



# Rapport

## Kogning af kødprodukter ved brug af ohmsk opvarmning

Christian Vestergaard, Lise Nersting

5. september 2018  
Proj.nr.: 2000204-18  
Version 1  
CVE/LNG/MT

*Baggrund* Ohmsk opvarmning (OH) er en veletableret metode til hurtig opvarmning, der i levnedsmiddelindustrien har fundet anvendelse til opvarmning af flydende levnedsmidler som eksempelvis juice, suppe, frugtpuré o.l.

Det store potentiale ved metoden er, at den er meget hurtig (få minutter), energieffektiv, samt at varmen tilføres uden gradienter (ingen påbrænding/overbehandling).

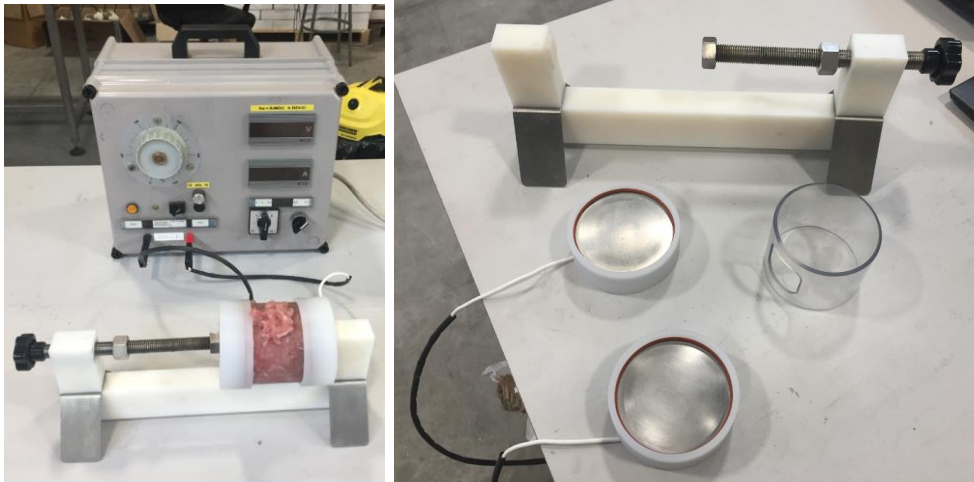
Hidtil har det dog været vanskeligt at udvikle en proces, der kan anvendes på kød.

I juni 2018 besøgte DMRI en af de førende producenter af OH-udstyr. Under besøget blev metoden afprøvet på frankfurterfars, sandwichskinke og hamburgerryg.

Udstyrsproducenten mestrer en teknologi, der forhindrer korrosion af katode/anode, som ellers tidligere har været et problem ved OH-behandling. Selve påføringen af strøm foregår i elektrisk isolerede celler opbygget af Pyrexglas eller keramik. Disse materialer er yderst robuste og har den fordel, at det straks ses, hvis de skulle gå i stykker (hvilket dog sker meget sjældent). De strømforsyninger, der giver strøm til anlægget, opbygges modulært af enheder på enten 10, 16 eller 20 kW.

*Forsøget* På DMRI blev der produceret frankfurterfars, sandwichskinke (skrottet skinke) og hamburgerryg. Den ene halvdel af produkterne blev varmebehandlet på traditionel vis på DMRI, mens den anden halvdel blev medbragt på køl til udstyrsproducenten. Produkterne blev varmebehandlet på samme dag begge steder.

Hos udstyrsproducenten varmebehandlede produkterne ved ohmsk opvarmning i et forsøgsudstyr, der kunne rumme 300 ml.



Forsøgspstilling

Udstyret var manuelt og af ældre dato, men både de nyere pilotanlæg og de industrielle anlæg har automatik indbygget, hvor frekvensen reguleres automatisk. Det betyder, at den afsatte effekt (varmen) er konstant, uanset at ledningsevnen varierer med temperaturen.

Et hul i røret tillod dels tryk at undslippe (hvorved brud kunne undgås), dels muliggjorde det at måle temperaturen under forløbet. I evt. fremtidige kontinuerte anlæg vil der ikke være problemer med trykstigning.

Forsøgene tog udgangspunkt i at tilføre 0,3 eller 1,5 kWh i hhv. 2 eller 5 min.

De præcise værdier ændredes manuelt under hele forløbet for hele tiden at fastholde den valgte effekt samt at opnå en varmebehandling på 72°C. Der blev testet en opvarmningstid på hhv. 2 og 5 min. Da der var en relativ stor temperaturdifferens i sandwichskinke efter varmebehandling, blev der indlagt en holdetid ved 72°C. Holdetiden blev opnået ved at omslutte prøvekommeret med en kasse, der blev termostateret til 72°C. Effekten af holdetider på 5 og 8 min. blev undersøgt.

Efter hver varmebehandling blev produkterne skåret over på tværs, og varmefordelingen blev evalueret med et IR-kamera samt med et indstikstermometer.

Både produkterne kogt med OH og konventionelt blev efterfølgende evalueret på DMRI af et antal interne dommere.

### *Resultater*

Generelt var produktkvaliteten (tekstur, smag og udseende) af frankfurtere og sandwichskinke god og svarende til, hvad der forventes ved traditionel varmebehandling. For hamburgerryg var det tydeligt, at der var en meget uens varmebehandling, hvor dele af produkterne nærmest fremstod rå.

*Varmefordeling, indstikstermometer*

Der var stor forskel på varmefordelingen ved de 3 typer af produkter, og især i helmuskelproduktet (hamburgerryg) var der en meget uens varmefordeling efter varmebehandlingen. I nedenstående skema ses gennemsnit for varmefordelingen for de tre produkter. Da varmefordelingen i frankfurterne var relativ god, blev der ikke anvendt holdetid. Ved sandwichskinke og hamburgerryg var der større difference på temperaturerne i produkterne efter varmebehandling. Derfor blev der anvendt holdetid på 72°C ved at holde miljøet omkring prøvecellen på 72°C.

	Målt temperaturinterval i udvalgte forsøg, °C			
	Opv. 2 min.	Opv. 5 min.	Opv. 5 min. Holdetid 5 min.	Opv. 5 min. Holdetid 8 min.
Frankfurtere	75-79	74-78	-	-
Sandwichskinke Ydre 2-5 mm Indre	80-83	68-77	69-73 72-74	68-71 72-73
Sandwichskinke Ydre 2-5 mm Indre	-		69-72 69-72	65-73 71-74
Hamburgerryg Ydre 2-5 mm Indre				54-87 61-71
Hamburgerryg				64-82

*Frankfurtere*

Frankfurterne blev opvarmet over enten 2 eller 5 min. Det gav i begge tilfælde produkter med et ensartet udseende og en god tekstur. Temperaturmålingerne viste, at der var en temperaturdifference på op til 4°C i produkterne.



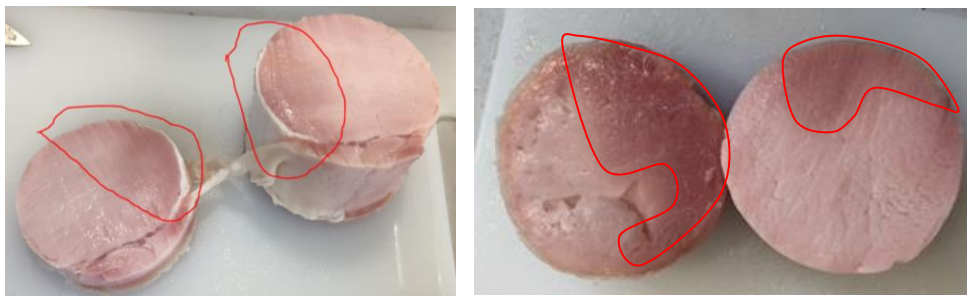
*Skrottet skinke*

Opvarmning i enten 2 eller 5 min. resulterede i en temperaturforskel på op til 9°C. For at opnå en bedre temperaturudligning blev der tilføjet en holdetid på 5 eller 8 min. Ved at indføre en holdetid på 5 min. ved 72°C kunne temperaturdifference reduceres til 3°C i det ene forsøg og til 5°C i det andet forsøg. Forlængelse af holdetiden gav ikke yderligere udligning af temperaturforskellen. Det skal dog tages med i betragtningen, at forsøget benyttede en meget interimistisk opstilling, hvilket giver betydelige usikkerheder. Resultaterne peger dog på, at en holdetid vil kunne give en bedre udligning af temperaturforskelle.

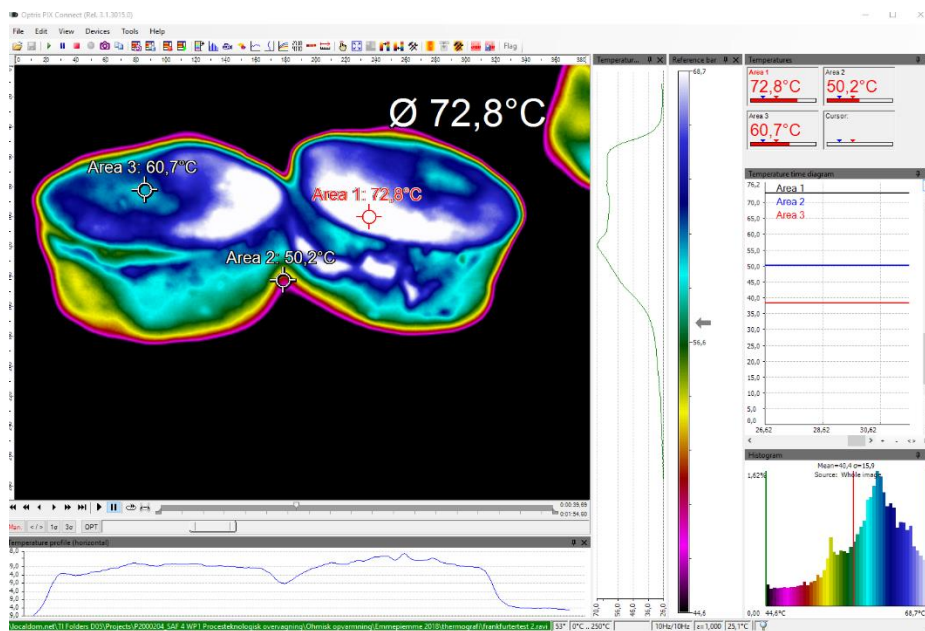


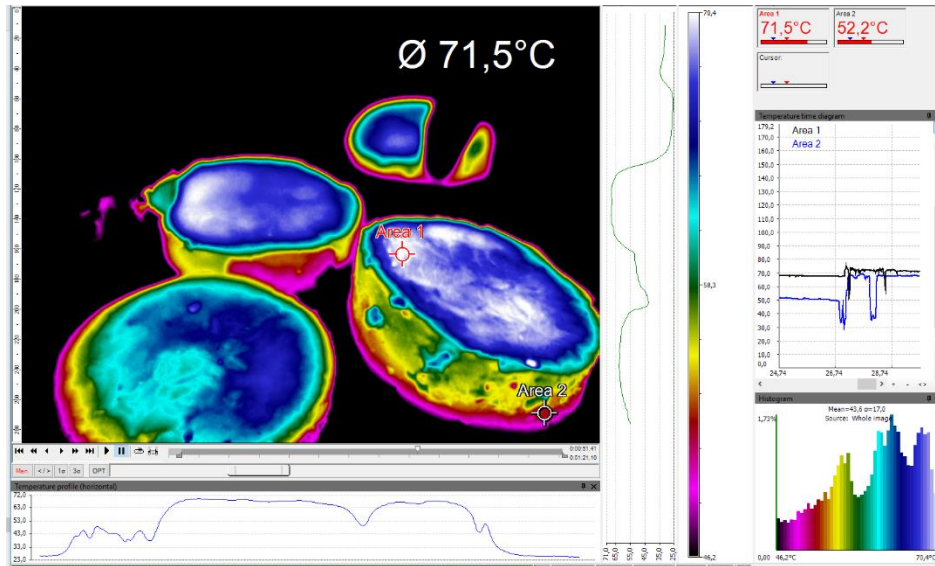
**Hamburger-ryg**

Hamburgerryg blev opvarmet over 5 min. efterfulgt af en holdetid på 8 min. ved 72°C. Der var en markant temperaturdifference på op til 26°C (fra 54-87°C) i det ene forsøg og på 18°C (fra 64-82°C) i det andet forsøg. I de områder, hvor temperaturen lå omkring eller under 60°C, så produktet rått ud jf. de indrammede røde områder på nedenstående billeder. Teksturen blev ikke bedømt, da varmebehandlingen i mange områder var utilstrækkelig.



**Varmefordeling termografi**





Billederne herover viser frankfurterfars (øverst) og skrottet skinke (nederst). Der er tale om indholdet af den cylinder, der blev varmebehandlet, som er taget ud og skåret over. Det bemærkes

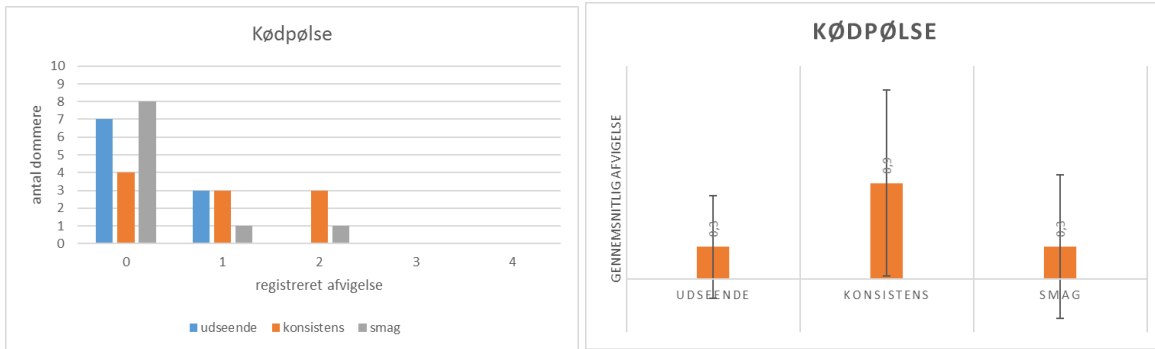
- 1) at det tog et par minutter at få farsen ud af cylinderen, hvorfor kanterne (cyan-farvede områder) var faldet noget i temperatur
- 2) at de hvide områder udtrykker et artefakt (genskin fra blanke flader).

Fortolkningen er således, at de relativt ensartede blå farver viser, at produktet på måletidspunktet er ensartet ca. 68-72°C.

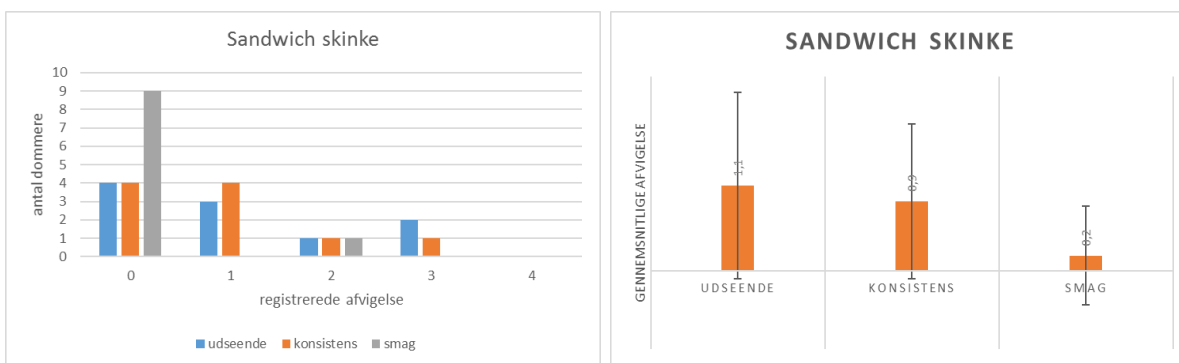
Varmetabet fra overfladerne viser, at det er vigtigt i en evt. fremtidig proces at isolere procesrørene, samt finde en passende holdetid til inaktivering af mikrobiologi.

### Sensorik

I den sensoriske bedømmelse deltog 10 interne dommere fra DMRI. Dommerne blev bedt om at vurdere, om der var afvigelse på udseende, konsistens og smag ved ohmsk opvarmning af kødpølse (frankfurterfars) og sandwichskinke. Referencerne var traditionelt opvarmede kødpølser og hamburgerryg fremstillet på DMRI. Generelt var der ikke stor afvigelse mellem referencen og produkterne varmebehandlet ved ohmsk opvarmning jf. figur 1 og 2.



**Figur 1.** Sensorisk bedømmelse af kødpølse. Afvigelse fra reference blev bedømt på en skala fra 0-4, hvor 0: ingen afvigelse, 1: netop erkendbar afvigelse, 2: svag afvigelse, 3: tydelig afvigelse og 4: stærk afvigelse.



**Figur 2.** Sensorisk bedømmelse af sandwichskinke. Afvigelse fra reference blev bedømt på en skala fra 0-4, hvor 0: ingen afvigelse, 1: netop erkendbar afvigelse, 2: svag afvigelse, 3: tydelig afvigelse og 4: stærk afvigelse.

Der blev ikke udført sensorisk bedømmelse på hamburgerryg, da denne ikke var varmebehandlet tilstrækkeligt ved den ohmske opvarmning.

Resultaterne viser således, at dommerne langt overvejende beskrev, at der var ingen eller blot meget lille afvigelse mellem reference og OH-kogte produkter.

**Energiforhold og tidsforhold** Det var ikke muligt at måle direkte på energiforbruget ved OH-behandlingen. Udstyrsproducenten oplyste dog, at virkningsgraden meget konsistent var på min 98%, idet mindre end 2% blev afsat som varme i strømforsyningen. Vi observerede ingen former for kogesvind på nogen af produkterne.

Energimæssigt er processen omkring dobbelt så effektiv som et konventionelt kogeskab.

Selve opvarmningen af kødet er meget hurtig. Hvis man forestiller sig et 100 mm rør med et flow, der tillader 2 min. varmebehandling og 2 min. holdetid, da vil kapaciteten kunne komme op på 117 l/t. Ved at øge diameteren og/eller have flere parallelle rør kan kapaciteten skaleres.

Der ligger en udfordring i at håndtere store mængder ikke-emballeret varmt produkt. Måske vil det være muligt at sende produkterne direkte i flowpack, mens de endnu er varme eller alternativt forlænge linjen, således at der køles, slices og detailpakkes i direkte forlængelse af varmebehandlingen.

*Konklusion* Dette lille forsøg giver ikke en fuldstændig præcis analyse af mulighederne for at anvende OH til opvarmning af kød, men på baggrund af de observationer, der er gjort, virker det meget sandsynligt, at OH vil kunne bruges til kontinuert kogning af kødprodukter. Såfremt en proces til dette kan konstrueres, vil der kunne produceres i et meget højt tempo med omtrent den halve energimængde og med uændret kvalitet.

Der ligger dog en udfordring i at håndtere store mængder ikke-emballeret varmt produkt.

Recepter samt varmebehandlingsmetode for referenceprodukter.

### Kødpølse

Recept kødpølse	%	Kg
Udbenet hel-bov (fed) 17% fedt	47,40	7,110
Bovsnitte uden svær 51% fedt	10,78	1,617
Fedtafpuds m/svær 66% fedt	10,78	1,617
Isvand	22,36	3,354
Kartoffelstivelse	3,95	0,593
Sojaprotein	1,97	0,296
Fosfat	0,42	0,063
DMRI krydderiblanding	0,30	0,045
Nitritsalt	1,00	0,150
Vakuumsalt	0,83	0,125
Tørrede løg	0,10	0,015
Askorbinsyre E300	0,10	0,015
I alt	100,00	15,000

### Fremstillingsproces

Vejl. omdr. Opsummeret	
0	Kødet fyldes i skål. Fosfat, nitritsalt og vakuumsalt tilsættes
10	Halvdelen af vand/is tilsættes gradvist
80	Halvdelen af det tilbageværende vand og sojaprotein tilsættes
Fars 8-10°C 100	Resten af vand/is tilsættes gradvist
130	Kartoffelmel, krydderier og Na ascorbat tilsættes
Fars 10-12°C 150	Snitter tilsættes
155	Låg renskrabes
165	Køres til ønsket formalingsgrad
12-15°C sluttemperatur	

Stoppes i steriltarm 60 mm. Lagres ved 0-2°C indtil varmebehandling.



### **Sandwichskinke**

De skrottede skinker saltes med en tilvækst på 20%. Saltindhold i færdigvarer 2-2,2% NaCl og dextrose 0,5%.

Tumblingen fortages i den 3-delte Formaco-tumbler ved fuldt vakuum eller 88% vakuum i 6 timer med 30 min. kørsel ved 10 RPM og 30 min. pause per time. Herefter drænes til den efterfølgende dag. Kødet stoppes i 100 mm glasklare steriltarme stykvægt ca. 3,5 kg. Lagres ved 0-2°C indtil varmebehandling.

Lagerecept	2,1% salt i færdigvare
Vand	80,3
Vakuumsalt	6,6
Nitritsalt	6,0
Ascorbat	0,3
Dextrose	5,0
Fosfat	1,8
I alt	100

### Hamburgerryg

Kammene blev multistiksprøjtet a 2 gange til en tilvækst på 30%. Vejledende indstilling 60 slag/min. ved 1,5 bar. Sølvsene vendte opad. Kammene blev tumblet i 75 min. ved 6 RPM, med 88% vakuum og med dræning til efterfølgende dag. Processen forgik ved 0°C. Inden kammene blev taget op af tumbleren den efterfølgende dag, blev 100% vakuum suget, og de tumblede yderligere 5 min. ved 6 RPM.

Lage Hamburgerryg	Færdigvare %	I lage %
Kød	76,92	
Vand	18,53	80,28
Vakuumsalt	1,30	5,63
Nitritsalt 0,6%	0,90	3,90
C 346i fosfat	0,30	1,30
Dextrose	2,00	8,67
Ascorbat E301	0,05	0,22
Sum	100	100

Hamburgerryggene blev stoppet i 85 mm perforeret fasertarm. De blev vejjet og ophængt med 5 stk. per stok. Hamburgerryggen, der blev ohmsk opvarmet, blev ikke røget.

### Varmebehandling

Ovntemp. start 78°C. Reduceres til 75°C, når kernetemperaturen er 69°C. Når 72°C er nået, indstilles ovnen på 72°C i 2 min.