>Salmonella</i><br>(log cfu/cm <sup>2</sup> ) |
| 300 J/m <sup>2</sup>   | 0,95                                                  | 0,24                                            | 1,10                                          | 1,26                                            |
| 900 J/m <sup>2</sup>   | 1,13                                                  | 0,38                                            | 1,30                                          | 1,56                                            |
| 4.000 J/m <sup>2</sup> | 0,87                                                  | 0,50                                            | 0,82                                          | 0,94                                            |

**Tabel 2.** Reduktion af hhv. totalkim, *Listeria monocytogenes* og *Salmonella* efter UVC-behandling af kamfilet. Podeniveau af *L. monocytogenes* og *Salmonella* ca. 7 log cfu/cm<sup>2</sup>.

| UVC-dosis               | Totalkim<br>(log cfu/g) | <i>L. monocytogenes</i><br>(log cfu/g) | <i>Salmonella</i><br>(log cfu/g) |
|-------------------------|-------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|
| 900 J/m <sup>2</sup>    | 0,87 ± 0,21             | 0,73 ± 0,28                            | 0,82 ± 0,25                      |
| 2.000 J/m <sup>2</sup>  | 0,59 ± 0,11             | 0,38 ± 0,04                            | 0,41 ± 0,01                      |
| 4.000 J/m <sup>2</sup>  | 1,29 ± 0,13             | 1,10 ± 0,04                            | 1,22 ± 0,02                      |
| 7.000 J/m <sup>2</sup>  | 0,84 ± 0,25             | 0,69 ± 0,06                            | 0,70 ± 0,40                      |
| 10.000 J/m <sup>2</sup> | 1,11 ± 0,01             | 1,15 ± 0,32                            | 1,26 ± 0,20                      |



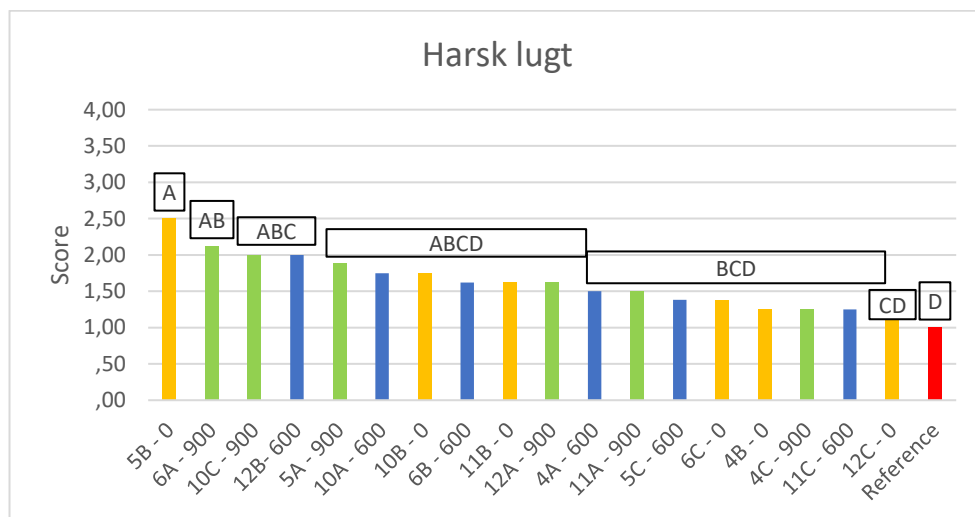
**Tabel 3.** Reduktion af hhv. totalkim, *Listeria monocytogenes* og *Salmonella* efter UVC-behandling af brystflæsk. Podeniveau af *L. monocytogenes* og *Salmonella* ca. 6 log cfu/g.

| UVC-dosis             |                    | Totalkim<br>(log cfu/g) | <i>L. monocytogenes</i><br>(log cfu/g) | <i>Salmonella</i><br>(log cfu/g) |
|-----------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|
| 300 J/cm <sup>2</sup> | Kødside            | 0,59 ± 0,70             | 0,21 ± 0,55                            | 0,35 ± 0,44                      |
|                       | Sværside           | 0,43 ± 0,79             | 0,90 ± 0,41                            | 0,97 ± 0,44                      |
|                       | Sværside, afsværet | 0,81 ± 0,70             | 0,75 ± 0,51                            | 0,85 ± 0,65                      |
| 600 J/m <sup>2</sup>  | Kødside            | 0,43 ± 0,49             | 0,05 ± 0,48                            | 0,48 ± 0,22                      |
|                       | Sværside           | 0,76 ± 0,44             | 0,95 ± 0,81                            | 0,90 ± 0,67                      |
|                       | Sværside, afsværet | 0,81 ± 0,65             | 1,14 ± 1,41                            | 1,21 ± 1,26                      |
| 900 J/m <sup>2</sup>  | Kødside            | -0,11 ± 0,26            | -0,03 ± 0,35                           | 0,23 ± 0,30                      |
|                       | Sværside           | 0,71 ± 0,29             | 1,42 ± 0,23                            | 1,46 ± 0,23                      |
|                       | Sværside, afsværet | 0,99 ± 0,50             | 1,00 ± 0,48                            | 1,29 ± 0,97                      |

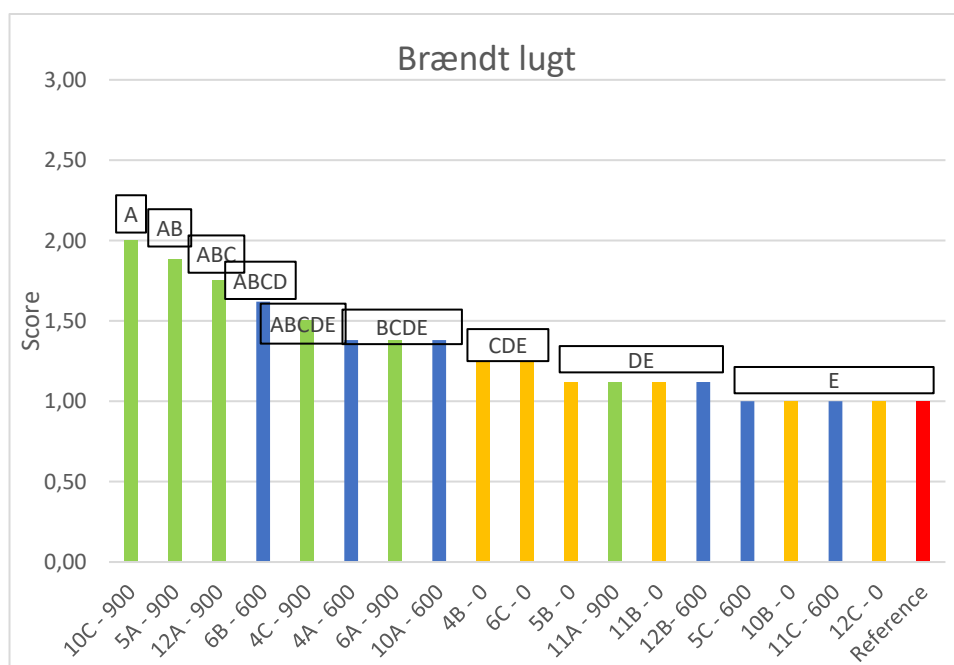
Som det ses, var det ikke muligt at opnå 2 log reduktion af *Salmonella* og *L. monocytogenes* ved de benyttede doser af UVC. Da der ikke blev observeret nogen dosis-respons-sammenhæng mellem benyttede UVC-doser og målte reduktioner, er det ikke sandsynligt, at der vil kunne opnås større reduktioner ved behandling med højere doser af UVC.

### 2.2.2. Sensorisk bedømmelse

Resultaterne af den sensoriske bedømmelse af lugt ("harsk" og "brændt") og udseende (misfarvning) af kødet er vist i figur 1-3. Der var ikke signifikant forskel på "harsk lugt" af kød ved de forskellige UVC-doser (figur 1). Nogle af prøverne adskilte sig signifikant fra den friske reference, men da disse prøver repræsenterede alle behandlinger (inkl. nul-behandlingen, 0 J/m<sup>2</sup>), er behandlingen ikke årsag til dette. I forhold til brændt lugt var der signifikant forskel mellem flere af prøverne behandlet med 900 J/m<sup>2</sup> og prøver uden behandling samt enkelte prøver behandlet med 600 J/m<sup>2</sup> (figur 2). Lugten fortog sig dog, når prøverne havde ligget uemballeret i ca. 30 min.



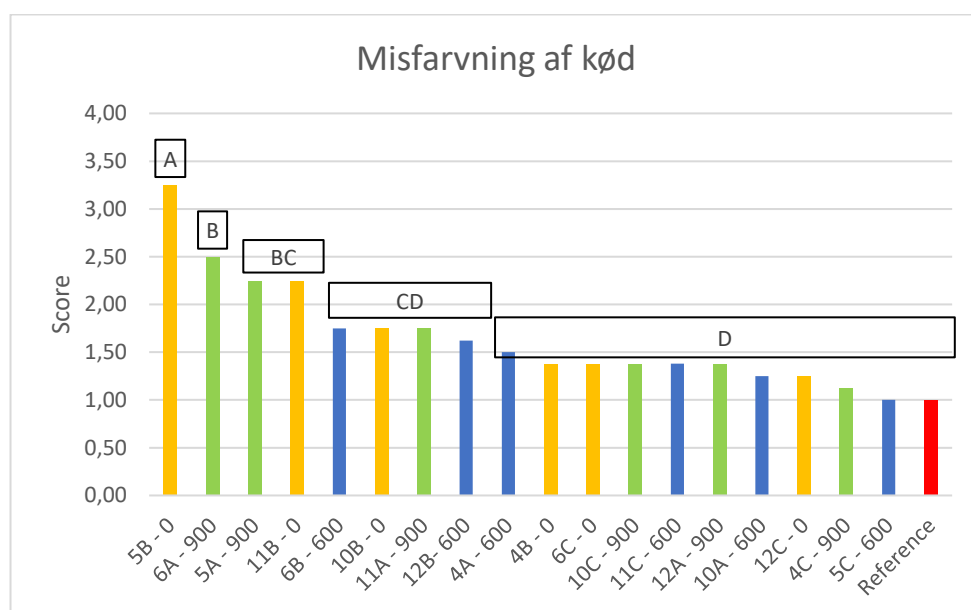
**Figur 1.** Vurdering af harsk lugt efter 4-trinsskala, hvor 1 = frisk (accepteret), 2 = begyndende afvigende lugt (accepteret), 3 = afvigende lugt (ikke-accepteret), 4 = tydelig afvigende lugt (ikke-accepteret). De viste data er gennemsnit af vurdering af 8 dommere. Gul = ikke-behandlet ( $0 \text{ J/m}^2$ ), blå = behandlet med  $600 \text{ J/m}^2$ , grøn =  $900 \text{ J/m}^2$ , rød = reference, frisk kød. Ens bogstaver angiver, at der ikke er signifikant forskel ( $p < 0,05$ ) mellem prøver.



**Figur 2.** Vurdering af brændt lugt, hvor scoren 1 = lugt ikke til stede, 2 = lugt til stede i lav intensitet, 3 = lugt til stede i høj intensitet. De viste data er gennemsnit af vurdering af 8 dommere. Gul = ikke-behandlet ( $0 \text{ J/m}^2$ ), blå = behandlet med  $600 \text{ J/m}^2$ , grøn =  $900 \text{ J/m}^2$ , rød = reference, frisk kød. Ens bogstaver angiver, at der ikke er signifikant forskel ( $p < 0,05$ ) mellem prøver.



Attributten "misfarvning" blev undersøgt for at vurdere, om en eventuel harskning forårsagede, at hovedsageligt fedt gulnede, men misfarvning blev også undersøgt i forhold til kødet. Der var ingen tydelig sammenhæng mellem UVC-behandling og misfarvning af kødet (figur 3). En enkelt prøve uden behandling scorede højt, hvilket kan skyldes, at denne prøve var begyndt at fordærve.



**Figur 3.** Vurdering af misfarvning af kødet efter 4-trinsskala, hvor 1 = frisk (accepteret), 2 = begyndende misfarvning (accepteret), 3 = misfarvning (ikke-accepteret), 4 = tydelig misfarvning (ikke-accepteret). De viste data er gennemsnit af vurdering af 8 dommere. Gul = ikke-behandlet (0 J/m<sup>2</sup>), blå = behandlet med 600 J/m<sup>2</sup>, grøn = 900 J/m<sup>2</sup>, rød = reference, frisk kød. Ens bogstaver angiver, at der ikke er signifikant forskel ( $p < 0,05$ ) mellem prøver.

### 2.2.3. Konklusion

Det var ikke muligt at opnå 2 log reduktion af *Salmonella* sp. eller *Listeria monocytogenes* på overfladen af hverken brystflæsk, kamfilet eller sandwichskinke ved behandling med doser af UVC-lys op til 10.000 J/m<sup>2</sup>, hvorimod en dosis på 300 J/m<sup>2</sup> var tilstrækkelig til at reducere antallet af *Salmonella* sp. eller *Listeria monocytogenes* med mindst 5 log ved behandling af helt glatte og homogene overflader som glas og agar.

Kødsiden af brystflæsk er en kompliceret overflade i forhold dekontaminering med UVC-lys, der kun virker på de bakterieceller, som lyset rammer. Den uhomogene overflade af brystflæsk gør det muligt for bakterierne at opnå skyggeeffekt, hvilket både kan ses i de lave opnåede reduktioner samt store afvigelser mellem replikater. Selv på sværsiden af brystflæsket, som er mere homogen, blev der kun opnået lave reduktioner, og der var stadig store afvigelser mellem replikater. Også på kamfilet med hinde, som repræsenterer en langt mere glat og homogen overflade, var reduktionen begrænset. Det samme gælder for sandwichskinke.



Der var ingen tydelig stigning i reduktion med øget UVC-dosis, hvorfor det ikke er sandsynligt, at en øget dosis, i forhold til hvad der er testet her, vil kunne øge reduktionen af bakterier. Dertil er det en udfordring at opnå tilstrækkelig reduktion, uden at det påvirker den sensoriske kvalitet. Der blev ikke observeret nogen tydelig harsk lugt eller smag ved behandling med doser op til 900 J/m<sup>2</sup>. Dog er det sandsynligt, at højere doser, samt lagring fx på frost, vil accelerere harskningen. Der var til gengæld en tydelig brændt lugt associeret med UV-behandlingen.

### 2.3. Vurdering af potentiale for brug af UVC til dekontaminering af fersk grisekød baseret på eksperimentel test

Forsøgene beskrevet ovenfor illustrerer, at det ikke er muligt at opnå 2 log reduktion af *L. monocytogenes* og *Salmonella* på overfladen af grisekød med UVC-dekontaminering. Lignende resultater kan findes i den videnskabelige litteratur (Svenningsen & Koch, 2023). Det formodes at skyldes, at overfladetopologien af grisekød gør, at bakterier oplever skyggeeffekt enten ved at trænge ned i lommer eller revner i kødet eller ved at trænge ned i porer. Idet UVC-lys ikke trænger igennem organisk materiale og kun har en virkning på de celler, som lyset rammer, har det ingen effekt på bakterieceller, som sidder gemt for lyset.

Dertil skal nævnes, at der var en tydelig brændt lugt associeret med UV-behandlingen, som må formodes at påvirke det kvalitetsmæssige indtryk af det ferske kød.

Baseret på den eksperimentelle test af dekontaminering af grisekød, **vurderes det, at der ikke er potentiale i at implementere UVC til dekontaminering af fersk grisekød på produktionslinjen.**

UVC vil muligvis kunne benyttes til desinfektion af udstyr, som er fri for synligt smuds, og hvor overfladerne er hele og glatte. Det er dog vigtigt at tilføje, at UVC-lys i denne sammenhæng ikke kan erstatte den normale grundige rengøring.

## 3. Koldt plasma – teoretisk vurdering af potentiale baseret på litteraturstudie

Inden for de sidste ca. 20 år har der været arbejdet med at reducere bakterier på fødevarer ved hjælp af koldt plasma. Der har været afprøvet forskellige metoder til at generere det kolde plasma, ligesom mange forskellige gasarter og blandinger har været afprøvet.

DMRI har i to projekter arbejdet med koldt plasma og kød eller kødprodukter. Fra 2006 til 2012 blev der i samarbejde med Forskningscenter Risø gennemført forsøg med at dekontaminere objekter i en lukket beholder ved hjælp af koldt plasma, at dekontaminere en roterende slicekniv samt at inaktivere *Listeria innocua* i spiseklare kødprodukter med koldt plasma. Senere har der været foretaget afprøvninger af en prototype til kold plasmabehandling af MA-pakket kød og kødprodukter i EU-projektet MEATPACK (2015-



2016). I ingen af forsøgene i EU-projektet blev der fundet mikrobiel inaktivering med teknologien på overfladen af MA-pakket kogt slicet kalkunbryst, grisekød og lammekød.

Resultater fra disse forsøg samt detaljeret opsummering af litteratursøgning på "cold plasma processing/treatment or non-thermal plasma processing/treatment" fra de seneste 5 år kan ses i T. Jacobsen (2023).

### 3.1. Konklusioner fra litteraturstudie

Anvendelse af plasmaaktiverede saltopløsninger (PAS), plasmaaktiverede syreopløsninger og plasmaaktiveret vand (PAV) kan være en mulighed i industrien. Hvor de øvrige plasmateknikker kun har været anvendt i meget lille skala, har PAV været afprøvet i pilot- og produktionsskala til produktion af plante-baserede, snittede salater. Koldt plasma kan genereres på flere forskellige måder, men alle metoderne anvender en høj spænding (mange kV) og en vekselstrøm med meget høj frekvens fra 15 kHz og op til radiofrekvensområdet på MHz. Plasma genereres ofte ved, at der meget kortvarigt sendes et "burst" af energi på få  $\mu$ S efterfulgt af meget længere perioder uden strøm, så det samlede watt-forbrug ikke bliver så stort.

Plasma, der genereres i atmosfærisk luft, skal bruge høje spændinger. For hver gang afstanden mellem elektroderne i et DBD-plasmaanlæg i atmosfærisk luft øges med 1 cm, skal der bruges en spænding, der er 30.000 V større. Hvis halve grise eller større udskæringer af gris skal behandles på denne måde, kræves flere hundrede tusind volt (V).

Plasma genereret med en jet kan i øjeblikket kun anvendes på meget små områder på nogle få  $\text{cm}^2$ . For at få et langtrækkende plasma anvendes ofte ædelgasser. Disse vil være alt for kostbare at anvende i en industriproduktion.

Ved forsøg med dekontaminering af kød med koldt plasma er der i mange tilfælde fundet meget lave eliminerings af bakterier, mellem 0 og 1 log CFU. I de tilfælde, hvor der er opnået højere eliminering af bakterier, har behandlingen medført, at kødet fik ændret farve og smag, og derfor er disse metoder ikke egnede.

### 3.2. Vurdering af potentiale af koldt plasma til dekontaminering af fersk grisekød

Den eneste metode, der her er beskrevet, som har været afprøvet i pilot- eller produktionsskala, er plasmaaktiveret vand (PAV). Denne metode har været afprøvet på en produktionslinje for skåret ready-to-eat salat. Metoden har også været afprøvet på et kyllingeslagteri, hvor den gav 1 log reduktion ved at behandle slagtekyllingerne med en tåge af PAV. Effekten af PAV kan måske øges ved at bruge opløsninger af svage syrer i stedet for rent vand.



EU-lovgivningen tillader ikke, at fersk kød af gris skylles eller neddyppes i vand eller væsker. I EU er det kun tilladt at anvende opløsninger af mælkesyre til reduktion af mikrobiologisk overfladeforurening på slagtekroppe af kvæg (Kommissionens forordning (EU) Nr. 101/2013 af 4. februar 2013).

For at kunne anvende plasmabehandlet vand på grisekød kræves der derfor ændringer af EU-lovgivningen.

Anvendelse af plasma til at producere patogenfrit grisekød anses efter ovenstående ikke at være realistisk.

#### 4. Risikoberegninger

Som en alternativ tilgang til at producere "patogenfrit" kød ved at dekontaminere overflader af fersk kød er det i følgende afsnit forsøgt belyst, dels hvilken risiko der vil være for at udtage en ferskkødsprøve fra danskproduceret gris, som er positiv for hhv. *Salmonella* eller *Listeria monocytogenes*, dels hvilke krav der reelt skal stilles til en dekontaminerings teknologi, for at risikoen for at finde hhv. *Salmonella* eller *Listeria monocytogenes* i en ferskkødsprøve er så lav, at man kan definere fersk grisekød som "patogenfrit".

I projektets første år blev målet for projektet defineret som at være i stand til at producere brystflæsk, der er "fri for" *Listeria* og *Salmonella*, når det forlader virksomheden, hvor "fri for" blev defineret som "ikke detekteret i 25 g".

Dette er brugt som udgangspunkt i beregninger af, hvilken risiko der vil være for at udtage en ferskkødsprøve a 25 g, som er positiv for hhv. *Salmonella* eller *Listeria monocytogenes*.

##### 4.1. Beregninger for *Salmonella*

###### Scenarie 1

I forbindelse med den danske Salmonellaovervågning udtages der årligt omkring 18.000 prøver fra danske slagterier til analyse for tilstedeværelse af *Salmonella* på slagtekroppe af gris. Salmonellaprøverne i ferskkødsovervågningen tages som svaberprøver af slagtekroppe (400 cm<sup>2</sup>), men der er i dette første scenarie lavet beregninger ud fra, at prøverne tages som produktprøver på 25 g, hvor detektionsgrænsen er 1 CFU/25 g (dvs. 0,04 CFU/g).

###### Scenarie 2

I et studie af Nauta et al. fra 2013 blev der udtaget svaberprøver fra 2.822 slagtekroppe på 5 danske slagterier. Der blev svabret områder på 2.800 cm<sup>2</sup> pr. slagtekrop. 1,9% af disse prøver var positive for *Salmonella*. Ved at antage, at de svabrede områder repræsenterer alle de steder på slagtekroppen, hvor *Salmonella* kan findes, og at der på én slagtekrop er 65 kg kød, kan detektionsgrænsen for analysen omregnes til 0,0000158 CFU/g, dvs. i 98,1% af prøver taget på slagtegangen er der <0,0000158 CFU/g.



### Antagelser

Beregningerne er baseret på følgende antagelser:

- 99% af Salmonellaprøverne på 25 gram indeholder mindre end 0,04 CFU/g, ELLER
- 98,1% af prøver taget på slagtegangen indeholder <0,0000158 CFU/g, og laveste antal af *Salmonella*, som det er muligt at udtage, er 1e-20 CFU/gram.

Salmonellakoncentrationen i kød følger en log-normalfordeling.

Tabellerne herunder viser sandsynligheden for at udtage mindst én positiv prøve ved  $N$  prøveudtagninger på 25 gram efter  $q$  log-reduktioner. Denne sandsynlighed beregnes som den komplementære sandsynlighed for ikke at udtage en eneste positiv prøve:

$$P(X \geq 1) = 1 - P(X = 0) = 1 - \left(1 - \frac{p}{10^q}\right)^N,$$

hvor  $p$  er sandsynligheden for, at der findes mere end 0,04 CFU/g (1 CFU per 25 gram) i produktet.

**Tabel 4.** Sandsynlighed for at detektere *Salmonella* i mindst én prøve ved analyse af  $X$  antal prøver a 25 g, alt efter hvor stor en reduktion af *Salmonella* en dekontamineringsteknologi har bidraget med (scenarie 1).

| Antal prøver | 0-log reduktion | 1-log reduktion | 2-log reduktion | 3-log reduktion | 4-log reduktion | 5-log reduktion |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 10           | 0,095618        | 0,009955        | 0,001           | 0,0001          | 1,00E-05        | 1,00E-06        |
| 25           | 0,222179        | 0,024702        | 0,002497        | 0,00025         | 2,50E-05        | 2,00E-06        |
| 50           | 0,394994        | 0,048794        | 0,004988        | 0,0005          | 5,00E-05        | 5,00E-06        |
| 100          | 0,633968        | 0,095208        | 0,009951        | 0,001           | 0,0001          | 1,00E-05        |
| 250          | 0,918941        | 0,221297        | 0,024691        | 0,002497        | 0,00025         | 2,50E-05        |
| 500          | 0,99343         | 0,393621        | 0,048773        | 0,004988        | 0,0005          | 5,00E-05        |
| 1.000        | 0,999957        | 0,632305        | 0,095167        | 0,00995         | 0,001           | 0,0001          |
| 2.500        | 1               | 0,918018        | 0,221209        | 0,02469         | 0,002497        | 0,00025         |
| 5.000        | 1               | 0,993279        | 0,393485        | 0,048771        | 0,004988        | 0,0005          |
| 10.000       | 1               | 0,999955        | 0,632139        | 0,095163        | 0,00995         | 0,001           |

Tabel 4 illustrerer, at der ved udtag af fx 10 prøver a 25 g vil være ca. 10% sandsynlighed for, at mindst én prøve er positiv for *Salmonella* under antagelsen, at 99% af prøver taget på slagtegangen er negative (dvs. <0,04 CFU/g) for *Salmonella*. Udtages der i stedet 100 prøver, vil sandsynligheden for, at mindst én prøve er positiv for *Salmonella*, være 63%, og udtages der 1.000 prøver, vil sandsynligheden for, at mindst én prøve er positiv for *Salmonella*, være ~100%,



Hvis det antages, at der højst må være 1% sandsynlighed for at udtage mindst én prøve, der er positiv for *Salmonella*, og der udtages 10 prøver, skal der benyttes en dekontamineringsteknologi, der reducerer *Salmonella* med 1 log under de givne antagelser.

Hvis der i stedet udtages 100 prøver, skal der benyttes en dekontamineringsteknologi, der reducerer *Salmonella* med 2 log, for at der højst er 1% sandsynlighed for at udtage mindst én prøve, der er positiv for *Salmonella*.

Udtages der 1.000 prøver, skal der benyttes en dekontamineringsteknologi, der reducerer *Salmonella* med 3 log, for at der højst er 1% sandsynlighed for at udtage mindst én prøve, der er positiv for *Salmonella*.

**Tabel 5.** Sandsynlighed for at detektere *Salmonella* i mindst én prøve ved analyse af X antal prøver a 25 g, alt efter hvor stor en reduktion af *Salmonella* en dekontamineringsteknologi har bidraget med (scenarie 2).

| Antal prøver | 0-log reduktion | 1-log reduktion | 2-log reduktion | 3-log reduktion | 4-log reduktion | 5-log reduktion |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 10           | 0,02183         | 0,002203        | 0,00022         | 2,20E-05        | 2,00E-06        | 0               |
| 25           | 0,053684        | 0,005497        | 0,000551        | 5,50E-05        | 6,00E-06        | 1,00E-06        |
| 50           | 0,104486        | 0,010964        | 0,001102        | 0,00011         | 1,10E-05        | 1,00E-06        |
| 100          | 0,198055        | 0,021808        | 0,002202        | 0,00022         | 2,20E-05        | 2,00E-06        |
| 250          | 0,42408         | 0,053632        | 0,005497        | 0,000551        | 5,50E-05        | 6,00E-06        |
| 1.000        | 0,889986        | 0,197879        | 0,021806        | 0,002202        | 0,00022         | 2,20E-05        |
| 2.500        | 0,995986        | 0,423765        | 0,053627        | 0,005497        | 0,000551        | 5,50E-05        |
| 5.000        | 0,999984        | 0,667953        | 0,104378        | 0,010963        | 0,001102        | 0,00011         |
| 10.000       | 1               | 0,889745        | 0,197861        | 0,021806        | 0,002202        | 0,00022         |

Tabel 5 illustrerer, at der ved udtag af fx 10 prøver a 25 g vil være ca. 2% sandsynlighed for, at mindst én prøve er positiv for *Salmonella* under antagelsen, at 98,1% af prøver fra slagtegangen indeholder <0,0000158 CFU/g, og laveste antal af *Salmonella*, som det er muligt at udtage, er 1e-20 CFU/gram. Udtages der i stedet 100 prøver, vil sandsynligheden for, at mindst én prøve er positiv for *Salmonella*, være 20%, og udtages der 1.000 prøver, vil sandsynligheden for, at mindst én prøve er positiv for *Salmonella*, være 89%.

Hvis det antages, at der højst må være 1% sandsynlighed for at udtage mindst én prøve, der er positiv for *Salmonella*, og der udtages 10 prøver, skal der benyttes en dekontamineringsteknologi, der reducerer *Salmonella* med 1 log, under de givne antagelser.



Hvis der i stedet udtages 100 prøver, skal der benyttes en dekontamineringsteknologi, der reducerer *Salmonella* med 2 log, for at der højst er 1% sandsynlighed for at udtage mindst én prøve, der er positiv for *Salmonella*.

Udtages der 1.000 prøver, skal der benyttes en dekontamineringsteknologi, der reducerer *Salmonella* med 3 log, for at der højst er 1% sandsynlighed for at udtage mindst én prøve, der er positiv for *Salmonella*.

## 4.2. Beregninger for *Listeria monocytogenes*

Der findes ikke offentligt tilgængelige data for forekomst af *Listeria monocytogenes* på slagtekroppe.

### *Antagelser*

Grundet manglende data for forekomst af *Listeria monocytogenes* er der fremsat 5 forskellige scenarier, svarende til at forekomsten af *Listeria monocytogenes* i prøver fra slagtegangen antages at være mellem 1% og 50%, og niveauet af *Listeria monocytogenes* i de positive prøver er mellem 0,04 og 4 CFU/g:

#### Scenarie 1

- I 1% af prøver fra slagtegangen er der mellem 0,04 og 4 CFU/g *Listeria monocytogenes*, og i de resterende 99% er der <0,04 CFU/g

#### Scenarie 2

- I 5 % af prøver fra slagtegangen er der mellem 0,04 og 4 CFU/g *Listeria monocytogenes*, og i de resterende 95% er der <0,04 CFU/g

#### Scenarie 3

- I 10 % af prøver fra slagtegangen er der mellem 0,04 og 4 CFU/g *Listeria monocytogenes*, og i de resterende 90% er der <0,04 CFU/g

#### Scenarie 4

- I 30 % af prøver fra slagtegangen er der mellem 0,04 og 4 CFU/g *Listeria monocytogenes*, og i de resterende 70% er der <0,04 CFU/g

#### Scenarie 5

- I 50 % af prøver fra slagtegangen er der mellem 0,04 og 4 CFU/g *Listeria monocytogenes*, og i de resterende 50% er der <0,04 CFU/g

Beregningerne er desuden baseret på antagelser om, at fordelingen af *Listeria monocytogenes* er log normalfordelt.



Tabellerne herunder viser sandsynligheden for at udtage mindst en positiv prøve ved  $N$  prøveudtagninger på 25 gram efter  $q$  log-reduktioner. Denne sandsynlighed beregnes som den komplementære sandsynlighed for ikke at udtage en eneste positiv prøve:

$$P(X \geq 1) = 1 - P(X = 0) = 1 - \left(1 - \frac{p}{10^q}\right)^N,$$

hvor  $p$  er sandsynligheden for, at der findes mere end 0,04 CFU/g (1 CFU per 25 gram) i produktet.

**Tabel 6.** Sandsynlighed for at detektere *Listeria monocytogenes* i mindst én prøve ved analyse af  $X$  antal prøver a 25 g, alt efter hvor stor en reduktion af *Listeria monocytogenes* en dekontamineringsteknologi har bidraget med (scenario 1).

| Antal prøver udtaget | 0-log reduktion | 1-log reduktion | 2-log reduktion | 3-log reduktion | 4-log reduktion | 5-log reduktion |
|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 10                   | 0,095618        | 0,009955        | 0,001           | 0,0001          | 1,00E-05        | 1,00E-06        |
| 25                   | 0,222179        | 0,024702        | 0,002497        | 0,00025         | 2,50E-05        | 2,00E-06        |
| 50                   | 0,394994        | 0,048794        | 0,004988        | 0,0005          | 5,00E-05        | 5,00E-06        |
| 100                  | 0,633968        | 0,095208        | 0,009951        | 0,001           | 0,0001          | 1,00E-05        |
| 250                  | 0,918941        | 0,221297        | 0,024691        | 0,002497        | 0,00025         | 2,50E-05        |
| 500                  | 0,99343         | 0,393621        | 0,048773        | 0,004988        | 0,0005          | 5,00E-05        |
| 1.000                | 0,999957        | 0,632305        | 0,095167        | 0,00995         | 0,001           | 0,0001          |
| 2.500                | 1               | 0,918018        | 0,221209        | 0,02469         | 0,002497        | 0,00025         |
| 5.000                | 1               | 0,993279        | 0,393485        | 0,048771        | 0,004988        | 0,0005          |
| 10.000               | 1               | 0,999955        | 0,632139        | 0,095163        | 0,00995         | 0,001           |

Tabel 6 illustrerer, at der ved udtag af fx 10 prøver a 25 g vil være 9,6% sandsynlighed for, at mindst én prøve er positiv for *Listeria monocytogenes* under antagelsen, at 1% af prøver taget på slagtegangen er positive for *Listeria monocytogenes* i niveauet 0,04-4 CFU/g, og 99% af prøver er negative (dvs. <0,04 CFU/g). Udtages der i stedet 100 prøver, vil sandsynligheden for, at mindst én prøve er positiv for *Listeria monocytogenes*, være 63,3%, og udtages der 1.000 prøver, vil sandsynligheden for, at mindst én prøve er positiv for *Listeria monocytogenes*, være ~100%,

Hvis det antages, at der højst må være 1% sandsynlighed for at udtage mindst én prøve, der er positiv for *Listeria monocytogenes*, og der udtages 10 prøver, skal der benyttes en dekontamineringsteknologi, der reducerer *Listeria monocytogenes* med 1 log, under de givne antagelser.

Hvis der i stedet udtages 100 prøver, skal der benyttes en dekontamineringsteknologi, der reducerer *Listeria monocytogenes* med 2 log, for at der højst er 1% sandsynlighed for at udtage mindst én prøve, der er positiv for *Listeria monocytogenes*.



Udtages der 1.000 prøver, skal der benyttes en dekontamineringsteknologi, der reducerer *Listeria monocytogenes* med 3 log, for at der højst er 1% sandsynlighed for at udtage mindst én prøve, der er positiv for *Listeria monocytogenes*.

**Tabel 7.** Sandsynlighed for at detektere *Listeria monocytogenes* i mindst én prøve ved analyse af X antal prøver a 25 g, alt efter hvor stor en reduktion af *Listeria monocytogenes* en dekontamineringsteknologi har bidraget med (scenario 2).

| Antal prøver udtaget | 0-log reduktion | 1-log reduktion | 2-log reduktion | 3-log reduktion | 4-log reduktion | 5-log reduktion |
|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 10                   | 0,401263        | 0,04889         | 0,004989        | 0,0005          | 5,00E-05        | 5,00E-06        |
| 25                   | 0,72261         | 0,11778         | 0,012425        | 0,001249        | 0,000125        | 1,20E-05        |
| 50                   | 0,923055        | 0,221687        | 0,024696        | 0,002497        | 0,00025         | 2,50E-05        |
| 100                  | 0,994079        | 0,39423         | 0,048782        | 0,004988        | 0,0005          | 5,00E-05        |
| 250                  | 0,999997        | 0,714392        | 0,117531        | 0,012423        | 0,001249        | 0,000125        |
| 500                  | 1               | 0,918428        | 0,221248        | 0,024691        | 0,002497        | 0,00025         |
| 1.000                | 1               | 0,993346        | 0,393545        | 0,048772        | 0,004988        | 0,0005          |
| 2.500                | 1               | 0,999996        | 0,713585        | 0,117506        | 0,012422        | 0,001249        |
| 5.000                | 1               | 1               | 0,917966        | 0,221204        | 0,02469         | 0,002497        |
| 10.000               | 1               | 1               | 0,99327         | 0,393477        | 0,048771        | 0,004988        |

Tabel 7 ovenover illustrerer, at der ved udtag af fx 10 prøver a 25 g vil være 40,1% sandsynlighed for, at mindst én prøve er positiv for *Listeria monocytogenes* under antagelsen, at 5% af prøver taget på slagtegangen er positive for *Listeria monocytogenes* i niveauet 0,04-4 CFU/g, og 95% af prøver er negative (dvs. <0,04 CFU/g). Udtages der i stedet 100 prøver, vil sandsynligheden for, at mindst én prøve er positiv for *Listeria monocytogenes*, være 99,4%, og udtages der 1.000 prøver, vil sandsynligheden for, at mindst én prøve er positiv for *Listeria monocytogenes*, være 100%,

Hvis det antages, at der højst må være 1% sandsynlighed for at udtage mindst én prøve, der er positiv for *Listeria monocytogenes*, og der udtages 10 prøver, skal der benyttes en dekontamineringsteknologi, der reducerer *Listeria monocytogenes* med 2 log, under de givne antagelser.

Hvis der i stedet udtages 100 prøver, skal der benyttes en dekontamineringsteknologi, der reducerer *Listeria monocytogenes* med 3 log, for at der højst er 1% sandsynlighed for at udtage mindst én prøve, der er positiv for *Listeria monocytogenes*.

Udtages der 1.000 prøver, skal der benyttes en dekontamineringsteknologi, der reducerer *Listeria monocytogenes* med 4 log, for at der højst er 1% sandsynlighed for at udtage mindst én prøve, der er positiv for *Listeria monocytogenes*.



**Tabel 8.** Sandsynlighed for at detektere *Listeria monocytogenes* i mindst én prøve ved analyse af X antal prøver a 25 g, alt efter hvor stor en reduktion af *Listeria monocytogenes* en dekontamineringsteknologi har bidraget med (scenario 3).

| Antal prøver udtaget | 0-log reduktion | 1-log reduktion | 2-log reduktion | 3-log reduktion | 4-log reduktion | 5-log reduktion |
|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 10                   | 0,651322        | 0,095618        | 0,009955        | 0,001           | 0,0001          | 1,00E-05        |
| 25                   | 0,92821         | 0,222179        | 0,024702        | 0,002497        | 0,00025         | 2,50E-05        |
| 50                   | 0,994846        | 0,394994        | 0,048794        | 0,004988        | 0,0005          | 5,00E-05        |
| 100                  | 0,999973        | 0,633968        | 0,095208        | 0,009951        | 0,001           | 0,0001          |
| 250                  | 1               | 0,918941        | 0,221297        | 0,024691        | 0,002497        | 0,00025         |
| 500                  | 1               | 0,99343         | 0,393621        | 0,048773        | 0,004988        | 0,0005          |
| 1.000                | 1               | 0,999957        | 0,632305        | 0,095167        | 0,00995         | 0,001           |
| 2.500                | 1               | 1               | 0,918018        | 0,221209        | 0,02469         | 0,002497        |
| 5.000                | 1               | 1               | 0,993279        | 0,393485        | 0,048771        | 0,004988        |
| 10.000               | 1               | 1               | 0,999955        | 0,632139        | 0,095163        | 0,00995         |

Tabel 8 ovenover illustrerer, at der ved udtag af fx 10 prøver a 25 g vil være 65,1% sandsynlighed for, at mindst én prøve er positiv for *Listeria monocytogenes* under antagelsen, at 10% af prøver taget på slagtegangen er positive for *Listeria monocytogenes* i niveauet 0,04-4 CFU/g, og 90% af prøver er negative (dvs. <0,04 CFU/g). Udtages der i stedet 100 prøver, vil sandsynligheden for, at mindst én prøve er positiv for *Listeria monocytogenes*, være ~100%.

Hvis det antages, at der højst må være 1% sandsynlighed for at udtage mindst én prøve, der er positiv for *Listeria monocytogenes*, og der udtages 10 prøver, skal der benyttes en dekontamineringsteknologi, der reducerer *Listeria monocytogenes* med 2 log, under de givne antagelser.

Hvis der i stedet udtages 100 prøver, skal der benyttes en dekontamineringsteknologi, der reducerer *Listeria monocytogenes* med 3 log, for at der højst er 1% sandsynlighed for at udtage mindst én prøve, der er positiv for *Listeria monocytogenes*.

Udtages der 1.000 prøver, skal der benyttes en dekontamineringsteknologi, der reducerer *Listeria monocytogenes* med 4 log, for at der højst er 1% sandsynlighed for at udtage mindst én prøve, der er positiv for *Listeria monocytogenes*.



**Tabel 9.** Sandsynlighed for at detektere *Listeria monocytogenes* i mindst én prøve ved analyse af X antal prøver a 25 g, alt efter hvor stor en reduktion af *Listeria monocytogenes* en dekontamineringsteknologi har bidraget med (scenario 4).

| Antal prøver udtaget | 0-log reduktion | 1-log reduktion | 2-log reduktion | 3-log reduktion | 4-log reduktion | 5-log reduktion |
|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 10                   | 0,971752        | 0,262576        | 0,029598        | 0,002996        | 0,0003          | 3,00E-05        |
| 25                   | 0,999866        | 0,533025        | 0,072361        | 0,007473        | 0,00075         | 7,50E-05        |
| 50                   | 1               | 0,781935        | 0,139486        | 0,01489         | 0,001499        | 0,00015         |
| 100                  | 1               | 0,952447        | 0,259516        | 0,029559        | 0,002996        | 0,0003          |
| 250                  | 1               | 0,999507        | 0,528166        | 0,072267        | 0,007472        | 0,00075         |
| 500                  | 1               | 1               | 0,777372        | 0,139311        | 0,014888        | 0,001499        |
| 1.000                | 1               | 1               | 0,950437        | 0,259215        | 0,029555        | 0,002996        |
| 2.500                | 1               | 1               | 0,999453        | 0,527687        | 0,072258        | 0,007472        |
| 5.000                | 1               | 1               | 1               | 0,77692         | 0,139294        | 0,014888        |
| 10.000               | 1               | 1               | 1               | 0,950235        | 0,259185        | 0,029555        |

Tabel 9 illustrerer, at der ved udtag af fx 10 prøver a 25 g, vil være 97% sandsynlighed for, at mindst én prøve er positiv for *Listeria monocytogenes* under antagelsen, at 30% af prøver taget på slagtegangen er positive for *Listeria monocytogenes* i niveauet 0,04-4 CFU/g, og 70% af prøverne er negative (dvs. <0,04 CFU/g). Udtages der i stedet 100 prøver, vil sandsynligheden for, at mindst én prøve er positiv for *Listeria monocytogenes*, være 100%.

Hvis det antages, at der højst må være 1% sandsynlighed for at udtage mindst én prøve, der er positiv for *Listeria monocytogenes*, og der udtages 10 prøver, skal der benyttes en dekontamineringsteknologi, der reducerer *Listeria monocytogenes* med 3 log, under de givne antagelser.

Hvis der i stedet udtages 100 prøver, skal der benyttes en dekontamineringsteknologi, der reducerer *Listeria monocytogenes* med 4 log, for at der højst er 1% sandsynlighed for at udtage mindst én prøve, der er positiv for *Listeria monocytogenes*.

Udtages der 1.000 prøver, skal der benyttes en dekontamineringsteknologi, der reducerer *Listeria monocytogenes* med 5 log, for at der højst er 1% sandsynlighed for at udtage mindst én prøve, der er positiv for *Listeria monocytogenes*.



**Tabel 10.** Sandsynlighed for at detektere *Listeria monocytogenes* i mindst én prøve ved analyse af X antal prøver a 25 g, alt efter hvor stor en reduktion af *Listeria monocytogenes* en dekontamineringsteknologi har bidraget med (scenarie 5).

| Antal prøver udtaget | 0-log reduktion | 1-log reduktion | 2-log reduktion | 3-log reduktion | 4-log reduktion | 5-log reduktion |
|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 10                   | 0,999023        | 0,401263        | 0,04889         | 0,004989        | 0,0005          | 5,00E-05        |
| 25                   | 1               | 0,72261         | 0,11778         | 0,012425        | 0,001249        | 0,000125        |
| 50                   | 1               | 0,923055        | 0,221687        | 0,024696        | 0,002497        | 0,00025         |
| 100                  | 1               | 0,994079        | 0,39423         | 0,048782        | 0,004988        | 0,0005          |
| 250                  | 1               | 0,999997        | 0,714392        | 0,117531        | 0,012423        | 0,001249        |
| 500                  | 1               | 1               | 0,918428        | 0,221248        | 0,024691        | 0,002497        |
| 1.000                | 1               | 1               | 0,993346        | 0,393545        | 0,048772        | 0,004988        |
| 2.500                | 1               | 1               | 0,999996        | 0,713585        | 0,117506        | 0,012422        |
| 5.000                | 1               | 1               | 1               | 0,917966        | 0,221204        | 0,02469         |
| 10.000               | 1               | 1               | 1               | 0,99327         | 0,393477        | 0,048771        |

Tabel 10 illustrerer, at der ved udtag af fx 10 prøver a 25 g vil være 99,9% sandsynlighed for, at mindst én prøve er positiv for *Listeria monocytogenes* under antagelsen, at 50% af prøver taget på slagtegangen er positive for *Listeria monocytogenes* i niveauet 0,04-4 CFU/g, og 50% af prøverne er negative (dvs. <0,04 CFU/g). Udtages der 25 prøver, vil sandsynligheden for, at mindst én prøve er positiv for *Listeria monocytogenes*, være 100%.

Hvis det antages, at der højst må være 1% sandsynlighed for at udtage mindst én prøve, der er positiv for *Listeria monocytogenes*, og der udtages 10 prøver, skal der benyttes en dekontamineringsteknologi, der reducerer *Listeria monocytogenes* med 3 log, under de givne antagelser.

Hvis der i stedet udtages 100 prøver, skal der benyttes en dekontamineringsteknologi, der reducerer *Listeria monocytogenes* med 4 log, for at der højst er 1% sandsynlighed for at udtage mindst én prøve, der er positiv for *Listeria monocytogenes*.

Udtages der 1.000 prøver, skal der benyttes en dekontamineringsteknologi, der reducerer *Listeria monocytogenes* med 5 log, for at der højst er 1% sandsynlighed for at udtage mindst én prøve, der er positiv for *Listeria monocytogenes*.



### 4.3. Konklusion af risikoberegninger

Beregninger af risiko for at udtage en ferskkødsprøve af danskproduceret gris viser følgende (under de givne antagelser):

- Hvis risikoen for at udtage en prøve, der er positiv for *Salmonella*, højst må være 1%, skal frekvensen af *Salmonella* på slagtekroppe være <1%. 1 log reduktion ved dekontaminering vil gøre det muligt at udtage 10 prøver med 1% risiko for, at prøven er positiv for *Salmonella*, hvis frekvensen på slagtekroppe er 1%. Hvis der fx udtages 1.000 prøver, skal der opnås 3 log reduktion ved dekontaminering, for at risikoen for at udtage en positiv prøve højst er 1%.
- Hvis risikoen for at udtage en prøve, der er positiv for *Listeria monocytogenes*, højst må være 1%, skal frekvensen af *Listeria monocytogenes* på slagtekroppe være <1%. 1 log reduktion ved dekontaminering vil gøre det muligt at udtage 10 prøver med 1% risiko for, at prøven er positiv for *Listeria monocytogenes*, hvis frekvensen på slagtekroppe er 1%. Hvis der fx udtages 1.000 prøver, skal der opnås 3 log reduktion ved dekontaminering, for at risikoen for at udtage en positiv prøve højst er 1%.
- Der vil være forskel ift. krav til dekontamineringsteknologier, alt efter om frekvensen af *Listeria monocytogenes* er 5% hhv. 10% eller 30% hhv. 50%.

Baseret på disse risikoberegninger konkluderes, at 1-2 log reduktion af hhv. *Salmonella* og *Listeria monocytogenes* ikke vil være nok til, at risikoen for at udtage en positiv prøve er lav (her defineret som højst 1%), hvis der udtages 1.000 prøver, selv med meget lave frekvenser af *Salmonella* og *Listeria* på slagtekroppe. For udtag af >1.000 prøver vil risikoen ligeledes øges. I de fleste af de beskrevne scenarier vil det kræve mindst 5 log reduktion for at ligge på en risiko på højst 1% ved udtag af >1.000 prøver.

## 5. Samlet diskussion om perspektivet i produktion af patogenfrit kød

I forhold til risikoen forbundet med at finde patogene bakterier (og andre mikroorganismer) i fødevarer vil denne aldrig kunne reduceres fuldstændig til ingen risiko (Zwietering et al., 2021). Det vil med andre ord sige, at "patogenfrit" ikke eksisterer, men må defineres i de enkelte sammenhænge. I nærværende projekt blev det i den indledende fase besluttet at fokusere indsatsen på at finde en måde, hvorpå man kan garantere, at der ikke vil kunne detekteres *Listeria monocytogenes* og/eller *Salmonella* i 25 gram udtaget fra "patogenfrit" fersk kød. Der blev valgt at fokusere på brystflæsk ud fra en konkret viden om en baconproducent i EU, der efterspørger en "patogenfri" råvare (Terrell, 2022).



I forhold til at *garantere*, at der ikke kan findes *Listeria monocytogenes* og/eller *Salmonella*, leder dette tilbage til, at nulrisiko ikke findes, så hvor lav en risiko kan accepteres, for at man under denne definition kan betegne et ferskkødsprodukt som "patogenfrit"?

Beregninger af risikoen for netop dette (afsnit 4) viser, at der under forskellige scenarier for prævalens af *Listeria monocytogenes* og *Salmonella* på slagtekroppe stadig vil være en betydelig risiko for at udtage en ferskkødsprøve a 25 g, som vil være positiv for *Listeria monocytogenes* og/eller *Salmonella*, selv hvis der benyttes en dekontamineringsteknologi, som kan give en konsistent reduktion af de to patogener på 2 log. For de fleste af de viste scenarier for prævalenser vil det kræve mindst 5 log reduktion, for at risikoen for at udtage en ferskkødsprøve a 25 g er højst 1%, hvis der udtages mere end 1.000 prøver.

Baseret på vidensopsamling om udvalgte dekontamineringsteknologier i den perspektiverede redegørelse (Terrell, 2022) vurderes det, at det reelt kun er højtryksbehandling og diverse former for ioniserende bestråling, som konsistent vil kunne levere 5 log reduktion af *Salmonella* og *Listeria monocytogenes*.

Tidligere studier fra DMRI viser en tydelig visuel forskel på højtryksbehandlet marineret grisekød og ikke-højtryksbehandlet kød (Nersting et al., 2014). I den videnskabelige litteratur gives desuden talrige eksempler på, hvordan fersk kød ændrer udseende og også tekstur ved de højtryksbehandlinger, som kan give 5 log reduktion af bakterier (fx Bolumar et al., 2021). Højtryksbehandling kan derfor ikke benyttes til dekontaminering af fersk kød, uden at der forårsages kvalitetsmæssige ændringer af kødet.

I forhold til ioniserende stråling vil lovgivning og formentlig i høj grad forbrugeraccept være en hurdle (for lovgivningsmæssige perspektiver henvises til Terrell (2022)), hvorfor ioniserende stråling ikke vurderes at være en potentiel mulighed at benytte i produktionen af "patogenfrit" kød i Danmark. Dekontaminering ser altså ikke ud til at kunne garantere fravær af *Salmonella* og *Listeria monocytogenes* i 25 g fersk grisekød.

Om patogenfrit kød kan produceres, afhænger på nuværende tidspunkt snarere af, hvor risikovillig man som producent er. Og det kræver omvendt, at kunder kan acceptere, at nulrisiko ikke findes, og at der altid vil være en risiko for at finde patogene bakterier, selv i fersk grisekød, som er produceret under forhold, der medfører en lav prævalens og et lavt niveau af patogener på slagtekroppene.

## 6. Referencer

Bolumar, T., Orlie, V., Sikes, A., Aganovic, K., Bak, K., Guyon, C., Stübler, A., de Lamballerie, M., Hertel, C. & Brüggemann, D. (2021). High-pressure processing of meat: Molecular impacts and industrial applications. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 20(1):332-368. doi: 10.1111/1541-4337.12670.

Jacobsen, T. (2023). Notat – Evaluering af koldt plasma til dekontaminering af fersk kød; projektnr. 2010422



Nauta, M., Barfod, K., Hald, T., Sørensen, A., Emborg, H. & Aabo, S. (2013). Prediction of Salmonella carcass contamination by a comparative quantitative analysis of E. coli and Salmonella during pig slaughter. International Journal of Food Microbiology 166:231-237

Nersting, L., Tørngren, M. & Darré, M. (2014). Rapport – 'Højtryks holdbarhedsforlængende effekt med og uden tilsætning af antioxidanter'; projektnr. 2001533.

Svenningsen N. & Koch, A.G. (2023). Notat – Potentiale af UV-C-dekontaminering til produktion af patogenfrit kød; projektnr. 2010422

Terrell, G. (2022). Patogenfrit kød – Perspektiveret redegørelse. Projektleverance i DSS/SAF-projektet "Patogenfrit kød" (2022-23); projektnr. 2010422

Zwietering, M. H., Garre, A., Wiedmann, M., & Buchanan, R. L. (2021). All food processes have a residual risk, some are small, some very small and some are extremely small: zero risk does not exist. Current Opinion in Food Science, 39, 83–92. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.12.017>



**TEKNOLOGISK**  
**INSTITUT**