



Just in time-optøning af frosne produkter til eksport

1. december 2017

Proj.nr. 2005323

Version 1

MAHD/MTDE/JEW/LABN/MT

Fase 2 – forsøg 3. Optøning i reefer

Betydning af forskellige optøningsprofiler for holdbarhed, dryp-
tab og kvalitet af hele midterstykker

Sammendrag

Slagteribranchen ønsker at afdække, om det er muligt at starte optønings-
processen af frosne eksportprodukter under selve transporten i en standard
reefer.

Formål

Bestemme optøningstiden og den efterfølgende kvalitet for dybfrosne, va-
kuumpakkede midterstykker (1518 u. svær) indfrosset i kartoner, når op-
tøningen blev foretaget i reefer:

- Sammenligne kvalitet og temperaturprofil for tre pakkemetoder: vaku-
umpakkede produkter i karton stablet på to måder eller løst pakkede
produkter uden isolerende karton
- Vurdere mulighed for temperaturstyring under simuleret transport
- Indhente data til energiberegninger og teoretisk opskalering

Konklusion

Svinekød pakket i karton og stablet i en reefer kan optøs ved at ændre
setpunktet for temperaturen. For at sikre en tilstrækkelig luftstrøm
omkring de enkelte kartoner, skal de stables på mellemlæg. Dette forsøg
viste, at lodret og vandret placering af kartonerne krævede ca. samme
optøningstid, nemlig 11 døgn til fuld optøning. De frie midterstykker uden
karton blev optøet på ca. 3 døgn.

Optøningssvindet steg ved opbevaring på køl efter optøning. Midterstykker
optøet i karton udviste en stor variation i optøningstid, og dermed
varierede optøningssvindet også. Midterstykker, som først blev vejet, efter
alle i batchen var fuldt optøede, havde også det største optøningssvind.
Optøningsproces/-tid havde ingen indflydelse på farve og baconudbytter.
Hvis de optøede midterstykker blev lagt på køl efter optøning, blev kødet
lysere og fedtet mere gråligt efter 7 dages opbevaring.

Det psykrotrofe kimtal blev reduceret umiddelbart ved indfrysning/
optøning. Opbevaring på køl gav igen vækst, og 9 døgn fra fuld optøning
var kimtallet på et uacceptabelt højt niveau. Variationen i optøningstid
mellem midterstykker indenfor en batch pakket i karton er omkring 6 døgn,
og derfor kan kimtal på nogle af midterstykkerne allerede være tæt på et
uacceptabelt niveau, når de sidste midterstykker er optøede.

Metoden med traditionel pakning i karton og fuldstændig optøning i en
standard reefer kan således ikke anbefales ved just in time-konceptet.

Baggrund

Slagteribranchen ønsker at afdække, om der er muligt at starte optøningsprocessen af frosne eksportprodukter under selve transporten. I dette forsøg analyseres:

- Hvilke konditioner der kan opnås i en reefer under optøning mht. luftstrømning omkring produkterne
- Hvilke optøningstider der kan opnås ved en given temperatur og pakke metode
- Hvilken indflydelse det har på produktkvaliteten efter optøning

Tidligere forsøg [1] & [2] har vist, at variation i optøningshastighed i luft ikke har lige så stor betydning for den efterfølgende kvalitet som variation i indfrysningshastighed. Dog vil perioden fra produktet er optøet og lagringstemperatur frem til anvendelse have betydning for holdbarhed, dryptab og farvestabilitet. I denne undersøgelse indgik 3 forskellige optøningskoncepter.

Kvalitet efter optøning

Hele midterstykker leveres både frosne og ved superkøl (40/60) og bruges til produktion af kogt bacon, dvs. de bliver saltet og kogt før slicening. Der er krav til spæktykkelse, vægt og dimensioner. De vigtigste kvalitetskrav er:

- Fluid/svind i emballagen ved modtagelsen skal være lavt (maks. 3,0% målt på vægt ved pakning)
- Kimtal målt ved optøning skal være lavt
- Midterstykket skal lugte frisk ved åbning af emballagen
- Sliceudbytte skal være tilfredsstillende
- Farve af kød og fedt skal bevares efter optøning

I forsøget indgik disse egenskaber i undersøgelsen, og beskrivelse af procedure og fremgangsmåde kan findes i detailplanen for forsøget [3].

Formål med test i container

Formålet var at bestemme optøningstiden og den efterfølgende kvalitet for dybfrosne, vakuumpakkede midterstykker (1518 u. svær) indfrosset i kartoner, når optøningen blev foretaget i en MCI reefer. Forsøget blev nedskaleret til en enkelt palle med produkter pr. pakkemetode, så det blev muligt at:

- sammenligne kvalitet og temperaturprofil for tre pakkemetoder: vakuumpakkede produkter i karton stablet på to måder versus løst pakkede produkter uden isolerende karton
- vurdere mulighed for temperaturstyring under simuleret transport
- indhente data til energiberegninger og teoretisk opskalering

Gennemførelse

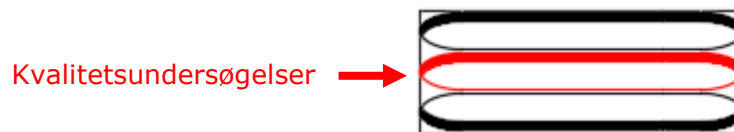
Kvalitetskrav til råvaren For at minimere indflydelsen fra slagteproces/køling/udligning/indfrysning på kvalitet blev forsøgsmaterialet/midterstykkerne udvalgt og pakket hos et dansk slagteri, og indfrysningen foregik i et dansk indfrysningshus.

Udvælgelses-kriterier Krav til slagtevægt, kødprocent, køn og pH minimerede variationen i råvarekvalitet, og de 60 forsøgsmidterstykker kom fra 30 sogrise, se tabel 1 for gennemsnit.

Tabel 1. Forsøgsgrisenes slagtevægt, kødprocent og pH

	Gennemsnit	Min.	Maks.
Slagtevægt	85,7	82	92
Kødprocent	62,7	60	65
pH_{24 tim. kam}	5,54	5,45	5,65

Krav til indfrysning Tidligere forsøg [1] & [2] har vist, at indfrysningshastighed har stor betydning for den optøede kvalitet (kimtal efter indfrysning, optøningssvind og farvestabilitet), og forsøgsmidterstykkerne ønskedes derfor indfrosset hurtigt og ens. Kvalitetsparametrene blev kun undersøgt på de midterstykker, som lå midt i kartonen under indfrysningen.



Temperaturer under indfrysning og optøning blev registreret med temperaturloggere placeret i centrum og kant af alle kasser. Tre forskellige pakke-metoder i reeferen blev undersøgt, og der indgik 20 midterstykker pr. metode, som blev pakket sammen på én palle.



Efter kartonnering blev de tre paller kørt til frysehuset, hvor de blev placeret midt i indfrysningstunnelen. Dette med henblik på at opnå en ensartet og gennemsnitlig indfrysning pallerne imellem.

Forsøgspallerne blev placeret i højre side, i de nederste tre rækker. Palle 1 var placeret nederst, palle 2 i midten og palle 3 øverst.

Forsøgspallerne blev flyttet på frostlager 24 timer efter indfrysningens start.

De tre paller blev transporteret frosne til DMRI, hvor de blev pakket/stablet som vist på nedenstående billeder i en 40 fods reefer fra Mærsk. Der blev også indsat et antal 20 L spande med vand/is på paller for at sikre stabil drift og for udjævning af temperaturpeaks ved ind- og udkobling af anlæg.

Luftfordelingen blev sikret ved anvendelse af perforerede gummimåtter designet af MCI. Måtternes perforering gav et modtryk og dermed en luftfordeling, svarende til at containeren var fyldt med paller.

Efter en lagerperiode i reeferen ved setpunkt på -20°C blev setpunktet ændret til $+3^{\circ}\text{C}$, og optøningsforløbet blev dermed startet samtidig for alle tre behandlinger.

Behandling 1, fuld optøning De vandrette kartoner med midterstykker var stadig placeret på metalmelemlæg under optøningen.



Behandling 2, Kartonerne med midterstykker var placeret på metalmellemlæg. Under op-
lodret til 50% tøning blev hele pallen vendt, så mest mulig luft kunne passere tæt på kas-
optøning serne.



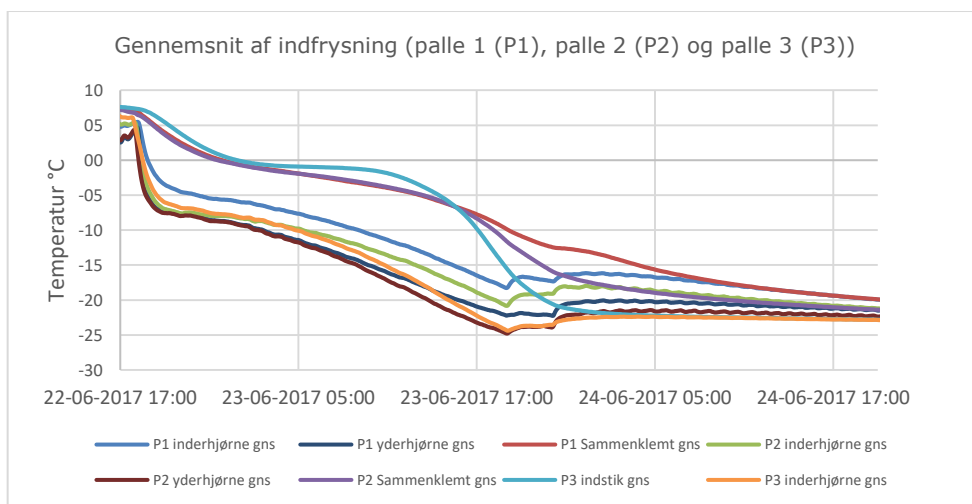
Behandling 3, De midterste midterstykker fra hver karton blev taget ud af kartonkassen
frie midter- og placeret på metalmellemlæg. Efter stabling blev stablen vendt på siden
stykker for optimal bestrygning af den vertikale luftstrøm fra gulvet.



Databehandling De tre behandlinger blev betragtet som tre stikprøver fra den samme population, og forskellen blev testet som forskel i gennemsnit vha. LS-means.

Resultater

Indfrysning Temperaturforløbet under indfrysningen blev registreret. Efter 24 timer blev produkterne flyttet fra blastfreezer til frostlager. Den intensive indfrysning samt det første døgn på frostlager ses på figur 1.



Figur 1. Indfrysningsforløbet af de tre behandlinger

Loggerne til registrering af centrumstemperatur blev for palle 3 placeret i filetmusklen, mens loggerne i palle 1 og 2 var placeret sammenklemt mellem de enkelte midterstykker. Den statistiske analyse viste også, at de tre indfrysningsforløb ikke blev fuldstændigt ens. Forskellene var dog minimale, og derfor kan de tre indfrysningsforløb betragtes som ens i den videre analyse.

Faseovergangstemperaturen -5°C blev nået på under 24 timer for alle tre behandlinger. Temperatur i de enkelte kartoners centrum efter 24 timer var for behandling 1: $-9,9 \pm 2,2^{\circ}\text{C}$, for behandling 2: $-11,1 \pm 4,2^{\circ}\text{C}$ og for behandling 3: $-14,7 \pm 5,5^{\circ}\text{C}$. Forskellen skyldtes en naturlig variation både som følge af den batchvise proces, og at andre pallearers geometri påvirkede luftstrømningsforholdene forskelligt.

Optøning Optøningen blev startet samtidigt, og temperaturer blev registreret med de samme loggere som under indfrysningen. Forventningen var, at de frie midterstykker ville være optøet på ca. 2 døgn, mens midterstykkerne i karton forventedes at være optøet i løbet af 5-8 døgn. Optøningen af en batch blev betragtet som afsluttet, når mindst 50% af centrumstemperaturmålingerne var $>-0,8^{\circ}\text{C}$. De opnåede resultater er vist i tabel 2.

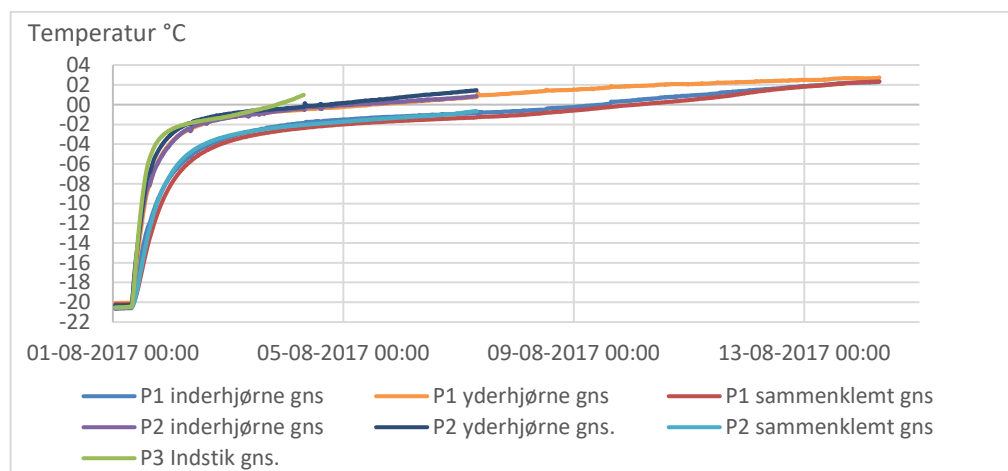
En samlet rapport over optøning og energiforbrug er rapporteret [4].

Tabel 2. Optøningstid og kvalitet

	Beh. 3, frie	Beh. 2, lodret	Beh. 1, vandret
Optøningsdøgn	3	6	11 (13)*
% med iskrystaller	5	50	0
% svind	1,9	2,1	3,3

* Kødet var optøet efter 11 dage, men pga. weekend blev midterstykkerne først taget ud af reefer 13 dage efter, optøning blev startet.

Enkelte af vakuumpakningerne fra den frie optøning var blevet hullet af håndteringen, uden at det havde signifikant effekt på niveauet af optøningsvindet.

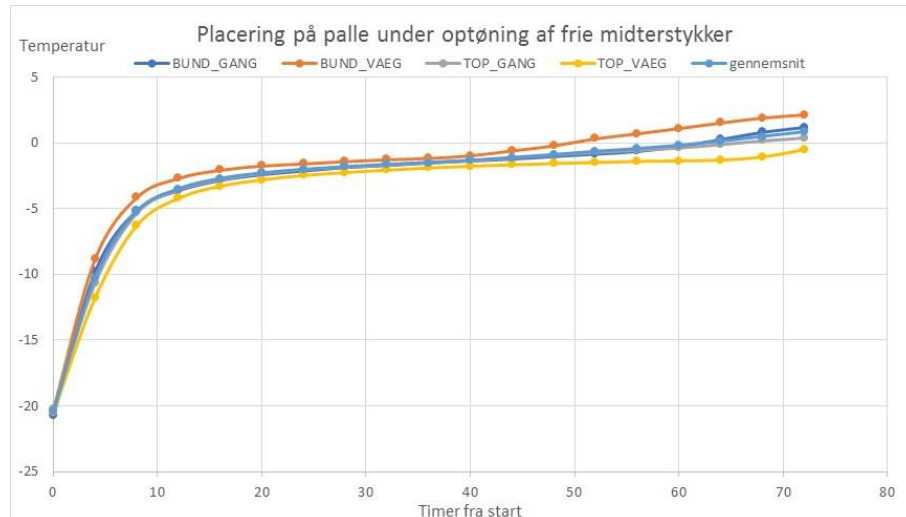


Figur 2. Optøningsforløbet for de tre paller (P1, P2 og P3). Hver kurve er gennemsnit af loggerplacering i kassen.

Optøningen i containeren tog længere tid end forventet, og forskellen mellem vandret og lodret placering af kartonerne under optøning (palle 1 og 2) blev ikke så stor som forventet.

Kurverne for de tre placeringer af loggere var praktisk talt ens for palle 1 og 2 (figur 2) i de første 6 døgn. På den baggrund antages det, at alle delstykker fra den lodrette placering også først ville have været fuldt optøede efter 11 døgn.

Optøning af de frie midterstykker varierede også væsentligt, hvor den hurtigste optøningstid til $-0,8^{\circ}\text{C}$ var 28 timer, mens der stadig var enkelte midterstykker, som ikke var helt oppe på $-0,8^{\circ}\text{C}$ efter 72 timer. Variationen skyldes bl.a. placeringen på pallen. Midterstykker, der lå i det øverste lag mod containervæggen, havde den længste optøningstid, se figur 3 (gul linie).



Figur 3. Optøning af frie midterstykker

Fuld optøning i karton Der var også stor variation i optøningstiden mellem kartoner fra samme optøningskoncept. Ved optøning i karton var optøningstiden 193 timer for det midterste stykke, og variationen var 58 timer (> 2 døgn).

Produktets placering i kartonen og kartonens placering på pallen havde også en betydelig indflydelse på optøningstiden; forskellen mellem temperatur logget i kanten og temperatur logget i centrum viste, at kød placeret tæt på yderkanten var optøet op til 6 døgn før kødet i centrum af kassen.

Konklusion på optøning Dette forsøg har vist, at optøning i reefer til fuldstændig optøning (dvs. at hele partiet pakket i karton skulle være > -0,8°C) vil tage 11 døgn, når indblæsningsluften ikke må overstige 4°C. Optøningen er meget uensartet, og efter 6 dage var der iskrystaller i 50% af de midterste produkter i kartonerne.

Hvis midterstykkerne ikke er emballerede i karton, kan optøningstiden reduceres til 3 døgn. Optøningen var stadig meget uensartet og var desuden afhængig af placering i containeren.

Optøning i reefer med den bestående konfiguration, med hensyn til blæserkapacitet og varmeydelse, vil tage lang tid for produkter, som er pakket i karton. Hvis produkterne ikke er emballerede i karton, vil tonnagen blive reduceret op mod 75%, og stadig med variation i optøningstid.

Kvalitetsundersøgelser

Indfrysningforløbet har været ens for de 60 kartoner med midterstykker, og de 3*20 kartoner betragtes derfor som behandlet ens, indtil optøningen startede.

Det var oprindeligt planlagt, at der skulle være tre forskellige optøningsprofiler: nemlig 2, 6 og 9 døgn. I praksis vidste det sig dog, at optøningen tog længere tid, og at lodret eller vandret placering ikke havde betydning for optøningshastigheden af produkter pakket i karton.

De tre behandlinger blev derfor:

Palle 1: fuld optøning til $>-0,8^{\circ}\text{C}$ i karton

Palle 2: optøning til 50% af et batch var uden iskrystaller

Palle 3: optøning uden for karton

Kimtal

Efter optøning blev kimtal analyseret på 12 midterstykker fra hver behandling, tabel 3, og sammenholdt med kimtalsniveau ved pakning.

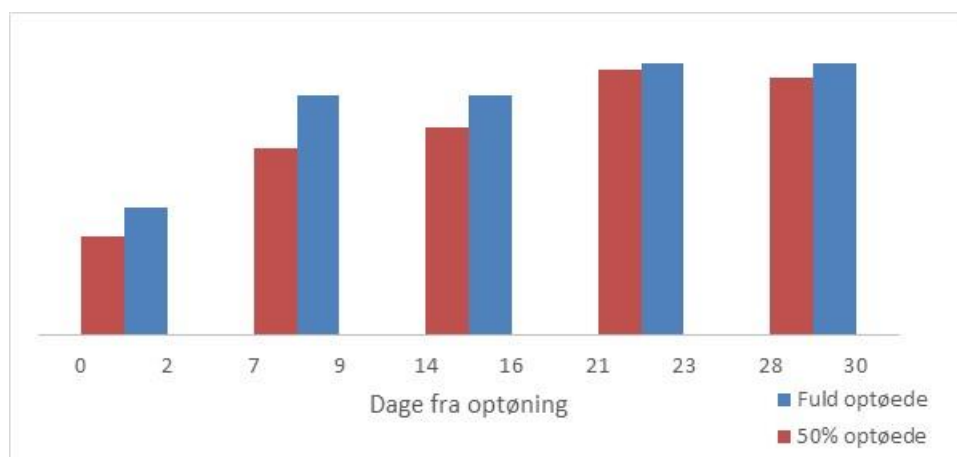
Tabel 3. Reduktion i % log CFU/cm² efter optøning af de 3 behandlinger

Behandling/optøning	Gennemsnit	Min.	Maks.
Frie uden karton	39	24	57
50% optøede i karton	40	24	57
Fuld optøning i karton	23	0	45

Umiddelbart vil indfrysning og optøning reducere kimtallet. Ved den fuldstændige optøning var væksten startet igen, også selvom temperaturen blev holdt lavere end 3°C .

Dage fra åbning af karton

På de ekstra midterstykker fra de to paller optøet i karton blev der også målt psykrotoft kimtal på den kødside, som vendte mod det midterste stykke efter forskellige lagringsdage ved 2°C . Der blev målt på 4 stykker pr. udtagningsdag.



Figur 4. Udvikling i psykrotoft kimtal: dage efter udtagning af karton.

De fuldt optøede (blå) midterstykker var over $-0,8^{\circ}\text{C}$, to dage før de første prøver blev udtaget, og derfor startede denne behandling på dag 2.

De fuldt optøede produkter havde et højere kimtal, da de blev udtaget af karton, og forskellen udlignedes med tiden. Efter 9 dage var kimtallet uacceptabelt højt for de fuldt optøede midterstykker fra palle 1, mens midterstykker fra palle 2, hvor 50% af partiet var optøet ved udpakning, først fik et uacceptabelt højt kimtal mellem 14 og 21 dage fra åbning.

Lugt og udseende ved åbning

30 minutter efter åbning af vakuumpakningen blev lugt og udseende bedømt af 5 dommere/eksperter med en 4-trins skala, hvor 1 og 2 er acceptable og 3 og 4 er uacceptable.

Tabel 4. Ekspertbedømmelse af lugt og udseende efter åbning.

	Optøning uden karton	50% optøede i karton	Fuld optøede i karton
% lugtkarakter 1	94	98	37
% udseende, karakter 1	97	100	72
% acceptable	100	100	88

Efter fuldstændig optøning fik en væsentligt større andel af midterstykkerne bedømmelse 2 (lidt afvigende lugt og begyndende misfarvning, men stadig acceptabel). Efter 13 dages optøning i reeferen var 88% af midterstykkerne, placeret i midten af kartonen, stadig "acceptable".

Farve

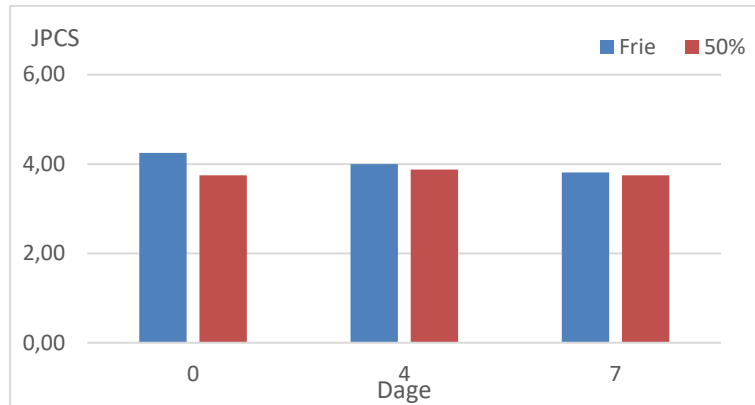
Otte midterstykker fra hver behandling blev bedømt med reference til den japanske farveskala (JPFS) for fedt og kød, og én kotelet fra hver af de 8 midterstykker blev desuden målt med videometer til bestemmelse af farve og farvestabilitet.

Tabel 5. Farvebedømmelse af fedt og kød lige efter udpakning.

	Optøning uden karton	50% optøede i karton	Fuld optøede i karton
JPFS (1-4)	3,4	3,1	2,9
JPCS (1-6)	4,3	3,8	3,9

Kødets farve blev bedømt lidt mere rødt ved den hurtigste optøning, og fedtsiden blev også bedømt lidt mere rødlig.

Midterstykkerne fra optøning uden karton og de 50% optøede i karton blev desuden farvebedømt efter 4 og 7 dage.



Figur 5. Farvebedømmelse med den japanske farveskala JPCS.

Midterstykker, optøet udenfor karton, blev bedømt lidt mere røde efter optøning, men efter 4 dage var der ikke forskel. Målingerne med VideometerLab viste den samme tendens, nemlig at kødet blev lysere efter 4 og 7 dages lagring fra optøning.

Fedtet blev mindre rødt med lagringstiden, men efter 7 dage var farven grålig på over halvdelen af de bedømte midterstykker.

Saltning og baconudbytte

Midterstykkerne blev delt i backs og streaky, og til beregning af backsudbyttet indgik 12 backs pr. behandling og alle streaky. Saltningen blev gennemført ad to gange, således at midterstykkerne var optøede i enten 2, 6 eller 9 dage før saltning. Der blev anvendt en kommerciel baconlage, og tilvæksten var 14,6% i begge runder for både backs og streaky, baseret på fersk vægt før saltning.

I tabel 6 er procesudbyttet angivet for de 4 forskellige kombinationer. Midterstykkerne fra palle 2 (50% optøede) blev varmrøget efter 2 og 9 dages lagring efter optøning for at undersøge effekt af lagringstid, mens de to andre behandlinger (frie optøede) og (fuldt optøede) begge blev processeret efter 6 dages lagring for at undersøge effekt af optøningsmetode.

Tabel 6. Procesudbytter fra baconfremstilling, backs og streaky

Lagringsdage før saltning (optøningsrutine)	Backs			Streaky		
	L_svind	B_tilvækst	M_svind	L_svind	B_tilvækst	M_svind
2 (50% optøet)	2,4	14,3	0,8	1,5	11,5	1,0
6 (frie – karton)	3,0	14,8	0,7	1,2	15,3	0,9
6 (fuldt optøet)	2,3	14,5	1,0	1,2	15,0	0,8
9 (50% optøet)	5,4	15,0	1,0	3,1	14,7	0,7

L_svind = vægttab fra optøning til saltning, B_tilvækst = vægtstigning efter multistiksprøjtning med baconlage og M-svind = vægttab efter 8 dages modning ved 2°C før røgning.

Svindet steg med lagringstid før saltning, mens der ikke var forskel i bacontilvækst og svind under modning for de forskellige optøninger. Den lavere saltningstilvækst for streaky, som kun var lagret i 2 dage, var signifikant, uden at der kunne findes en forklaring. Der blev fx ikke fundet sammenhæng til den målte kød%.

Diskussion og konklusion

Det er muligt at optø kartoner med svinekød i en standard reefer ved at ændre setpunktet for temperaturen, men varigheden for fuld optøning er for lang i forhold til tilbageværende holdbarhed, selvom de enkelte kartoner stables på mellemlæg. Dette forsøg viste endvidere, at der ikke var stor forskel i optøningsforløbet mellem lodret og vandret placering af kartonerne – varigheden for en fuld optøning var i begge tilfælde ca. 11 døgn.

Ved enkeltoptøning af midterstykker udenfor kartonemballage var optøningstiden ca. 3 døgn.

Jo længere tid et midterstykke opbevares på køl efter optøning, jo større vil optøningssvindet blive. Midterstykker optøet i karton viste en stor variation i optøningstid, og dermed varierede optøningssvindet også mere. De midterstykker, som først blev vejet, efter at alle på pallen var fuldt optøede, havde også det største optøningssvind.

Der var ikke effekt af optøningsproces/-tid på farve og baconudbytter, men efter nogle dage på køl efter optøning blev kødet lysere og fedtet mere gråligt.

Det psykotrofe kimtal blev umiddelbart reduceret ved indfrysning/optøning, men opbevaring på køl gav igen vækst af bakterierne, og efter 10-14 døgn var kimtallet på et uacceptabelt niveau. Variationen i optøningstid mellem midterstykker indenfor samme batch, pakket i karton, var omkring 6 døgn. Derfor vil kimtallet på nogle af

midterstykkerne allerede være tæt på et uacceptabelt højt niveau, når de sidste midterstykker i kartonen er optøede.

Anbefaling På baggrund af forsøgets resultater opsættes følgende anbefalinger til optøning i standard reefer:

- Kun produkter, som leveres direkte uden ompakning fra frysehus til modtager, kan indgå i konceptet
- Produkter til optøning under transport skal beholdes på mellemlæg allerede ved pakning af reefer
- Fuld optøning af produkt kræver ændring af nuværende pakkemetoder eller ingen brug af pap (pakning i karton anbefales kun til temperering $< -3^{\circ}\text{C}$)

Deltagere: JPT, LOBG, PVO, LANN, Lab M, CCH, PIFA, Lab K, DBN

Litteratur

[1] *Hviid, M. & M. Darré.* Effect of freezing time on quality of thawed loins. In proceeding from 47th ICoMST in Kraków, Poland, August 26th-31st, 2001

[2] *Hviid M., M. Darré and J. Würtz.* Thawing of pork loin. In proceeding from 63rd ICoMST in Cork, Ireland August 13th-18th, 2017

[3] *Darré, M., L.B. Nielsen, M. Hviid, J. Würtz, DMRI, Projektnr. 2005323-17, 8. november 2017, Detailplan, Forsøg 3.* Optøning i container. Betydning af forskellige optøningsprofiler for holdbarhed, dryptab og kvalitet af hele midterstykker

[4] *Nielsen, L. B. & J. Würtz, DMRI, Projektnr. 2005323-17, 30. november 2017, Forsøgsrapport.* Nedskaleret optøning i reefer. Afrapportering og databehandling