



Rapport

Februar 2019
Proj.nr. 2006151-03
TJAN/ALB/LME/MAHD/MT

Mikrobølger til efterbehandling af kødprodukter

Fødevarer sikkerhed og Emballage

Sammendrag

Baggrund

Mikrobølgebehandling anvendt som efterbehandling til overfladedekontaminering af kødprodukter er undersøgt i flere forskellige sammenhænge mellem 2009 og 2018. I denne rapport samles resultaterne.

Kødprodukter er i princippet sterile efter kogning, men i forbindelse med slicening og pakning kan der ske en kontaminering med uønskede bakterier på overfladen, og en mikrobølgebehandling efter emballering vil eventuelt kunne reducere antallet eller helt fjerne bakterierne, så produktet kan være sikkert med lang holdbarhed.

Formål

Det overordnede formål med forsøgene var at undersøge, hvorvidt mikrobølger kan bruges til overfladedekontaminering af emballerede forarbejdede kødprodukter, som pålæg og pølser, og klarlægge de eventuelle udfordringer, som behandling med mikrobølger kan medføre.

Aktiviteterne er støttet af Styrelsen for Institutioner og Uddannelsesstøtte under Uddannelses- og Forskningsministeriet

Overordnet konklusion

I forsøgene er behandlingen gennemført med mikrobølger på 2,45 GHz, svarende til den frekvens, der anvendes i husholdningsovne.

Test foretaget i perioden 2011-2016 blev udført på slicet, taglagt kødpålæg. Resultaterne viste en begrænset reduktion af Listeria, formentlig på grund af en inhomogen varmfordeling i produktet. Desuden blev emballage og label påvirket negativt af varmepåvirkningen.

I 2017-2018 blev der udført test med dekontaminering af grillpølser pakket i original emballage med forskellige udformninger af afskærmninger i forsøget på at opnå en mere jævn varmfordeling. Generelt medførte behandlingen i mikrobølgeovn en forringelse af pølsernes kvalitet, og samtidig var behandlingstiden meget lang (8 min.) for opnåelse af reduktion af Listeria.

Det er fortsat en udfordring med den ujævne varmfordeling, som opnås ved mikrobølgebehandling. Selvom der er sket meget på emballagesiden hen over årene, er der fortsat behov for udvikling af emballagen målrettet mikrobølgebehandling.

*Taglagt, gaspakket
skinkepålæg i hushold-
ningsmikrobølgeovn
Proj.nr. 2000248-11*

Efterbehandling af slicet pålæg med mikrobølger

I 2011 blev det indledningsvist undersøgt, om det var muligt at efterpasteurisere slicede, taglagte, gaspakkede kødprodukter i emballagen med mikrobølgeopvarmning ved forskellige kombinationer af effekt og tid.

Der blev anvendt en United model MWO3109C mikrobølgeovn. Ovnens kunne maksimalt give en effekt på 850 W (100%). Ovnens havde et "vindue" på 13 x 8 cm i siden af ovnkammeret, hvor mikrobølgerne kom ind i ovnen. Økologisk skinke fra DEFECO med 3% fedt var pakket i lave bakker. Hver pakke indeholdt 5 skiver skinke svarende til 70 g. Pakkerne blev stillet i et reagensglasstativ ca. 4 cm fra mikrobølgevinduet med overfilmen mod mikrobølgeilden. Pakkerne stod lodret i ovnen, så en så stor del af pakken som muligt blev direkte ramt af mikrobølgerne.

Temperaturen i nogle pakker blev forsøgt målt med termoføler umiddelbart efter behandlingen, men målingerne var med stor usikkerhed, og opvarmningen var ikke jævn i pakkerne. Det var muligt at foretage en opvarmning til ca. 50-60°C af det gaspakkede skinkeprodukt med mikrobølger, uden at kødproduktet blev mere vanddrivende eller misfarvet i forhold til kontrolhold. Emballagen blev "krøllet" og bulet ved behandlingen, og papirlabelen på pakkens overside blev skjoldet, idet limen smeltede under opvarmningen.

Produkter, der blev behandlet ved lav effekt (30%) på ca. 250 W i 50 sek., var mindre vanddrivende end produkter behandlet ved 50% effekt (ca. 425 W) i 30 sek. (Jacobsen, 2011).

*Taglagt, gaspakket kal-
kunpastrami i hushold-
ningsmikrobølgeovn
Proj.nr. 2000248-11*

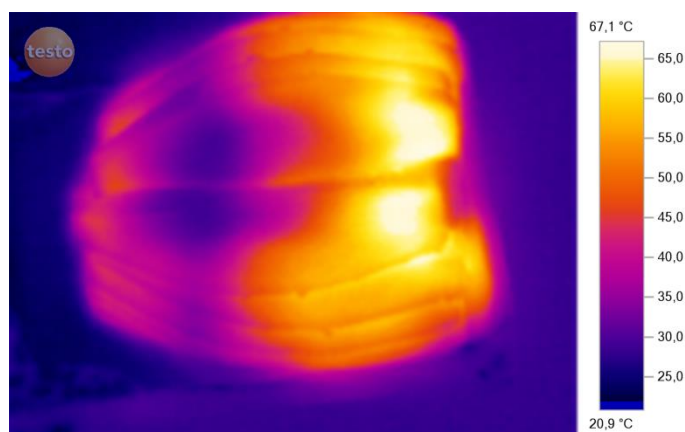
I 2011 blev det efterfølgende undersøgt, om det var muligt at efterpasteurisere pakker med slicet, taglagt, gaspakket kalkunpastrami fra Böklunder (100 g pr. pakke) ved 100% effekt og forskellige behandlingstider. Pakkerne var fremstillet af klar PE-plast.

Der blev anvendt en Melissa mikrobølgeovn med en maks. mikrobølgeeffekt på 900 W. Ovnens havde en mikrobølgeport på ca. 13 x 8 cm, hvor mikrobølgerne blev ledt ind i ovnen fra mikrobølgeilden. Pakkerne blev monteret direkte på ovnens mikrobølgeport ved hjælp af tape. Det beskyttelsespap, der normalt dækkede mikrobølgeporten, var fjernet.

Det blev ved hjælp af en computermodel beregnet, hvordan varmefordelingen ville blive i taglagt pålæg med en tykkelse på 1 mm og skiver med 50 mm diameter med 40 mm overlap mellem

skiverne. Resultaterne i modellen viste, at en rimelig jævn var-
mefordeling med maks. 10% afvigelse skulle være mulig. I over-
lappet mellem to skiver opstod et hot spot og et cold spot meget
tæt på hinanden. Det formodedes, at varmeledning ville udjævne
disse spots på grund af den lille indbyrdes afstand.

Forsøgene viste, at en behandling på 25 sek. ved 900 W kunne
varme skiverne til ca. 70°C. Der blev taget termografibillede af
varmefordelingen på de enkelte skiver (figur 1) samt almindeligt
foto (figur 2).



Figur 1. Varmefordeling af de forskellige skiver. Opvarmningen af de
forskellige skiver var rimelig ens, som det fremgår af figuren.



Figur 2. Samme billede som figur 1, men som almindeligt foto.
Kødproduktet har ikke umiddelbart ændret udseende af opvarmningen.

Gentagelse af behandlingen i 25 sek. viste store udsving mellem
de forskellige pakker, og enkelte pakker blev opvarmet til 86°C i
overfladen. Dette skyldtes, at overfladerne i ovnen blev opvar-
met, og mikrobølgeovnens effekt ændredes, efterhånden som
den blev varm. Pakkerne blev ligesom i det indledende forsøg
deformerede, og labels blev misfarvede af varmen.

Det blev konkluderet, at der ikke kan udføres præcise forsøg i en almindelig husholdningsmikrobølgeovn, da mikrobølgestrålingen i ovnen ikke er homogen. Det var heller ikke muligt at bedømme, hvordan produkterne ville se ud efter behandlingen, da der var "hot spots" og i nogle tilfælde alt for høje temperaturer, når en almindelig husholdningsmikrobølgeovn blev anvendt. Desuden bør der vælges en emballagetype, der kan tåle varmen bedre (Jacobsen et al., 2011).

*Taglagt, gaspakket
kødpålæg i industrimi-
krobølgeovn
Proj.nr. 2000248-12*

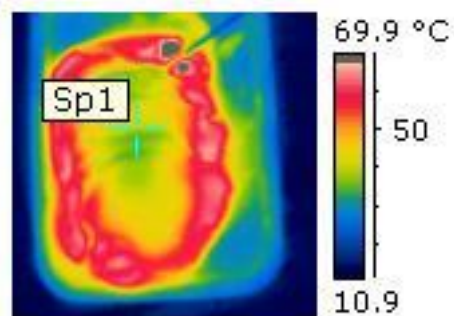
De indledende forsøg og den teoretiske udredning pegede på, at det ville være muligt at opnå en ensartet opvarmning af taglagte skiver kødpålæg med mikrobølger. I 2012 blev det derfor undersøgt, om det var muligt at efterpasteurisere slicede, taglagte, gaspakkede kødprodukter i emballagen med mikrobølgeopvarmning i en industrimikrobølgeovn (DanTech), som skulle kunne fordele mikrobølgerne jævnt. I forsøget blev reduktion af *Listeria monocytogenes* undersøgt, og omfanget af visuelle ændringer af kødprodukterne efter mikrobølgeopvarmningen blev vurderet.

På DanTech mikrobølgebehandlingsanlægget blev der anvendt 3 magnetroner af hver 2 kW, dvs. det samlede energi-input var 6 kW. Varmebehandlingerne blev varieret ved at variere hastigheden på det transportbånd, der kørte prøverne gennem anlægget. Behandlingstiden blev varieret mellem 180 sek. og 60 sek., hvilket skulle give forventede temperaturer i produkterne mellem 72°C og 60°C.

Der blev anvendt kommercielt fremstillet røget medister samt hamburgerryg fra Slagteriskolen. Kødpålægsskiverne blev pakket taglagt i Færch sorte bakker i ilttætte poser.

Prøverne blev behandlet 8 pakker ad gangen med 4 pakker på 2 rækker på transportbåndet. DanTech mikrobølgeanlægget kunne opvarme pakker med kødprodukter ensartet, forstået på den måde, at de 8 pakker, der blev behandlet ved hver behandling, blev opvarmet til samme maks. temperatur. Ligeledes blev samme temperatur opnået i de to ens hold af 8 pakker, som blev behandlet lige længe.

Som det fremgår af figur 3, var varmfordelingen inden for den enkelte pakke dog ikke homogen. Der opstod ved mikrobølgebehandlingen et "randfænomen", således at kanten af det taglagte kødprodukt blev meget varmere end centerområdet af pakken. Med tiden blev der observeret en vis varmeudligning.

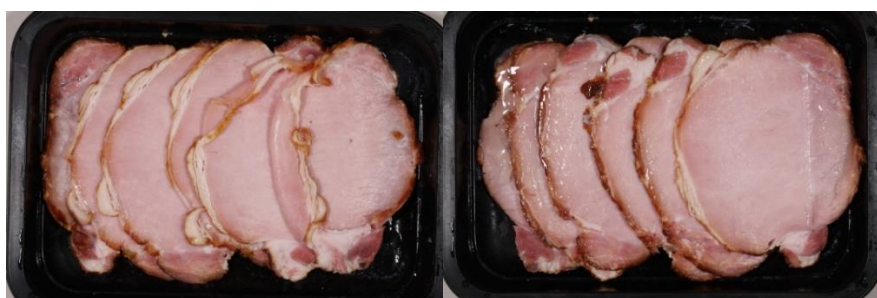


Figur 3. IR-termografi af hamburgerryg med 180 s mikrobølgebehandling. Maks.-temperaturen er markeret med gråt og er 69,9°C, mens min.-temperatur af skiverne er markeret med (Sp1) og var 34,9°C.

Som det fremgår af figur 4 og 5, skete der ved mikrobølgebehandling en krympning af randen af hamburgerrygskiverne, så kanterne foldede sammen. Der var ligeledes en del geléudskillelse fra hamburgerryggen.



Figur 4. Overside (venstre) og underside (højre) af ubehandlet (kontrol) hamburgerryg.



Figur 5. Overside (venstre) og underside (højre) af hamburgerryg behandlet i 135 s.

Der blev detekteret en lille reduktion af *Listeria monocytogenes* kimtallet i medisterpølse på ca. 0,5 log CFU/g. I hamburgerryg havde mikrobølgebehandlingerne ingen effekt af betydning på kimtallet af listeria.

Det blev konkluderet, at DanTech mikrobølgeanlægget ikke kunne opvarme skiverne i taglagt, gaspakked kødpålæg helt homogent. Kanten af pålægsskiverne blev opvarmet til en væsentligt højere temperatur end midten af skiverne.

Dog kunne anlægget ved ens gennemløbstider opvarme samme type produkt til samme temperatur, og de 8 pakker anvendt ved hver behandling blev ligeledes opvarmet lige meget.

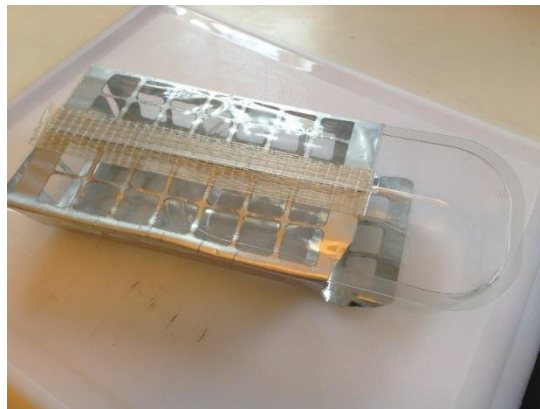
Reduktion af *L. monocytogenes* kimtallet ved mikrobølgebehandlingen var kun 0,2 til 0,6 log CFU/g ved 180 sek. behandlingstid.

Mikrobølgebehandlingen forårsagede desuden en uacceptabel ændring af udseendet af produkterne pga. af de høje temperaturer, som kanterne blev opvarmet til, og pga. fedt- og geléudskillelse.

Det vurderes, at en efterpasteurisering med mikrobølger af taglagt kødpålæg ikke er mulig (Jacobsen, 2012).

*Taglagt og stakpakket
gaspakket kødpålæg i
husholdningsmikrobølgeovn inklusiv af-
skærmning
Proj.nr. 2003054
Første delforsøg*

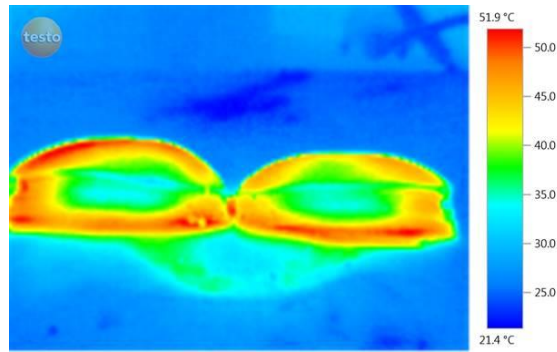
For at opnå en mere homogen opvarmning af kødprodukter var den videre idé i 2014 derfor at benytte afskærmninger i emballagen med metalfolier, som afskærmer produktet fra at blive ramt i det horisontale plan.



Figur 6. Specialfremstillet afskærmning til stakpakket kødpølse i gaspakker.

I fersk kød har alm. mikrobølger (ca. 2,45 MHz) en indtrængningsdybde på 15-20 mm i henhold til litteraturoplysninger. De første forsøg blev udført med stakpakket kødpølse indkøbt i supermarkedet. Kødpøsestakken var 33 mm høj og blev pakket i pølseklækker. Afskærmningen var skåret med laserskærer og lamineret til at passe med emballagen (figur 6).

Mikrobølgeopvarmning i den specialdesignede afskærmning (figur 6) gav rimelig ensartet opvarmning af overfladen af skiverne i en stak, men som det ses af figur 7, blev centrum af stakkene ikke opvarmet.



Figur 7. Termografi af overskåret stak pakket kødpølse efter mikrobølgeopvarmning i specialdesignet afskærmning, forsøg 1.

Indtrængningsdybden blev beregnet til 4,4 mm for hamburgerryg ved mikrobølger af frekvensen 2,45 GHz og for kødpølse til 4,9 mm. Beregningerne var baseret på målinger af den dielektriske konstant og det dielektriske tab. Årsagen til denne forskel er formentlig, at indtrængningsdybden af mikrobølger (2,45 GHz) var meget mindre i kødprodukter end i fersk kød.

Det blev heraf konkluderet, at det ikke var muligt at opvarme stakpakket pålæg homogent med en alm. mikrobølgeovn pga. den lille indtrængningsdybde.

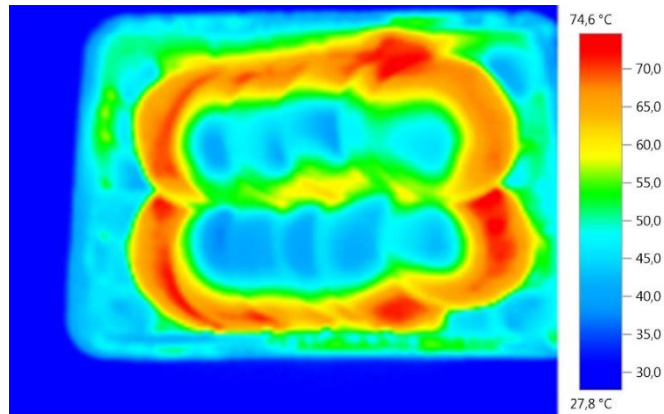
Andet delforsøg

Som opfølgning blev der fremstillet en afskærmning med et 15 mm hulmønster (figur 8), og effekten på taglagt kødpølse i hvide Færch-bakker i ilttætte poser blev undersøgt.

Kødpølse blev pakket som taglagt pålæg. Pakkerne blev pakket i 30% CO₂ og 70% N₂.



Figur 8. Afskærmning med 15 mm hulmønster til taglagt, gaspakket pålæg.



Figur 9. Termografi af taglagt kødpølse i afskærmning med 15 mm hulmønster.

Forsøget gav ikke en jævn opvarmning af pålægget. Der var en temperaturgradient på $36,5^{\circ}\text{C}$ mellem det koldeste og varmeste punkt i produktet (figur 9).

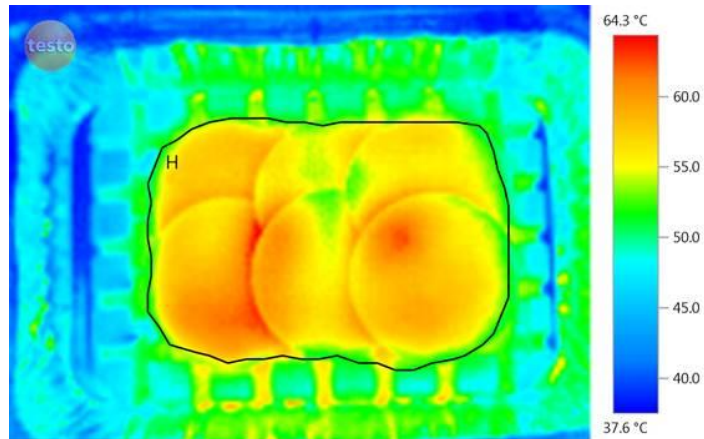
Tredje delforsøg

På baggrund af termografi og modellering af processen blev der udviklet en ny afskærmning med 12 mm huller. Afskærmningen blev afprøvet med ikke-emballeret kødpølse placeret på en "omvendt" hvid Færch-bakke.



Figur 10. Afskærmning med 12 mm huller til mikrobølgeopvarmning af taglagt pålæg.

Afskærmningen blev afprøvet med taglagt ikke-emballeret pålæg, og afskærmningen gav en forholdsvis jævn opvarmning af det taglagte pålæg (figur 11). Resultaterne var tilfredsstillende, idet temperaturforskellene i det taglagte pålæg var meget mindre end ved tidligere forsøg.



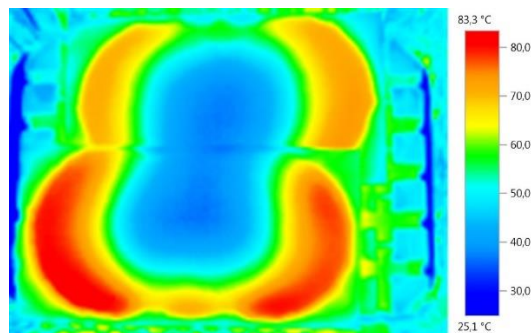
Figur 11. Termografi af 6 skiver taglagt kødpølse.

Fjerde delforsøg

Som følge af de tilfredsstillende resultater fra mikrobølgebehandling af taglagt kødpølse i afskærmning med 12 mm huller, blev taglagt kødpølse podet med *Listeria innocua* vakuumpakket i poser (figur 12). Der blev anvendt en mikrobølgeovn med en effekt på 650 W og en behandlingstid på 7 min.



Figur 12. Vakuumpakket kødpølse, podet med listeria i en afskærmende bakke.



Figur 13. Termografi af vakuumpakket kødpølse efter 7 min. behandling i afskærmning med 12 mm hulmønster.

Temperaturen på termografibilleder er målt på overfladen af vakuumpakningen og ikke på produktet selv (figur 13).

Resultatet viste en reduktion i kimtal for *Listeria innocua* på ca. 0,4 log CFU/g. Årsagen til denne begrænsede reduktion skyldtes et "cold spot" i midten. Dette cold spot skyldtes højst sandsynligt en opsamling af væske i indpakningens periferi.

Det konkluderes, at stakpakket pålæg ikke kan opvarmes homogent med mikrobølger pga. mikrobølgernes lille indtrængningsdybde i kødpålæg.

Aktiv mikrobølgeemballage, som består af reflekterende sideskærme og perforerede top- og bundflader, kan bruges til at opnå homogen opvarmning af taglagt, uemballeret kødpålæg. I vakuumpakket kødpålæg sker der bevægelser af vandfasen under opvarmningen, som resulterer i uens opvarmning.

Aktiv mikrobølgeemballage, med fx en simpel dampventil, vil muligvis kunne anvendes til jævn opvarmning af gaspakket pålæg, men vil efterfølgende give "snug-down"-problemer (Jacobsen et al., 2014).

*Taglagt, gaspakket kødpålæg i husholdningsmikrobølgeovn inklusiv afskærmning
Proj.nr. 2004338-16*

Formålet med forsøget i 2016 var at teste og validere, i hvilken grad mikrobølgebehandling af de færdigpakkede produkter kunne reducere antallet af *Listeria monocytogenes* på skiveskårede, taglagte, MA-pakkede kødprodukter i udviklet afskærmning. I indeværende forsøg blev *Listeria monocytogenes* dog af sikkerhedsmæssige årsager erstattet med den ikke-sygdomsfremkaldende *Listeria innocua*.

Der blev anvendt skiveskåret pålæg indkøbt i detail, en traditionel røget hamburgerryg med minimalt fedtindhold (stiksaltet, ovalt/cirkulært produkt), en kyllingepølse (restruktureret, cirkulært produkt) og en sandwichskinke (restruktureret kvadratisk produkt). Produkter blev podet med *Listeria innocua*, overført til sorte Færch plastbakker og taglagt med enten 2 eller 3 skiver og MA-pakket.

Pakken blev placeret i en specielt udviklet emballage (figur 14). Denne bestod af metalliseret papemballage med perforeringer til fordeling og homogenisering af det elektriske felt inde i emballagen. De kvadratiske perforeringer var henholdsvis 12x12 mm og 15x15 mm.



Figur 14. Afskærmning bestod af metalliseret papemballage med kvadratiske perforeringer.

De 3 typer produkter blev mikrobølgebehandlet ved 600 W i en husholdningsmikrobølgeovn ved 2,45 GHz.

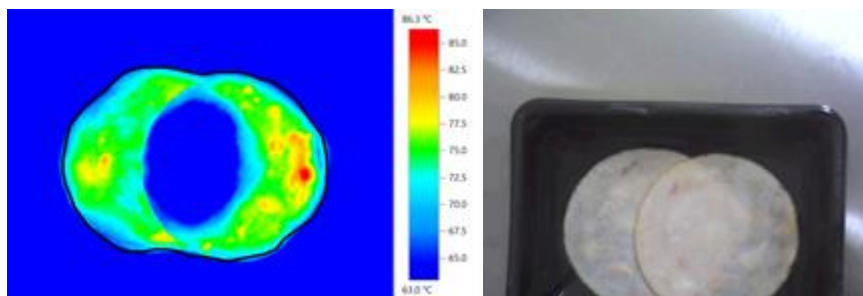
Resultaterne viste, at reduktion af *Listeria innocua* (tabel 1) generelt var små (< 0,5 log) og dermed ikke tilfredsstillende. En acceptabel reduktion bør ligge i størrelsesordenen 2-3 log. Generelt sås visuelt kun en mindre ændring af de behandlede produkter henimod et mere kogt/stegt udseende. Mest påvirket var fedtfraktionen på fx hamburgerryg, hvor fedtkanten fremstod let stegt og brunlig.

Tabel 1. Log cfu-reduktion af *Listeria innocua* efter mikrobølgebehandling (n = 5) ved uafhængige forsøg i november og december 2016.

	November 2016		December 2016	
	Reduktion	std afv ¹	Reduktion	std afv ¹
Sandwichskinke	0,07	0,23	0,20	0,03
Kyllingepølse	0,80	0,10	0,33	0,24
Hamburgerryg	0,26	0,05	0,11	0,10

¹std afv: standardafvigelse

Temperaturprofilerne over pålægget bekræftede opnåelsen af de nødvendige temperaturer til reduktion af kimtal over et areal svarende til i gennemsnit hhv. 55% (kyllingepølse), 38% (sandwichskinke) og 23% (hamburgerryg) af overfladen, hvor området med overlap af skiver ikke nåede samme temperatur (figur 15).



Figur 15. Termografi og visuel bedømmelse af MA-pakket kyllingepølse efter 40 s behandling i afskærmning med 15x15 mm hulmønster.

I stort set samtlige pakker var der en meget inhomogen temperaturfordeling (figur 15). Specielt i overlappet mellem to skiver var temperaturen markant lavere end i de varmeste punkter, ofte med en målt temperatur væsentligt under 55°C. I sådanne "cold spots" vil der ikke forekomme reduktion af listeria. Der blev i forsøget ikke gennemført en tidsafhængig varmeudligning, hvilket kan forklare manglen på signifikant reduktion.

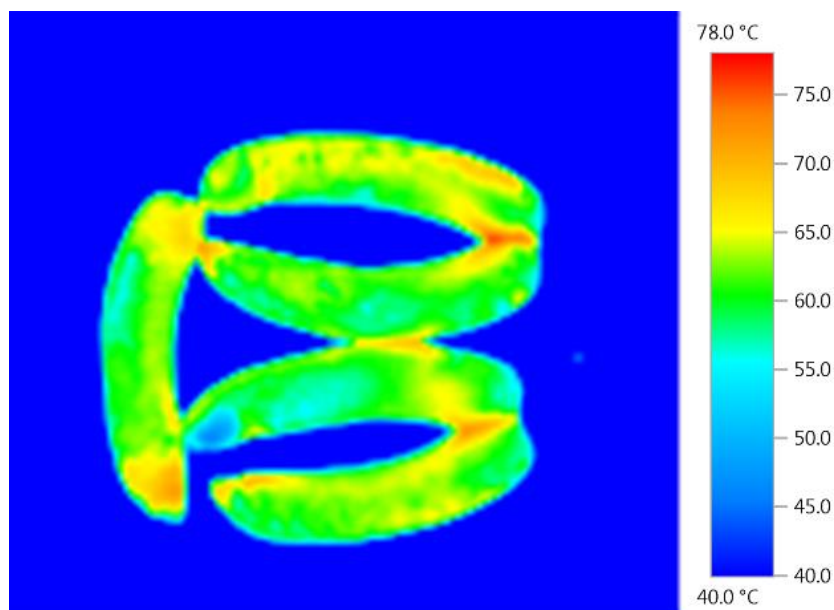
Det blev konkluderet, at de opnåede reduktioner af *Listeria innocua* generelt var små (< 0,5 log) og dermed ikke tilfredsstillende. Det foreslås at gentage forsøgene med et opvarmningsregime, hvor der periodisk slukkes og tændes for behandling med mikrobølger, hvilket vil sørge for opretholdelsen af en konstant temperaturprofil henover pålægget i det tidsinterval, der kræves for at opnå reduktion. Processen vil ligeledes medvirke til, at de overlappende regioner vil have tid til at blive opvarmet (Hansen et al., 2017).

Udvikling af opvarmningsprogram til husholdningsmikrobølgeovn
Proj.nr. 2005396-17

Med udgangspunkt i opvarmningsenheden til pålæg anvendt i 2016, blev der i 2017 udviklet en opvarmningsenhed specialtilpasset grillpølserne (figur 16). Hullerne i top og bund er 12x12 mm, og der er 45 huller i hhv. top og bund. Hullerne foranledigede en fordeling af mikrobølger, som gav den mest optimale (homogene og kontrollerede) opvarmning af pølserne (figur 17).



Figur 16. Opvarmningsenhed specialtilpasset pølserne med 12x12 mm hulmønster.



Figur 17. Termografi af MA-pakkede grillpølser i afskærmning med 12x12 mm hulmønster.

Der blev designet et opvarmnings- og behandlingsprogram til mikrobølgeovnen, der sikrede den kontrollerede og jævne opvarmning af pølsernes overflade. Pølserne skulle opvarmes til en overfladetemperatur på 60°C for at opnå en reduktion i antallet af listeria. Opvarmnings- og behandlingsprogrammet er vist i tabel 2.

Tabel 2. Opvarmnings- og behandlingsprogram til overfladedekontaminering af grillpølser i husholdningsmikrobølgeovn.

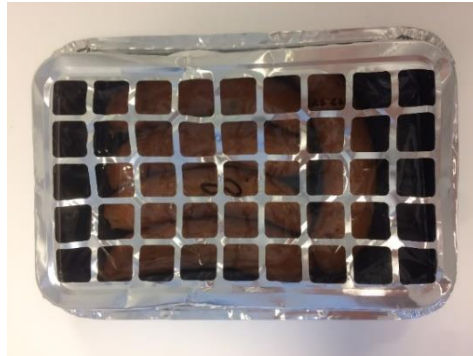
OPVARMNING	TID
Fuld effekt, 1000 W	120 sekunder
Pause	60 sekunder
Fuld effekt, 1000 W	120 sekunder
Pause	60 sekunder
Fuld effekt, 1000 W	120 sekunder
Total opvarmningstid:	480 sekunder = 8 minutter
BEHANDLING	TID
Pause	64 sekunder
Fuld effekt, 1000 W	11 sekunder
Gentages indtil totaltid	780 sekunder = 13 minutter

Pølser i original emballage i husholdningsmikrobølgeovn inklusiv afskærmning

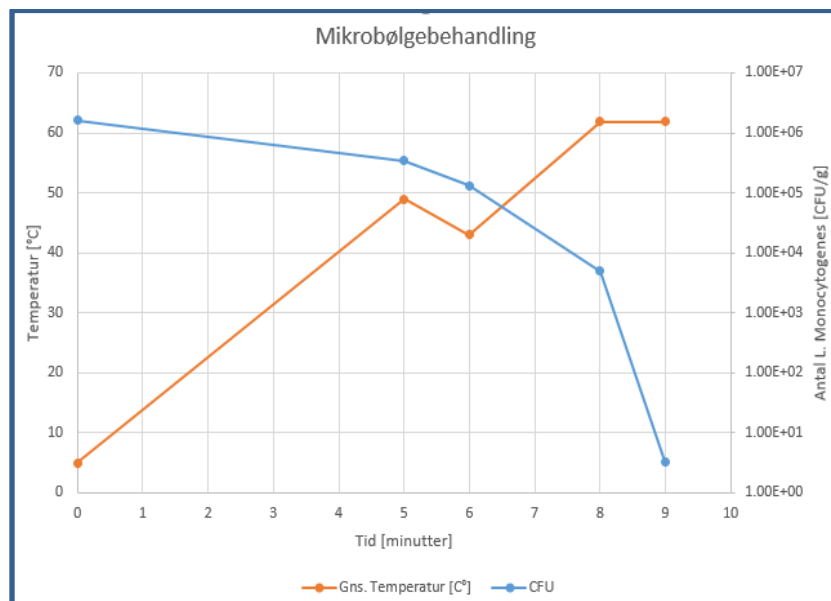
Formålet med studiet var at teste og validere om – og i hvilken grad – opvarmning med mikrobølger reducerede antallet af *Listeria monocytogenes* på grillpølser pakket i original plastpose i en metalafskærmning i kombination med udviklet opvarmningsprogram.

Der blev anvendt grillpølser (Texas BBQ grove gourmetpølser) pakket i et lag i original plastpose. Grillpølserne blev podet med *Listeria monocytogenes* på overfladen i en koncentration på 10^6 cfu/g. Efterfølgende blev pølserne MA-pakket i de originale poser.

Pakkerne blev derefter eksponeret for mikrobølger i den udviklede metalafskærmning (figur 18) i en husholdningsovn (2,45 GHz, 1000 W) ved anvendelse af en specielt udviklet sekvens af mikrobølge on/off-perioder (tabel 2).



Figur 18. Metalafskærmning med kvadratiske 12x12 mm perforeringer til mikrobølgebehandling af pølser i pose.



Figur 19. Overfladetemperatur og koncentration af *Listeria monocytogenes* på grillpølser under mikrobølgebehandlingen.

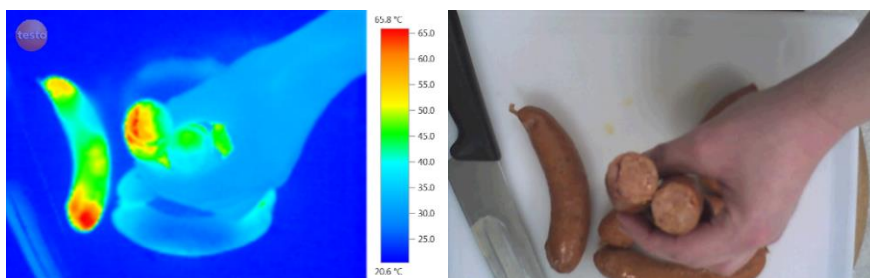
Resultatet viste, at reduktionen af *Listeria monocytogenes* fandt sted over 60°C (figur 19). Opvarmningen tog 8 minutter for at nå den ønskede temperatur på 60°C og opretholde varmemhomogeniteten. I løbet af denne tid blev *Listeria monocytogenes* reduceret med 2 log CFU-enheder (fra 10^6 til 10^4 CFU/g). Efter opvarmning sås fuld dekontaminering næsten øjeblikkeligt: *Listeria monocytogenes* blev reduceret fra 10.000 CFU/g til mindre end 5 CFU/g inden for 1 minut.



Figur 20. Mikrobølgebehandlede pølser, hvor der ses udtræk af kødgelé.

Visuelt blev der observeret udtræk af kødgelé, og pølsekindet virkede sejt (figur 20) formentlig som følge af den lange opvarmningstid.

Figur 21 viser billede af pølsernes midte taget med termografikamera. Det ses, at temperaturgradienten fra overfladen af pølsen til centrum i nogle tilfælde kan være så stor, at den skaber en separation af overfladen fra midten. Dette kan være årsagen til geludskillelsen. Dette er specielt udfordrende i spidserne af pølserne, hvor der blev optaget mest varme.



Figur 21. Termografisk billede af mikrobølgebehandlede pølser samt billede af behandlede grillpølser, gennemskårne.

Det konkluderes, at kombinationen af lang behandlingstid og kvalitetsforringelse betyder, at mikrobølgeteknologien og/eller udviklingen af emballage til mikrobølgebehandlinger endnu ikke er på et stadie, hvor det kan anvendes til dekontaminering af grillpølser.

Overordnet konklusion I forsøgene er behandlingen gennemført med mikrobølger på 2,45 GHz, svarende til den frekvens, der anvendes i husholdningsovne.

Test foretaget i perioden 2011-2016 blev udført på slicet, taglagt kødpålæg. Resultaterne viste en begrænset reduktion af Listeria, formentlig på grund af en inhomogen varmfordeling i produktet. Desuden blev emballage og label påvirket negativt af varmepåvirkningen.

I 2017-2018 blev der udført test med dekontaminering af grillpølser pakket i original emballage med forskellige udformninger af afskærmninger i forsøget på at opnå en mere jævn varmfordeling. Generelt medførte behandlingen i mikrobølgeovn en forringelse af pølsernes kvalitet, og samtidig var behandlingstiden meget lang (8 min.) for opnåelse af reduktion af Listeria.

Det er fortsat en udfordring med den ujævne varmfordeling, som opnås ved mikrobølgebehandling. Selvom der er sket meget på emballagesiden hen over årene, er der fortsat behov for udvikling af emballagen målrettet mikrobølgebehandling.

Litteratur

Jacobsen, T., 2011. Indledende forsøg med mikrobølgeopvarmning af gaspakket pålæg, Notat af 3. maj, proj. Nr. 2000248-11.

Jacobsen, T., Rindorf, L., Alm, M., 2011. Forsøg med mikrobølgeopvarmning af gaspakket pålæg II, Notat af 27. maj, proj. nr. 2000248-11.

Jacobsen, T., 2012. Mikrobølgeopvarmning af gaspakket pålæg på DanTech anlæg, Rapport af 5. marts, proj. nr. 2000248-12.

Jacobsen, T., Landa, S., Bardenshtein, A., 2014. Øget holdbarhed ved efterbehandling, Rapport af 20. november, proj. Nr. 2003054-05.

Hansen, F., Landa, S., Bardenshtein, A., 2017. Mikrobølgebehandling af taglagt MA-pakket pålæg i emballagen, Rapport af 20. januar, proj. Nr. 2004338-05.