



Guidelines

Reduktion af procestid i forædlingsindustrien

Vurdering af ohmsk varmebehandling og immersionskøling som kontinuert proces samt cost-benefit og klimapåvirkninger

14. december 2021

Proj.nr. 2008824

Version 1

Init. LNG/MT/LHHR

Lise Nersting og Louise Hededal Hofer

Baggrund

En tung omkostning i forædlingsindustrien er de lange procestider. Både varmebehandling og køling udgør en stor del af den samlede procestid. En markant reduktion af procestiden vil kræve anvendelse af mere effektive teknologier eller nytænkning af de nuværende procestrin.

Ved ohmsk varmebehandling sættes strøm direkte til produktet, der fremføres i lukkede rør. Fødevaren fungerer som elektrisk modstand, der opvarmes, når strømmen ledes igennem den. Processen er meget hurtig. Varmebehandling til 75°C kan opnås på under 2 minutter, hvor det ved traditionel varmebehandling kan tage flere timer. Der opnås samme sensoriske produktkvalitet ved ohmsk opvarmning som ved traditionel varmebehandling.

I denne guideline vurderes potentialet af ohmsk varmebehandling og immersionskøling som kontinuert proces. For ohmsk varmebehandling anslås cost-benefit og effekter på CO₂-aftrykket. Immersionskøling behandles i et særskilt notat.

Konklusion

Kontinuert proces

Det vurderes, at det er muligt at udvikle en kontinuert proces med ohmsk varmebehandling efterfulgt af immersionskøling. Det anslås, at en kødpølse (D:6 cm) vil kunne produceres på under 20-30 minutter og en toppingskinke (D:11cm) på ca. 80 minutter, fra farsen er produceret, til produkterne er nedkølet tilstrækkeligt, til at den sidste udligning til 5°C kan forgå i kølerum.

Cost-benefit

Fordelene ved ohmsk varmebehandling findes i store tidsbesparelser, mandskabsbesparelser og en mere fleksibel proces. Den store udgift ved ohmsk varmebehandling vil være implementering og investering i anlæg. Et industrielt ohmsk anlæg med en kapacitet på 1000 kg/time anslås at koste ca. 1,5 mio. kr.

CO₂-aftryk

Ohmsk opvarmning er meget energieffektiv, da der kun er et energitab på ca. 5% (Emmepiemme/Alflow). Den øgede effektivitet gør, at der opnås en reduktion på 50-60% CO₂ ved anvendelse af ohmsk opvarmning fremfor traditionel kogeskabsoptarmning.

Cost-benefit – anslået af DMRI i samarbejde med branchen

Afgrænsninger

Cost-benefit-vurderingen er anslået, fra fars/skrottet råvare er produceret, til produkterne er i kølerummet.

Fordele

Fordelene ved ohmsk opvarmning findes i store tidsbesparelser, mandskabsbesparelser og en mere fleksibel proces, jf. tabel 1.

Tabel 1. Fordele ved implementering af ohmsk opvarmning

Proces	Traditionel proces	Ohmsk opvarmning+immersionskøling	Besparelse
Sparet produktionstid Kødpølse D:6 cm ca. 3-5 timer	3-5 timer	ca. 20-30 min.	2,5-4,5 timer
Toppingskinke D:11 cm 5-7 timer	5-7 timer	ca. 80 min.	4-6 timer Hurtigere mere fleksibel
Mandskabsbesparelse Processer fra fylder til kølerum	Manuelle processer 4-6 personer	Fulldautomatisk proces - Overvågning + produktionsskift 2 personer	2-4 personer
Rengøring	Manuel 3 personer	CIP fulldautomatisk 1 person	2 personer
Frigivelse af ovenkapacitet	Dampovne	6000 kg/7,5 timer	Frigivet kapacitet svarende til 6000 kg/7,5 timer

De store mandskabsbesparelser formodes at kunne muliggøre produktion i 2-holdsskift. Derudover forventes også fordele som:

- Færre flaskehalse og udsving i produktion ved en fulldautomatisk proces
- Tænd-/slukproces, ingen opvarmning eller eftervarme
- Ingen fouling på overflader, da de ikke bliver varme

Omkostninger

De primære omkostninger ved ohmsk opvarmning vil være implementering og investeringsomkostninger.

Investeringsomkostningerne til et ohmsk anlæg med en kapacitet på 1000 kg/t anslås til 1,5 mio. kr. (Alflow).

Der vil kun være en mindre omkostning ved at få lavet faste installationer med forskellige rørdiameter, da det er strømenheden, der er den omkostnings-tunge. Implementeringsomkostningerne kendes p.t. ikke.

Investeringsomkostninger for immersionskøling findes i et særskilt notat.

Begrænsninger Processen er kun velegnet til homogene produkter som fx farsprodukter og sandwichskinke. Hele kødstykker vil være for inhomogene, især da det ikke vil være muligt at opnå en meget homogen saltfordeling gennem hele produkter.

Afgrænsning **Klimapåvirkning – CO₂-reduktion**
Beregningerne inkluderer kun det energiforbrug, der kan henholdes til ohmsk varmebehandling eller traditionel opvarmning i dampovne. I beregningerne er der eksempelvis ikke taget hensyn til, at vandet til dampgeneratoren skal igennem en demineraliseringsproces først eller forskelle i forbrug af rengøringsmidler etc.

Effektivitet Opvarmning af kød til en given temperatur vil uafhængigt af varmebehandlingsmetode kræve den samme mængde energi. Forskellen mellem varmebehandlingsmetoders CO₂-aftryk ligger således i energieffektiviteten for metoden.
Effektiviteten ved anvendelse af opvarmning med damp i kogeskab angives typisk til, at 40-60% af den energi, der produceres, ender i produktet. For ohmsk opvarmning er effektiviteten betydelig højere, nemlig ca. 95%,

Energiforbrug til opvarmning af 1 kg kød ved forskellige effektivitet En fars af svinekød (20% fedt) har en specifik varmekapacitet på 3,45 kJ/kg*K, hvilket betyder, at en opvarmning fra 5 til 75°C kræver 241,4 kJ/kg.

Tabel 2. Energiforbrug til opvarmning afhængig af effektivitet.

Effektivitet	Energiforbrug kJ/kg	Energiforbrug kWh/kg
40%	603,5	0,168
60%	402,3	0,112
95%	254,1	0,071

CO₂-aftryk for naturgas Til opvarmning i kogeskab anvendes typisk naturgas til fremstilling af damp, hvorimod der til ohmsk opvarmning anvendes el. Naturgas angives til at have et aftryk på 205 g CO₂/kWh. Ved en øget dækning med biogas var udledningen 151 g CO₂/kWh i 2020, og i en fremskrivning fra Energistyrelsen angives det, at udledningen fra naturgas vil falde til 57,4 g CO₂/kWh (biogas.dk og evida.dk).

CO₂-aftryk for el El angives til at have et aftryk på 135 g CO₂/kWh. Fremskrivning på el er, at aftrykket i 2030 vil være 50 g CO₂/kWh.

Kilde: Miljørapport 2020, Energistyrelsen

CO₂-aftryk for ohmsk og traditionel opvarmning

CO₂-aftrykket for varmebehandling af 1 kg fars fra 5-75°C fremgår af tabel 3 baseret på data fra 2020 samt fremskrivning til 2030.

Tabel 3. CO₂-aftryk for varmebehandling af fars.

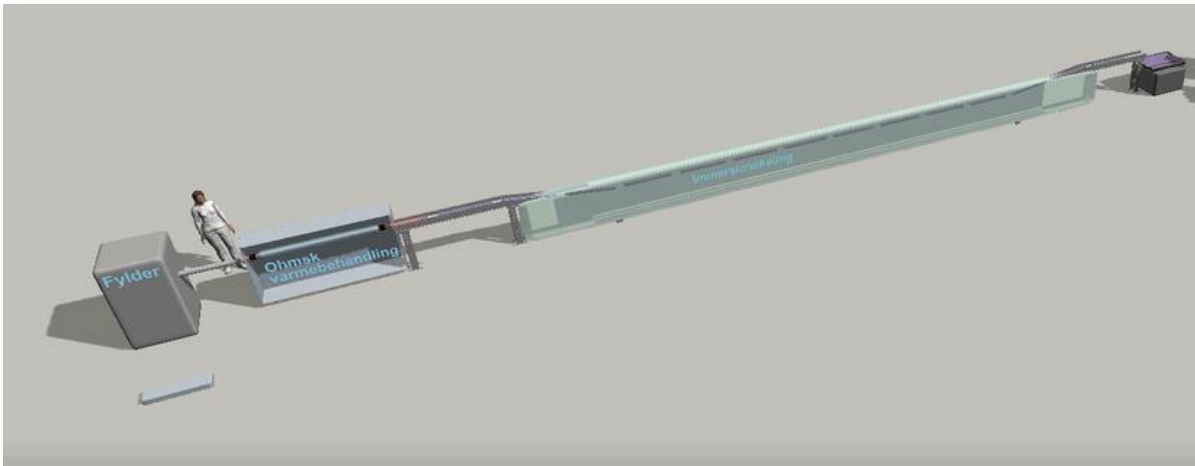
Varmebehandlingsmetode	CO ₂ -aftryk [g CO ₂ /kg]		
	Ohmsk	Traditionel	Traditionel
Effektivitet	95%	40%	60%
2020	9,59	25,37	16,91
2030	3,55	9,64	6,43

Isoleret på opvarmningsmetoden opnås altså en reduktion på 50-60% CO₂ ved anvendelse af ohmsk opvarmning fremfor traditionel kogeskabsopvarmning.

Kontinuert proces for ohmsk opvarmning og immersionskøling

Det vurderes, at der kan udvikles en proces til kontinuert varmebehandling og køling af kødprodukter som fx farspølser og sandwichskinker.

I figur 1 er vist en skitse over en mulig produktion. Farsen pumpes via rør fra fylderen igennem et ohmsk varmebehandlingsanlæg på under 2 minutter. De varmebehandlede produkter skæres til i den ønskede længde og påføres evt. en steril film, eller de flowpakkes, inden produkterne kører videre ind i et foldebånd og ned i et immersionskøleanlæg ved -16°C . Produkterne køles ned, så den sidste udligning til 5°C kan ske i kølerum indenfor i alt 3 timer. Immersionskølingen vil for en D:6 cm kødpølse tage ca. 10-20 min og for en topping-skinke på D:11 cm ca. 70 minutter. Det forventes, at der kører flere produkter parallelt i immersionskøleanlægget, så længden af anlægget kan begrænses. Fra immersionskøleanlægget overføres produkterne automatisk til kølerum.



Figur 1. Ohmsk varmebehandling og immersionskøling

Tilgængelighed

Ohmsk: Kontinuert ohmsk varmebehandling er udviklet og kommerialiseret til flydende pumpbare fødevarer. For faste fødevarer er der endnu ikke kommercielle anlæg, men det forventes, at de vil komme indenfor de nærmeste år.

Forsøg på DMRI har vist, at farsprodukter og skottede produkter som fx sandwichskinke er pumpbare, hvilket er et krav ved ohmsk varmebehandling.

Mulighederne for industriel produktion af farsprodukter og skottede produkter vil blive undersøgt i 2022 på DMRI i et projekt støttet af ELFORSK. Emme-piemme bygger et mindre industrielt anlæg (kapacitet 200 kg/t). Anlægget placeres på DMRI, hvor vi i samarbejde med DC Foods tester anlægget på farsprodukter og skottede produkter.

Immersion: Anlæg til indfrysning med immersion findes i dag på markedet, men det vil kræve mere udvikling, førend det kan implementeres til køling. Betragtningerne for immersionskøling som kontinuert proces er beskrevet i et selvstændigt notat.