



Notat

Grøn, kontinuert og hurtig køling

Hurtigere køling af lever og anden indmad

13. december 2024

Proj.nr. 2011307

Version: 01

Init.: MAHD/mt

	Sammendrag
<i>Baggrund</i>	Kølesvind og dryptab fra lever varierer både mellem lever og mellem slagterier. Dagen efter slagtning udgør svindet ca. 2%, og dryppet indeholder omkring 15% protein, så det er vigtigt, at svindet er så lavt som muligt.
<i>Formål</i>	Formålet var at undersøge, om udstyret med immersionskøling og foldebånd udviklet til nedkøling af kogte produkter også kunne minimere væskeudskillelse fra lever efter nedkøling, og hvilke indstillinger af tid/temperatur der kan anbefales.
<i>Fremgangsmåde</i>	Leverne kom direkte fra nedskæringen på slagtelinjen, og der blev undersøgt 2 forskellige temperaturer (-5°C og -10°C) med leverne nedsænket i kølemediet gennem tre forskellige tider (5, 10, 14 minutter).
<i>Lever</i>	Svindet steg (selvfølgelig) med tid, og overraskende nok var svindet større ved den hurtigere afkøling (laveste temperatur). Variationen i dryptab blev også større ved det hurtigere temperaturfald. Samtidig var det ikke muligt at få afsat tilstrækkelig kulde under nedkølingen til en færdigudlignet temperatur på 3°C, så med de testede indstillinger skal leverne efterkøles. For både at opretholde en skånsom køling ved -5°C, og samtidig få leveren tilstrækkelig kold uden behov for efterkøling, er der behov for, at foldebåndets udformning justeres og forlænges i et driftsanlæg.
<i>Lunger og mellemgulv</i>	Lunger er velegnede til at blive kølet med den nuværende udformning af immersionsanlægget, mens mellemgulv ikke kan opnå kontakt til mediet, så det bliver tilstrækkeligt afkølet.
<i>Udformning af foldebånd</i>	Foldebåndet er udformet til køling af runde produkter som fx hamburgerryg. Køling af andre emner vil betyde, at det er nødvendigt at ændre udformningen/designet af foldebåndet.
<i>Omkostninger til funktionsanlæg</i>	Omkostningerne til at bygge en funktionsmodel vil være på den anden side af én million DKK. De forskellige typer biprodukter kræver forskellige udformninger af foldebåndet, og p.t. er der ikke tilstrækkelig økonomi i ændret brug af biprodukterne til at betale for yderligere test af immersionskøling.

Baggrund

De tidligere anbefalinger er, at temperaturen i den friske lever skal sænkes hurtigt efter slagtning til sikring af udligningstemperaturer på $<3^{\circ}\text{C}$ på maks. 24 timer.

Væsketab og slagtested

Slagterierne får af og til afvist partier af lever med begrundelsen, at de svømmer i væske, og en mulig årsag kan være nedkølingsforløbet. Samtidig skal lever, som ikke er tilstrækkelig afkølet, nedklassificeres til petfood og vil dermed blive lavere afregnet.

Det er i tidligere forsøg (2015) fundet, at væsketabet i lever under lagring varierer med slagteri, men ikke er betinget af nedkølingsmetoden, og at fryseskader ikke er hovedårsagen til væsketab.

Mulighed for test

Forforsøg i 2023 viste, at immersionskøling i 12 minutter ved -10°C sænkede temperaturen fra 40°C til 3°C i løbet af 24 timer.

I 2024 blev der gennemført forsøg i tilknytning til en slagtelinje, hvor det var muligt at modtage slagtevarm indmad til undersøgelser. Formålet med forsøget var at undersøge, om immersionskøling kunne minimere væskeudskillelse fra lever efter nedkøling, og hvilke indstillinger af tid/temperatur der kan anbefales.

Baseline

Der er flere forskellige metoder, hvorpå man kan måle dryptab under udligning og lagring. For at få viden om de forskellige metoder blev følgende sammenlignet:

- Liggende på rist
- Liggende i pose på plade
- Hængende i pose

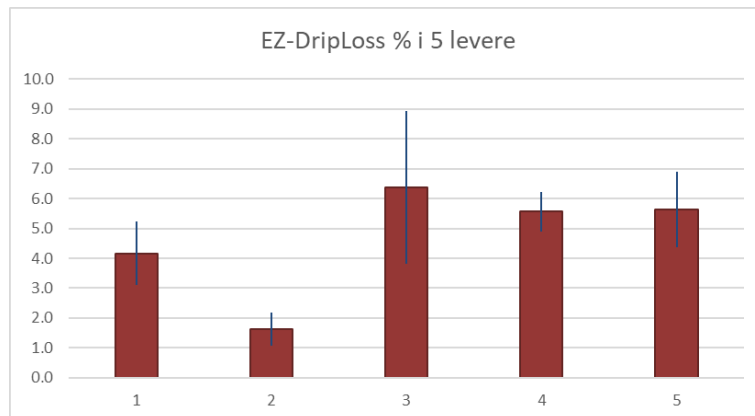
De tre metoder blev testet på hele lever fra to forskellige nedkølingsmetoder.

Desuden blev det undersøgt, om metoden udviklet til EZ-DripLoss kunne benyttes.

EZ-DripLoss

Der blev udboret 10 prøver fra 5 lever fordelt over leverlapperne; hermed kunne variation mellem lever og indenfor lever beregnes.

Der blev ikke fundet en systematisk forskel mellem placering af de 5 udtag pr. lever, så gennemsnit og spredning af alle 10 prøver blev beregnet og er vist i figur 1.



Figur 1. Dryptab i lever målt med EZ-DripLoss. Gennemsnit og spredning på 10 målinger pr. lever.

Der blev fundet nogen variation indenfor den enkelte lever, hvor lever 3 skilte sig markant ud. Lever 2 havde det signifikant laveste dryptab.

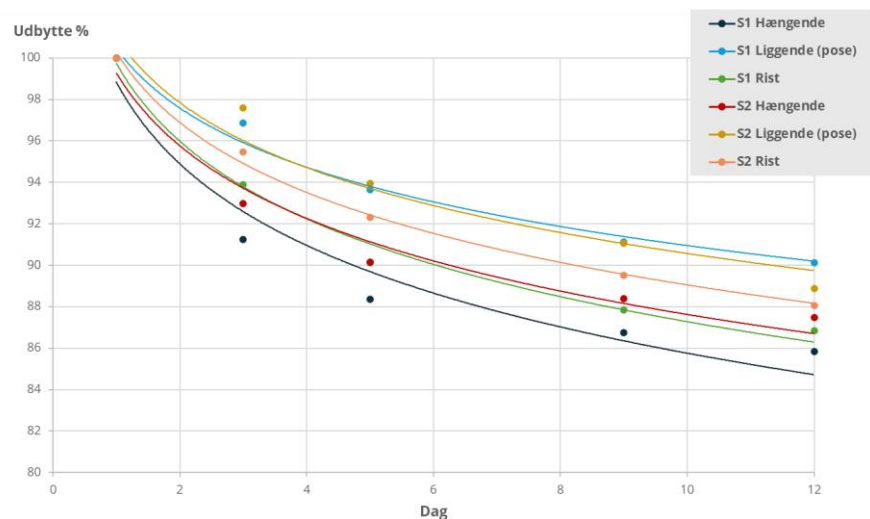
EZ-DripLoss er ikke egnet

EZ-DripLoss er ikke velegnet til dryptabsmåling på lever, da det ikke er muligt at angive et præcist og velegnet udtagningssted, bl.a. pga. den store variation der blev fundet mellem de 5 lever.

Test af andre metoder:

- Liggende på rist
- Liggende i pose på plade
- Hængende i pose

Figur 2 sammenligner dryptab under lagring målt med tre forskellige metoder til måling på den hele lever fra to slagterier. Der indgik 5 lever pr. metode/slagteri.



Figur 2. Dryptab under lagring – forskel mellem metoder.

Der blev målt et svind over tid, og på begge slagtesteder blev det største dryptab målt, når leveren blev hængt op på krog i pose. Generelt var der større forskel mellem metoderne på slagteri 2.

Der var nogen forskel i nedkølingen på de to slagtesteder, hvor S1 benyttede en lavere temperatur i begyndelsen af nedkølingsforløbet.

I de første forsøg med test af immersionskøling blev det valgt at benytte metoden "hængende i pose" til måling af dryptab, da den metode giver den største effekt på dryptab og dermed også vil kunne vise den største effekt af ændret køling.

Immersionskøling på slagtelinjen

På værtsslagteriet blev immersionsanlægget placeret ved plucksnedskæringen, hvor det var muligt at få slagtevarme leverne (og andet indmad) direkte til brug i forsøgene.

Kombinationer af tid og temperatur

Leverne blev kølet på bånd i glykol, og der blev undersøgt forskellige kombinationer af tid og temperatur:

- -5°C glykol i 6 min
- -5°C glykol i 10 min
- -5°C glykol i 14 min
- -10°C glykol i 6 min
- -10°C glykol i 10 min
- -10°C glykol i 14 min

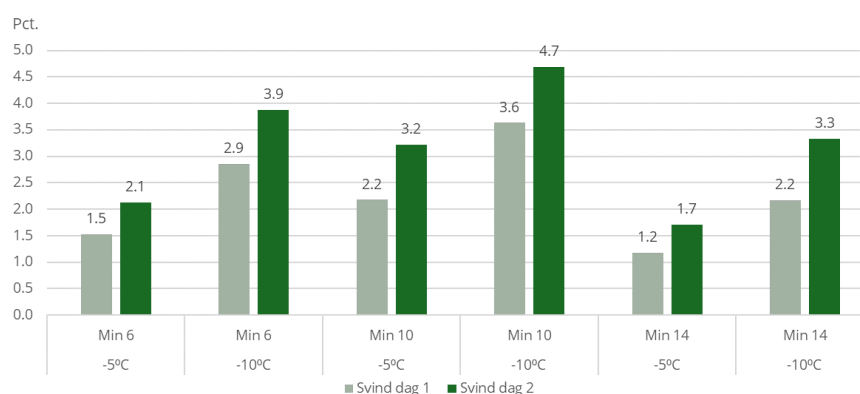
Runde 1 – leverne

Det var muligt at samle og køle 4 leverne pr. runde. Den enkelte lever blev vejet før og efter køling, og desuden blev væsketabet vejet dag 1 og dag 2. Den første dag blev test ved -5°C gennemført for de tre forskellige tider, mens test ved -10°C blev gennemført den næste dag ligeledes for de tre forskellige tider. Der blev isat temperaturloggere i 4 leverne pr. runde, og leverne blev lagt i termokasser til måling af udligningstemperatur.

Resultater

Runde 1 – svind

Svind blev beregnet ud fra vægten af lever før køl, og svind for de enkelte behandlinger er vist i figur 3.



Figur 3. Svind af lever efter køl, 1 og 2 dage efter slagtning.

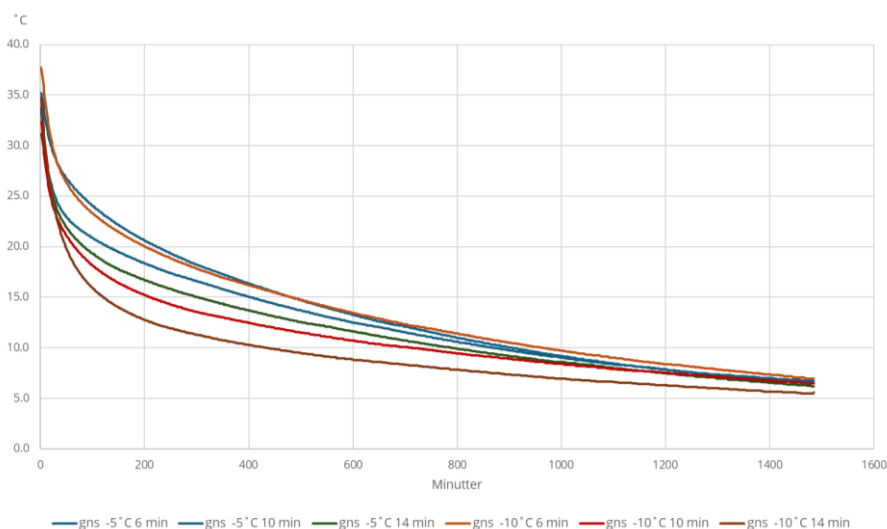
Svindet steg (selvfølgelig) med tid, og overraskende nok var svindet større ved den hurtigere afkøling (laveste temperatur). Samtidig var variationen i dryptab også større ved det hurtigere temperaturfald. Nogle af forskellene i svind mellem de 6 behandlinger kan skyldes forskelle i råvarerne. Andre

forsøg har vist, at der er stor forskel mellem leverne, og derfor blev forsøget med -10°C i 14 minutter gentaget for 4 leverne.

Temperatur

Beregninger og de indledende test viste, at det var muligt at fjerne en tilstrækkelig energimængde, til at leverne kunne nå 3°C i centrum uden ekstra køling med -10°C i 14 minutter. Desværre viste resultaterne, at det ikke var muligt.

Temperaturprofilerne fra de 6 behandlinger fremgår af figur 4. De enkelte kurver er gennemsnit af 4 målinger pr. behandling.



Figur 4. Gennemsnitstemperatur under udligning, 6 forskellige behandlinger.

Temperaturfaldet efter 5 minutter i glykol var det samme for både -5°C og -10°C , mens -10°C i 14 minutter gav det hurtigste temperaturfald. Ingen af de 6 behandlinger nåede under 5°C på 24 timer.

Runde 2 og 3

I runde 1 blev udligningstemperaturen målt til 5°C . Det kan skyldes, at flamingokasserne ikke var helt fyldte, og testen med -10°C glykol i 14 min blev derfor gentaget i runde 2 og 3 med 12 leverne i hver kasse. Der blev fyldt 2 kasser med tre lag lever a 4 stk., og der kom 4 loggere i det midterste lag. I runde 2 blev temperaturen kun målt under udligning, i runde 3 blev temperaturen også målt under nedkøling. Der blev kun målt svind efter 24 timer.

I runde 3 blev der også gennemført forsøg med en anden håndtering af leverne, så de fik en større overflade under nedkølingen og dermed større kontaktflade.

Tabel 1. Tid, temperatur og svind, sammenligning af behandlinger.

	Temperatur efter 3 timer	Minutter til temperatur= 20°C	Svind 24 timer
R1, -5°C i 14 min.	17,1	82	1,2
R1, -10°C i 14 min.	13,2	48	2,0
R2, -10°C i 14 min.	12,2	35	1,9
R2, -10°C i 14 min.	13,6	29	1,8
R3, -10°C i 14 min.	9,8	29	1,6

Svind af lever efter 24 timer var lavest ved den mest skånsomme nedkøling med brug af -5°C glykol i 14 minutter.

Det vil være muligt at få centrumtemperaturen under 10°C på 3 timer, hvis leverne lægges mere fladt i immersionsbåndet (R3).

Køling af andre biprodukter (lunger og mellemgulv)

Lunger

Lunger skal køles hurtigt og effektivt, hvis de skal anvendes i sidestrømsprojekterne. Derfor blev det testet, om opsætningen til immersionskøling af lever, også kunne anvendes på lunger, eller om lungevæv var uegnet til denne form for nedkøling, fx pga. luftlommer.

Det lykkedes at få temperaturloggere placeret i 5 lunger, så nedkøling og udligningsforløbet kunne følges.

Immersionsanlæg er velegnede til køling af lunger

Tiden til kernetemperaturen kom under 5°C varierede fra 1 til 7 timer, og alle nåede under 3°C inden et døgn. Immersionskøling med -10°C i 14 minutter var en effektiv metode til at sænke temperaturen i lunger. Efter køling/udligning blev svindet målt til 5,9-6,6% af varm vægt.

Mellemgulv

Udformningen af kølebåndet i immersionsanlægget betød, at mellemgulv ikke opnåede tilstrækkelig kontakt til kølemediet. Det betød, at der kun kunne måles en temperatursænkning i de første minutter under processen, men at råvaren ikke blev kølet derudover, så den udlignede temperatur efter 20 timer var stadig omkring 15°C.

Skitsering af forsøgsanlæg til driftstest

Opbygning af anlæg for køling

Det foreslås at opbygge et fuldskalaanlæg med glykol eller lignende fødevareregodkendt kølemedie.

I det følgende beregningsgrundlag går vi ud fra en kapacitet på 100 enheder pr. time, idet de beregnede omkostninger som hovedtræk vil stige proportionalt med den fremtidige ønskede kapacitet.

Beregningerne er foretaget på basis af principperne illustreret i figur 5 og 6 herunder.

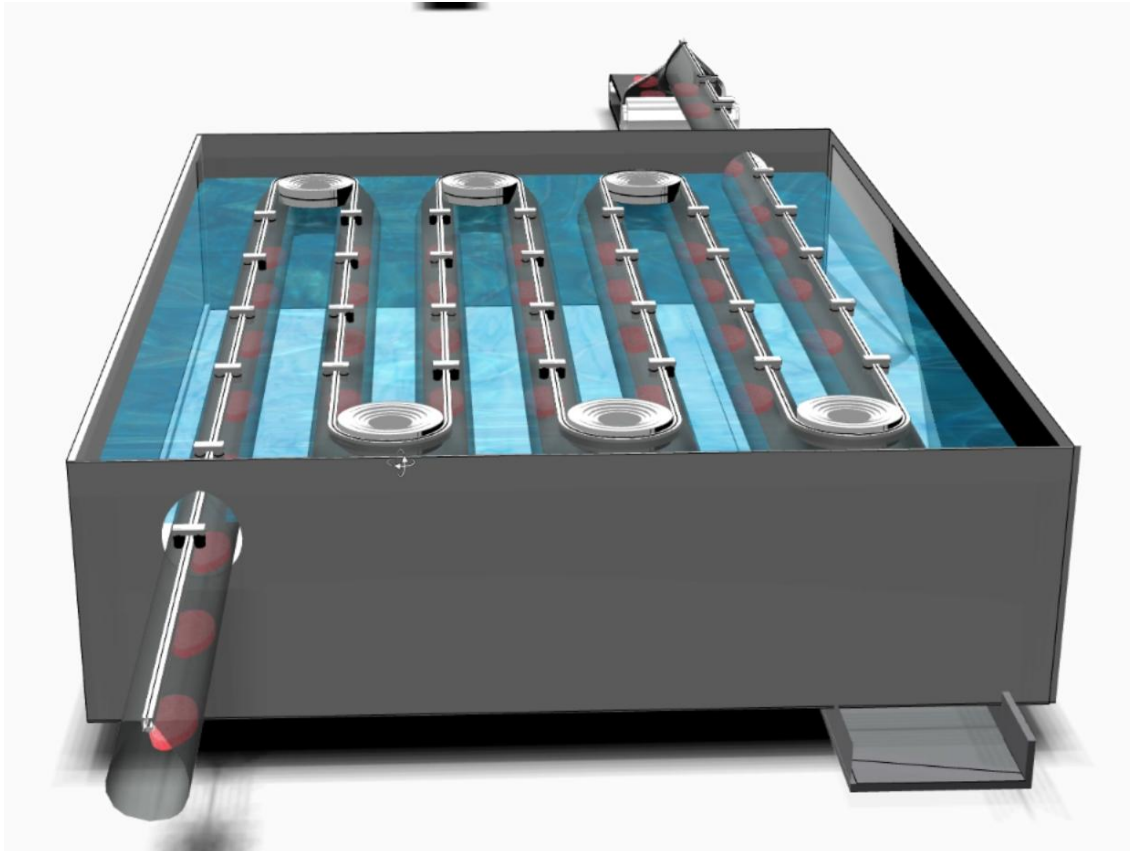
Tabel 2. Forudsætninger for forslag til driftsanlæg.

Opbygning

Trin	Båndlængde	Procestid	Glykol temperatur	Omrøring
1	14 m	15 min.	-10°C	Ja

Båndlængde

Båndlængden er beregnet ud fra 2 enheder pr. meter, hastighed på 103 enheder i timen (3% overkapacitet) og en opholdstid på 15 minutter.



Figur 5. Forslag til anlægsopbygning af køleanlæg, toppen er fjernet.



Figur 6. Skitse af driftsanlæg med afleveringsbånd til de kølede produkter.

Køleanlæg

Budgetforudsætning

Det eksisterende køleanlæg skal påbygges et glykolkøleanlæg til forsyning af kar. Derfor er det en forudsætning, at der er kapacitet i det eksisterende industrielle anlæg på fabrikken til at give tilstrækkelig kapacitet til at forsyne glykolveksleren.

Kølekar

Der skal opbygges et isoleret kar, hvor båndconveyoren kan ophænges i et område, hvor logistikken passer til levering af slagtevarme enheder.

Derudover skal der tilbygges båndtransportører til transport af slagtevarme produkter til og fra køleenheden.

Tabel 3. Anlægsbudget for varmeveksler og isoleret kar forsynet med kølet glykol:

Materialer	Materialer [DKK]	Installation [DKK]
Køleanlæg tilslutning NH ₃ (R717)	300.000	50.000
Pumpe 10 m ³ /t (kold side)	10.000	20.000
Rørtilslutning (DN100) 20 meter (kold side)	10.000	20.000
Rørtilslutning (DN 65) 50 meter (varm side)	10.000	20.000
CIP-anlæg til bånd	25.000	20.000
Rustfrit kar, profil og plader	50.000	60.000
Kar, isolering og installation	20.000	40.000
Motor, aksler, rørværk	50.000	20.000
Styringsenhed og programmering	15.000	10.000
Glykol	180.000	
Skylle-/blæseenhed	70.000	30.000
Total	740.000	290.000
	1.030.000	
1 Båndanlæg til forsyning:	85.000	

Driftsomkostninger – anslået

Driftsomkostningerne for immersion med foldebånd vil til en vis grad svare til omkostningerne uden foldebånd.

Tabel 4. Anslåede driftsomkostninger – kapacitet på 100 enheder pr. time.

Enhed	Forudsætning	Omkostning
Køleanlæg	Køleanlægget vil have en kølekapacitet på 100 kW, og akseleffekten vil være på 36 kW.	36 kW*1h*0,80 kr./kWh/1,5 ton/t = 19,2 kr./ton produkt
Foldebånd	Transportbånd/motorer til foldebånd antages at have en samlet effekt på 5 kW.	5 kW*1h*0,80 kr./kWh/1,5 ton/t = 2,7 kr./ton produkt
Glykolforbrug	Der vil ikke være et glykoltab, da foldebåndet forbliver i glykolkarret.	0
Mandskab/håndtering	Efter nedskæring og efter køleproces vil manuel håndtering forekomme. De manuelle processer vil være tidskrævende.	?

Konklusion

Lever

Svindet steg (selvfølgelig) med tid, og overraskende nok var svindet større ved den hurtigere afkøling (laveste temperatur). Variationen i dryptab blev også større ved det hurtigere temperaturfald. Samtidig var det ikke muligt at få afsat tilstrækkelig kulde under nedkølingen til en færdigudlignet temperatur på 3°C, så med de testede indstillinger skal leverne efterkøles.

For både at opretholde en skånsom køling ved -5°C, og samtidig få leveren tilstrækkelig kold uden behov for efterkøling, er der behov for, at foldebåndets udformning justeres og forlænges i et driftsanlæg.

Lunger og mellemgulv

Lunger er velegnede til at blive kølet med den nuværende udformning af immersionsanlægget, mens mellemgulv ikke kan opnå kontakt til mediet, så det bliver tilstrækkeligt afkølet.

Udformning af foldebånd

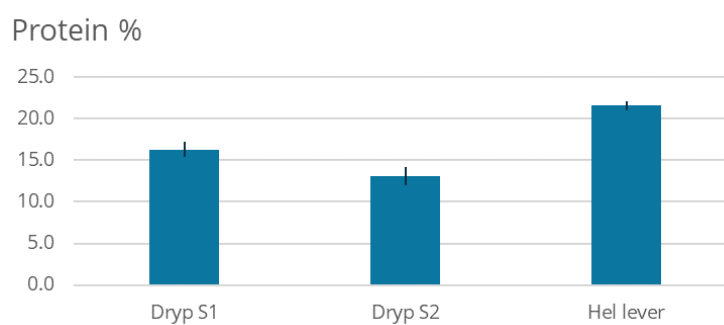
Foldebåndet er udformet til køling af runde produkter som fx hamburgerryg. Køling af andre emner vil betyde, at det er nødvendigt at ændre udformningen/designet af foldebåndet.

Omkostninger til funktionsanlæg

Omkostningerne til at bygge en funktionsmodel vil være på den anden side af én million DKK. De forskellige typer biprodukter kræver forskellige udformninger af foldebåndet, og p.t. er der ikke tilstrækkelig økonomi i ændret brug af biprodukterne til at betale for yderligere test af immersionskøling.

*Proteinindhold***Ekstra undersøgelser**

Proteinindholdet i dryppet fra de to slagtesteder blev også analyseret. Der var ikke forskel mellem leverne, eller mellem dage, og dog viste gennemsnitsresultater forskel i protein% i dryp mellem de to slagtesteder, som anvendte to forskellige nedkølingsteknikker, figur 3.



Protein% i dryp og hel lever. Den sorte streg viser spredningen.