



## Rapport

### Optimeret sous vide-tilberedning af svinekød

22. november 2017  
Proj.nr. 2005397  
Version 1  
MATN/MTDE/MT

Mari Ann Tørngren og Mianne Darré

#### Baggrund

Omdrejningspunktet for RK F3 "Green and clean – mere mad for mindre" er en energieffektiv produktion af kvalitetsfødevarer. Aktiviteten fokuserer på at opnå et reduceret energiforbrug i fødevarerindustrien, samtidig med at udbytte, kvalitet og sikkerhed af produkterne ikke kompromitteres. Endvidere vil etablering af vidensgrundlag og værktøjer til udvikling af nye typer af kvalitetsfødevarer være central.

For en række fødevarerproducenter vil en optimering af eksisterende produktionsprocesser – frem for implementering af ny teknologi – skabe størst værdi. For fødevarerproducenter af lavtemperaturtilberedt kød til foodservice skal der fastlægges optimale tids- og temperaturforløb under processering mhp. reduceret energiforbrug, forbedret udbytte/lavere svind og høj kvalitet. Varmebehandling ved lav temperatur vil bl.a. blive benyttet som case, da indledende undersøgelser har vist potentiale i forhold til energiforbrug, produktkvalitet og ikke mindst nye produkttyper. Fokus vil være på semi-forædlede produkter til convenience, hvor procedurer for færdigtilberedning også er afgørende for den kvalitet, slutbrugerne oplever.

#### Formål

At undersøge betydningen af tilberedningstemperatur, produkt og metode for energiforbrug og svind af sous vide-tilberedt svinekød.

#### Fremgangsmåde

Dataopsamling blev gennemført ved 24 delforsøg (3 typer kød – 4 temperaturer – 2 metoder), hvor der blev indsamlet viden omkring temperatur, kogesvind og energiforbrug ved sous vide-tilberedning i ovn og i sous vide-kar.

*Forsøgsdesign*

**Tabel 1.** Forsøgsdesign.

<i>Parameter</i>	<b>Højde</b>	<b>Case</b>
<i>3 produkter</i>	Små (1-2 cm)	Tern
	Mellem (2-4 cm)	Kotelet
	Stor (8-10 cm)	Kamfilet
<i>Fyldning</i>	Fuld	
<i>2 metoder</i>	Industriovn	
	Sous vide-kar	
<i>4 temperaturer</i>	54°C	Rødt oksekød
	58°C	Enzymmørning
	63°C	US-anbefalinger
	75°C	Lovgivning
<i>1 procestid</i>	60 min.	

### Råvarer

Der blev anvendt 3 produkttyper, som varierede i højde og overflade. Produkterne var uden ben, svær og fedtkant. Der blev anvendt:

1. Skinketern
2. Kotelet
3. Kamfilet

**Tabel 2.** Gennemsnit af kg i alt pr. kørsel.

<i>Metode</i>	<b>Produkt</b>	<b>54°C</b>	<b>58°C</b>	<b>63°C</b>	<b>75°C</b>	<b>Total</b>
<i>Industriovn</i>	Skinketern	11,9	11,9	11,9	12,0	48
	Kotelet	9,3	9,2	9,8	9,5	38
	Kamfilet	19,9	21,2	20,5	21,1	83
<i>Sous vide-kar</i>	Skinketern	40,0	40,0	40,1	40,0	160
	Kotelet	40,4	35,8	37,1	35,5	149
	Kamfilet	48,6	47,1	39,5	38,5	174
	<b>Total</b>					652

### Udskæring af kød

Kødet blev udskåret, vejnet og vakuumpakket i sous vide-poser som beskrevet nedenfor. Forsøget blev kørt med fuld kapacitetsudnyttelse i henholdsvis industriovn og sous vide-kar.

#### Skinketern

Skinketern blev leveret fra et dansk slagteri i størrelsen ca. 1x1 cm. Ternene blev pakket med 800 g pr. pose til ovnforsøg i CRYOVAC CN300 150x600 mm, mens pakkerne til sous vide-kar indeholdt ca. 2 kg pr. pose i CRYOVAC CN300 300x400 mm.

#### Koteletter

Koteletterne blev håndskåret med en tykkelse på ca. 2 cm. Koteletterne blev pakket med 5 stk. pr. pose i CRYOVAC CN300 150x600 mm til ovnforsøg, og med 10 stk. pr. pose i CRYOVAC CN300 300x600 mm til forsøg i sous vide-kar.

### Kamfilet

For kamfileterne til ovnforsøg blev der afskåret ca. 10 cm af nakkeenden samt 5 cm af hofteenden. De blev pakket enkeltvis i CRYOVAC CN300 150x600 mm. Kamfileterne til forsøg i sous vide-kar blev delt på midten og pakket enkeltvis i CRYOVAC CN300 300x600 mm.

### *Varmebehandling i ovn*

Ovnen blev startet op med +2°C over den ønskede centrumstemperatur og skruet ned til den fastsatte temperatur for holdetiden, så snart temperaturen i centrum af kødet var opnået. Efter varmebehandling på 60 min. blev produkterne nedkølet i isvand i kølerum ved maks. 5°C i 60 min.

### Tern i ovn

- Pakning: 800 g pr. pakning
- Emballage: CRYOVAC CN300 150x600 mm
- Vægt af pose: 8 g
- "Fuld kapacitet": 5 plader
- 3 pakninger pr. plade
- Holdetid: 60 min.

### Kotelet i ovn

- Pakning: 5 stk. a 2 cm's tykkelse
- Emballage: CRYOVAC CN300 150x600 mm
- Vægt af pose: 8 g
- "Fuld kapacitet": 5 plader
- 3 pakninger pr. plade
- Holdetid: 60 min.

### Kamfilet i ovn

- Pakning: 1 stk. a ca. 1,6-2,0 kg
- Emballage: CRYOVAC CN300 150x600 mm
- Vægt af pose: 8 g
- "Fuld kapacitet": 5 plader
- 2 pakninger pr. plade
- Procestid/holdetid: 60 min.



### *Varmebehandling i sous vide-kar*

Sous vide-karret på DMRI er fra Classic Gasro A/S, model sous vide-kar 40 kg. Karrets indvendige dimensioner er L: 960 mm x B: 500 mm x D: 300 mm.

I bunden af sous vide-karret blev der placeret en 40 mm rist, som sikrede, at vandet kunne cirkulere rundt under processen. Herefter blev kødet lagt i karret og en rist lagt ovenpå bundristen for at sikre, at produkterne var under vand i løbet af hele processen.

Sous vide-karret blev indstillet til den aktuelle kernetemperatur samt holdetid på 60 minutter. Efter holdetiden (varmebehandling) på 60 min. blev produkterne nedkølet i sous vide-karret til maks. 5°C.

#### Tern i sous vide-kar

- Vandstand i sous vide-kar: 21-22 cm (indstilling 17 cm)
- Pakning: 2 kg pr. stk.
- Emballage: CRYOVAC CN300 300x400 mm
- 6 pakninger i 3 lag, 4. lag i 2 pakninger
- Holdetid: 60 min.



#### Kotelet i sous vide-kar

- Vandstand i sous vide-kar: 21-22 cm (indstilling 17 cm)
- Pakning: 5 stk. a 2 cm.
- Emballage: CRYOVAC CN300 300x400 mm.
- 54°C – 6 pakninger i 5 lag
- 58°C – 6 pakninger i 5 lag
- 63°C – 6 pakninger i 5 lag, 6. lag i 3 pakninger
- 75°C – 6 pakninger i 5 lag
- Holdetid: 60 min.



### Kamfilet i sous vide-kar

- Vandstand i sous vide-kar:  
54°C + 58°C: 24 cm  
63°C + 75°C: 21-22 cm
- Pakning: 1 stk. a ca. 1,6-2,0 kg.
- Emballage: CRYOVAC CN300 300x600 mm.
- 54°C – 9 pakninger i 4 lag
- 58°C – 9 pakninger i 4 lag
- 63°C – 7 pakninger i 3 lag, 4. lag i 2 pakninger
- 75°C – 7 pakninger i 3 lag, 4. lag i 2 pakninger
- Procestid/holdetid: 60 min.



### **Analyser**

Under forsøget blev temperaturen målt med Testo 175T2-sæt med indstiksfølere i ovn og med temperaturføler i SV-KAR1. Energiforbrug (kWh) blev registreret, og kogesvindet udregnet på baggrund af kødets vægt før og efter varmebehandling.

**Tabel 3.** Analyseoversigt.

<b>Analyser</b>	<b>Hvornår?</b>	<b>Formål</b>
<b>Temperatur</b>	Under hele processen	Fødevarerikkerhed
<b>Vægt</b>	Før tilberedning	Kogesvind/udbytte
	Efter tilberedning	
<b>Energi</b>	Under hele processen	Energiforbrug

*Temperatur med TESTO-logger*

Temperaturregistrering med TESTO-loggerne i ovn loggede pr. minut med undtagelse af logger 404, der registrerede temperaturen pr. 1 minut og 10 sekunder.

*Energiforbrug*

Energimåleren blev aflæst ved:

- Start
- Holdetid start
- Holdetid slut
- Nedkøling slut

*Kogesvind*

Alle produktet blev vejjet før varmebehandling og efter nedkøling, hvorefter der blev beregnet kogesvind.

*Databehandling*

Effekt af procesvariable blev analyseret vha. SAS 9.4 proc mixed med følgende model:

$Y = \text{temperatur} + \text{produkt} + \text{metode} + \text{temperatur} * \text{produkt} + \text{metode} * \text{temperatur} + \text{produkt} * \text{metode} + \epsilon$

## Resultater

Af tabel 4 ses signifikansniveauer for effekt af temperatur, produkt og tilberedningsmetode samt vekselvirkninger.

**Tabel 4.** Signifikansniveauer for effekt af temperatur, produkt og metode for energiforbrug, kogesvind og opvarmningstid.

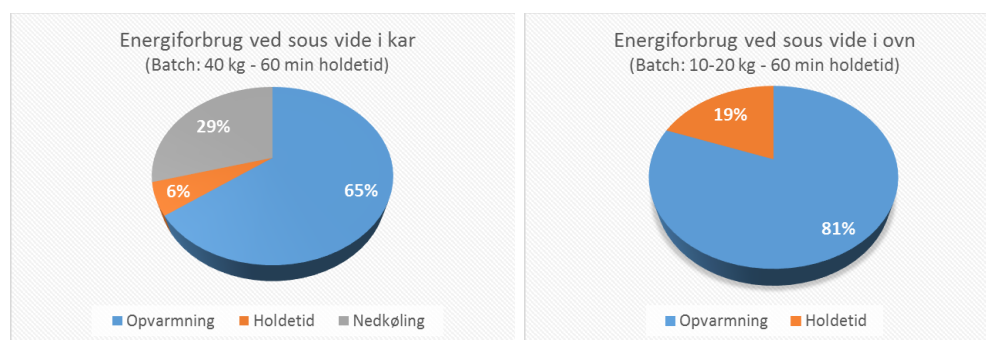
	Temp.	Produkt	Metode	T*P	T*M	M*P
Opvarmning [kWh]	0,0216	0,0332	<0,0001	0,8785	0,1209	0,2263
Holdetid [kWh]	0,0309	0,3918	0,0360	0,4466	0,2113	0,1639
Opvarmning [min]	0,07476	0,0152	0,1264	0,9374	0,9885	0,3134
Kogesvind [%]	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0080	0,1454	0,0466

### Betydning af temperatur

#### Energiforbrug

Sous vide-tilberedning i stor skala består af 2 varme faser samt en nedkøling. De to varme faser er henholdsvis en opvarmning og en holdetid. Under opvarmningen hæves temperaturen i vand og kød til den ønskede tilberedningstemperatur, mens holdetiden har til formål at fastholde temperaturen i kødet, indtil kødet er sikkert og mørt. Anvendes sous vide-kar sker nedkølingen i selve karret, mens nedkøling af kød tilberedt 'sous vide' i industriovn sker i fx kølerum.

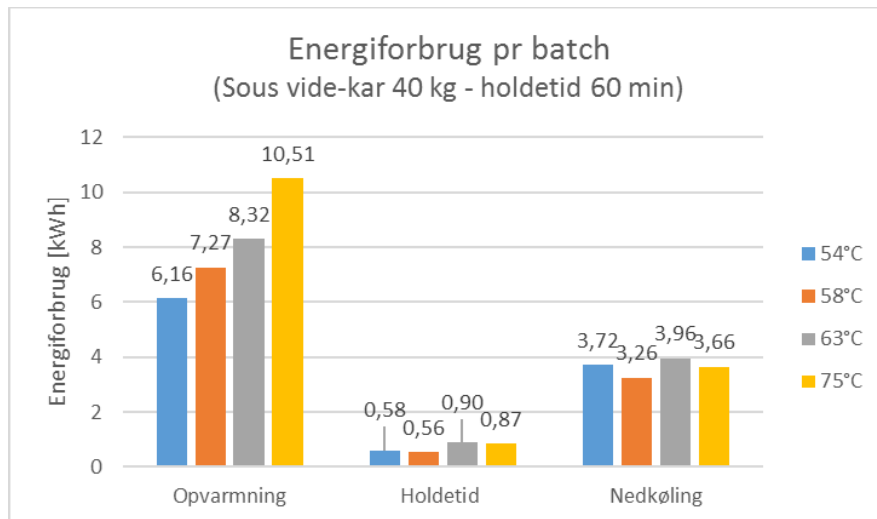
Af figur 1 ses fordelingen af energiforbruget ved en sous vide-batch i henholdsvis sous vide-kar og i industriovn. Det fremgår tydeligt, at det er opvarmningen, der kræver mest energi, mens holdetiden, der i dette tilfælde er på 60 minutter, kun udgør en mindre del af det samlede forbrug.



**Figur 1.** Energifordeling pr. batch ved sous vide-behandling af svinekød (tern, kotelet, steg) i henholdsvis sous vide-kar (40 kg) og industriovn (10-20 kg) ved 54-75°C.

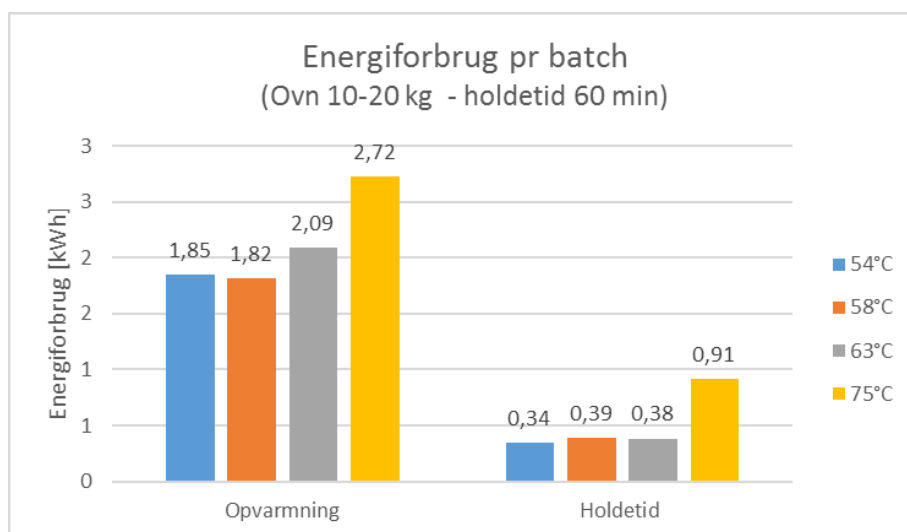
Af figur 2 ses energiforbruget under opvarmning, holdetid og nedkøling for tilberedning i sous vide-kar ved forskellige tilberedningstemperaturer. Den energi, der forbruges til at opvarme en batch, afhænger af, hvilken temperatur kødet skal opvarmes til, idet en højere temperatur kræver mere energi. Ligeledes forbruges der også mere energi ved at

fastholde en temperatur på 63-75°C i 60 minutter sammenlignet med en holdetid kørt ved 54-58°C. Betydningen af holdetiden er dog meget mindre, da forbruget er ca. 10 gange lavere i holdetiden end under opvarmning. Energiforbruget til nedkøling er uafhængigt af tilberedningstemperaturen.



**Figur 2.** Energifordeling pr. batch [kWh] ved sous vide-behandling af svinekød (tern, kotelet, steg) i sous vide-kar (40 kg) ved 54-75°C.

Af figur 3 ses energiforbruget under opvarmning og holdetid ved sous vide-tilberedning i ovn, hvor opvarmningen igen er den mest energikrævende. Sammenlignes figur 2 og 3 er energiforbruget i ovn væsentligt lavere end ved tilberedning i sous vide-kar, men det er væsentligt at bemærke, at kapaciteten er mindre, og at det vil kræve 2-4 gange flere batch for at opnå samme mængde produkt.

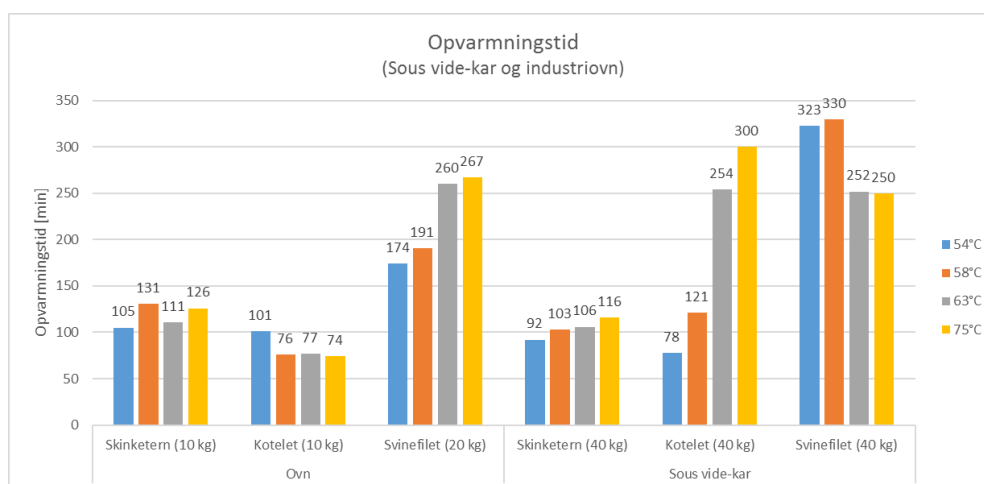


**Figur 3.** Energifordeling pr. batch [kWh] under sous vide-behandling af svinekød (tern, kotelet, steg) i industrioovn (10-20 kg) ved 54-75°C.



Temperaturafhængigheden under opvarmning skyldes primært variation i opvarmningstiden, der kan optimeres gennem valg af råvarer (figur 4), idet et højt produkt ofte tager længere tid at opvarme til den ønskede centrumstemperatur. Tilberedning af koteletter og tern medfører derfor oftest et lavere energiforbrug end tilberedning af store stege.

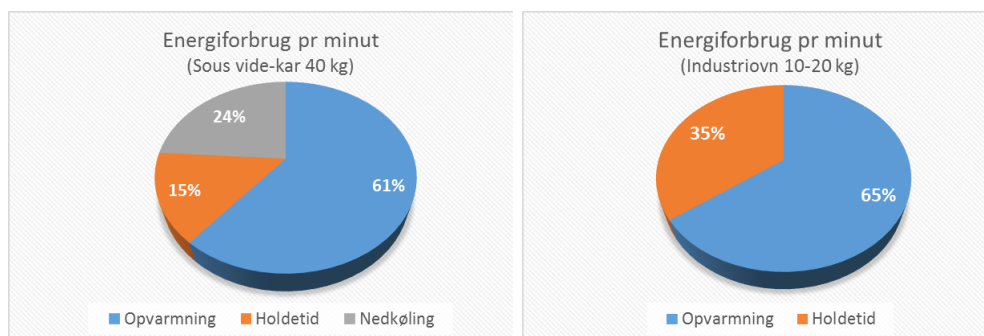
For nogle produkter er opvarmningstiden temperaturafhængig, som det ses for koteletter i sous vide-kar, hvor opvarmning ved 63-75°C kræver betydelig længere tid i sous vide-kar end i ovn.



**Figur 4.** Opvarmningstid [min] pr. batch ved sous vide-tilberedning af svinekød (tern, kotelet, steg) i industriovn og sous vide-klar ved 54-75°C.

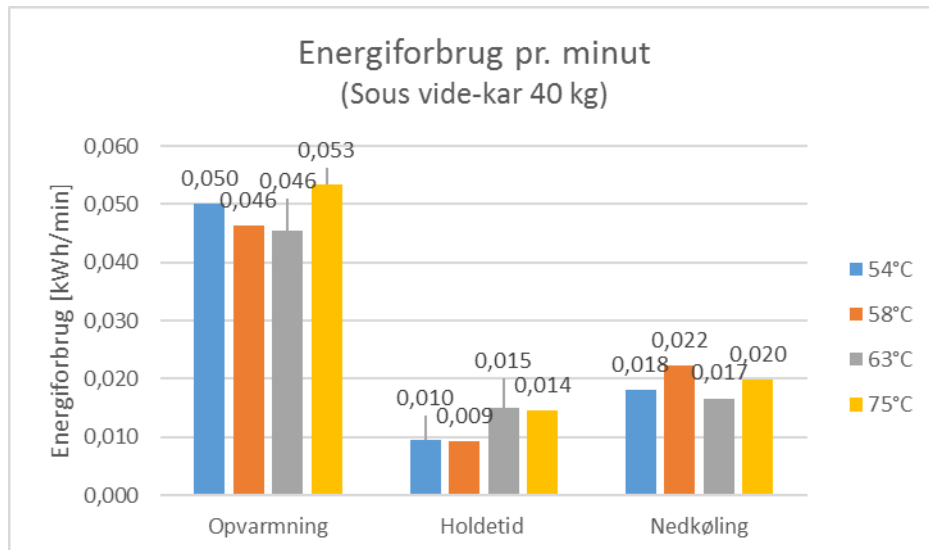
De batchindstillinger, der blev valgt for nærværende forsøg, er ikke nødvendigvis retvisende for andre processer. Så for at kunne beregne et optimeringspotentiale er tallene i det efterfølgende omregnet til energiforbrug/minut.

Ved tilberedning i både sous vide-klar og i industriovn gælder igen, at det er opvarmningsfasen, der kræver mest energi/minut. Af figur 5 ses energifordelingen i de forskellige faser, hvor hele 61-65% af den samlede energi går til opvarmning af vand og kød.

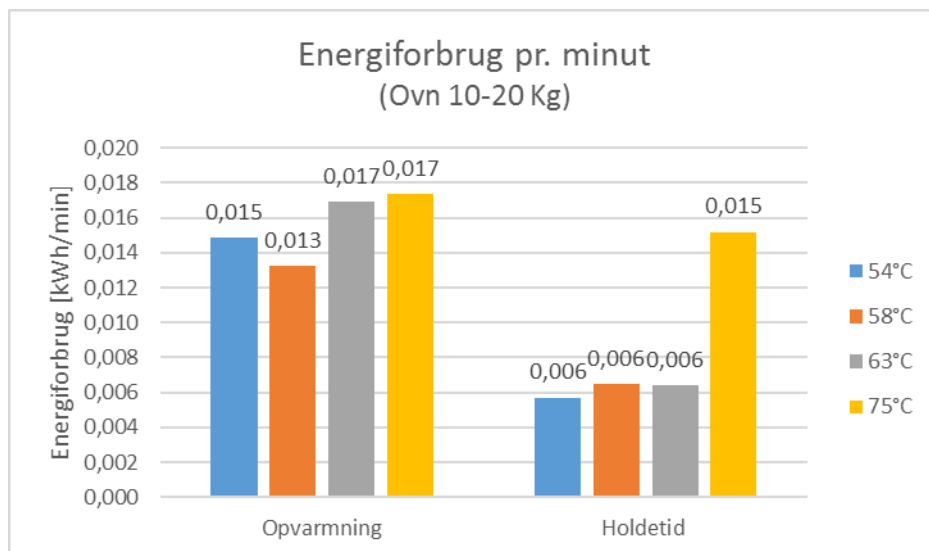


**Figur 5.** Energifordeling pr. minut under sous vide-behandling i henholdsvis sous vide-klar og industriovn.

Den energi, der kræves pr. minut til opvarmning i forhold til holdetid, er ca. 5 gange større i sous vide-kar (figur 6) og op til 2,5 gange større i ovn (figur 7). Derfor vil opvarmningen være relativ omkostningstung for recepter med kort holdetid, mens længere holdetider vil betyde en udligning, eller at der ligefrem kan ligge et besparelspotentiale i reduktion af holdetiden (figur 8).

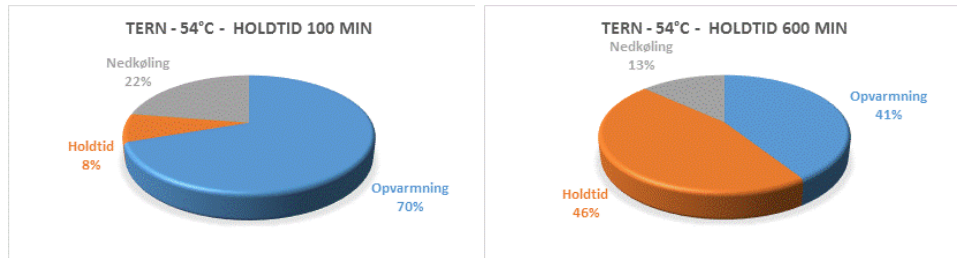


**Figur 6.** Energiforbrug pr. min ved sous vide-tilberedning af svinekød i 40 kg sous vide-кар. Gns. af 3 produkter (tern, koteleteter og stege).



**Figur 7.** Energiforbrug pr. min ved sous vide-tilberedning af svinekød i industriovn. Gns. af 3 produkter (tern, koteleteter og stege).

I det efterfølgende eksempel er vist, hvordan energifordelingen kan påvirkes ved alene at øge holdetiden. I figur 8 er vist, at ved at øge holdetiden 6 gange, fra 100 minutter (1 timer 40 min) til 600 minutter (10 timer) vil opvarmning og holdetid have stort set samme energiforbrug. Men øges tiden yderligere, som kan være optimalt for nogle udskæringer, vil energiforbrug i holdetiden overstige energiforbruget til opvarmning.



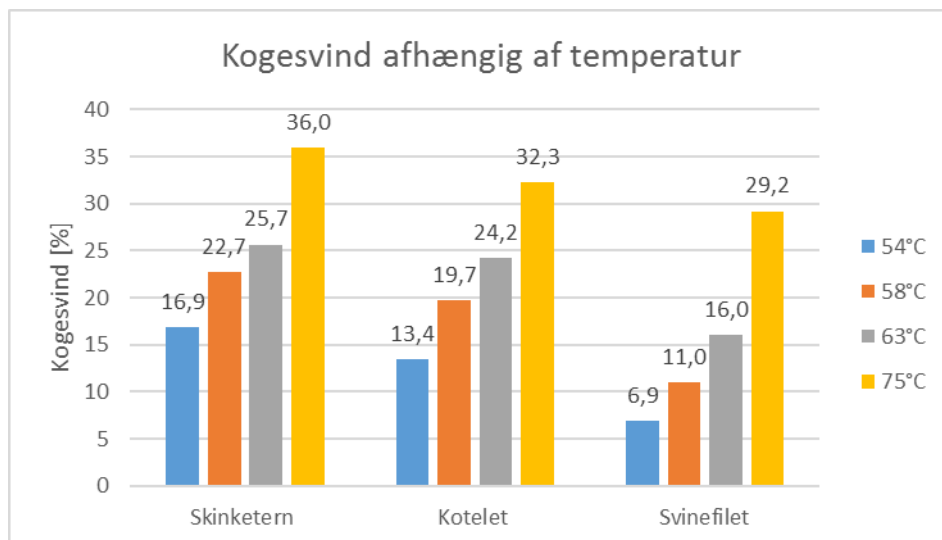
**Figur 8.** Energifordeling for sous vide-behandling af tern ved 54°C i sous vide-kar med henholdsvis 100 og 600 minutters holdetid.

## Svind

Selvom det er en god idé at spare på energien, er der større besparelser at hente, hvis kogesvindet nedbringes. Som vist i tabel 4, er kogesvindet både påvirket af produkt, temperatur og tilberedningsmetode.

Kogesvindet påvirkes af produktet, og disse resultater tyder på, at man med fordel kan vælge en udskæring med så lille en 'tilskåret overflade' (cm<sup>2</sup>/gram) som muligt. Kød i tern, der er tilskåret på alle flader (0,6 cm<sup>2</sup>/gram), har fx et større svind end koteletter (0,45 cm<sup>2</sup>/gram) og stege (0,03 cm<sup>2</sup>/gram), der kun har en tilskåret flade i hver ende, samtidig med at produkterne er relativt større.

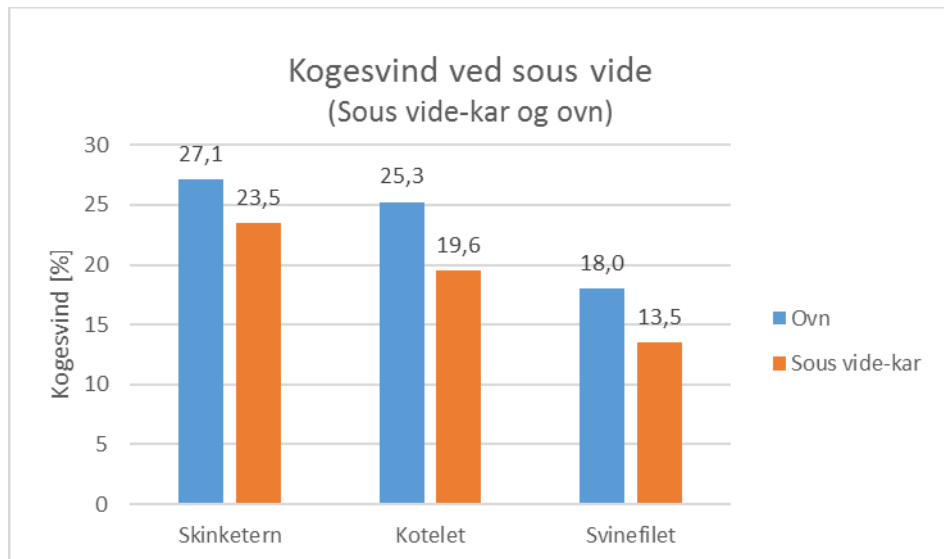
I figur 9 ses fx, at svindet kan reduceres med 11,7 gram/100 gram ved at tilberede kød ved 58°C som steg i stedet for som tern, hvilket giver en udbytteoptimering på mere end 50%.



**Figur 9.** Kogesvind ved sous vide-tilberedning af svinekød ved forskellige tilberedningstemperaturer.

Mere overraskende påvirkes kogesvindet også af, om sous vide-behandlingen sker i ovn eller i sous vide-kar (figur 10), hvor ovntilberedning giver et større svind end tilberedning i sous vide-kar.

Dette skyldes muligvis en bedre varmefordeling i karret, men kan også skyldes, at det ikke er helt de samme råvarer, der er anvendt til de to forsøg, og at pakkestørrelserne har været forskellige. Dette bør dog dokumenteres yderligere i forsøg uden den beskrevne produktvariation.



**Figur 10.** Kogesvind ved sous vide-tilberedning af svinekød med forskellige tilberedningsmetoder.

### Case: Sådan får man 100 ekstra portioner for den samme pris

Til illustration af merværdien ved en optimeret tilberedning er opstillet følgende eksempel, hvor to forskellige metoder for tilberedning af den samme råvare er sammenlignet.

I begge tilfælde er der taget udgangspunkt i 40 kg svinekød, der tilberedes i sous vide-kar. I case 1 tilberedes kødet som tern ved 75°C og i case 2 tilberedes kødet ved 58°C som hele stege. Energiforbruget er stort set ens for de to typer tilberedning, idet den længere opvarmningstid, der kræves, for at stegene opnår den ønskede centrumtemperatur, udligner den gevinst, der er ved at sænke tilberedningstemperaturen.

Sammenlignes derimod udbyttet for de to tilberedningsmetoder, vil case 2 medføre ca. 10 kg mere stegt kød end i case 1. Så med relativt små tilpasninger kan der opnås 100 ekstra portioner for de samme penge.

#### Case 1. Den dyre løsning

Tern i kar (40 kg)  
 75°C + 60 minutters holdetid  
 Svind: 34,8%  
 Energiforbrug: 12,0 kWh  
 Antal portioner a 100 g: 261 stk.

#### Case 2. Den optimerede løsning

Stege i kar (40 kg)  
 58°C + 60 minutters holdetid  
 Svind: 8,5%  
 Energiforbrug: 11,8 kWh  
 Antal portioner a 100 g: 366 stk.

## **Konklusion**

For sous vide-processer i både ovn og sous vide-kar er opvarmningen den mest energikrævende. Men den samlede energibelastning vil være specifik for den enkelte recept og påvirket af valg af produkt, holdetid og temperaturkrav samt den valgte tilberedningsmetode.

Optimering af energiforbruget under opvarmning kan fx ske ved anvendelse af små udskæringer, der kræver kortere opvarmningstid. For simreretter vil holdetiden ofte være meget lang, og i sådanne tilfælde kan en reduktion af holdetiden medføre en energigevinst.

Selvom det er en god idé at spare på energien, er der større besparelser at hente, hvis kogesvindet kan reduceres. Svindet påvirkes af både produktet og temperaturen. For at minimere svindet bør der vælges produkter med så lille en tilskåret overflade som muligt og tilberedning ved så lav temperatur som muligt.

## **Acknowledgement**

Undersøgelserne bag er støttet af Svineafgiftsfonden og Styrelsen for Institutioner og Uddannelsesstøtte under Uddannelses- og Forskningsministeriet.

**Gennemsnitsrådata**

**Bilag 1**

Produkt	Metode	Temperatur	Kg	Opvarm [min]	Energi opvarm [kWh]	Energi opvarm [kWh/min]	Holdetid [min]	Energi holdetid [kWh]	Energi holdetid [kWh/min]	Nedkøl [min]	Energi nedkøl [kWh]	Energi nedkøl [kWh/min]	Total Proces [min]	Svind [%]
Tern	Ovn	54	11,9	105	1,692	0,016	60	0,316	0,005	60			225	18,6
Tern	Ovn	58	11,9	131	1,877	0,014	60	0,333	0,006	60			251	24,6
Tern	Ovn	63	11,9	111	2,179	0,020	60	0,378	0,006	60			231	28
Tern	Ovn	75	12,0	126	2,576	0,020	60	0,540	0,009	60			246	37,2
Steg	Ovn	54	19,9	174	2,306	0,013	60	0,363	0,006	60			294	8,1
Steg	Ovn	58	21,2	191	2,719	0,014	60	0,210	0,004	60			311	13,5
Steg	Ovn	63	20,5	260	2,411	0,009	60	0,359	0,006	60			380	18,8
Steg	Ovn	75	21,1	267	4,493	0,017	60	0,753	0,013	60			387	31,6
Kotelet	Ovn	54	9,3	101	1,542	0,015	60	0,349	0,006	60			221	15,5
Kotelet	Ovn	58	9,2	76	0,853	0,011	60	0,621	0,010	60			196	22,8
Kotelet	Ovn	63	9,8	77	1,681	0,022	60	0,413	0,007	60			197	27,1
Kotelet	Ovn	75	9,5	74	1,097	0,015	60	1,443	0,024	60			194	35,6
Tern	SV	54	40,0	92	5,467	0,059	60	0,647	0,011	174	3,224	0,019	326	15,1
Tern	SV	58	40,0	103	6,016	0,058	60	0,591	0,010	102	2,141	0,021	265	20,8
Tern	SV	63	40,1	106	6,911	0,065	60	0,671	0,011	174	3,312	0,019	340	23,3
Tern	SV	75	40,0	116	9,074	0,078	60	0,859	0,014	85	2,102	0,025	261	34,8
Steg	SV	54	48,6	323	7,828	0,024	61	0,487	0,008	310	5,181	0,017	694	5,6
Steg	SV	58	47,1	330	9,547	0,029	60	0,568	0,009	261	4,547	0,017	651	8,5
Steg	SV	63	39,5	252	9,236	0,037	60	1,306	0,022	272	3,963	0,015	584	13,2
Steg	SV	75	38,5	250	10,736	0,043	60	0,894	0,015	211	3,860	0,018	521	26,8
Kotelet	SV	54	40,4	78	5,191	0,067	60	0,596	0,010	146	2,751	0,019	284	11,3
Kotelet	SV	58	35,8	121	6,252	0,052	60	0,518	0,009	108	3,085	0,029	289	16,6
Kotelet	SV	63	37,1	254	8,819	0,035	60	0,735	0,012	285	4,619	0,016	599	21,3
Kotelet	SV	75	35,5	300	11,733	0,039	60	0,849	0,014	306	5,010	0,016	666	29

Energieregner: Y:\Workspace\MATN\_foedevaremagasinet\Økologi 2017