



Rapport

Mørning ved LTLT-behandling og enzymmarinering

Semiforædlede produkter – foodservice

Regitze Petersen

15. april 2016
Projektnr. 2004287-16
Version 1
Init. REPE/LHHR/MTDE/MT

Sammendrag

Baggrund og formål

Denne rapport 'Mørning ved LTLT-behandling og enzymmarinering' indgår som en del af projektet om semiforædlede produkter til foodservice. Formålet med forsøget er at undersøge, om tilsætningen af udvalgte enzymer kan fremme mørningen af svinekød tilberedt ved LTLT (lang tid – lav temperatur), uden negativ påvirkning af spisekvaliteten.

Ved LTLT-behandling opnås en skånsom tilberedning af eksempelvis kødprodukter. Den lave tilberedningstemperatur gør det muligt at udnytte enzymernes nedbrydende egenskaber til at opnå mørhed.

Det er ønsket at nedsætte den samlede tilberedningstid ved LTLT-behandling. Dette kan opnås ved at tilsætte proteolytiske enzymer, som nedbryder myofibrillære proteiner og kollagen i kødet under tilberedningen og dermed fremmer mørningen. I dette forsøg blev nakkefilet fra svin udvalgt som relevant udskæring til test af enzymmørning.

Konklusion

Tilsætningen af *Bacillus subtilis*, som 0,02% koncentration af lagen, og *Aspergillus oryzae*, som hhv. 0,02% og 0,04% af lagen, i svinenakker havde en kvalitetspåvirkning af produktet.

Produkter tilsat enzym viste et signifikant større vægtsvind ved SV-behandling sammenlignet med neutralmarinerede produkter. Der var endvidere en signifikant forskel på vægtsvind mellem produkter tilsat de to forskellige enzymer. *Aspergillus oryzae* gav det største vægtsvind.

Test af spisekvaliteten viste, at produkter tilsat enzymer gav en højere grad af mørhed sammenlignet med produkter uden tilsætning af enzym. Dog var der ikke synlig forskel på mørhedsgraden ved en fordobling af enzymkoncentrationen for *Aspergillus oryzae*.

Produkter tilsat enzymer havde bismag af eksempelvis metal, lever og mel. Produkterne havde en negativ påvirkning af mundfølelsen, da kødet gav en klisset og melet fornemmelse i munden.

Det var, ved tilsætning af de udvalgte enzymer fra *Bacillus subtilis* og *Aspergillus oryzae* i de forskellige koncentrationer, muligt at fremstille møre produkter. Spisekvaliteten var dog negativt påvirket af enzymtilsætningen i en sådan grad, at valget af enzymer ved disse koncentrationer ikke kan anbefales til LTLT-behandling af svinenakker.

Nomenklatur

LTLT: Long Time Low Temperature. Tilberedningsmetode ved lav temperatur.
SV: Sous vide

Baggrund og formål

Indledning

Denne rapport 'Mørning ved LTLT-behandling og enzymmarinering' indgår som en del af projektet om semiforædlede produkter til foodservice.

Formålet med forsøget er at undersøge, om tilsætningen af udvalgte enzymer kan fremme mørningen af svinekød tilberedt ved LTLT (lang tid – lav temperatur), uden negativ påvirkning af spisekvaliteten.

Ved LTLT-behandling opnås en skånsom tilberedning af eksempelvis kødprodukter. Den lave tilberedningstemperatur gør det muligt at udnytte enzymernes nedbrydende egenskaber til at opnå mørhed.

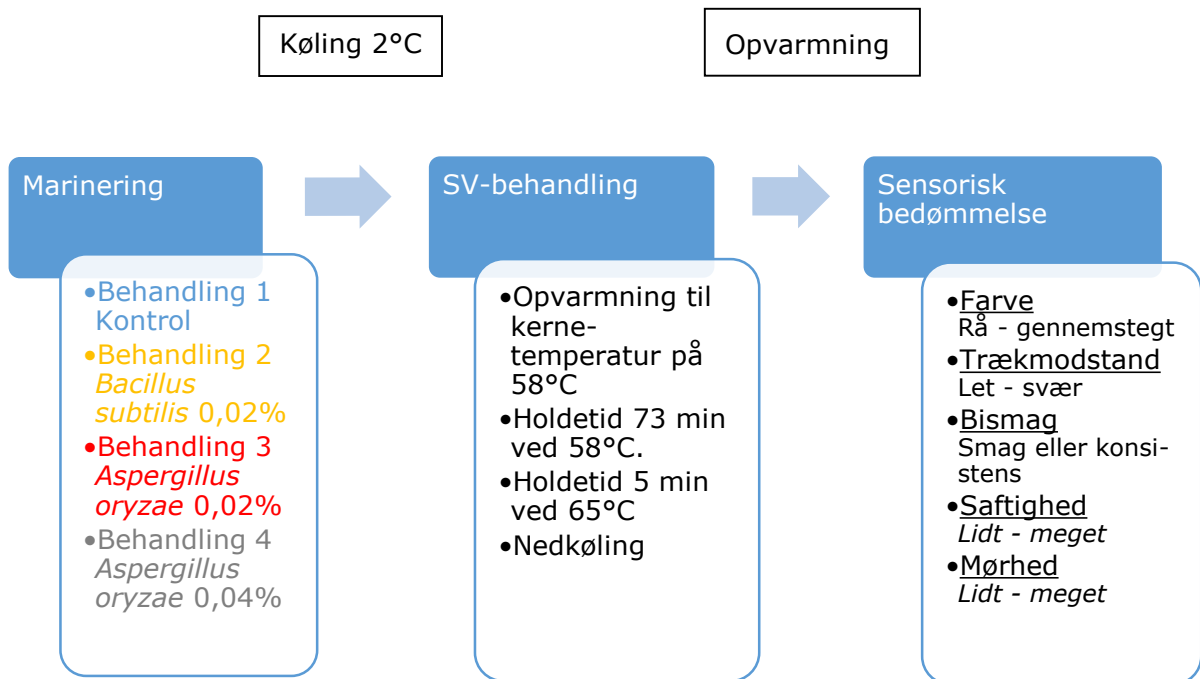
Det er ønsket at nedsætte den samlede tilberedningstid ved LTLT-behandling. Dette kan opnås ved at tilsætte proteolytiske enzymer, som nedbryder myofibrillære proteiner og kollagen i kødet under tilberedningen og dermed fremmer mørningen. I dette forsøg blev nakkefilet fra svin udvalgt som relevant udskæring til test af enzymmørning.

Fremgangsmåde

Forsøgsdesign

Der er udført forsøg med enzymer fra 2 forskellige mikroorganismer, *Bacillus subtilis* (Enzeco® Neutral Bacterial Protease 160B, Enzyme Development Corporation, USA) og *Aspergillus oryzae* (Enzeco® Fungal Protease 400, Enzyme Development Corporation, USA) på svinenakker. Dette forsøg omfatter 4 forskellige behandlinger af svinenakker: en behandling med kontrollage (uden til sætning af enzym), en behandling, hvor lagen bestod af 0,02% *Bacillus subtilis protease* og to behandlinger med lage tilsat hhv. 0,02% og 0,04% *Aspergillus oryzae protease*.

Svinenakkerne blev injiceret med de forskellige enzymer, LTLT-behandlet, opvarmet og serveret for et sensorisk panel, som bedømte dem. Forsøgsdesignet er illustreret i figur 1.



Figur 1. Forsøgsdesign

Råvarer

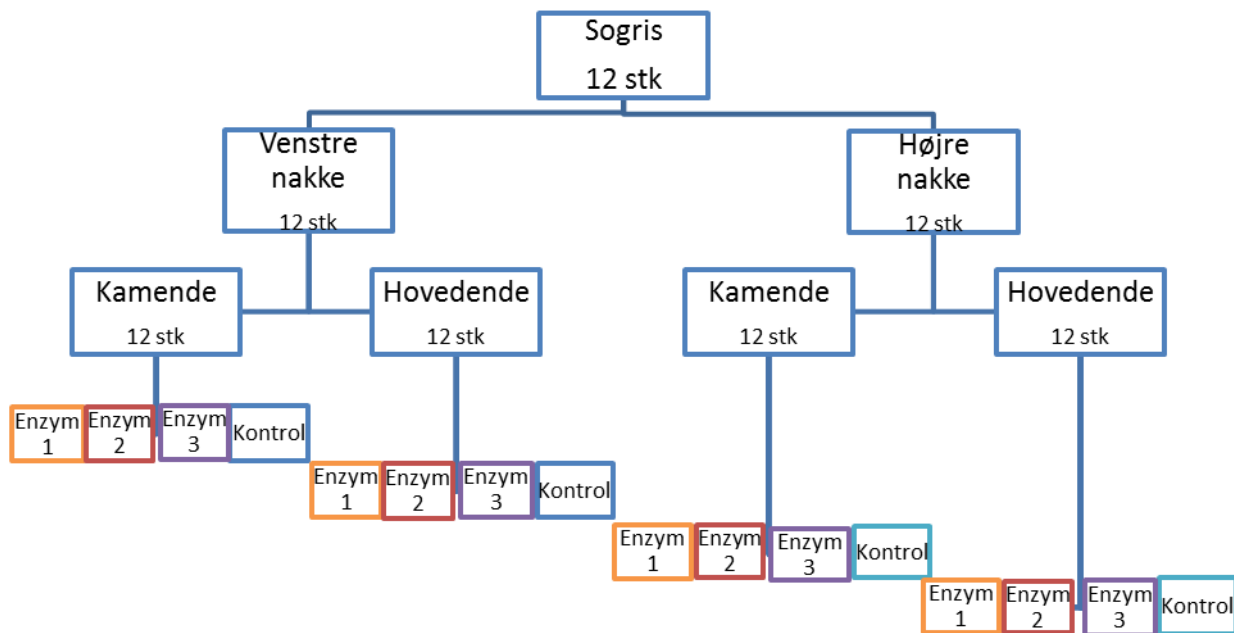
Grisene blev udvalgt på Danish Crown i Herning. Slagtevægten var $87,0 \pm 1,9$ kg og havde efter 24 timer et gennemsnitligt pH i venstre nakke [1] på $6,0 \pm 0,2$.

Der blev anvendt nakkefilet fra højre og venstre side af 8 sogrise. I alt blev der benyttet 8 halve nakkesteg pr. behandling, ligeligt fordelt over:

- 8 sogrise
- Højre og venstre side
- Kam- og hovedende

Opdelingen er illustreret i figur 2.

Derudover blev der benyttet 8 steg til kalibrering af multistiksprøjten.



Figur 2. Opdeling af sogrise til behandlingsstege.

Marinering

Alle stegene blev saltmarineret med en 0,6% saltlage. Til lagerne for behandling 2, 3 og 4 var der tilsat enzymer. Hvert enzym blev dagen før tilsætning til lagen opløst i 0,5 L vand. Koncentrationerne af de tilsatte enzymer fremgår af tabel 1.

Tabel 1. Marinadeopskrift

| Behandling | Enzym | Koncentration i lagen | Enzym [g] | Salt [g] | Vand enzymopl. [g] | Vand [g] | Total marinade [g] |
|------------|-------------------|-----------------------|-----------|----------|--------------------|----------|--------------------|
| 1 | Ingen | - | - | 201 | - | 33299 | 33500 |
| 2 | <i>Bacillus</i> | 0,02% | 6,4 | 192 | 500 | 31302 | 32000 |
| 3 | <i>Aspagillus</i> | 0,02% | 6,4 | 192 | 500 | 31302 | 32000 |
| 4 | <i>Aspagillus</i> | 0,04% | 12,8 | 192 | 500 | 31295 | 32000 |

Stegene blev injiceret med multistiksprøjte FGM 26/52 (Food Machinery Company APS, Danmark), med 60 slag/min og ved et tryk på 1,2 bar. Til indstilling af multistiksprøjten blev der benyttet 8 stege, som efterfølgende blev brugt til styring af SV-kar, samt logning af temperaturprofiler.

Stegene havde en tilvækst på $10 \pm 3\%$. Stege fra hovedenden havde generelt en større tilvækst end kamenden.

| | |
|----------------------|--|
| <i>Pakning</i> | Stegene blev pakket i vakuumposer af typen: Cryovac CN300 str. 300x400 mm, på VM 51/2 (Röscher Vakuumtechnik GmbH, Tyskland). Efter vakuumpakningen blev stegene opbevaret på køl ved 2°C natten over. |
| <i>SV-behandling</i> | <p>36 stege blev SV-behandlet¹. 32 stege indgik i den sensoriske bedømmelse og havde fået behandling 1, 2, 3 eller 4. To stege (en til genopvarmning i session 1 og en til genopvarmning i session 2) blev benyttet til at styre SV-karet i forhold til kernetemperatur. Disse stege blev ikke marinerede. Yderligere 2 stege blev benyttet til måling af temperatur til temperaturkurver. Disse stege var behandlet med behandling 1.</p> <p>Til SV-behandlingen blev SV-KAR1 model 40 kg (Classic Gastro, Danmark) benyttet. Karret var indstillet til en vandstand på 21 cm. Placeringen af stegene i SV-karret var tilfældig. Den samlede vægt af de 36 stege var 52,24 kg. Karret varmede op, til SV-styringsstegen havde en kernetemperatur på 58°C. Denne temperatur blev fastholdt i 73 min (trin 1). Derefter blev temperaturen hævet til 65°C ΔT 10°C² og holdt ved denne temperatur i 5 min (trin 2). Stegene blev kølet ned til 5°C og opbevaret på køl ved 2°C.</p> <p>Genopvarmning af stegene foregik over 2 dage og fandt sted samme dag som den sensoriske bedømmelse. Første dag blev 16 stege, alle fra højre nakke med behandling 1, 2, 3 eller 4 samt en steg til SV-styring og en til temperaturkurvemåling, tilfældigt placeret i SV-karret. Karret var indstillet til en vandstand på 16 cm og ΔT 5°C. Karret indeholdt 26,9 kg kød. Da kernetemperaturen nåede 58°C, blev halvdelen af stegene overført til forvarmede SV-kar (58°C) i det sensoriske køkken, og den anden halvdel forblev i det benyttede SV-kar. Da de første stege var blevet serveret for det sensoriske panel, blev de resterende stege overført til de forvarmede SV-kar i det sensoriske køkken. Samme procedure fandt sted dagen efter. Stegene ved denne genopvarmning var fra venstre nakke. Den samlede mængde kød var 26,0 kg.</p> <p>Temperaturen i produktionslokalet var omkring 20°C, da SV-processen blev udført. Ved genopvarmningen var temperaturen omkring 12°C.</p> |
| <i>Energi</i> | <p>Energiforbruget ved SV-behandlingen blev noteret ved: opstart, trin 1 start, trin 1 slut, trin 2 start, trin 2 slut og nedkøling slut.</p> <p>Energien ved genopvarmningerne blev noteret for: start opvarmning, slutopvarmning/start holdetid og holdetid slut.</p> |
| <i>Svind</i> | Stegene blev vejjet for at beregne marineringsstilvæksten samt for at finde det totale vægtsvind. Vægten blev noteret: før marinering, efter marinering, efter vakuumpakningen og efter genopvarmningen. |

¹ Sous vide

² Ved opvarmningen mellem trin 1 og trin 2 i SV-processen ønskes det at hæve kernetemperaturen til 65°C. ΔT 10°C henviser til, at vandtemperaturen under denne opvarmning må være 65°C \pm 10°C.

Temperaturkurver For at kunne dokumentere, at produkterne havde gennemgået den ønskede behandling, blev der produceret temperaturkurver af de temperaturdata, der var målt ved SV-behandlingen.

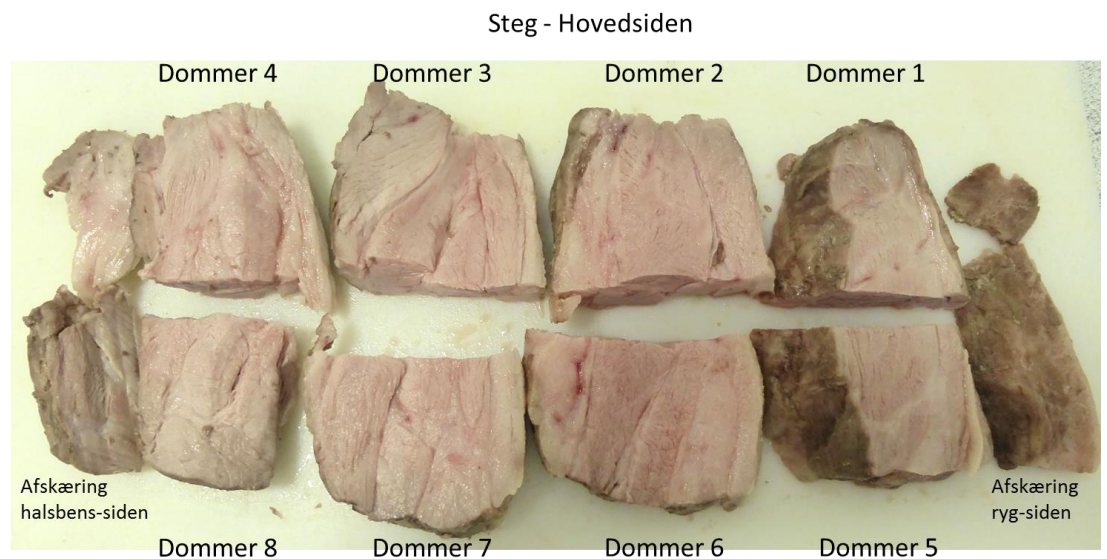
Sensorisk bedømmelse Af hver steg blev der produceret 8 serveringsstykker. Stegen blev delt i 4 skiver skåret på langs af fibrene og efterfølgende delt en gang på tværs af fibrene.
Kødet blev skåret og målt fra rygside af nakkefileten. Det yderste stykke fra rygside blev skåret af før opmåling, således at prøverne fremstod nyskårne fra begge skæresider.
Grundet stor inhomogenitet i stegen fik hver dommer konsekvent stykker fra samme sted i stegen ved hver servering. Placering samt udskæring ses af figur 3.

Der blev udført en turbo sensorisk bedømmelse. Dommerpanelet bestod af 8 dommere, som var vant til at udføre sensoriske bedømmelser på kød. Dommerne bedømte over to dage/sessioner i alt 32 prøver. Hver session bestod af 16 prøver, som hver var delt over to omgange.

Ved session 1 var prøverne alle fra højre nakke og havde fået behandling 1-4, mens session 2 bestod af stege fra venstre nakke ligeledes med behandling 1-4.

Før første session blev dommerne instrueret i at trævle kødprøven ved hjælp af to gafler. Teknikken blev demonstreret med en video. Dommerpanelet forsøgte sig med at trævle på prøvestykker. De sensoriske begreber, der skulle bedømmes, blev ligeledes introduceret for dommerne før første session.

Dommerne bedømte prøverne ud fra fem egenskaber: farve, trækmodstand, bismag, saftighed og mørhed. Farve, trækmodstand, saftighed og mørhed blev bedømt på en ustruktureret skala fra lidt til meget som gik fra 1-15. Trækmodstanden blev bedømt efter 20 sekunders trævlen af kødet (foretaget med 2 gafler). Eventuel bismag blev noteret på et stykke papir.



Figur 3. Serveringsstykker til sensorisk bedømmelse

Databehandling

De sensoriske data blev behandlet i PanelCheck.

En single factor ANOVA-model blev benyttet til analyse af det totale svind samt egenskaberne i den sensoriske analyse, $Y = \mu + \text{behandling} + \text{epsilon}$. Ved signifikant forskel blev Tukeys honest significant differences test benyttet til test af individuel behandling.

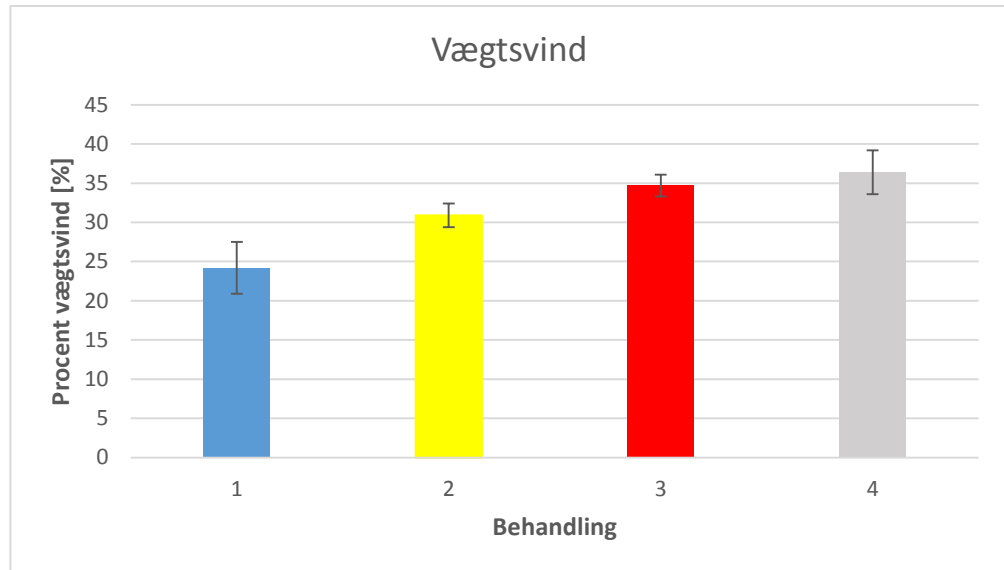
Det resterende data blev behandlet i Excel.

Resultater

Svind

Svindet for stegene er for hver behandling afbilledet i figur 4. Svindet er beregnet på baggrund af vægten før SV-behandling (efter marinadetilvækst) og efter genopvarmning. Stege behandlet med behandling 1 viser det gennemsnitligt mindste vægtsvind. Dette svind ses at være signifikant³ lavere end svindet ved de resterende behandlinger. Endvidere har stegene med behandling 2 et signifikant lavere vægtsvind end stegene behandlet med behandling 3 og 4. *Aspergillus*-proteasen adskiller sig fra den anden enzymbehandling ved at give et større vægtsvind.

³ Signifikansniveau 0,05

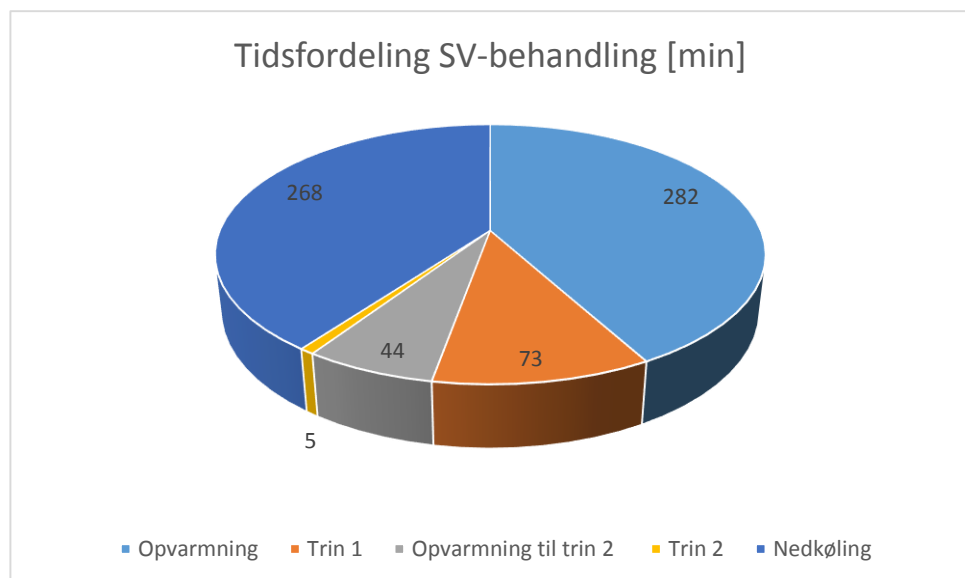


Figur 4. Procentvist vægtsvind ved de forskellige behandlinger samt standardafvigelser. Behandlingerne er hhv. 1: uden enzym, 2: *Bacillus*-protease 0,02%, 3: *Aspergillus*-protease 0,02% og 4: *Aspergillus*-protease 0,04%

SV-behandling

Procestid

SV-behandlingen varede 672 min (11 t, 12 min). De to processer, der tog længst tid, var opvarmning og nedkøling, hvilket var forventeligt, da disse to processer spænder over store temperaturændringer. Opvarmningen samt nedkølingen står for 4/5 af det samlede tidsforbrug ved SV-behandlingen. Tidsfordelingen er illustreret i figur 5.



Figur 5. Tidsforbruget ved de forskellige processer ved SV-behandling.

Af hensyn til fødevarerikkerheden skal produktet holdes ved en kernetemperatur på 58°C i 73 minutter. Den efterfølgende temperaturstigning til 65°C i 5 minutter benyttes til at denaturere de tilsatte enzymer.

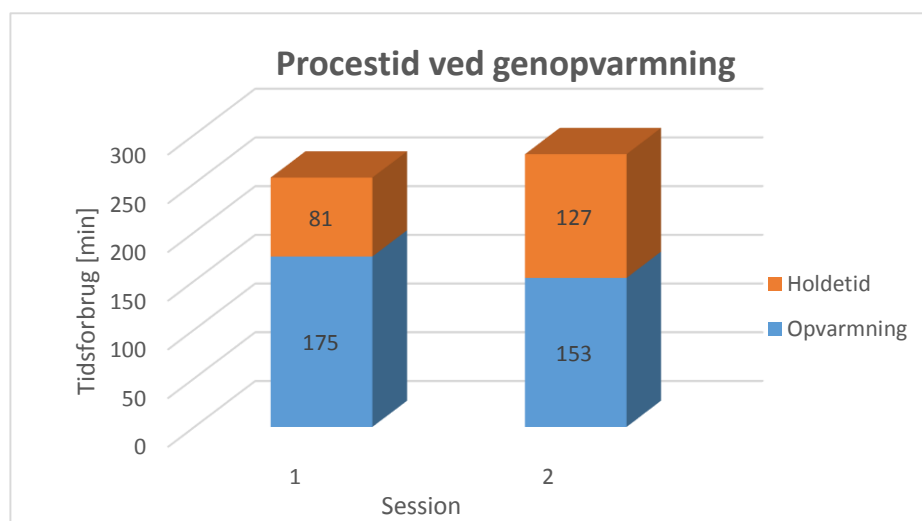
Temperaturkurverne fra dette forsøg viser, at kernetemperaturen har været 58°C i 73 min. Dermed overholdes de sikkerhedsvurderinger, der er udarbejdet af Fødevarerikkerhed. Temperaturen har efterfølgende været 65°C i 5 minutter, hvilket var ønsket for at denaturere de tilsatte enzymer.

Hvis denatureringsprocessen inkorporeres i den første opvarmningsproces, vil den samlede varmebehandling være 73 minutter. Procestiden vil dermed, i forhold til dette forsøg, kunne nedsættes.

Genopvarmning

Procestiden for genopvarmning er forskellig mellem de to sessioner. Opvarmningstiden er den tid, der er brugt på opvarmning af produkterne til en kerntemperatur på 58°C. Holdetiden indebærer den tid, produkterne har været opbevaret i SV-karet efter opvarmningen (ved 58°C), indtil de blev taget op til servering. Figur 6 viser forskellen på tidsforbruget mellem de to genopvarmningsprocesser. Ved session 2 er opvarmningstiden kortere end opvarmningstiden ved session 1. Én forklaring kan være, at der ved session 2 blev opvarmet knapt 1 kg kød mindre end ved session 1.

Holdetiden ved session 2 er længere end session 1. Dette skyldes, at serveringen ved session 2 strakte sig over en længere tidsperiode, og derfor blev opbevaringstiden/holdetiden længere.

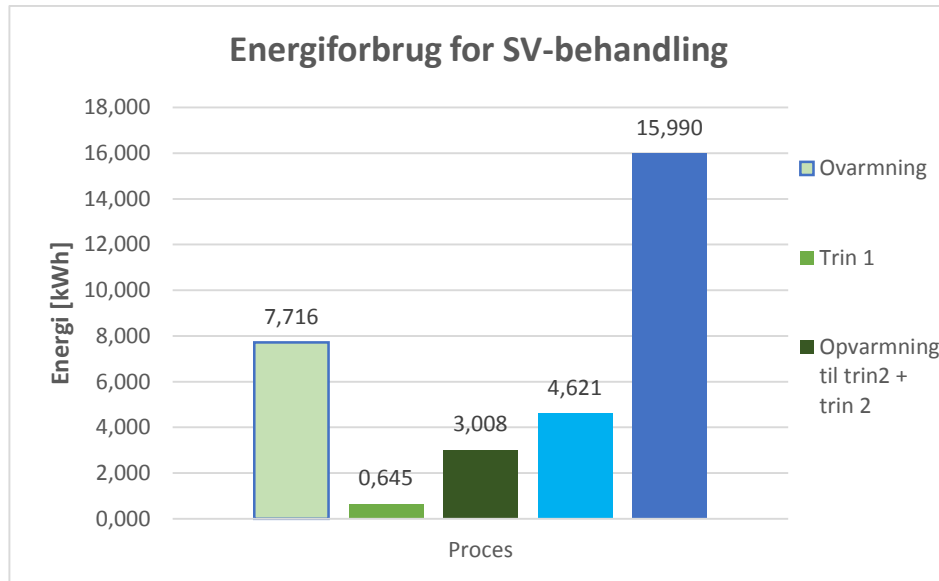


Figur 6. Tidsforbrug ved genopvarmning af SV-produkter.

Energi

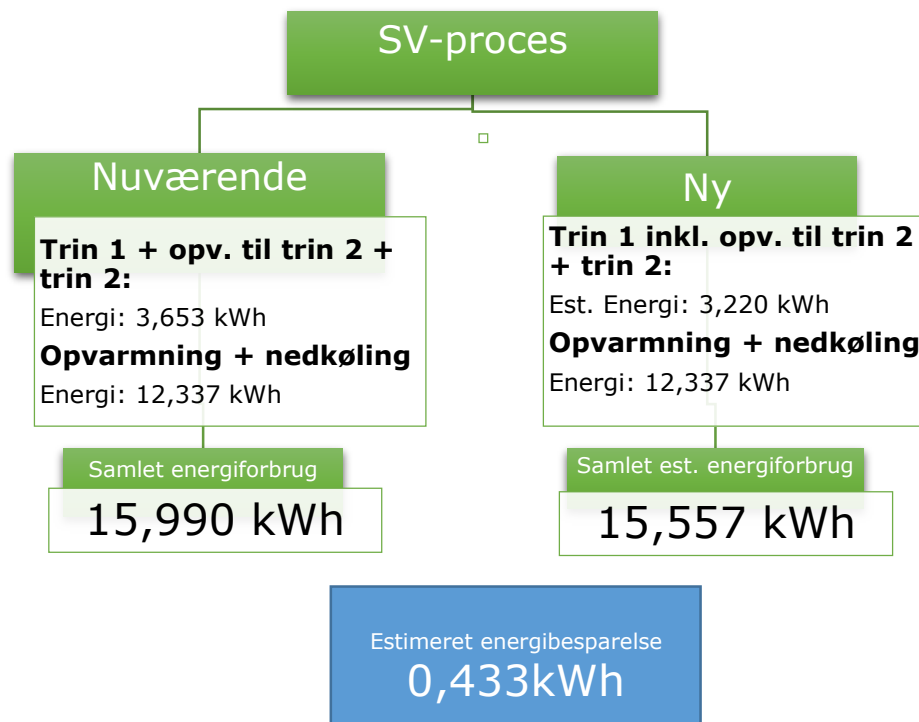
SV-behandling

Det samlede energiforbrug for SV-behandlingen er illustreret i figur 7. 48,3% af den samlede energi forbrugt ved SV-behandlingen blev benyttet til opvarmningsprocessen.



Figur 7. Fordelingen af energiforbrug ved de enkelte procestrin samt det totale energiforbrug ved SV-behandlingen.

Det samlede energiforbrug for SV-behandlingen kan antageligvis nedsættes, hvis denatureringsprocessen inkorporeres i trin 1. Af data fra dette forsøg er der estimeret en energibesparelse. Produkter og produktionsomstændigheder kan variere, hvilket vil have indflydelse på tids-og energiforbrug ved processen. Denne besparelse, som ses af figur 8, bygger på teoretiske værdier med udgangspunkt i data fra forsøget 'Mørning ved LTLT-behandling og enzymmariner' udført 1. april 2016.



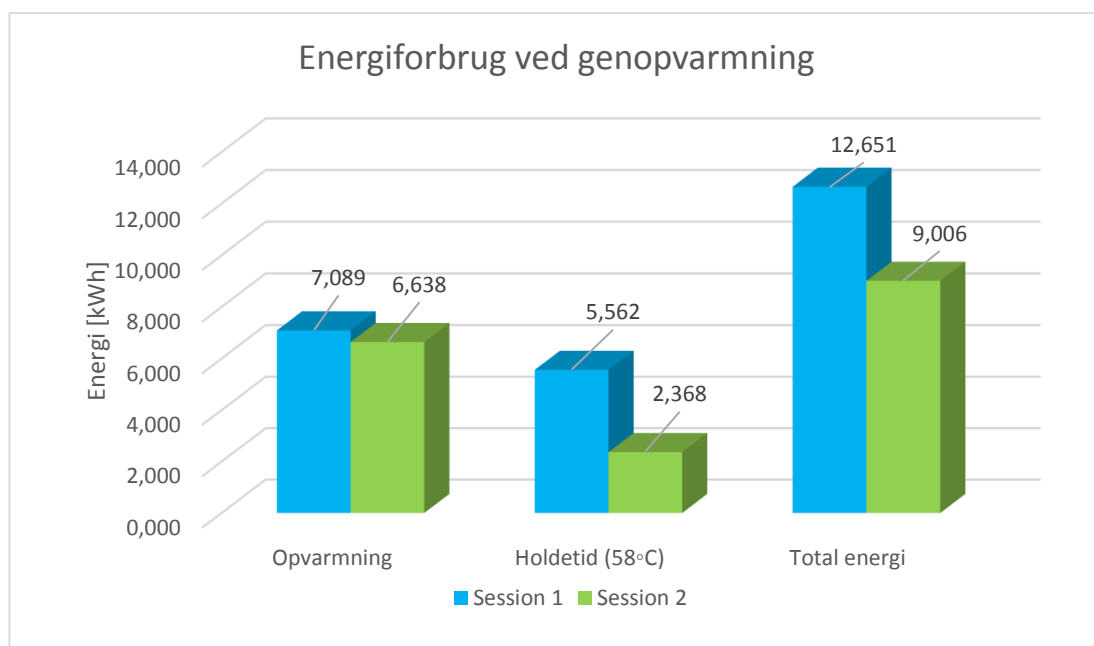
Figur 8. Estimeret energibesparelse ved inkorporering af ny holdetidsproces. Udregning ses af bilag 2.

Genopvarmning

Energiforbruget ved genopvarmning er målt for opvarmning og holdetid. Ved holdetiden for session 1 er der forbrugt mere end dobbelt så meget energi som ved holdetiden for session 2. I bilag 1 ses temperaturkurverne for de to genopvarmningsprocesser. Vandtemperaturen ved holdetid i session 1 falder på uforklarlig vis til 37,2°C. Den ekstra energi forbrugt ved holdetiden i session 1 er gået til at hæve temperaturen fra 37,2°C til 58°C.

Samlet set er der ved genopvarmningen for session 1 forbrugt 28,1% mere energi end ved genopvarmningen for session 2.

Energiforbruget fra session 2 må antages at være det mest repræsentative.



Figur 9. Energiforbrug ved genopvarmning af SV-produkter.

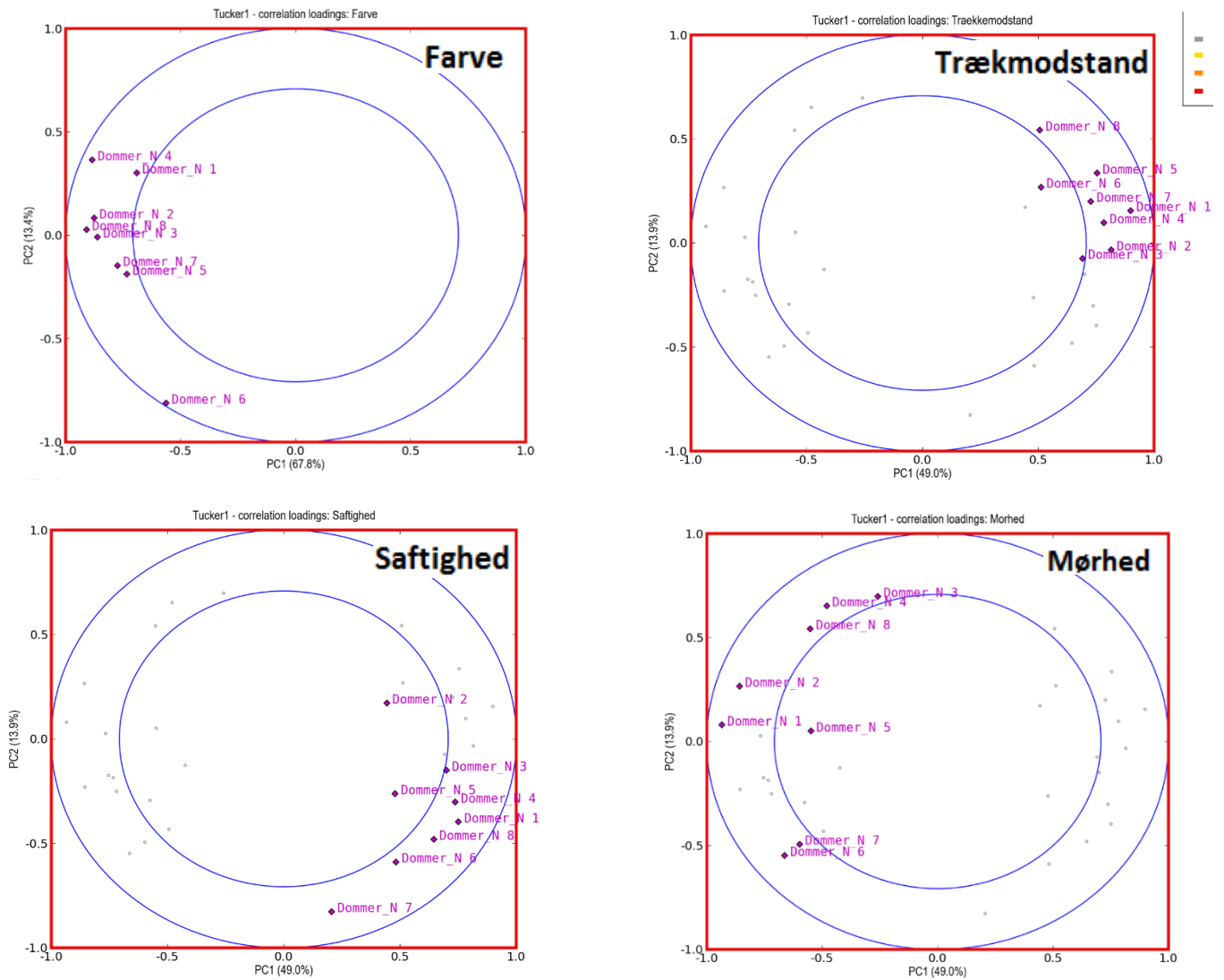
Temperaturkurver

Temperaturkurven for SV-processen viser, at produktet har haft en kernetemperatur på 58°C i 73 minutter, og dermed overholdes de sikkerhedsvurderinger, der er udarbejdet af Fødevarerikkerhed. Temperaturen har efterfølgende været 65°C i 5 minutter, hvilket var ønsket for at denaturere de tilsatte enzymer.

Sensorik

Statistisk analyse

I forbindelse med resultatbehandlingen af de sensoriske data er der produceret Tucker1 correlation loading plot, som ses af figur 10. Plottene giver en indikation af, om dommerne har været enige med hinanden, og om de ved gentag selv har vurderet det samme.



Figur 10. Tucker1 correlation loadings for 4 egenskaber testet af 8 dommere.

Trækkemodstand var en ny og ikke gennemtrænnet egenskab for mange af dommerne, derfor var det usikkert, hvordan denne bedømmelse ville falde ud. Tucker1-plottet for trækkemodstand viser dog bedømmelsesensighed, da dommerne samler sig i en klump.

Overordnet set er resultaterne for dommerensighed tilfredsstillende. Grundet den store inhomogenitet i selve produktet og ikke rene gentag⁴, var det forventeligt, at dommerne var spredt mere ud over plottene, men dommergrupperingerne i de forskellige plots viser en fin ensighed.

⁴ Gentag, der ikke kommer fra præcis samme placering på præcis samme gris.

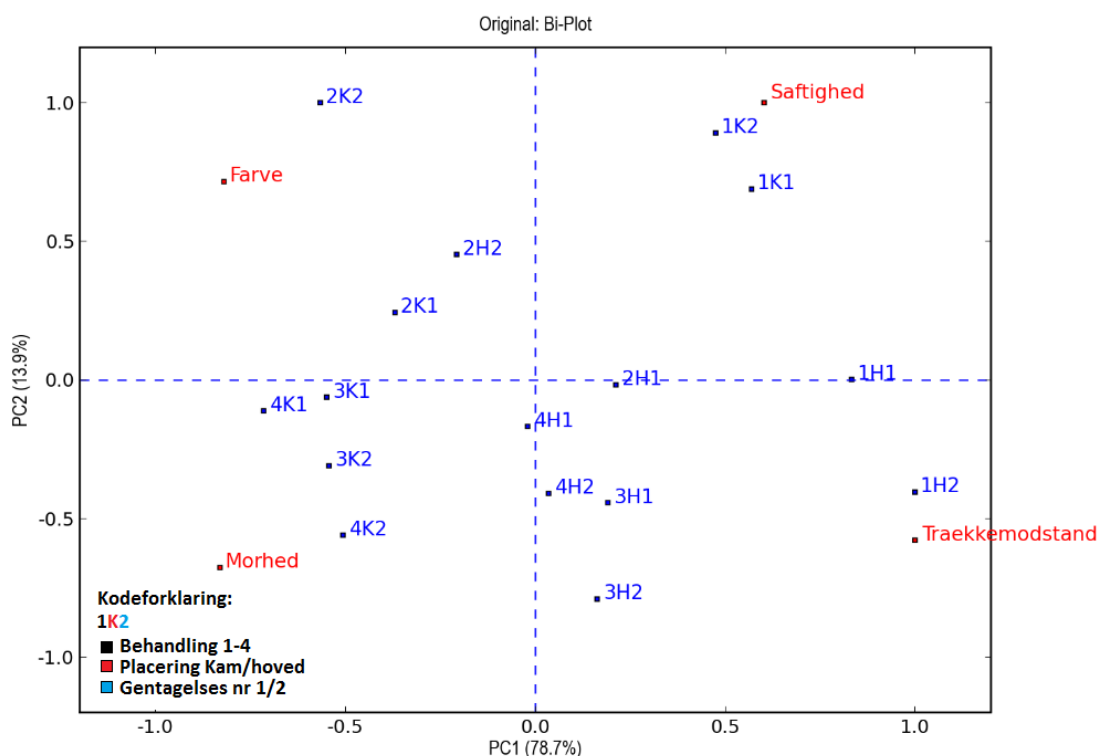
Tabel 2 præsenterer gennemsnitsværdierne for de 4 egenskaber undersøgt ved den sensoriske bedømmelse.

Bogstaverne indikerer for hver vandret række, hvilke behandlinger der er signifikant forskel på.

Tabel 2. Gennemsnitsværdier for fire egenskaber undersøgt ved sensorisk bedømmelse af SV-behandlet svinenakker. Værdier med a skiller sig signifikant ud fra værdier med b og c osv. (signifikansniveau 0,05).

| Behandling | 1 % Enzym | 2 <i>Bacillus</i> 0,02% | 3 <i>Aspergillus</i> 0,02% | 4 <i>Aspergillus</i> 0,04% |
|--------------|-------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Farve | 5,1 _a | 7,5 _a | 7,2 _a | 7,1 _a |
| Trækmodstand | 10,1 _a | 5,8 _b | 7,6 _b | 6,6 _b |
| Saftighed | 9,0 _a | 7,1 _b | 5,7 _c | 5,7 _c |
| Mørhed | 7,2 _a | 10,1 _b | 11,0 _b | 11,2 _b |

De sensoriske resultater for produkterne er illustreret ved et PCA-biplot og ses af figur 11.



Figur 11. PCA-biplot – sensoriske bedømmelser af produktet ved 4 forskellige enzym-behandlinger ved 2 forskellige placeringer med 2 gentag.

Af biplottet ses, at den største varians er repræsenteret ved PC1, derfor vil fokus ligge ved forskelle i PC1-aksens retning.

Egenskaben saftighed ligger langt fra egenskaben mørhed i biplottet. Dette betyder, at produkterne ikke fremstår både saftige og møre, hvilket ville have været at foretrække i forbindelse med dette produkt. Egenskaben trækmodstand dækker over, hvor svært kødet var at trække fra hinanden. At mørhed er placeret langt fra denne egenskab understreger, at når produktet er svært at trække fra hinanden, er det ikke mørt. Dette antyder, at dommerne har forstået disse 2 egenskaber som ønsket.

Produkterne 1K1, 1K2, 1H1 og 1H2 er behandling 1, dvs. uden tilsætning af enzymer. Disse prøver ligger betydeligt længere væk fra farvepunktet end de resterende prøver, som er behandlet med enzymer, hvilket antyder, at enzymbehandlingen har betydning for farven i serveringskødet. Des tættere produktet er placeret på punktets farve, des mere gennemstegt vil det have fremstået. Det er ønsket at fremstille kød, som ikke farvemæssigt påvirkes af enzymtilsætningen. Referenceprøven – behandling 1 er i PCA-plottet placeret længst fra farveegenskaben, hvilket betyder, at den fremstår mere rå end de resterende behandlinger. Det kunne overvejes, om tilberedningstemperaturen er for lav i forhold til visuel bedømmelse, da referenceprøven bør være udgangspunktet og dermed fremstå gennemstegt.

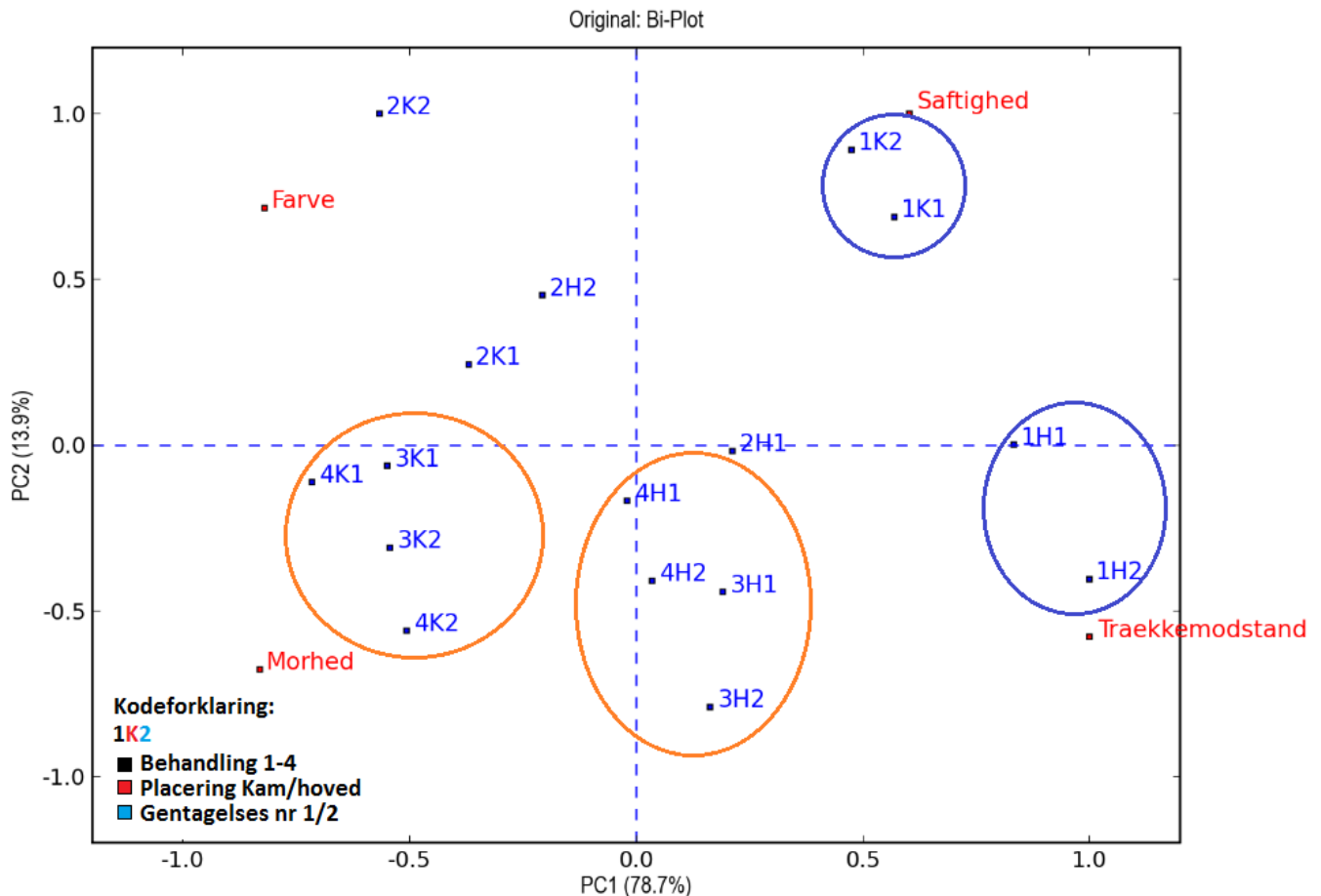
Et tidligere studie med tilsætning af enzymer til kødprodukter har påvist en farvepåvirkning af kødet i form af brunfarvning [2].

I figur 12 er der i PCA-biplotet indtegnet de sammenhænge, som ses imellem produkterne.

De blå ringmarkeringer er stege behandlet med behandling 1. Prøverne er i plottet delt således, at hovedenderne er samlet, og kamenderne er samlet. Deres placering på PC1-aksen er dog ikke langt fra hinanden, så produkterne adskiller sig ikke meget fra hinanden, men der er en lille tendens til, at hovedenderne er sværere at trække fra hinanden end kamenderne. Det ses, at trækmodstanden er højere for hovedenderne, mens kamenderne fremstår mere saftige. Generelt viser biplotet, at særligt behandling 1 adskiller sig fra de produkter, der er behandlet med enzymer.

Resultaterne fra behandling 2 spredt sig over en stor distance på PC1-aksen. Den store variation gør, at det er svært at se en tendens for denne behandling. Behandling 3 og 4 er i figur 12 markeret med orange markeringsringe. Behandlingerne er med samme enzym ved forskellige koncentrationer. Som plottet viser, kan prøverne for disse behandlinger deles i to grupperinger. Første ring indeholder kamenderne fra begge behandlinger, mens anden ringmarkering er hovedenderne. Kamenderne er grupperet tættere på egenskaben mørhed end hovedenderne. Ved et foregående forforsøg blev det registreret, at kamenderne var mere møre end hovedenderne. Dette kan altså bekræftes med resultaterne fra dette forsøg.

At de sensoriske bedømmelser af de to behandlinger grupperer sig, som figuren viser, betyder, at det sensoriske dommerpanel ikke identificerer en forskel på om koncentrationen af den tilsatte *Aspergillus*-protease er 0,02% eller 0,04%.



Figur 12. PCA-biplot over sammenhænge mellem produkterne. Behandlinger: 1: uden enzym, 2: *Bacillus*-protease 0,02%, 3: *Aspergillus*-protease 0,02%, 4: *Aspergillus*-protease 0,04%.

Bismag – mundfølelse

Dommerne noterede yderligere kommentarer til egenskaber ved kødet. En del af beskrivelserne, dommerne har afgivet, relaterer til, hvordan produktet føltes i munden.

Behandling 1 – kontrol

Enkelte dommere nævner, at produktet har metalsmag. Produkterne har også smag af kød.

Behandling 2 – *Bacillus*-protease 0,02%

Smagen af metal, lever og mel nævnes for stort set alle prøverne af 1-3 dommere. Derudover nævnes begreber som tørt, melet og klæbrigt i relation til mundfølelsen.

Behandling 3 – *Aspergillus*-protease 0,02%

Bismage som lever, metal og mel nævnes. Mundfølelsen af prøverne beskrives som klistret/klæg, melet og smattet. Hvert begreb er nævnt af mellem 1 og 6 dommere, hvoraf der ved de fleste egenskaber er 3 dommere, der har bedømt samme bismag/konsistens for prøven.

Behandling 4 – *Aspergillus*-protease 0,04%

Begreber som lever, metal, bittert, melet, klistret og smattet nævnes ved bedømmelserne af disse prøver. Den klistrede mundfornemmelse er for halvdelen af prøverne noteret af minimum 3 dommere. Ved en af disse prøver har 7/8 dommere noteret en klistret mundfornemmelse.

Kommentarerne for behandling 1 omhandler hovedsageligt bismag.

For behandling 2-4 omhandler flest kommentarer mundfornemmelsen. Særligt for behandling 3 og 4 ses en overvægt af konsistensrelaterede kommentarer. Flest dommere har noteret bismag og konsistens ved prøver tilsat *Aspergillus*-proteasen. På baggrund af kommentarerne angående bismag og konsistens ses der ikke en umiddelbar forskel på, om koncentrationen af proteasen har været 0,02% eller 0,04%, da antallet af dommere, der har påpeget bismag for prøverne, er tilnærmelsesvis ens.

Afsmag af lever, metal og bitterhed er tidligere sat i forbindelse med enzymbehandlede kødprodukter [3].

Konklusion

Tilsætningen af *Bacillus subtilis*, som 0,02% koncentration af lagen, og *Aspergillus oryzae*, som hhv. 0,02% og 0,04% af lagen, i svinenakker havde en kvalitetspåvirkning af produktet.

Produkter tilsat enzym viste et signifikant større vægtsvind ved SV-behandling sammenlignet med neutralmarinerede produkter. Der var endvidere en signifikant forskel på vægtsvind mellem produkter tilsat de to forskellige enzymer. *Aspergillus oryzae* gav det største vægtsvind.

Test af spisekvaliteten viste, at produkter tilsat enzymer gav en højere grad af mørhed sammenlignet med produkter uden tilsætning af enzym. Dog var der ikke synlig forskel på mørhedsgraden ved en fordobling af enzymkoncentrationen for *Aspergillus oryzae*.

Produkter tilsat enzymer havde bismag af eksempelvis metal, lever og mel. Produkterne havde en negativ påvirkning af mundfølelsen, da kødet gav en klistret og melet fornemmelse i munden.

Det var, ved tilsætning af de udvalgte enzymer fra *Bacillus subtilis* og *Aspergillus oryzae* i de forskellige koncentrationer, muligt at fremstille møre produkter. Spisekvaliteten var dog negativt påvirket af enzymtilsætningen i en sådan grad, at valget af enzymer ved disse koncentrationer ikke kan anbefales til LTLT-behandling af svinenakker.

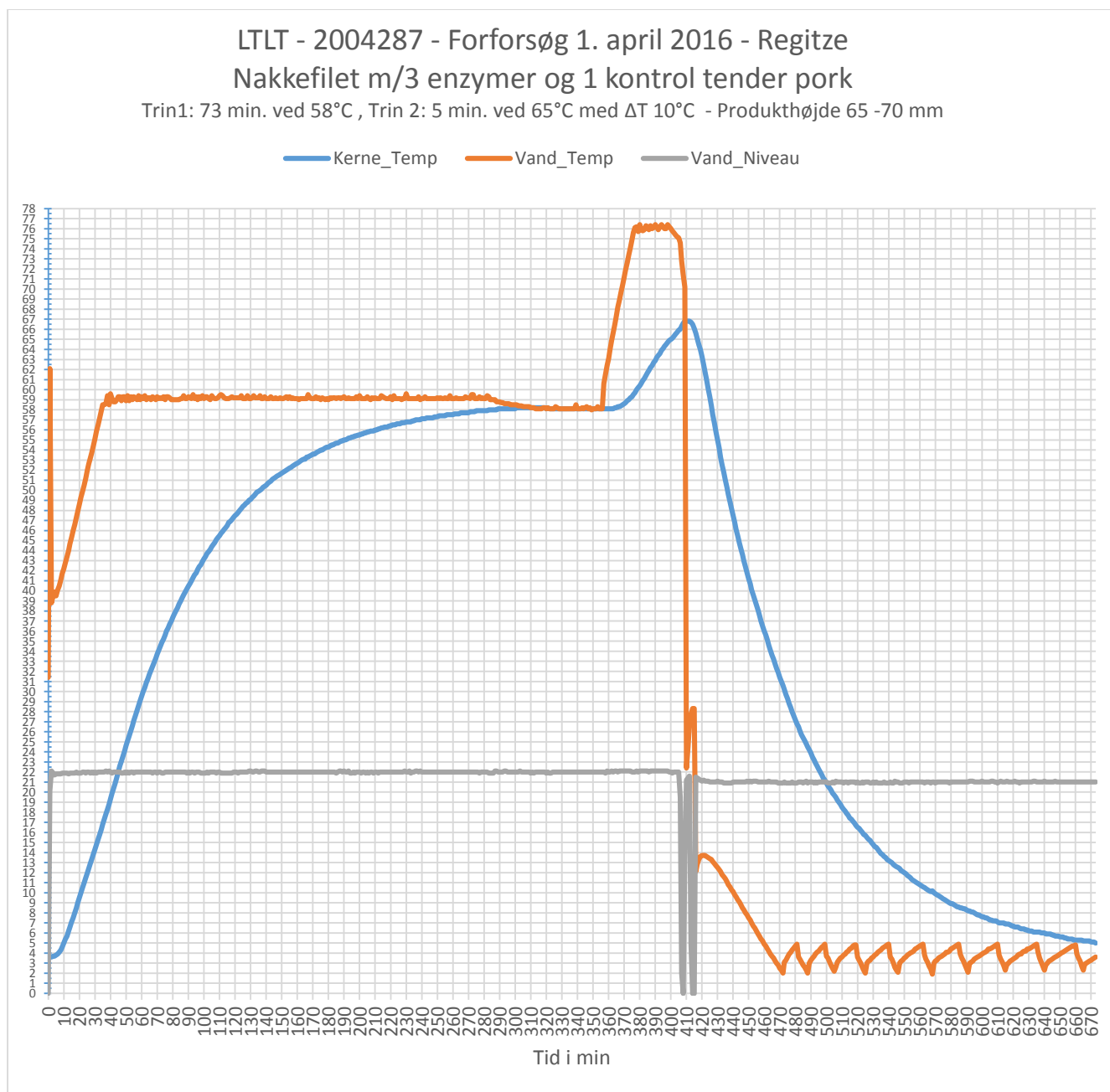
Perspektivering Til efterfølgende forsøg vil det være relevant at overveje følgende:

- Vægtsvindet ved behandlingerne med de forskellige enzymer var signifikant større end vægtsvindet ved behandling uden enzym. Der var også signifikant forskel på vægttabet mellem de to enzymbehandlinger. Der bør derfor gøres overvejelser angående valg af enzym og forskelle mellem disses virkninger. Eksempelvis kunne et enzym, der kun bryder kollagenbindingerne, være interessant at undersøge.
- Tids-og energiforbrug kan nedsættes, hvis opvarmning til trin 2 og trin 2 inkorporeres i trin 1.
- Enzymer fra andre kilder, eksempelvis actinidin fra kiwi, kunne være interessant at kigge på, da der tidligere er set positive effekter ved brug af disse i kød.
- Kam-og hovedenderne af nakkestegene reagerede forskelligt, hvilket var tydeligt i resultaterne. Forskellig behandling af disse kunne overvejes.
- Det kunne overvejes om bismagen/konsistensen kunne maskeres.

Referencer

- [1] Darré, M. (2015). Manual for pH-målinger i svine-, okse- og kyllingekød med pH-meter KNICK model 913 (x) pH & Mettler Toledo pH 1140.
- [2] Suriaatmaje, D., (2013). Mechanism of Meat Tenderization by Long-Time Low-Temperature Heating. *Graduate Faculty of North Carolina State University*. Thesis.
- [3] Tørngren, M.A., (2010). Tenderizing Effect of Brine-Injected Proteolytic Enzymes on Aged and Non-Aged Beef *Semimembranosus*. *ICoMST 2010*.

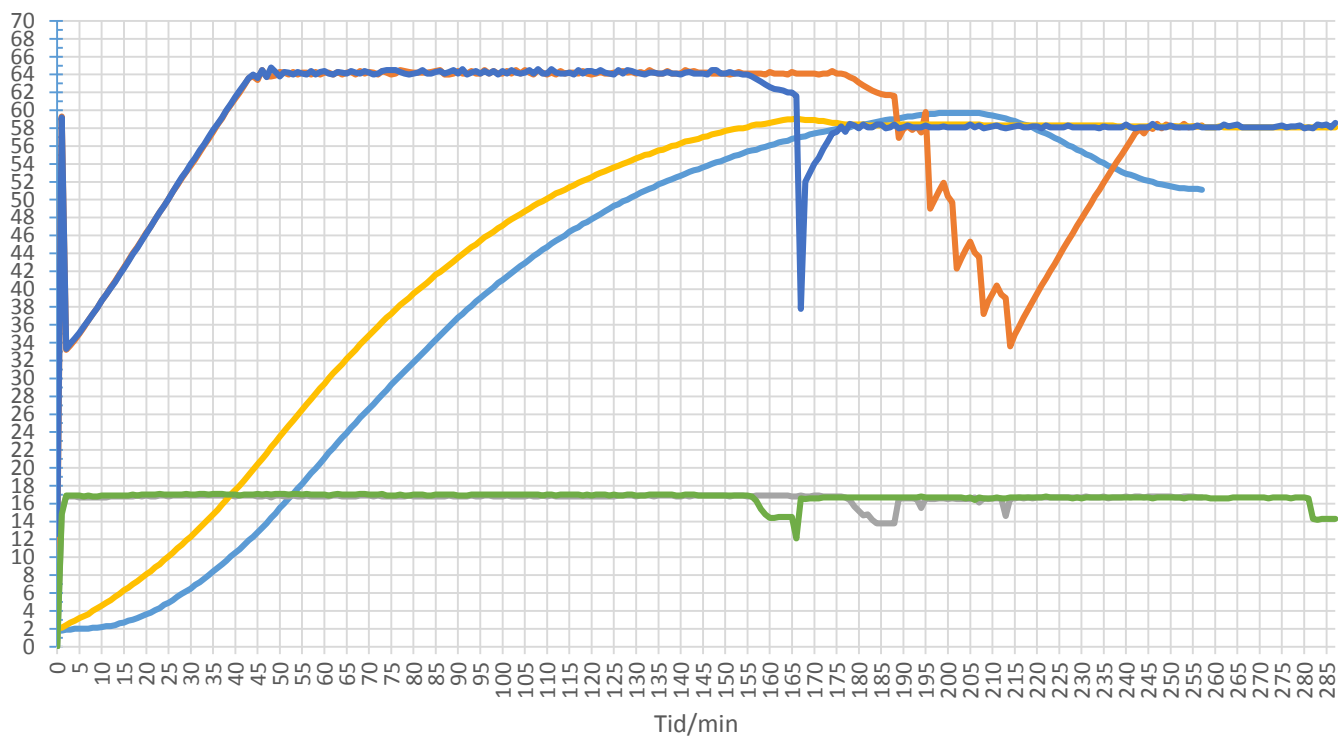
Bilag 1. Temperaturkurver for SV-behandlingen samt 2 genopvarmninger



2004287 - opvarmning af stege i SV-KAR1 - 4. og 5. april 2016

SV-program - vandstand 16 cm - centrumstemperatur 58°C - ΔT 5°C - Tid 9999 minutter

— Kerne_Temp_opv1 — Vand_Temp_opv1 — Vand_Niveau_opv1
— Kerne_Temp_opv2 — Vand_Temp_opv2 — Vand_Niveau_opv2



Bilag 2. Beregning af estimeret energibesparelse

Energi forbrugt pr. minut ved trin 1 for den afprøvede SV-proces:

$$E_{Trin\ 1} = \frac{0,645\ kWh}{73\ min} = 0,0088\ kWh.$$

Energi forbrugt til opvarmning til trin 2 og trin 2 for den afprøvede SV-proces.

$$E_{Opv.til\ trin\ 2\ og\ trin2} = 3,0080\ kWh$$

Tid forbrugt til opvarmning til trin 2 + trin 2 for den afprøvede SV-proces:

$$T_{Opv.trin\ 2+trin\ 2} = 49\ min$$

Hvis denatureringen inkorporeres i trin 1, skal denne starte efter:

$$Denat.\ start\ Tid = 73.\ min - 49\ min = 24\ min$$

Energi forbrugt ved trin 1, inden denatureringen påbegyndes:

$$E_{1.del\ trin\ 1} = 24\ min * 0,0088\ kWh/min = 0,2121\ kWh$$

Samlet energi (for trin 1 + opvarmning trin 2 + trin 2) ved inkorporeringsproces:

$$E_{inkorporering} = 0,2121\ kWh + 3,0080\ kWh = 3,2201\ kWh$$

Samlet energi (for trin 1 + opvarmning trin 2 + trin 2) ved afprøvede SV-proces:

$$E_{afp.SV-proces} = 0,645\ kWh + 3,0080\ kWh = 3,653\ kWh$$

Besparelse

$$\underline{\underline{Besparelse = 3,653\ kWh - 3,220\ kWh = 0,433\ kWh}}$$